

DISEÑO DE UNA MÁQUINA LIMPIADORA DE MOTORES Y SUS
COMPONENTES, POR ULTRASONIDO, PARA LA EMPRESA RECTIFICADORA
DE MOTORES SIERRA LTDA

DANIEL RICARDO MALAGON CEDEÑO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C
2.019

DISEÑO DE UNA MÁQUINA LIMPIADORA DE MOTORES Y SUS
COMPONENTES, POR ULTRASONIDO, PARA LA EMPRESA RECTIFICADORA
DE MOTORES SIERRA LTDA

DANIEL RICARDO MALAGON CEDEÑO

Proyecto integral de grado para obtener el título de
INGENIERO MECÁNICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C
2.019

Nota de aceptación:

Jurado 1
Ing. Rodrigo Sorzano Dueñas

Jurado 2
Ing. Wilmar Martínez Urrutia

Bogotá D.C. Agosto de 2.019

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente Institucional y Rector del claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Vicerrector de Desarrollo y Recursos humanos

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Decano General Facultad de Ingenierías

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director Programa de Ingeniería Mecánica

Ing. Carlos Mauricio Veloza Villamil

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y los docentes no son responsables por las ideas y conceptos emitidos en el presente documento. Estos corresponden únicamente al autor.

Dedico este trabajo primero a Dios quien siempre ha sido fiel y me brindo sus promesas para mantenerme firme ante las circunstancias, a mi madre quien fue una mujer esforzada y valiente para sacarme adelante y a todas aquellas personas que hicieron parte de mi proceso de formación como profesional, y que aportaron de alguna manera a lograr la culminación de este.

Daniel Ricardo Malagon Cedeño

Que toda la gloria y agradecimiento sean para mi Dios Jesús por guiarme en mi vida, de igual manera a mi madre, familiares, compañeros, amigos, colegas, los cuales estuvieron presentes en mi vida a lo largo de este proceso de formación. Así mismo quiero agradecer a los profesores que me apoyaron en este proceso, quienes me brindaron las herramientas y los conocimientos necesarios para lograr este objetivo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. LA EMPRESA	20
1.1 HISTORIA	20
1.2 MISIÓN	21
1.3 VISIÓN	21
1.4 ADMINISTRATIVO	21
1.5 LÍNEA DE SERVICIOS	21
1.6 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA	22
2. GENERALIDADES	23
2.1 TIPOS DE LAVADO DE MOTORES	23
2.1.1 Lavado Manual.	23
2.1.2 Lavado Mecánico.	23
2.1.3 Lavado por Agentes Químicos	24
2.1.4 Limpieza por Inyección a Presión	25
2.1.5 Lavado por Ultrasonido	26
2.2 CARACTERIZACIÓN DE SUCIEDAD	28
2.2.1 Aceite y Grasa	28
2.2.2 Depósitos Carburantes	28
2.2.3 Otros	28
3. PARÁMETROS Y REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	29
3.1 PARÁMETROS	29
3.1.1 Área disponible para la Ubicación	29
3.1.2 Dimensiones del limpiador por Ultrasonido	29
3.1.3 Orden del Proceso	31
3.2 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	32
3.2.1 Sistema de Elevación	32
3.2.2 Sistema de Vibración	32
3.2.3 Sistema de Calentamiento.	32
3.2.4 Sistema de Evacuación de Impurezas	33
3.2.5 Materiales	33
4. PLANTEAMIENTO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE EVACUACIÓN DE IMPUREZAS	34
4.1 ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE EVACUACIÓN DE IMPUREZAS	34
4.1.1 Evacuación por Aspersores y Cuba Auxiliar de Decantación	34
4.1.2 Evacuación por Filtrado y Bombeo	35
4.1.3 Evacuación Manual de Impurezas	36
4.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	36
4.2.1 Análisis y satisfacción de Alternativas.	38

5. DISEÑO DETALLADO	40
5.1 CÁLCULO DEL TANQUE	40
5.2 CÁLCULO ESTRUCTURA DE SOPORTE	47
5.3 CÁLCULO SISTEMA DE ELEVACIÓN	57
5.3.1 Parametrización del Sistema de Elevación	57
5.4 CÁLCULO DE SOLDADURAS	69
5.4.1 Soldadura para Tanque.	69
5.4.2 Soldadura para la Estructura Soporte.	71
5.5 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ULTRASONIDO	73
5.6 CÁLCULO DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO	78
5.7 SISTEMA DE BOMBEO Y FILTRACIÓN	80
6. ANALISIS ESTRUCTURAL POR ELEMENTOS FINITOS	84
6.1 SIMULACIÓN VIGA SOPORTE	84
6.2 SIMULACIÓN VIGA ELEVADOR	85
6.3 SIMULACIÓN TANQUE	87
6.4 SIMULACIÓN ESTRUCTURA SOPORTE	88
6.5 SIMULACIÓN ESTRUCTURA VIGA ELEVADOR	89
7. CONTROL DEL PROCESO	91
7.1 CONTROL DEL PROCESO DEL SUBSISTEMA DE ULTRASONIDO	91
7.2 CONTROL DEL PROCESO DEL SUBSISTEMA DE ELEVACIÓN	92
7.3 CONTROL DEL PROCESO DEL SUBSISTEMA CALENTAMIENTO	93
7.4. CONTROL DEL PROCESO DEL SUBSISTEMA DE LIMPIEZA DEL LÍQUIDO	94
8. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	95
8.1 MANUAL DE OPERACIÓN	95
8.2 MANUALES DE MANTENIMIENTO	99
8.2.1 Manual de Limpieza del Líquido	99
8.2.2 Fichas de operación de la Estructura.	100
8.2.3 Fichas de operación del Sistema Hidráulico.	101
8.2.4 Fichas de operación del Sistema de Elevación.	102
8.2.5 Fichas de operación del Sistema Eléctrico.	103
9. IMPACTO AMBIENTAL	105
9.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	105
9.2 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	105
10. EVALUACIÓN FINANCIERA	108
10.1 COSTOS DE DISEÑO	108
10.2 COSTOS DE MATERIALES	108
10.3 COSTOS DE FABRICACIÓN	110
10.4 COSTO TOTAL	110
10.5 MÁQUINA IMPORTADA	110

11. CONCLUSIONES	114
12. RECOMENDACIONES	115
BIBLIOGRAFÍA	116
ANEXOS	117

LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Ubicación de la Empresa	20
Imagen 2. Distribución Actual de la Empresa	21
Imagen 3. Organigrama de la Empresa	22
Imagen 4. Lavado Manual.	23
Imagen 5. Lavado por Sandblasting.	24
Imagen 6. Lavado por Glassblasting	24
Imagen 7. Lavado por Agentes Químicos	25
Imagen 8. Lavado por Inyección	26
Imagen 9. Transductor de Ultrasonido	26
Imagen 10. Cavitación Ultrasónica	27
Imagen 11. Vista Superior Bodega	29
Imagen 12. Limpiador por Ultrasonido	30
Imagen 13. Culata de Motor	30
Imagen 14. Proceso de Disposición	32
Imagen 15. Aspersor de Agua	34
Imagen 16. Evacuación por Bombeo y Filtro	35
Imagen 17. Filtro de Malla	36
Imagen 18. Valores de Relación H/L	41
Imagen 19. Tanque	43
Imagen 20. Fuerza Hidrostática	46
Imagen 21. Diagrama de Cuerpo Libre de la Viga	47
Imagen 22. Diagrama de Momento	48
Imagen 23. Diagrama Fuerza Cortante	48
Imagen 24. Diagrama de Momento Flector	49
Imagen 25. Perfil de Viga Cuadrado	51
Imagen 26. Cercha	54
Imagen 27. DCL Media Cercha	55
Imagen 28. DCL Nudo D	56
Imagen 29. DCL Nudo A	56
Imagen 30. Diagrama Cuerpo Libre Viga Elevador	58
Imagen 31. Diagrama de Corte	59
Imagen 32. Diagrama Fuerza Cortante Viga Elevador	59
Imagen 33. Diagrama de Momento Flector Viga Elevador	60
Imagen 34. Perfil de Elevador Cuadrado	62
Imagen 35. Motor Elevador	66
Imagen 36. Columna de Elevación	66
Imagen 37. Final de Carrera	67
Imagen 38. Fijación Transversal	67
Imagen 39. Botonera de Control	68
Imagen 40. Canastillas	68
Imagen 41. Soldadura Tanque	69

Imagen 42. Tamaños Soldaduras	71
Imagen 43. Punto Crítico	72
Imagen 44. Transductor	74
Imagen 45. Generador Ultrasonido	75
Imagen 46. Placas Sumergibles	76
Imagen 47. Métodos de Unión	76
Imagen 48. Conexión Transductores	77
Imagen 49. Diagrama Eléctrico	77
Imagen 50. Conexión T/G	78
Imagen 51. Resistencia Eléctrica	80
Imagen 52. Altura de Elevación	81
Imagen 53. Diagrama de Selección Bomba	82
Imagen 54. Bomba ECO MAT 1	82
Imagen 55. Prefiltro PFC 44	83
Imagen 56. Filtro PT-410	83
Imagen 57. Esfuerzo Von Mises Viga Soporte	84
Imagen 58. Deformación Viga Soporte	85
Imagen 59. Esfuerzo Von Mises Viga Elevador	86
Imagen 60. Deformación Barra Elevador	86
Imagen 61. Esfuerzo Von Mises Tanque	87
Imagen 62. Deformación Tanque	87
Imagen 63. Esfuerzo Von Mises Estructura	88
Imagen 64. Deflexión Estructura	89
Imagen 65. Esfuerzo Von Mises Estructura Elevador	89
Imagen 66. Deformación Estructura Elevador	90
Imagen 67. Control del Proceso de Ultrasonido	91
Imagen 68. Display Generador de Ultrasonido	92
Imagen 69. Control Proceso Elevación	93
Imagen 70. Diagrama de Proceso de Resistencia	94
Imagen 71. Diagrama Proceso Limpieza del Líquido	94
Imagen 72. Elevador	96
Imagen 73. Columna	96
Imagen 74. Interruptor Termostato	97
Imagen 75. Generador	97
Imagen 76. Válvula	98
Imagen 77. Plano Hidráulico	104
Imagen 78. Plano Eléctrico	104
Imagen 79. Especificaciones Máquina Importada	111
Imagen 80. Limpiador Importado	112
Imagen 81. Cotización	113

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Tipos de Partes de Motor	31
Cuadro 2. Alternativa 1	35
Cuadro 3. Alternativa 2	35
Cuadro 4. Alternativa 3	36
Cuadro 5. Ponderación de Criterios	37
Cuadro 6. Valores de Criterios	37
Cuadro 7. Rating	38
Cuadro 10. Volumen Desplazado	95
Cuadro 11. Impactos Ambientales	105

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Relación H/L	41
Ecuación 2. Ecuación Espesor	42
Ecuación 3. Ecuación Espesor Inferior	42
Ecuación 4. Ecuación Fuerza Hidrostática	46
Ecuación 5. Ecuación F.S	49
Ecuación 6. Esfuerzo Cortante	51
Ecuación 7. Esfuerzo Co Máx	52
Ecuación 8. Esfuerzo 1	53
Ecuación 9. Esfuerzo 3	53
Ecuación 10. Esfuerzo Von Mises	54
Ecuación 11. F.S Elevador	60
Ecuación 12. Esfuerzo Cort	62
Ecuación 13. EFC	63
Ecuación 14. Esfuerzo 1-2	64
Ecuación 15. Esf. 3	64
Ecuación 16. Von Mises 2	64

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Resultado Selección de Alternativa	38
Tabla 2. Resultado Ponderado	38
Tabla 3. Características	44
Tabla 4. Peso del Tanque	44
Tabla 5. Fuerzas en Nodos	57
Tabla 6. Datos Transductor	74
Tabla 7. Evaluación de impacto	106
Tabla 8. Costos de Diseño	108
Tabla 9. Costo de los Elementos de la Máquina	109
Tabla 10. Costos de Fabricación	110
Tabla 11. Costos Totales	110
Tabla 12. Especificaciones Máquina Diseñada	112

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Catálogo General De Aceros S. A	114
Anexo B. Catálogo Groneto Placas Acero AISI 304	115
Anexo C. Catálogo Transductores De La Empresa	116
Anexo D. Catálogo Líquido Biodegradable	117
Anexo E. Catálogo De Perfil Cuadrado Empresa Colmena	118
Anexo F. Catálogo De Elevadores De Cable Camac	119
Anexo G. Catálogo De Generador De Transductores	120
Anexo H. Catálogo De Resistencia Eléctricas	121
Anexo I. Catálogo De Tuberías	122
Anexo J. Catálogo De Bombas Centrifugas	123
Anexo K. Catálogo De Consumibles Para Soldar	124
Anexo L. Catálogo De Filtros Sanergrid	125

RESUMEN

Este proyecto se realizó con el fin de satisfacer la necesidad de la empresa Rectificadora de Motores Sierra LTDA permitiendo aumentar la calidad de sus servicios por medio de una limpieza efectiva de motores y sus componentes

Para lograr este cometido, se definieron los requerimientos específicos en cuanto a las necesidades de la empresa, también se realizó una investigación de la situación actual de las técnicas limpieza de motores y los tipos de lavado que existen actualmente, sus ventajas y desventajas frente a la necesidad y la efectividad de cada tipo.

Posteriormente se establecieron los parámetros de funcionamiento de la máquina, se realizó por el método de ponderación lineal scoring la selección de la alternativa para el diseño de la máquina, se realizó la selección de los componentes de la máquina como la frecuencia de trabajo y el elemento generador de ultrasonido, la selección del sistema de elevación de la máquina y el sistema de limpieza de las impurezas, también conforme a el material de limpieza, se seleccionó el líquido limpiador.

Adicionalmente se realizó el diseño de la estructura de la máquina, el diseño del sistema de elevación, el sistema de limpieza de impurezas y se realizaron los planos de cada una de las partes de la máquina, del conjunto y los planos de la ubicación y de fabricación.

Para finalizar, se elaboraron los manuales de operación y mantenimiento de la máquina, se realizó la evaluación financiera y ambiental del proyecto.

PALABRAS CLAVE: Diseño, Limpieza-Motores, Ultrasonido, Motores Sierra.

INTRODUCCIÓN

En la industria automotriz se evidencia una gran necesidad en cuanto a la limpieza y reparación de los motores y sus componentes, convirtiéndose en un problema que se genera en las empresas prestadoras de estos servicios y trayendo como consecuencia la deficiente limpieza de estos componentes, contaminación del medio ambiente por el uso de químicos, problemas administrativos por el aumento de costos y tiempos en el proceso, donde lo más *importante* es diseñar una máquina que realice una limpieza efectiva, disminuya los tiempos y los costos de operación y disminuya en gran manera con los impactos ambientales que los químicos del proceso generan.

Este problema se *soluciona* por medio del diseño de una máquina limpiadora por ultrasonido que permita una limpieza efectiva, que disminuya los tiempos de operación y a su vez no tenga un impacto negativo en el medio ambiente.

El objetivo general del proyecto es “Diseñar una Máquina Limpiadora de motores y sus componentes, por ultrasonido, para la empresa Rectificadora de Motores Sierra LTDA”, de tal manera que se deben desarrollar los siguientes objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de los procesos de limpieza de motores y sus componentes
- Establecer los parámetros básicos y requerimientos funcionales del sistema a diseñar
- Establecer y evaluar alternativas del sistema evacuación de las impurezas
- Desarrollar el diseño detallado de la estructura de apoyo, el elevador de los motores y sus componentes y seleccionar el sistema de vibración por ultrasonido
- Hacer un análisis por el método de elementos finitos de la estructura
- Elaborar los planos de ubicación, fabricación y ensamble
- Elaborar los planos de control del Proceso
- Elaborar manuales de operación y de mantenimiento
- Realizar el análisis de impacto ambiental
- Evaluar financieramente el proyecto

El proyecto tendrá como *alcance* únicamente la limpieza de motores y componentes en material de aluminio y sus aleaciones; es importante tener en cuenta que no se construirá esta máquina.

La *metodología* utilizada será el diseño, investigación y caracterización de los procesos de limpieza existentes

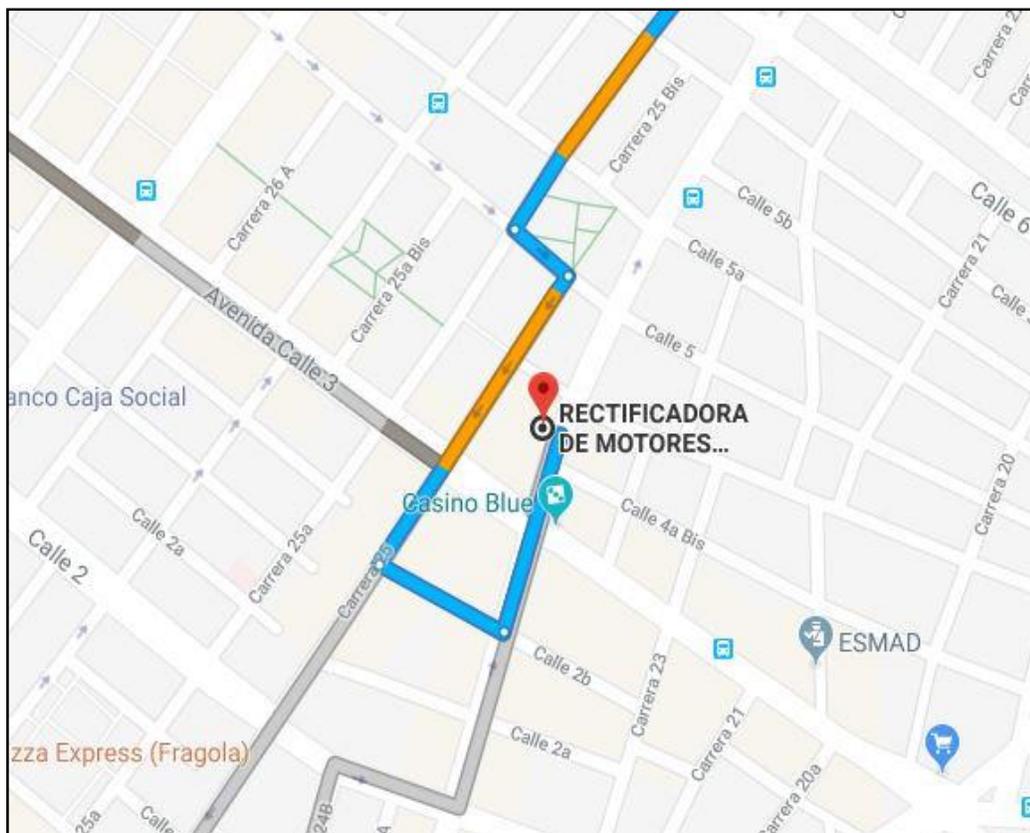
La *principal* aplicación que se le dará a esta máquina, es en los servicios de limpieza de motores y sus componentes.

1. LA EMPRESA

1.1 HISTORIA

RECTIFICADORA DE MOTORES SIERRA LTDA nació a partir de experiencia acumulada desde el año 1.963 en rectificación de motores, pero en mayo del año 1.988 fue constituida legalmente por el señor Felipe Antonio Sierra, operando en el sector industrial de la Estanzuela, y siendo ya una empresa con reconocimiento por su disposición de servicio y de soluciones rápidas. En 1995 la empresa se trasladó a una moderna sede propia donde actualmente funciona y se encuentra situada en el sector de los Mártires de Bogotá. Pocos años más tarde gracias a la vinculación de algunos de los hijos del señor Felipe Sierra, aportaron conocimientos y dinamismo al ser líderes de la asociación de empresas rectificadoras, contribuyendo a la formulación de la norma técnica colombiana NTC 5671 de parámetros precisos de rectificación, la obtención del respaldo de la empresa alemana MAHLE en cuanto a los servicios y capacitación, la certificación de calidad ISO 9001 de 2008 y por último la ampliación de la cobertura de servicios en reparación integral de motores.

Imagen 1. Ubicación de la Empresa



Fuente: Google Maps

1.2 MISIÓN

Prestamos servicios integrales de diagnóstico, reparación y rectificación de motores de combustión interna, para la industria y el transporte, con base en un equipo profesional y una moderna infraestructura, ofreciendo precisión, agilidad, calidad, satisfacción a los clientes y bienestar a nuestros colaboradores.

1.3 VISIÓN

Ser empresa líder en la Rectificación y Reparación de motores de combustión interna, conservando el reconocimiento y la satisfacción de nuestros clientes, mediante la agilidad y calidad de nuestros servicios, la generación de confianza y el aprecio por el valor agregado.

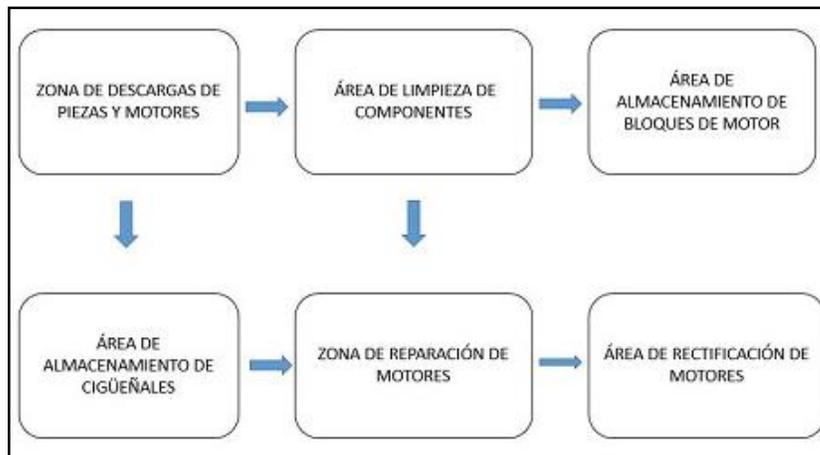
1.4 ADMINISTRATIVO

La empresa cuenta con dos socios, donde el Señor Felipe Antonio Sierra es el Representante legal, derivando la gerente administrativa, también cuentan con una auxiliar contable y una contadora.

1.5 LÍNEA DE SERVICIOS

La empresa Rectificadora de Motores Sierra LTDA cuenta con diferentes líneas de servicios como lo son servicios integrales de diagnóstico, reparación y rectificación de motores y equipos automotrices e industriales.

Imagen 2. Distribución Actual de la Empresa

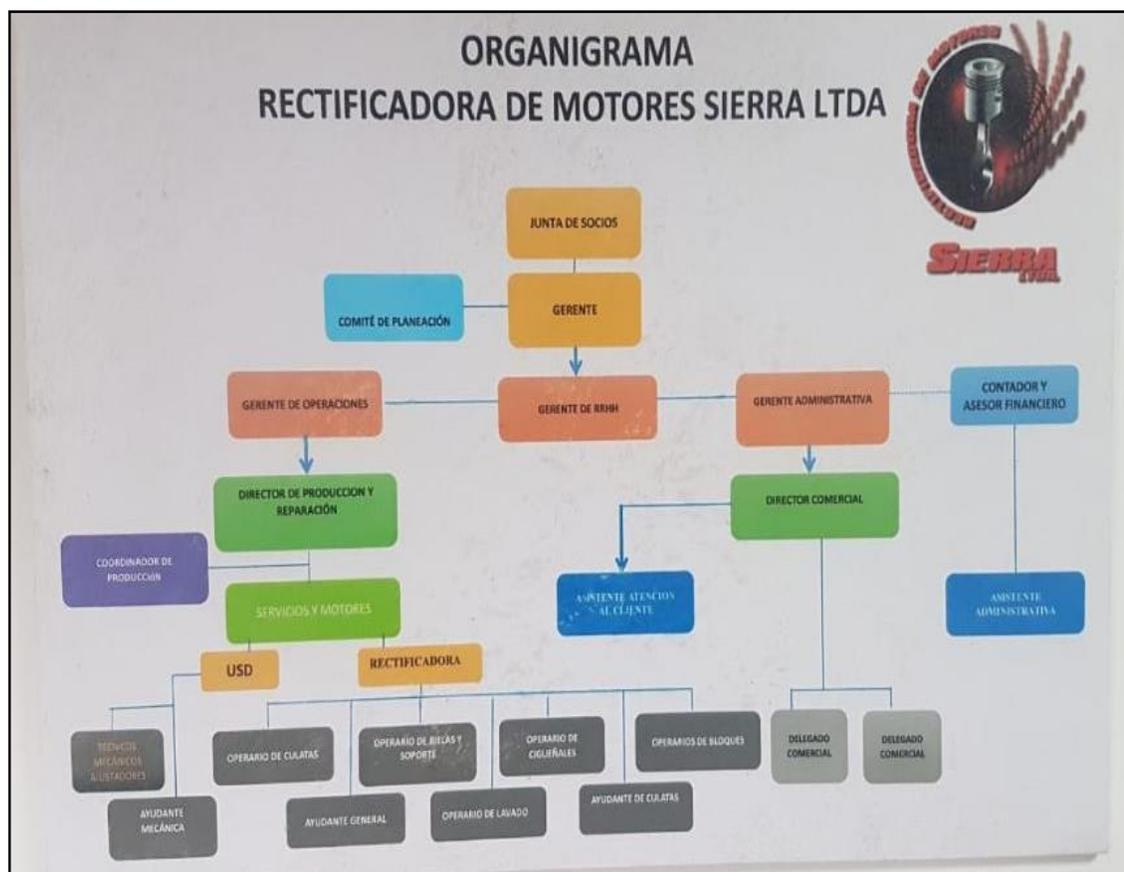


Fuente: elaboración propia

1.6 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

La empresa administrativamente está estructurada por una junta de socios encargada de tomar las decisiones relevantes; un gerente general que hace parte de un comité de planeación de proyectos, un gerente de operaciones, gerente de talento humano, gerente administrativo, un contador y asesor financiero; en la gerencia encontramos los directores de producción, reparación y comercialización de la empresa; en la dirección de la empresa encontramos el área de servicio de motores y los delegados comerciales de la empresa y de estos servicios se derivan todas las operaciones que se realizan.

Imagen 3. Organigrama de la Empresa



Fuente: RECTIFICADORA DE MOTORES SIERRA LTDA. Organigrama.

2. GENERALIDADES

2.1 TIPOS DE LAVADO DE MOTORES

A continuación, se explicará detalladamente cuales son los tipos de lavado que actualmente se realizan en la industria, que equipamiento técnico se requiere para realizar el lavado y que agentes o medios son necesarios.

2.1.1 Lavado Manual. Es un tipo de limpieza donde se utiliza cepillo y esponja para eliminar contaminantes formados por la combustión de la gasolina, la oxidación que es causada por el contacto de las partes con el ambiente que pueden ser la humedad y el polvo que generan partículas contaminantes, estas se pueden limpiar de manualmente utilizando solventes que permiten eliminar estas partículas.

Imagen 4. Lavado Manual.



Fuente: elaboración Propia

2.1.2 Lavado Mecánico. El lavado mecánico es un tipo de lavado en donde se encuentran dos maneras de realizar este, por medio de sandblasting y glassblasting que son tipos de limpieza mecánica utilizados para preparación de superficies. En el caso del sandblasting¹ utiliza aire comprimido para propulsar partículas abrasivas a altas velocidades que en este caso son chorros de arena abrasivas, este chorro a alta presión permite el desprendimiento de partículas y suciedad que se encuentran en las piezas, por tal motivo debe ser muy cuidadoso con la seguridad del operario.

¹ COLUMBEC. Información Proceso de Sandblasting [En Línea]. 1 enero de 2016. Citado el 15 de noviembre de 2018. Disponible en Internet: <http://www.columbec.com/informacion-general-sandblasting-y-preparacion-superficies>.

Imagen 5. Lavado por Sandblasting.



Fuente: COLUMBEC TECNIDFENSA. Sandblasting [Sitio Web]. [Citado el 9 de diciembre de 2018]
Disponible en: <http://www.columbec.com/información-general-sandblasting-y-preparación-superficies>

En el caso de glassblasting la limpieza es similar, pero esta utiliza una mezcla de vidrio o incluso hielo y que por medio de un flujo a alta presión limpia la superficie de las piezas, este tipo de limpieza requiere gran preparación técnica y de seguridad del operario debido que estas partículas a presión pueden ser nocivas para la salud por tal motivo el operario debe protegerse.

Imagen 6. Lavado por Glassblasting



Fuente: Secondary Services. Glassblasting [Sitio Web]. [Citado el 9 de diciembre de 2018].
Disponible en <http://www.secondaryservices.com/blasting/>

2.1.3 Lavado por Agentes Químicos. Esta limpieza utiliza agentes² químicos para limpiar las partículas que no pertenecen a la superficie de la pieza, este lavado debe

² PÉREZ ZAMBRANO DENISSE. Diseño de Maquina de Limpieza de Motores por Ultrasonido. Guayaquil Ecuador. 2016. 17p. Trabajo de Grado. Escuela Superior Politécnica Litoral

ir acompañado de una preparación y posteriormente la pieza debe encontrarse seca para la aplicación de agente químico, algunos de los agentes utilizados son detergentes, disolventes o ácidos y amoniacos que se aplican por medio de líquido y en spray, una de las características de este lavado es que el operario debe estar expuesto a sustancias peligrosas para su salud, debe ser aplicada por un tiempo determinado ya que puede dañar la pieza y el impacto ambiental es negativo.

Imagen 7. Lavado por Agentes Químicos



Fuente: GROUPSTK. Agentes Químicos [Sitio Web]. [Citado el 9 de diciembre de 2018]. Disponible en [http://groupstk.ru/-limpieza-de-superficies -metálicas-por-procesos/](http://groupstk.ru/-limpieza-de-superficies-metálicas-por-procesos/)

2.1.4 Limpieza por Inyección a Presión. Este tipo de limpieza se realiza a través de un equipo que por medio de inyección a alta presión y utilizando un detergente que disuelve las partículas de suciedad, lava las piezas de los motores por un tiempo determinado, este tiempo depende del material de la pieza. Este tipo de limpieza requiere de un prelavado de las piezas para obtener un proceso más efectivo. Este tipo de limpieza es la que se realiza en la empresa Rectificadora de Motores Sierra actualmente.

Imagen 8. Lavado por Inyección



Fuente: elaboración propia

2.1.5 Lavado por Ultrasonido. El lavado por ultrasonido es una técnica realizada desde mucho tiempo atrás, desde los murciélagos que utilizan ondas de alta frecuencia³ para poder ver; comenzó a descubrirse esta técnica servía para muchas aplicaciones a nivel industrial como lo son la medicina y la industria naval. Para poder generar estas ondas de alta frecuencia se necesitan elementos piezoeléctricos que son cristales que por sus propiedades producen ondas de alta frecuencia.

Imagen 9. Transductor de Ultrasonido

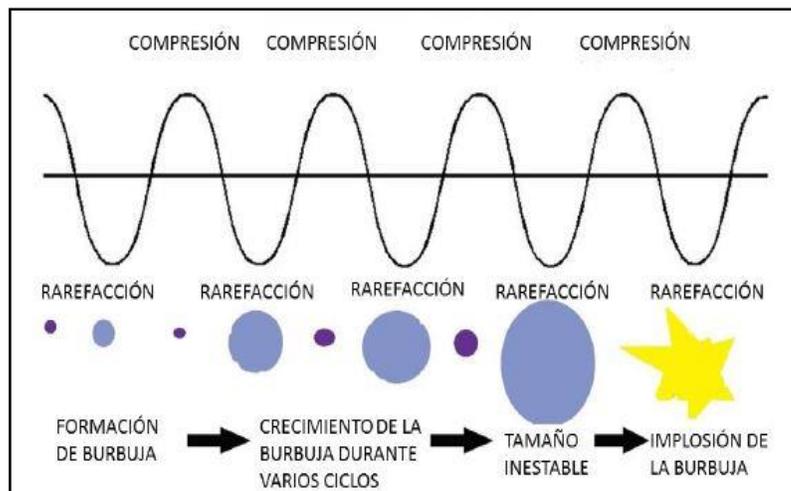


Fuente: ALIBABA. Transductor [Sitio Web]. [Citado el 9 de diciembre de 2018]. Disponible en www.spanish.alibaba.com/product-detail/highfrequency-ultrasound-transducer

³ DÁVILA, Fabián, *et al.* El ultrasonido: desde el murciélago hasta la cardiología no invasiva. [1]:2017. 191-195. p 192

En la actualidad las ondas de ultrasonido han llevado al desarrollo nuevas tecnologías en la industria automotriz que permiten realizar una limpieza de motores y componentes de manera eficiente, con tiempos cortos de operación y con un proceso de lavado amigable con el medio ambiente. Estos elementos piezoeléctricos generan ondas de alta frecuencia y por medio de un líquido detergente produce un efecto llamado cavitación en las paredes de las piezas a lavar, estas ondas de alta frecuencia oscilan entre los rangos de 20 KHz a 120 KHz y con un tiempo determinado para cada pieza dependiendo de su tamaño.

Imagen 10. Cavitación Ultrasónica



Fuente: PIÑEIRO FILGUEIRA ANTONIO. Estudio de la Limpieza Ultrasónica para Piezas de Motor. Gallego España. 2016 16 p. Trabajo de Grado. Universidad de Vigo

Es importante que para realizar el proceso de lavado de estas piezas se tengan en cuenta las características necesarias para realizar un trabajo eficiente de lavado, la cavitación depende de varios aspectos como lo son la viscosidad, la frecuencia, la temperatura, la longitud de onda, que van a aumentar o disminuir el efecto del lavado en las piezas.

*Los transductores de ultrasonido sumergibles*⁵ pueden variar según su tipo de aplicación o medio por el cual se trasmite su frecuencia, en el caso de los transductores sumergibles su medio fisco, es un solvente capaz de producir una vibración mecánica longitudinal, generando un fenómeno de cavitación. Este fenómeno se puede describir como cavidades llenas de vapor en el origen de un

⁴ Piñeiro Filgueira Antonio. Estudio de la Limpieza Ultrasónica para Piezas de Motor. Gallego España. 2016. Trabajo de Grado. Universidad de Vigo. P. 16.

⁵ Angélica Vargas, Luis M Amescua. Principios Físicos del Ultrasonido. 2008. México. Instituto Nacional de Cardiología.

líquido en movimiento. Los transductores de ultrasonidos son elementos piezorresistivos que en su interior se generan vibraciones debido a su cuerpo elástico que propaga ondas por un medio; estos cristales piezoeléctricos poseen la capacidad de producir sonido a través de energía eléctrica; el material del transductor interno es elástico y se compone de circonita de titanio de plomo y esto es lo que constituye la esencia del transductor.

2.2 CARACTERIZACIÓN DE SUCIEDAD

Para realizar una limpieza efectiva debemos caracterizar los diferentes tipos de suciedad que podemos encontrar al momento de realizar un lavado en los motores y sus componentes, esto permitirá seleccionar un líquido limpiador adecuado para realizar el proceso y por ende una limpieza efectiva.

2.2.1 Aceite y Grasa. La suciedad derivada del aceite son los residuos del aceite gastado que se utiliza en el motor, también se puede formar por aditivos de los distintos fluidos del motor que se pueden generar por la circulación normal en el motor.

2.2.2 Depósitos Carburantes. Son impurezas que se acumulan en las superficies de las partes calientes del motor, formando acumulación o aglomerados de polvo de combustible quemado o aceite con carbón esto puede acumularse en partes como culatas, inyectores, pistones.

2.2.3 Otros. Podemos encontrar suciedad por causas como, exposición al medio ambiente, exceso de sustancias oxidantes en el lavado como laca y jabón, también se puede generar suciedad por someter el motor a condiciones agresivas.

3. PARÁMETROS Y REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

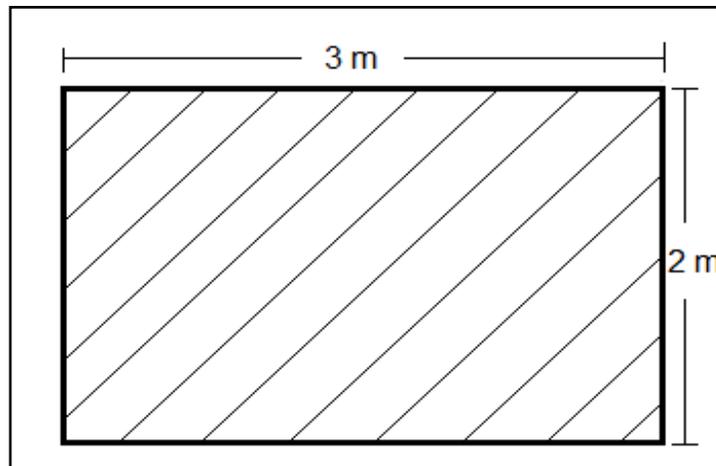
En este capítulo se encontrarán los requerimientos funcionales que la máquina debe cumplir para el diseño de la misma, y también se definirán los parámetros básicos que se definieron junto con la empresa para la elaboración del proyecto.

3.1 PARÁMETROS

Principalmente los parámetros básicos, se basan en la capacidad del número de piezas que la máquina puede limpiar, que es proporcional a las dimensiones de la pieza, por tal motivo el dimensionamiento de la máquina se basa en la longitud de pieza más grande a la cual se debe hacer el lavado.

3.1.1 Área disponible para la Ubicación. El área con la que la empresa cuenta para ubicar la máquina es el área que se encuentra en la imagen 11, que es entre la zona de descarga y el área de limpieza de componentes.

Imagen 11. Vista Superior Bodega



Fuente: elaboración propia

Este lugar es apropiado para la máquina, ya que se necesita un espacio donde se encuentre el flujo de aire constante y el espacio suficiente para manipular las piezas.

3.1.2 Dimensiones del limpiador por Ultrasonido. Las dimensiones acordadas con la empresa son establecidas conforme a la demanda de sus servicios y las de las piezas más grandes a lavar, por tal motivo al momento de verificar las dimensiones de las piezas se concluyó que las piezas más grandes son las culatas de motor.

Imagen 12. Limpiador por Ultrasonido



Fuente: DENIOS ONLINE CHOP. Limpiador [Sitio Web]. [Citado el 9 de diciembre e de 2018]. Disponible en www.denios.es/shop/limpieza-recogida-de-residuos/limpieza-de-piezas

Estas dimensiones fueron tomadas de acuerdo con las piezas más grandes con las que trabajan en la empresa, como por ejemplo las culatas imagen 13, por eso se concluyó que es necesario que el espacio de lavado de las piezas tengas dimensiones 1m x 1,10m x 0,60m permitiendo un volumen de lavado de $0,66 \text{ m}^3$.

Imagen 13. Culata de Motor



Fuente: RECTIFICADORA DE MOTORES SIERRA

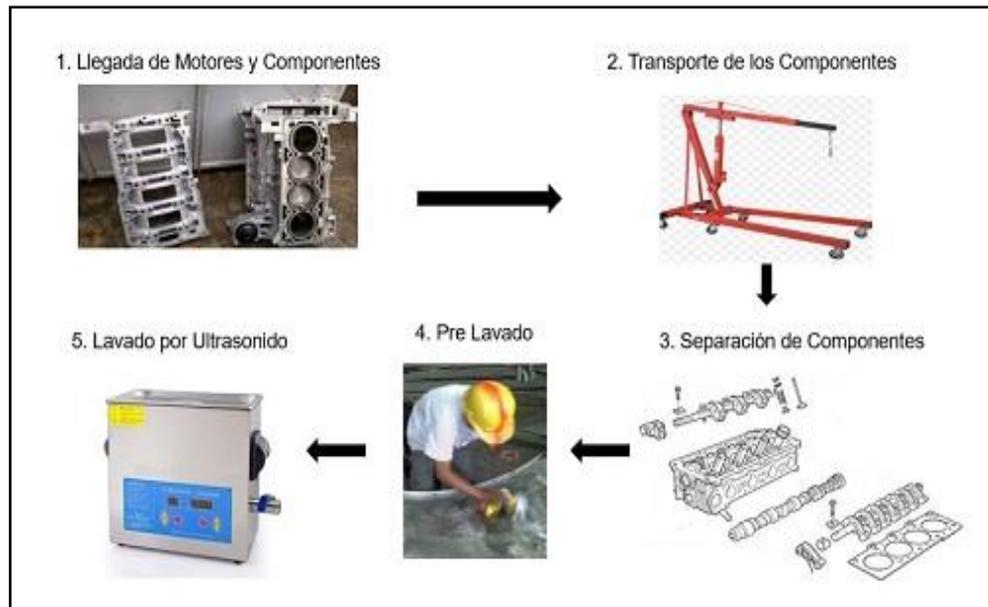
Cuadro 1. Tipos de Partes de Motor

Tipos de Partes		
Pistón sin Biela	Altura = 6 cm	
	Diametro = 7 cm	
	Peso = 1 kg	
Culata	Altura = 44 cm	
	Ancho = 41 cm	
	Peso = 15 kg	
Cárter	Altura = 42 cm	
	Ancho = 32 cm	
	Peso = 12 kg	
Tapa de Culata	Altura = 6 cm	
	Diametro = 50 cm	
	Peso = 12 kg	

Fuente: elaboración propia

3.1.3 Orden del Proceso. Para la disposición de las piezas, se debe tener en cuenta que al momento de llegar el motor se necesita separar en piezas individuales para realizar un prelavado, esto facilita el efecto de cavitación al realizar el lavado por ultrasonido, el proceso de disposición de estas piezas los encontramos en la imagen 14.

Imagen 14. Proceso de Disposición



Fuente: elaboración propia

3.2 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

Los requerimientos funcionales son de vital importancia para el diseño de la máquina. Los factores que influyen en la eficiencia del proceso y en el criterio de selección de alternativas que satisfaga las necesidades de la limpieza. A continuación, se señalarán los requerimientos más importantes para el diseño: sistema de elevación, sistema de vibración, sistema de calentamiento, sistema de evacuación de impurezas y materiales

3.2.1 Sistema de Elevación. Este sistema permite la alimentación de las piezas a la máquina para realizar la limpieza, este sistema debe estar en la capacidad máxima de 250 Kg de carga que es suficiente para elevar ya sea una pieza de gran dimensión o piezas de pequeña dimensión y peso, pero en grandes cantidades.

3.2.2 Sistema de Vibración. El sistema de vibración por medio de transductores piezoeléctricos permite generar un fenómeno de cavitación en la superficie de las piezas con frecuencia mínima de 20 KHz⁶ que depende la cantidad de piezas.

3.2.3 Sistema de Calentamiento. Este sistema de calentamiento facilita la generación de cavitación disminuyendo la necesidad de intensidad de frecuencia, esta temperatura se encuentra en intervalos de 50 C° A 80 C° dependiendo de la cantidad de piezas y el estado de ellas.

⁶ Mason, T.J. Ultrasonic cleaning: an historical. 2016 perspective. Ultrasonics Sonochemistry, volume 29. pág. 519

3.2.4 Sistema de Evacuación de Impurezas. Para poder desarrollar una limpieza adecuada se necesita trabajar con un solvente en buenas condiciones y al realizar un proceso continuo de lavado van quedando residuos de suciedad en el líquido, que disminuyen la efectividad de la limpieza, por tal motivo es importante establecer un sistema que permita limpiar el líquido de acuerdo al estado de este y a su vez permita la disminución de costos en la renovación del líquido.

3.2.5 Materiales. El material de la máquina por ultrasonido debe ser capaz de ser resistente a la erosión por cavitación y a la oxidación por la suciedad.

4. PLANTEAMIENTO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE EVACUACIÓN DE IMPUREZAS

En el presente capítulo se definen las alternativas en base a los parámetros y requerimientos establecidos junto con la empresa. El sistema de evacuación de impurezas puede tener diferentes soluciones que varían según sus características y teniendo en cuenta los requerimientos mencionados anteriormente, se establecerán las alternativas que pueden dar solución de manera adecuada al diseño de la máquina.

4.1 ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE EVACUACIÓN DE IMPUREZAS

El sistema de evacuación de impurezas permite mantener un solvente en condiciones adecuadas para el lavado de piezas por ultrasonido, a continuación, encontraremos las diferentes alternativas que cumplen con los parámetros establecidos.

4.1.1 Evacuación por Aspersores y Cuba Auxiliar de Decantación. Este sistema permite la evacuación de desechos que se generan en la limpieza por medio de aspersores que impulsan las partículas y fluidos como aceite a que sean decantados dentro de una cuba o recipiente para líquidos; este sistema es accionado por medio de una válvula de manera que se manipula por un operario.

Imagen 15. Aspersor de Agua



Fuente: CÉSPED GROUP. Inyector [Sitio Web]. [Citado el 9 de diciembre de 2018] Disponible en: www.cesped.es/tienda/es/aspersores

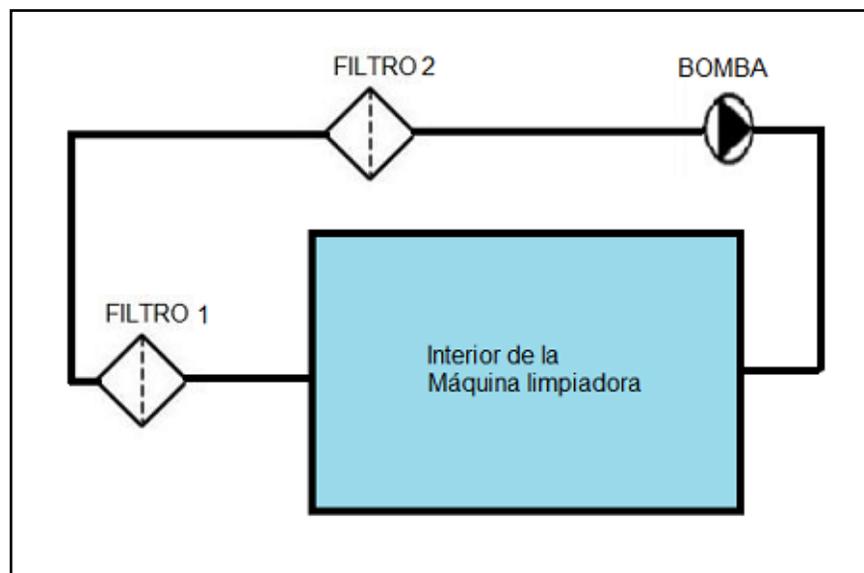
Cuadro 2. Alternativa 1

Ventajas	Desventajas
Proceso automatizado	Requiere gran espacio
Efectividad de limpieza	Complejidad de Aplicación
Fácil Mantenimiento	Consumo de energía excesivo
Operación Sencilla	Inversión Alta

Fuente: elaboración propia

4.1.2 Evacuación por Filtrado y Bombeo. La evacuación de impurezas se realiza por medio de una recirculación completa del agua para eliminar las impurezas por medio de bomba de baja presión que la hace circular a través de un filtro de limpieza de partículas grandes y un filtro auto limpiante o centrífugo para aceite y partículas finas de metal.

Imagen 16. Evacuación por Bombeo y Filtro



Fuente: elaboración propia

Cuadro 3. Alternativa 2

Ventajas	Desventajas
Limpieza Efectiva	Requiere gran espacio
Mantenimiento Sencillo	Inversión inicial Alta
Bajo consumo de energía	
Fácil Aplicación	

Fuente: elaboración propia

4.1.3 Evacuación Manual de Impurezas. La evacuación manual es a partir de una válvula que al abrirse por gravedad evacua las impurezas que pasan a través de una malla filtradora de partículas sólidas a un recipiente, y manualmente un operario deposita nuevamente el líquido en la máquina, este a su vez pasa un filtro, al momento de pasar por el filtro el líquido cae en un recipiente donde manualmente es depositado en la máquina, y para realizar esta limpieza manual se complementa con el paso de un filtro que atrape las partículas más grandes y mejorar la efectividad de la limpieza.

Imagen 17. Filtro de Malla



Fuente: Mercado Libre. [En Línea]
[Citado el 10 de diciembre de 2.018] Disponible en:
www.articulomercadolibre.com.co

Cuadro 4. Alternativa 3

Ventajas	Desventajas
Bajo costo inicial	Poca Efectividad
Requiere Poco espacio	Inversión inicial Alta
Bajo consumo de energía	Alto mantenimiento
Fácil Aplicación	Acción manual

Fuente: elaboración propia

4.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Para realizar la selección de alternativas se tuvo a consideración las variables de selección de estas por medio de la experiencia del Ingeniero Rodrigo Santamaría, de la empresa Rectificadora de Motores Sierra.

Cuadro 5. Ponderación de Criterios

Criterios de Evaluación	Ponderación
Efectividad de Limpieza	5
Mantenimiento	4
Costos	4
Consumo de Energía	4
Operabilidad	4
Disponibilidad de Espacio	2

Fuente: elaboración propia

Se establecieron los criterios de selección de alternativas adecuados y conforme a los parámetros de diseño establecidos

- Efectividad de Limpieza: Hace referencia a la necesidad de mantener el líquido desengrasante en condiciones ideales para limpieza, sin impurezas y partículas sólidas que disminuyan la efectividad de la limpieza.
- Mantenimiento: Hace referencia a la accesibilidad al sistema y la complejidad del mantenimiento.
- Costos: Hace referencia a los costos a largo plazo del mantenimiento de los componentes.
- Consumo de Energía: hace referencia al consumo de los componentes de la alternativa.
- Operabilidad: hace referencia a la dificultad que tiene el operario para operar el sistema.
- Disponibilidad de Espacio: Hace referencia a las dimensiones que requiere la alternativa en el diseño.

Cuadro 6. Valores de Criterios

Calificación	Valor
1	Muy poco importante
2	Poco importante
3	Importancia media
4	Importante
5	Muy importante

Fuente: elaboración propia

4.2.1 Análisis y satisfacción de Alternativas. Ya establecidas las alternativas de sistema de evacuación de impurezas con sus ventajas y desventajas, la ponderación de los criterios más importantes se realiza un rating para cada una de las alternativas teniendo en cuenta la ponderación de los criterios.

Cuadro 7. Rating

Rating de Satisfacción	
1	Extra bajo
2	Muy bajo
3	Bajo
4	Poco bajo
5	Medio
6	Poco alto
7	Alto
8	Muy alto
9	Extra alto

Fuente: elaboración propia

Tabla 1. Resultado Selección de Alternativa

Criterio	Ponderación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Efectividad de limpieza	5	6	9	4
Mantenimiento	4	8	8	4
Costos	4	4	6	5
Consumo de energía	4	9	7	2
Operabilidad	4	8	9	5
Disponibilidad de espacio	2	7	6	3

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. Resultado Ponderado

Criterio	Ponderación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Efectividad de limpieza	5	30	45	20
Mantenimiento	4	32	32	16
Costos	4	16	24	20
Consumo de energía	4	36	28	8
Operabilidad	4	32	36	20
Disponibilidad de espacio	2	14	12	6
Suma Total		160	177	90

Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta la selección de alternativas y el análisis de resultados donde se evaluaron las tres alternativas se concluyó que la alternativa 2 de evacuación de

Filtro y Bombeo es el más adecuado para la solución del sistema de evacuación de impurezas.

5. DISEÑO DETALLADO

En el presente capítulo se desarrollará el diseño del tanque donde se efectúa el proceso de limpieza, la estructura que soporta todo el peso en conjunto del tanque y la selección del sistema de elevación y del sistema de generación por ultrasonido.

5.1 CÁLCULO DEL TANQUE

Para realizar el cálculo pertinente del tanque donde se va a realizar la limpieza se debe tener en cuenta el tipo de material que debido a que se va a utilizar un líquido biodegradable debe ser en acero inoxidable AISI 304, también se tendrá en cuenta el peso del líquido biodegradable y el peso de los elementos piezorresistivos que están sujetos a las paredes laterales del tanque. Para desarrollar estos cálculos se extrajo información de manual de recipientes a presión de Eugene F. Megyesy donde encontramos los cálculos de un tanque sometido a presión:

Notación

α = factor que depende relación longitud/ altura del tanque H/L

E= módulo de elasticidad del material en Lb/ in² (N/m²)

G= gravedad específica del líquido

l = distancia máxima entre soportes

S= esfuerzo máximo del material Lb/in² (N/m²)

t= espesor de placa requerido

Para poder seleccionar el factor dependiente de la relación encontramos las dimensiones previamente establecidas en los parámetros y requerimientos específicos del capítulo 3, obteniendo los siguientes datos:

- Altura (H)=1,1 m; 43,3071 (in)
- Longitud (L)=1,1 m; 43,3071 (in)
- Ancho (A)= 0,8 m; 23,622 (in)

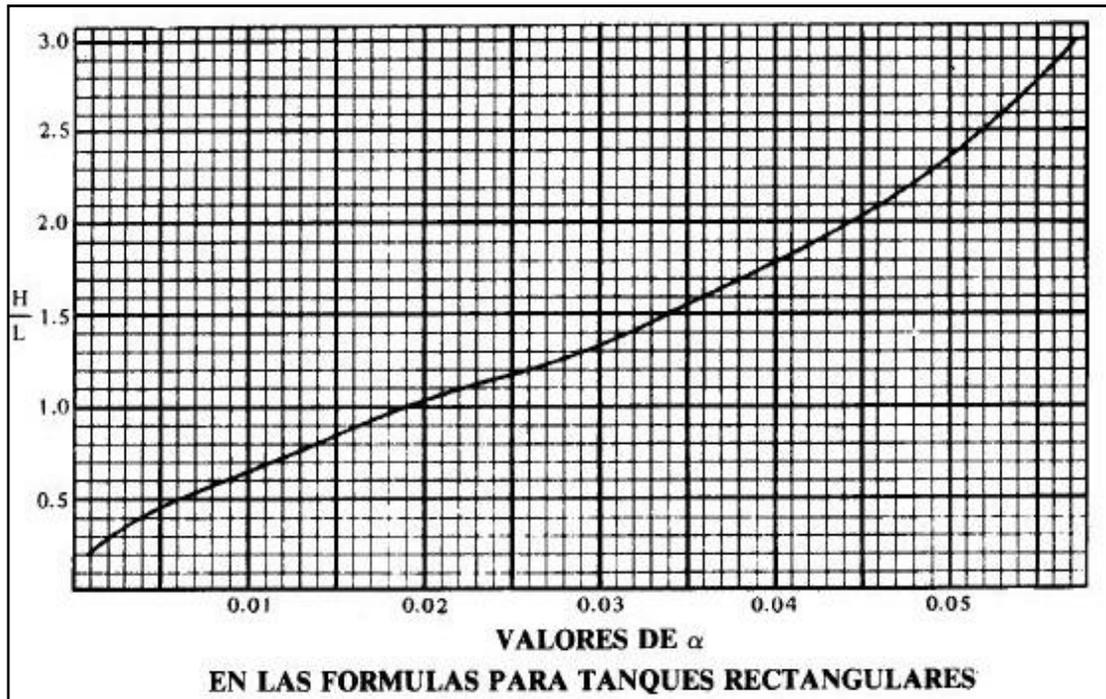
Ecuación 1. Relación H/L

$$\frac{H}{L} = \frac{43,3071 \text{ in}}{43,3071 \text{ in}} = 1$$

Fuente: Fuente: F. Megyesy Eugene.
Manual de Recipientes a Presión. México
D.F. Noriega Limusa. 1992. Pág. 183.

Ya con esta relación podemos hallar el factor H/L de la tabla:

Imagen 18. Valores de Relación H/L



Fuente: F. Megyesy Eugene. Manual de Recipientes a Presión. México D.F.
Noriega Limusa. 1992. Pág. 183.

El factor α encontrado fue igual a 0,016 ya con esto podemos hallar el espesor de las placas laterales:

Ecuación 2. Ecuación Espesor

$$Espesor = 2,45 * L \sqrt{\frac{\alpha * H * 0,086 * G}{S}} \text{ (in)}$$

Fuente: F. Megyesy Eugene. Manual de Recipientes a Presión. México D.F. Noriega Limusa. 1992. Pág. 183

G= 1,15 (gravedad especifica Liquido desengrasante biodegradable)

S= 205 MPa (29732,7 Lb/in²)

α= 0,019

$$Espesor = 2,45 * (43,3071 \text{ in}) \sqrt{\frac{(0,016) * (43,3071 \text{ in}) * 0,086 * (1,15 \text{ Lb/ in}^3)}{29732,7 \text{ Lb/ in}^2}}$$

$$Espesor = 0,1611 \text{ in (4,1 mm)}$$

Sumando un margen de seguridad por corrosión de 0,00625 in el espesor es:

$$Espesor = 0,16754 \text{ in} + 0,0625 \text{ in}$$

$$Espesor = 0,2236 \text{ in (5,6794 mm)} \cong 6 \text{ mm}$$

A continuación, encontraremos es espesor de la pared inferior del tanque ya la carga concentrada sobre la pared de la placa es la más grande por lo tanto su espesor aumenta:

Ecuación 3. Ecuación Espesor Inferior

$$espesor_{inferior} = \frac{L}{1,254 \sqrt{\frac{S}{0,036 G * H}}}$$

Fuente: F. Megyesy Eugene. Manual de Recipientes a Presión. México D.F. Noriega Limusa. 1992. Pág. 183

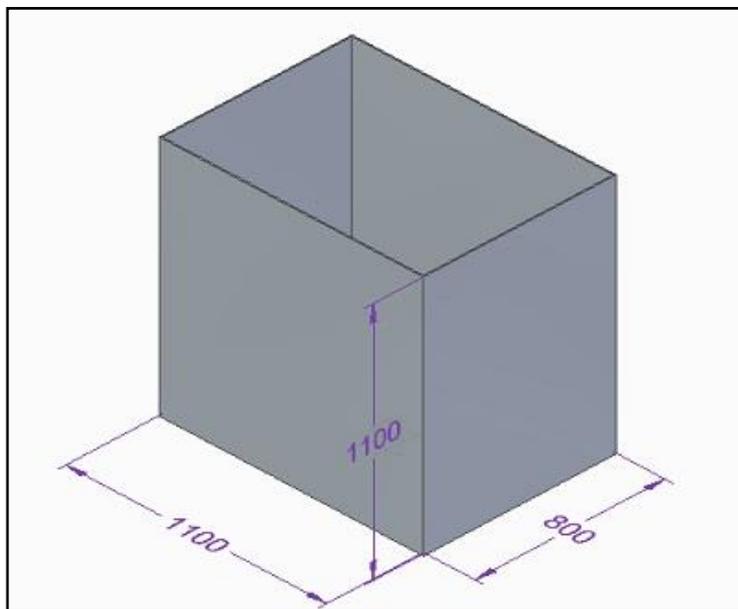
$$espesor_{inferior} = \frac{43,3071 \text{ in}}{1,254 \sqrt{\frac{29732,7 \text{ Lb/ in}^2}{0,036 * (1,15 \text{ lb/in}^3) * (43,3071 \text{ in})}}$$

$$espesor_{inferior} = 0,2882 + 0,0625 \text{ in}$$

$$espesor_{inferior} = 0,3306 \text{ in} \approx (9 \text{ mm})$$

Ya con las medidas de es espesor de las paredes laterales y la pared inferior del tanque podemos entrar a calcular el peso neto del tanque junto con el peso del líquido, los elementos piezorresistivo, el peso máximo del motor y el material del tanque.

Imagen 19. Tanque



Fuente: elaboración propia

Para hacer el cálculo del peso total del tanque incluyendo los pesos anteriormente mencionados partimos del siguiente cálculo:

➤ Peso del Tanque:

$$P_{tanque} = Ancho \times Largo \times Espesor \times \rho$$

$$\rho = \text{densidad del material}$$

Tabla 3. Características

Lado	Longitud (cm)
Altura	110
Ancho	800
Largo	110
Espesor 1	0,6
Espesor 2	0,9
Densidad(g/cm ³)	1,15
AISI 304	7,93

Fuente: elaboración propia

Tabla 4. Peso del Tanque

Placa	Volumen (cm ³)	Peso (Kg)
1	7260	8349
2	7260	8349
3	52800	60720
4	52800	60720
5	79200	91080
Total (gr)		229218
Total (Kg)		229,218

Fuente: elaboración propia

- Peso del Motor: 250 Kg
- Peso de los Elementos Piezorresistivos:

$$\text{Volumen} = 0,66 \text{ m}^3 = 175 \text{ galones}$$

$$175 \text{ galones} \rightarrow 300 \text{ transductores}$$

$$175 \text{ galones} \rightarrow 3 \text{ placas sumergibles de generadores}$$

Según el anexo C del catálogo de transductores encontramos que cada transductor tiene un peso unitario de 240 gramos:

$$1 \text{ placa sumergible transductor} \rightarrow 28 \text{ Kg}$$

$$3 \text{ placas de ultrasonido sumergibles} \rightarrow 84 \text{ kg}$$

Peso Total= 84 Kg

➤ **Peso del Líquido**

Para encontrar el peso del líquido partimos de la densidad de este que encontramos en el anexo D donde la densidad es de 1,15 g/ml:

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

$$\rho_{\text{Líquido}} = 1,15 \frac{\text{g}}{\text{ml}} = 1150 \text{kg/m}^3$$

$$\text{Masa} = \rho_{\text{Líquido}} * \text{Volumen}$$

$$\text{Masa} = 1150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,66 \text{ m}^3$$

$$\text{Masa}_{\text{Líquido}} = 760 \text{ kg}$$

El peso total del tanque sería la suma de todos los pesos:

$$\text{Peso Total}_{\text{Tanque}} = \text{Peso}_{\text{tanque}} + \text{Peso}_{\text{Líquido}} + \text{Peso}_{\text{Trands.}} + \text{Peso}_{\text{motor}} + \text{Peso}_{\text{otros}}$$

$$\text{Peso Total}_{\text{Tanque}} = 229 \text{ kg} + 760 \text{ kg} + 84 \text{ kg} + 250 \text{ kg}$$

$$\text{Peso Total}_{\text{Tanque}} = 1323 \text{ kg}$$

Para el cálculo de la estructura que va a soportar el peso total del tanque se debe obtener la fuerza o carga distribuida que se va a aplicar a la sección de la viga.

$$f = \text{masa} * \text{aceleración}$$

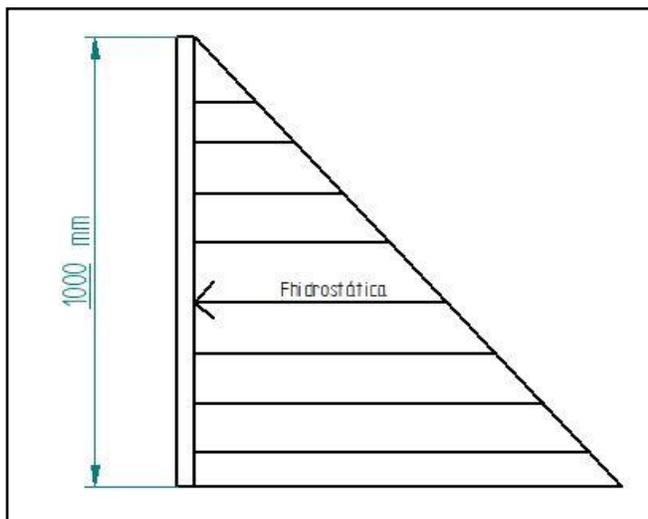
$$f = 1323 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$f = 12978,63 \text{ N}$$

$$f = 12978,63 \text{ N}$$

Para calcular la carga puntual que va a soportar las paredes debemos hallar la fuerza hidrostática a la cual está sometida las paredes del tanque.

Imagen 20. Fuerza Hidrostática



Fuente: elaboración propia

Con la densidad del líquido que encontramos en el anexo D donde la densidad es de 1150 Kg/m^3 y con las dimensiones del tanque que son $1,1\text{m} \times 1\text{m}$ podemos hallar la fuerza hidrostática⁷ sobre las paredes del recipiente.

Ecuación 4. Ecuación Fuerza Hidrostática

$$F_h = \frac{\rho g A H}{2}$$

Fuente: Robert L Mott. Mecánica de Fluidos (Sexta Edición). México. Pearson Educación. 2006 pág. 88.

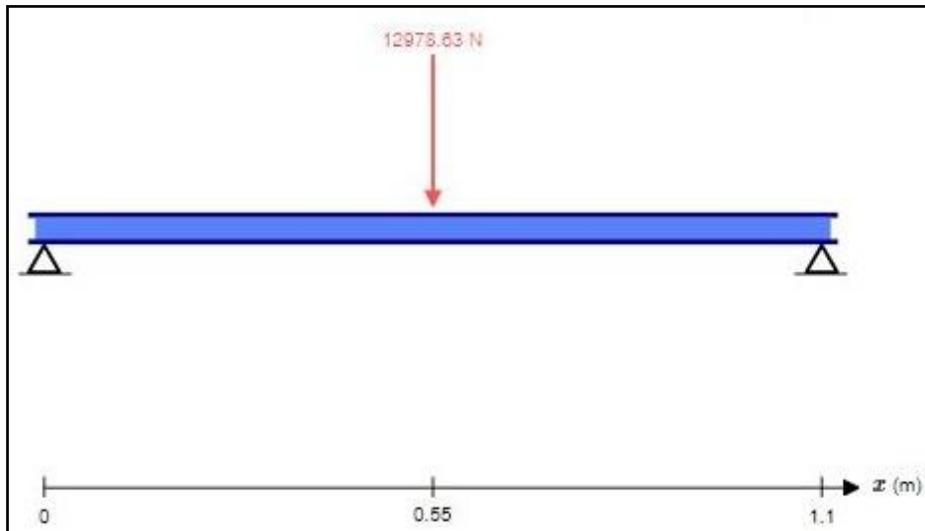
$$F_h = \frac{(1150 \text{ Kg/m}^3)(9,81 \text{ m/s}^2)(1,1 \text{ m})(1 \text{ m}) * 2}{3}$$

$$F_h = 8273 \text{ N}$$

⁷ Robert L Mott. Mecánica de Fluidos (Sexta Edición). México. Pearson Educación. 2006 pág 88.

5.2 CÁLCULO ESTRUCTURA DE SOPORTE

Imagen 21. Diagrama de Cuerpo Libre de la Viga



Fuente: elaboración propia.

$$\sum F_y = 0$$

$$F = F_a + F_c$$

$$\curvearrow + \sum M_A = 0$$

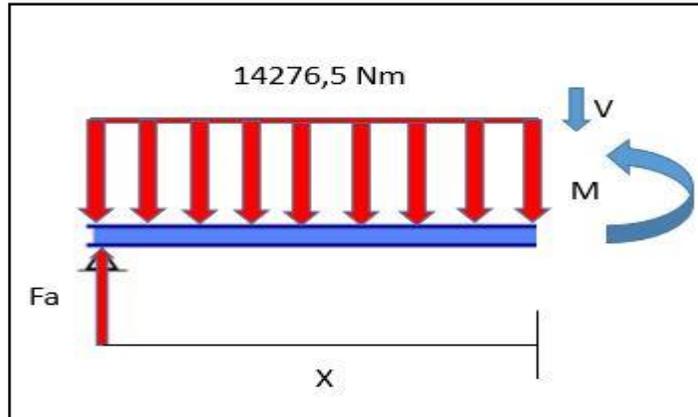
$$F_c = \frac{(12978,63N) * (0,55m)}{1,1m}$$

$$F_c = 6489,32 N$$

$$F_a = 6489,32 N$$

Ya encontrado las fuerzas en los apoyos podemos calcular la fuerza máxima sobre la viga y el momento máximo que actúa sobre ella

Imagen 22. Diagrama de Momento



Fuente: elaboración propia

$$\sum F_y = 0$$

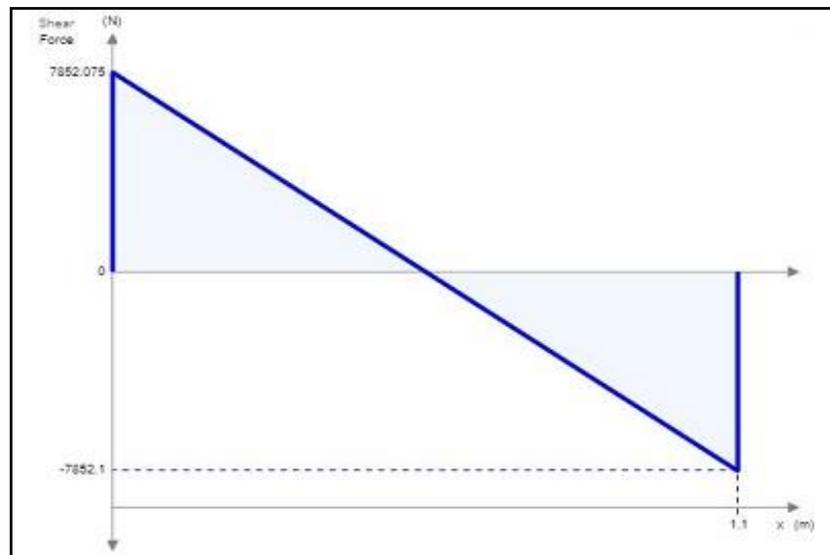
$$V = 6489,32 \text{ N} - 14276,5X$$

$$\sum_{\text{corte}}^+ M = 0$$

$$M = 6489,32X - 7138,3X^2$$

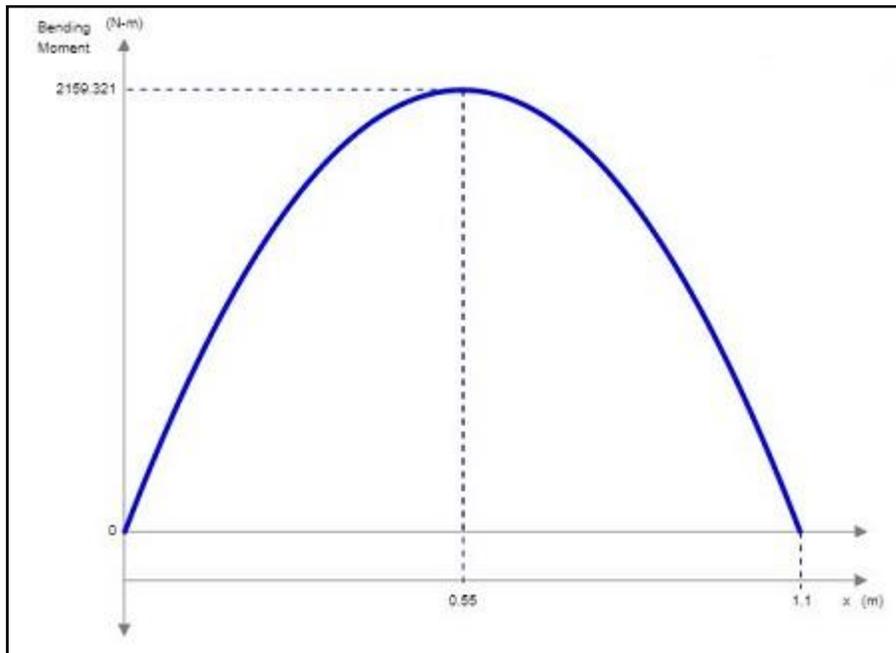
Obteniendo los siguientes diagramas

Imagen 23. Diagrama Fuerza Cortante



Fuente: elaboración propia.

Imagen 24. Diagrama de Momento Flector



Fuente: elaboración propia.

Para la selección del perfil en I estructural, se usará el acero ASTM A500, que es el material suministrado en el anexo E de aceros colmena donde el esfuerzo último de fluencia es de 350 MPa y el factor de seguridad usado es de 2.5 se selecciona este factor por “Diseño de estructuras estáticas y elementos de máquina dinámicas con una confianza promedio en todos los datos del diseño”⁸. Se calcula el esfuerzo permisible asumiendo el esfuerzo de fluencia como el esfuerzo último.

Ecuación 5. Ecuación F.S

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{\sigma_{\text{Fluencia}}}{\sigma_{\text{Permisible}}}$$

Fuente: MOTT, Robert L., et al. Diseño de Elementos de Máquinas. México: Pearson Educación S.A., 2006. Pág. 185

$$\sigma_{\text{Permisible}} = \frac{350 \text{ Mpa}}{2.5} = 140 \text{ Mpa}$$

$$S_{\text{requerido}} = \frac{\text{Momento}_{\text{máx}}}{\sigma_{\text{Permisible}}}$$

⁸ MOTT, Robert L., et al. Diseño de Elementos de Máquinas. México: Pearson Educación S.A., 2006. pág. 185

$$S_{requerido} = \frac{2159, N * m}{140 \times 16^6 \text{ N/m}^2}$$

$$S_{requerido} = 1,542371 \times 10^{-5} \text{ m}^3 = 15,4237 \text{ cm}^3$$

Según el anexo E del catálogo de vigas de perfil cuadrado de la empresa colmena, que cumple con la sección requerida; se seleccionó el perfil 70 mm x 70 mm x 3 mm con módulo de sección de 16,44 cm³.

Con las medidas del perfil seleccionado podemos encontrar la deformación de la viga con la ecuación del momento flector definida.

$$\int EI \frac{d^2y}{dx^2} = M$$

$$\int EI \frac{dy}{dx} = M dx + C1$$

$$EIY_{m\acute{a}x} = mdx^2 + c1X + c2$$

$$\int EI \frac{d^2y}{dx^2} = 6489,32X - 7138,3X^2$$

Si x=0, C₂= 0 pero si X=1,1; C₁=-942,948

$$EIY_{m\acute{a}x} = 1081,553 x^3 - 594,86 x^4 - 516,92x$$

Si E= 150 GPa e Inercia= 5.753 x 10⁻⁷m⁴

$$Y_{m\acute{a}x} = \frac{5,17 \cdot 10^{-4}}{(150 \times 10^9 \text{ N/m}^2) (5.753 \times 10^{-7} \text{ m}^4)}$$

$$Y_{m\acute{a}x} = 5,991 \times 10^{-9} \text{ m} = 5,991 \times 10^{-6} \text{ mm}$$

Con este resultado podemos encontrar que la deformación de la viga con el perfil seleccionado es de 5,991 x 10⁻⁶ mm de deformación, para comprobar que el factor de seguridad escogido es el ideal para el diseño se utiliza la teoría de Von Mises-Hencky⁹ que es una teoría de la distorsión de la energía para explicar la falla de un material dúctil que es el “área bajo la curva esfuerzo-deformación unitaria hasta el punto donde se aplica el esfuerzo para un estado de esfuerzos unidireccional” permitiendo hallar un esfuerzo efectivo de tensión uniaxial.

⁹ NORTON, Robert L. Diseño de Máquinas: Un Enfoque Integrado. (4a.ed.). Distrito Federal: Pearson Education. 2017. Pág.176

Para desarrollar el esfuerzo efectivo de Von Mises para la viga que va a soportar el peso total del tanque de limpieza, debemos utilizar los datos de la imagen 23 y la imagen 24 que son esfuerzo cortante máximo de 7859 N y el máximo momento flector de 2159 N.m. para encontrar los esfuerzos comenzando por el esfuerzo de flexión normal que es el esfuerzo admisible:

$$\sigma_x = \text{esfuerzo normal}$$

$$\sigma_x = 140 \text{ Mpa}$$

Para el cálculo del esfuerzo cortante en el punto medio de la viga se determina con la siguiente ecuación¹⁰ para elementos de pared delgada.

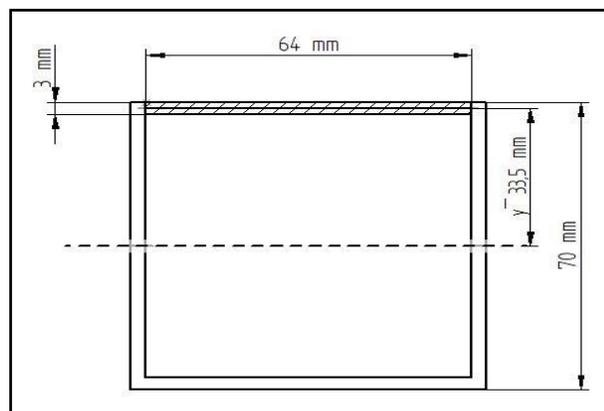
Ecuación 6. Esfuerzo Cortante

$$\sigma_{\tau xz} = \frac{VQ}{Ie}$$

Fuente: BEER, Ferdinand Pierre, et al. Mecánica de Materiales. México: McGraw-Hill, 2009. Pág. 390

Siendo V el esfuerzo cortante máximo, I el momento de inercia, e es el espesor del perfil y Q el primero momento de área con respecto al eje neutro, en la imagen 24 podemos encontrar las dimensiones del perfil seleccionado que se necesitan para los cálculos.

Imagen 25. Perfil de Viga Cuadrado



Fuente: elaboración propia

¹⁰ BEER, Ferdinand Pierre, et al. Mecánica de Materiales. México: McGraw-Hill, 2009. pág. 390

Para poder encontrar Q se utiliza la imagen 24 que se calcula con la siguiente ecuación¹¹

$$Q = A' * \bar{y}$$

$$Q = (3mm)(64mm)(33,5mm) \left(\frac{(1m)^3}{(1000cm)^3} \right)$$

$$Q = 6,432 \times 10^{-6} m^3$$

$$\sigma_{TXZ} = \frac{(7842,1 N)(6,432 \times 10^{-6} m^3)}{(5,753 \times 10^{-7} m^4)(3 \times 10^{-3} m^3)} * \frac{1 Mpa}{1 \times 10^6 m^3}$$

$$\sigma_{TXZ} = 29,23 Mpa$$

Para calcular el esfuerzo cortante máximo lo encontramos con la combinación del esfuerzo cortante con la siguiente ecuación¹².

Ecuación 7. Esfuerzo Co Máx

$$\sigma_{Tmáx} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_z}{2}\right)^2 + \sigma_{TXZ}^2}$$

Fuente: NORTON, Robert L.
Diseño de Máquinas: Un
Enfoque Integrado. (4a.ed.).
Distrito Federal: Pearson
Education. 2017. Pág. 179

$$\sigma_{Tmáx} = \sqrt{\left(\frac{140 Mpa - 0}{2}\right)^2 + (29,23 Mpa)^2}$$

$$\sigma_{Tmáx} = \sqrt{\left(\frac{140 Mpa - 0}{2}\right)^2 + (29,23 Mpa)^2}$$

$$\sigma_{Tmáx} = 75,86 Mpa$$

¹¹ BEER, Ferdinand Pierre, et al. Mecánica de Materiales. México: McGraw-Hill, 2009. pág. 378

¹² NORTON, Robert L. Diseño de Máquinas: Un Enfoque Integrado. (4a.ed.). Distrito Federal: Pearson Education. 2017. Pág. 75

A continuación determinaremos los esfuerzos principales σ_1, σ_2 y σ_3 , con las siguientes ecuaciones¹³.

Ecuación 8. Esfuerzo 1

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_z}{2} + \sigma_{Tmáx}$$

Fuente: NORTON, Robert L. Diseño de Máquinas: Un Enfoque Integrado. (4a.ed.). Distrito Federal: Pearson Education. 2017. Pág. 179

$$\sigma_1 = \frac{140 \text{ Mpa} + 0}{2} + 75,86 \text{ Mpa} = 145,86 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_2 = 0$$

Ecuación 9. Esfuerzo 3

$$\sigma_3 = \frac{\sigma_x + \sigma_z}{2} - \sigma_{Tmáx}$$

Fuente: NORTON, Robert L. Diseño de Máquinas: Un Enfoque Integrado. (4a.ed.). Distrito Federal: Pearson Education. 2017. Pág. 179

$$\sigma_3 = \frac{140 \text{ Mpa} + 0}{2} - 75,86 \text{ Mpa} = -5,86 \text{ Mpa}$$

Para este caso bidimensional hallamos el esfuerzo Von Mises con la siguiente ecuación¹⁴.

¹³ NORTON, Robert L. Diseño de Máquinas: Un Enfoque Integrado. (4a.ed.). Distrito Federal: Pearson Education. 2017. Pág. 76

¹⁴ NORTON, Robert L. Diseño de Máquinas: Un Enfoque Integrado. (4a.ed.). Distrito Federal: Pearson Education. 2017. Pág. 179

Ecuación 10. Esfuerzo Von Mises

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1 * \sigma_3 + \sigma_3^2}$$

Fuente: NORTON, Robert L. Diseño de Máquinas: Un Enfoque Integrado. (4a.ed.). Distrito Federal: Pearson Education. 2017. Pág. 179

$$\sigma' = \sqrt{(142,8\text{Mpa})^2 - (142,8\text{Mpa}) * (-8,2\text{Mpa}) + (-8,2\text{Mpa})^2}$$

$$\sigma' = 145,82\text{Mpa}$$

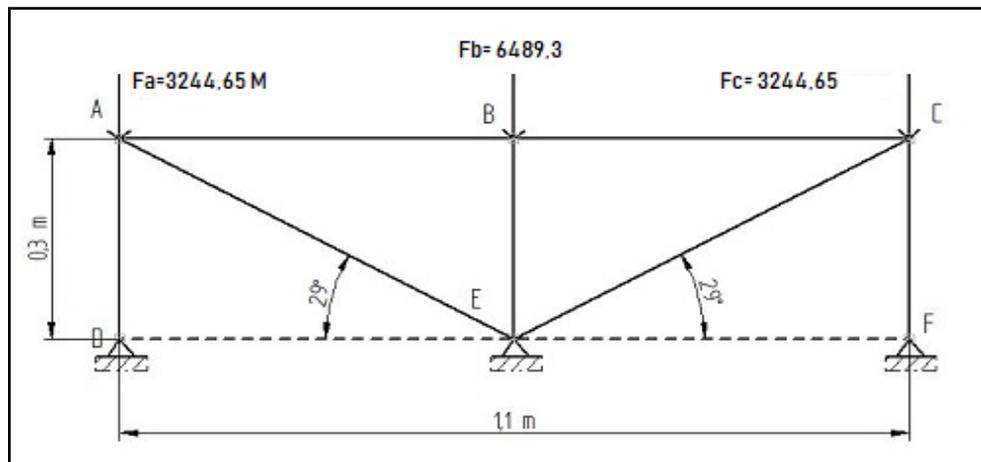
Ya con el valor efectivo de Von Mises podemos hallar el factor de seguridad efectiva o con la siguiente ecuación¹⁵.

$$F.S = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$F.S = \frac{350\text{Mpa}}{145,82\text{Mpa}} = 2.4$$

Al calcular el valor efectivo del factor de seguridad que dio como resultado 2.4 se comparará con el resultado en el capítulo de simulación por elementos finitos, y en base a esto la estructura a diseñar será una cercha donde encontraremos las siguientes reacciones.

Imagen 26. Cercha

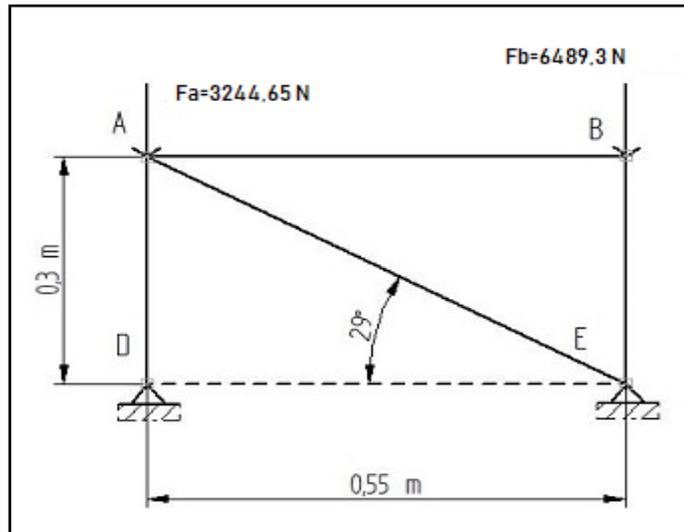


Fuente: elaboración propia

¹⁵ *Ibíd.*, p. 181

Tomando como referencia que la cercha se encuentra en un equilibrio de cargas se puede hallar las fuerzas tomando una parte de la cercha y calculando las fuerzas de tensión y compresión.

Imagen 27. DCL Media Cercha



Fuente: elaboración propia

$$+\widetilde{\sum M_D} = 0$$

$$(0,55 \text{ m})(-6489,3 \text{ N}) + (0,55 \text{ m})(F_e) = 0$$

$$F_e = 6489,3$$

$$\sum F_y = 0$$

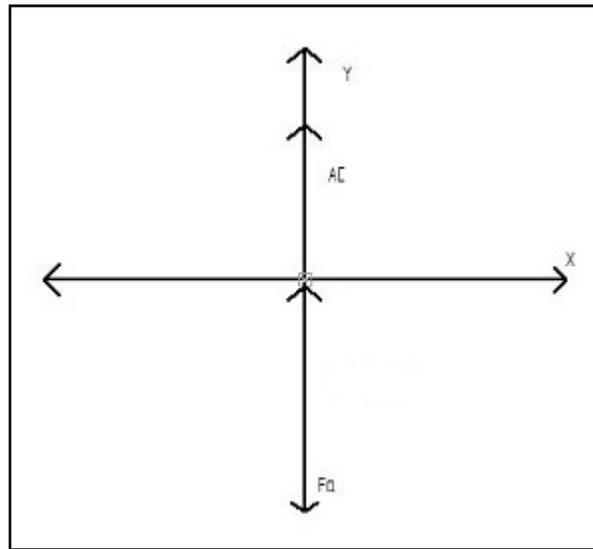
$$-3244,65 - 6489,3 + 6489,3 + F_d = 0$$

$$F_d = 3244,65 \text{ N}$$

Realizando el cálculo de las fuerzas por el método de nodos encontramos lo siguiente.

➤ Nodo D

Imagen 28. DCL Nodo D



Fuente: elaboración propia

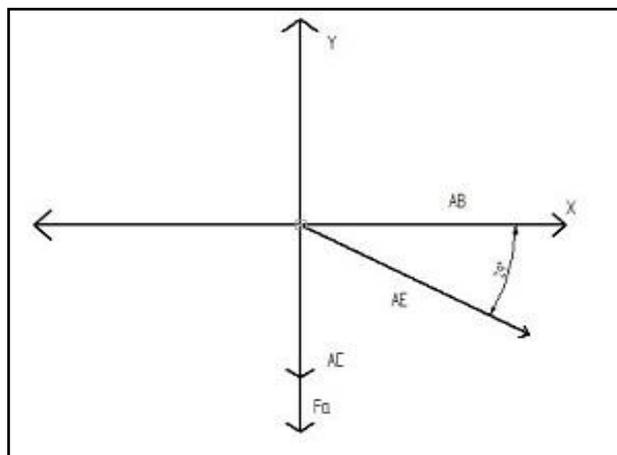
$$\sum F_y = 0$$

$$AC + 3244,65 \text{ KN} = 0$$

$$AC = 3244,65 \text{ KN (Compresión)}$$

➤ Nodo A

Imagen 29. DCL Nodo A



Fuente: elaboración propia

$$\sum F_x = 0$$

$$AB + AE \cos\phi = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-FA - AE \sin\phi - AD = 0$$

$$AE = \frac{6489,3 \text{ N}}{\sin(28,61^\circ)} = 13551,98 \text{ N (Tensión)}$$

$$AB = 13551,98 * \cos(28,61^\circ) = 11897,3 \text{ N (Tensión)}$$

$$BE = 6489,3 \text{ (Compresión)}$$

Como la cercha es simétrica el cálculo del nodo A es igual que el cálculo del Nodo C obteniendo la siguiente tabla.

Tabla 5. Fuerzas en Nodos

Nodo	Fuerza (N)	Tensión/Compresión
AB-BC	11897,3	Tensión
AE-EC	13551,98	Tensión
AD-CF	3244,65	Compresión
BE	6489,3	Compresión

Fuente: elaboración propia

5.3 CÁLCULO SISTEMA DE ELEVACIÓN

5.3.1 Parametrización del Sistema de Elevación

Este sistema necesita de las siguientes características que permitirán hacer los cálculos respectivos de la estructura y poder seleccionar el elevador:

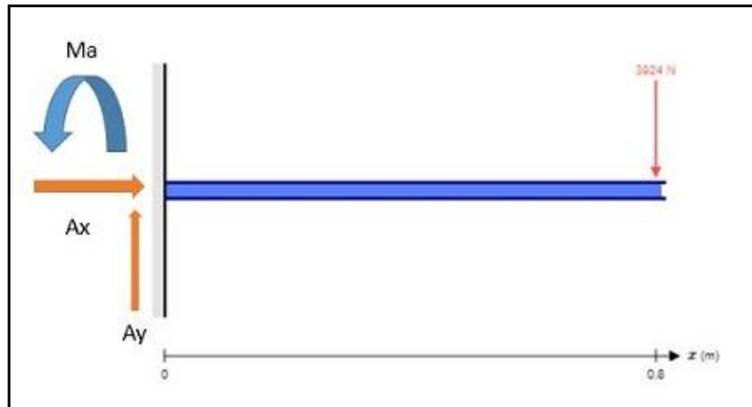
- Velocidad de Elevación Mínima: 0,5 m/s
- Carga Mínima de Elevación en peso: 250 Kg
- Potencia del Motor: 1,5 HP
- Altura mínima de la estructura: 1,5 m
- De manejo e instalación sencilla

Para encontrar la carga máxima a la que se va a someter la viga que soporta la carga del peso a elevar máximo, el peso del motor y el peso de la canastilla:

- Peso Motor: 60 Kg
- Peso Carga Máxima: 325 Kg
- Peso Canastilla: 10 Kg
- Peso total: 400 Kg

Estableciendo los parámetros del elevador podemos encontrar la fuerza que va a soportar la viga esta es de 3924 N, entonces el diagrama de cuerpo libre de la viga lo encontramos en la imagen 25.

Imagen 30. Diagrama Cuerpo Libre Viga Elevador



Fuente: elaboración propia

$$\curvearrowright + \Sigma M_A = 0$$

$$0,4 \text{ m}(-1924 \text{ N}) + M_A = 0$$

$$M_A = 1569,1 \text{ N}$$

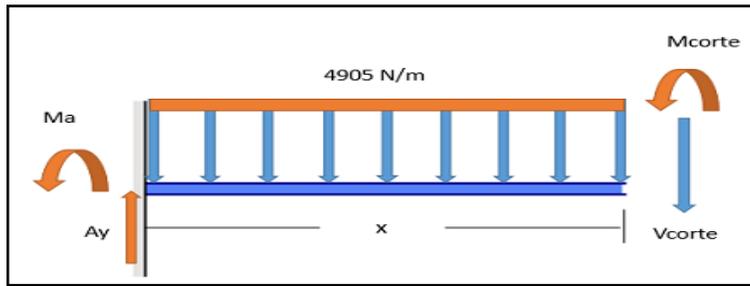
$$\Sigma F_y = 0$$

$$-3924 \text{ N} + A_y = 0$$

$$A_y = 3924 \text{ N}$$

$$A_x = 0$$

Imagen 31. Diagrama de Corte



Fuente: elaboración propia

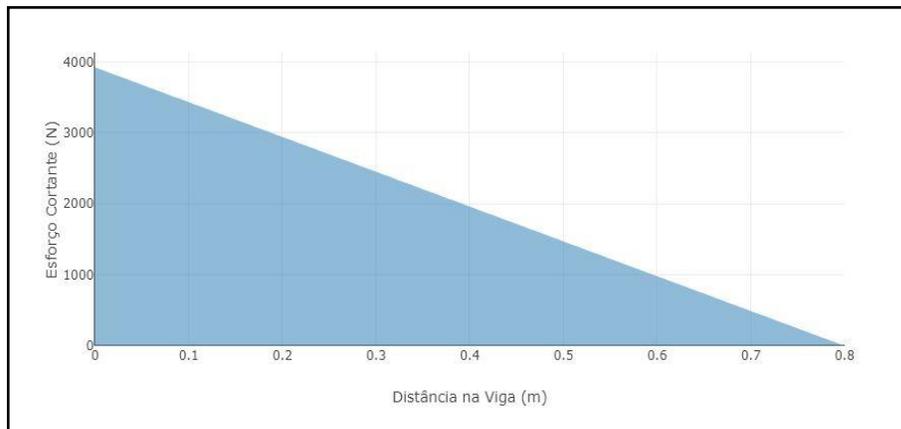
$$\sum F_y = 0$$

$$V = 3924 \text{ N} - 4905X$$

$$\sum_{\text{corte}}^+ M = 0$$

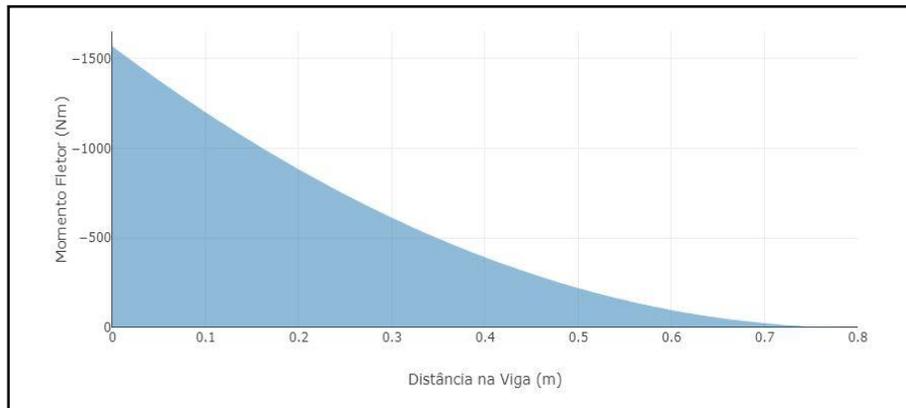
$$M = 3924X - 2452,5 X^2 - 1569,1$$

Imagen 32. Diagrama Fuerza Cortante Viga Elevador



Fuente: elaboración propia.

Imagen 33. Diagrama de Momento Flector Viga Elevador



Fuente: elaboración propia.

Para la selección del perfil en I estructural, se usará el acero ASTM A500, que es el material suministrado en el anexo E de aceros colmena donde el esfuerzo ultimo de fluencia es de 350 MPa y el factor de seguridad usado es de 2.0 se selecciona este factor por “Diseño de estructuras estáticas y elementos de máquina dinámicas con una confianza promedio en todos los datos del diseño¹⁶”. Se calcula el esfuerzo permisible asumiendo el esfuerzo de fluencia como el esfuerzo último.

Ecuación 11. F.S Elevador

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{\sigma \text{ Fluencia}}{\sigma \text{ Permisible}}$$

Fuente: MOTT, Robert L, et al. Diseño de Elementos de Máquinas. México: Pearson Educación S.A., 2006. Pág. 185

$$\sigma \text{ Permisible} = \frac{350 \text{ Mpa}}{2.0} = 175 \text{ Mpa}$$

$$S \text{ requerido} = \frac{\text{Momento}_{\text{máx}}}{\sigma \text{ Permisible}}$$

$$S \text{ requerido} = \frac{1569,1 \text{ N} * \text{m}}{175 * 10^6 \text{ N/m}^2}$$

$$S \text{ requerido} = 8,966 * 10^{-5} \text{ m}^3 = 8,9662 \text{ cm}^3$$

¹⁶ MOTT, Robert L., et al. Diseño de Elementos de Máquinas. México: Pearson Educación S.A., 2006. pág. 185

Según el anexo E del catálogo de vigas de perfil cuadrado de la empresa colmena, que cumple con la sección requerida; se seleccionó el perfil 60 mm x 60 mm x 2,5 mm con módulo de sección de 10,11 cm³.

Con las medidas del perfil seleccionado podemos encontrar la deformación de la viga con la ecuación del momento flector definida.

$$\int EI \frac{d^2y}{dx^2} = M$$

$$\int EI \frac{dy}{dx} = M dx + C1$$

$$EIY_{m\acute{a}x} = mdx^2 + c1X + c2$$

$$\int EI \frac{d^2y}{dx^2} = 3924X - 2452,5 X^2 - 1569,1$$

Si x=0, C₂= 0 pero si X=0,8; C₁= 313,71

$$EIY_{m\acute{a}x} = -204,36x^4 + 654x^3 - 784,55x^2 + 313,71x$$

Si E= 150 GPa e Inercia= 3,034 x 10⁻⁷m⁴

$$Y_{m\acute{a}x} = \frac{-1,856x10^{-3}}{(150x10^9 N/m^2)(3,034x10^{-7}m^4)}$$

$$Y_{m\acute{a}x} = -4,078x10^{-8}m = -4,0787x10^{-5} mm$$

Con este resultado podemos encontrar que la deformación de la viga con el perfil seleccionado es de 0,8 mm de deformación, para comprobar que el factor de seguridad escogido es el ideal para el diseño se utiliza la teoría de Von Mises-Hencky¹⁷ que es una teoría de la distorsión de la energía para explicar la falla de un material dúctil que es el “área bajo la curva esfuerzo-deformación unitaria hasta el punto donde se aplica el esfuerzo para un estado de esfuerzos unidireccional” permitiendo hallar un esfuerzo efectivo de tensión uniaxial.

Para desarrollar el esfuerzo efectivo de Von Mises para la viga que va a soportar el peso total ya parametrizado del elevador, debemos utilizar los datos de la imagen 32 y la imagen 33 que son esfuerzo cortante máximo de 3924 N y el máximo

¹⁷ NORTON, Robert L. Diseño de Máquinas: Un Enfoque Integrado. (4a.ed.). Distrito Federal: Pearson Education. 2017. Pág.176

momento flector de 1569,1 N.m. para encontrar los esfuerzos comenzando por el esfuerzo de flexión normal que es el esfuerzo admisible:

$$\sigma_x = \text{esfuerzo normal}$$

$$\sigma_x = 175 \text{ Mpa}$$

Para el cálculo del esfuerzo cortante en el punto medio de la viga se determina con la siguiente ecuación¹⁸ para elementos de pared delgada.

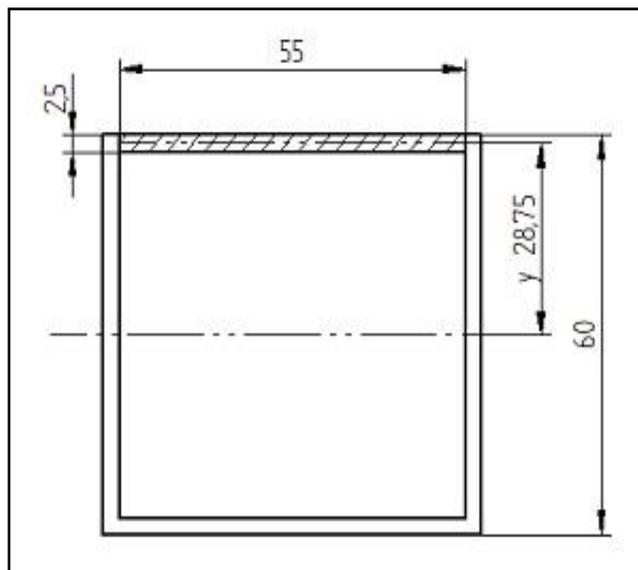
Ecuación 12. Esfuerzo Cort

$$\sigma_{\tau xz} = \frac{VQ}{Ie}$$

Fuente: BEER, Ferdinand Pierre, et al. Mecánica de Materiales. México: McGraw-Hill, 2009. Pág. 390

Siendo V el esfuerzo cortante máximo, I el momento de inercia, e es el espesor del perfil y Q el primero momento de área con respecto al eje neutro, en la imagen 29 podemos encontrar las dimensiones del perfil seleccionado que se necesitan para los cálculos.

Imagen 34. Perfil de Elevador Cuadrado



Fuente: elaboración propia

¹⁸ BEER, Ferdinand Pierre, et al. Mecánica de Materiales. México: McGraw-Hill, 2009. pág. 390

Para poder encontrar Q se utiliza la imagen 34 que se calcula con la siguiente ecuación¹⁹

$$Q = A' * \bar{y}$$

$$Q = (2,5 \text{ mm})(55 \text{ mm})(28,75 \text{ mm})\left(\frac{(1\text{m})^3}{(1000\text{cm})^3}\right)$$

$$Q = 3,953 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\sigma_{TXZ} = \frac{(3924 \text{ N})(3,9531 \times 10^{-6} \text{ m}^3)}{(3,034 \times 10^{-7} \text{ m}^4)(3 \times 10^{-3} \text{ m}^3)} * \frac{1 \text{ Mpa}}{1 \times 10^6 \text{ m}^3}$$

$$\sigma_{TXZ} = 17,04 \text{ Mpa}$$

Para calcular el esfuerzo cortante máximo lo encontramos con la combinación del esfuerzo cortante con la siguiente ecuación²⁰.

Ecuación 13. EFC

$$\sigma_{Tm\acute{a}x} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_z}{2}\right)^2 + \sigma_{TXZ}^2}$$

Fuente: NORTON, Robert L.
Diseño de Máquinas: Un
Enfoque Integrado. (4a.ed.).
Distrito Federal: Pearson
Education. 2017. Pág. 179

$$\sigma_{Tm\acute{a}x} = \sqrt{\left(\frac{175 \text{ Mpa} - 0}{2}\right)^2 + (17,04 \text{ Mpa})^2}$$

$$\sigma_{Tm\acute{a}x} = 89,14 \text{ Mpa}$$

A continuación determinaremos los esfuerzos principales σ_1, σ_2 y σ_3 , con las siguientes ecuaciones²¹.

¹⁹ BEER, Ferdinand Pierre, et al. Mecánica de Materiales. México: McGraw-Hill, 2009. pág. 378

¹⁶ NORTON, Robert L. Diseño de Máquinas: Un Enfoque Integrado. (4a.ed.). Distrito Federal: Pearson Education. 2017. Pág. 75

²⁰ *Ibíd.*, p. 177

²¹ *Ibíd.*, p. 178

Ecuación 14. Esfuerzo 1-2

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_z}{2} + \sigma_{Tmáx}$$

Fuente: NORTON, Robert L. Diseño de Máquinas: Un Enfoque Integrado. (4a.ed.). Distrito Federal: Pearson Education. 2017. Pág. 179

$$\sigma_1 = \frac{175 \text{ Mpa} + 0}{2} + 89,14 \text{ Mpa} = 176,64 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_2 = 0$$

Ecuación 15. Esf. 3

$$\sigma_3 = \frac{\sigma_x + \sigma_z}{2} - \sigma_{Tmáx}$$

Fuente: NORTON, Robert L. Diseño de Máquinas: Un Enfoque Integrado. (4a.ed.). Distrito Federal: Pearson Education. 2017. Pág. 179

$$\sigma_3 = \frac{175 \text{ Mpa} + 0}{2} - 89,86 \text{ Mpa} = -1,64 \text{ Mpa}$$

Para este caso bidimensional hallamos el esfuerzo Von Mises con la siguiente ecuación²².

Ecuación 16. Von Mises 2

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1 * \sigma_3 + \sigma_3^2}$$

Fuente: NORTON, Robert L. Diseño de Máquinas: Un Enfoque Integrado. (4a.ed.). Distrito Federal: Pearson Education. 2017. Pág. 17

²² NORTON, Robert L. Diseño de Máquinas: Un Enfoque Integrado. (4a.ed.). Distrito Federal: Pearson Education. 2017 179

$$\sigma' = \sqrt{(176,64 \text{ Mpa})^2 - (176,64 \text{ Mpa}) * (-1,64 \text{ Mpa}) + (-1,64 \text{ Mpa})^2}$$

$$\sigma' = 177,49 \text{ Mpa}$$

Ya con el valor efectivo de Von Mises podemos hallar el factor de seguridad efectiva con la siguiente ecuación²³.

$$F.S = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$F.S = \frac{350 \text{ Mpa}}{177,49 \text{ Mpa}} = 1,97$$

Ya calculando este factor de seguridad que es acorde al escogido podemos seleccionar nuestro elevador y los componentes que hacen parte de esto y en el anexo F encontramos en el catálogo elevadores de cable CAMAC donde podemos seleccionar el elevador que cumple con los parámetros requeridos de diseño, el elevador seleccionado MINOR MILENNIUM POLIPASTO 325 con las siguientes características:

- Velocidad de Elevación: 0,37 m/s
- Peso máximo de elevación: 325 Kg
- Potencia del Motor: 2,2 HP
- Altura de la estructura: 1,950 m
- Voltaje del Motor: 220 V
- Longitud del Cable: 30 m

Ya seleccionado el tipo de elevador con sus características, pasamos describir los componentes que acompañan el sistema de elevación de catálogo de la empresa CAMAC MOM de elevadores por cable que se encuentra en el anexo F.

Motor Reductor: Este motor elevador es compacto, robusto, anti-caídas y tiene la facilidad de ser instalado en cualquier viga.

²³ Ibíd., p. 181

Imagen 35. Motor Elevador



Fuente: CUNILLERA CARLES. <ccunillera@camacsa.com>. "Catálogo de Elevadores por cable". [Correo Electrónico]. 20 de marzo de 2019. Enviado a usuarios de la universidad

Columna: Esta columna permite tener la altura suficiente para poder elevar e introducir las piezas de los motores al tanque del limpiador, cuenta con alturas desde 1,950 metros y se escoge una de 3 metros de altura.

Imagen 36. Columna de Elevación



Fuente: CUNILLERA CARLES. <ccunillera@camacsa.com>. "Catálogo de Elevadores por cable". [Correo Electrónico]. 20 de marzo de 2019. Enviado a usuarios de la universidad

Final de Carrera: Este componente permite asegura el ascenso y descenso del cable si dañar el motor reductor.

Imagen 37. Final de Carrera



Fuente: CUNILLERA CARLES. <ccunillera@camacsa.com>."Catálogo de Elevadores por cable". [Correo Electrónico]. 20 de marzo de 2019. Enviado a usuarios de la universidad

Fijación Transversal: Este componente permite fijar el motor a la viga de manera sencillo permitiendo un fácil mantenimiento del equipo.

Imagen 38. Fijación Transversal



Fuente: CUNILLERA CARLES. <ccunillera@camacsa.com>."Catálogo de Elevadores por cable". [Correo Electrónico]. 20 de marzo de 2019. Enviado a usuarios de la universidad

Botonera de Control: Esta permite el control del elevador por medio del cable y el gancho que cuenta con 30 metros de largo.

Imagen 39. Botonera de Control



Fuente: CUNILLERA CARLES.
<ccunillera@camacsa.com>. "Catálogo de Elevadores por cable". [Correo Electrónico]. 20 de marzo de 2019.
Enviado a usuarios de la universidad

Canastilla: Esta canastilla va a permitir la elevación de las partes de los motores, pero al mismo tiempo ayuda a que el líquido de limpieza a medida que se eleva no se desperdicie, si no permanezca en el tanque y por consiguiente no se tenga que renovar constantemente.

Imagen 40. Canastillas



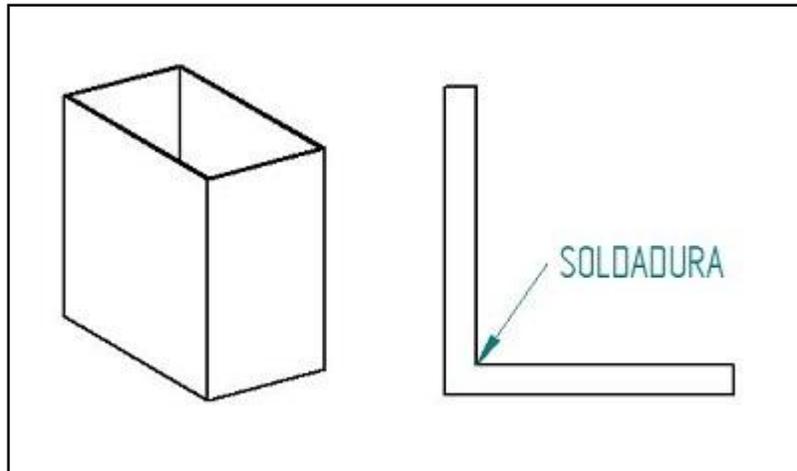
Fuente: CUNILLERA CARLES.
<ccunillera@camacsa.com>. "Catálogo de Elevadores por cable". [Correo Electrónico]. 20 de marzo de 2019.
Enviado a usuarios de la universidad

5.4 CÁLCULO DE SOLDADURAS

Para llevar a cabo el cálculo de las soldaduras se necesita tener en cuenta el tipo de material que se va a soldar y para que aplicación se debe realizar la soldadura.

5.4.1 Soldadura para Tanque. Para realizar el cálculo de la soldadura que requiere el tanque, solo se necesita en la parte inferior, ya que las paredes laterales están dobladas como se evidencia en la imagen 41.

Imagen 41. Soldadura Tanque



Fuente: elaboración propia

La soldadura SMAW (Arco Manual con Electrodo Revestido) es la adecuada para aceros inoxidable, por tal motivo necesitamos el electrodo necesario para esta clase de material y que sirva para trabajar a presión y temperaturas altas. En el anexo K encontramos un electrodo ideal para la aplicación WEST INOX 308L-16 de 62000 Psi (427.47 MPa) con filete en V. Como la plancha de acero inoxidable está soportando cargas de 6204,83 N y un momento flector de 6825,313 N.m se calcula con las siguientes ecuaciones²⁴.

$$A_w = 2b + 2d$$

$$A_w = (1,1 \text{ m} * 2) + (5 \times 10^{-3} \text{ m} * 2)$$

$$A_w = 2,21 \text{ m}$$

$$S_w = bd + \frac{d^2}{3}$$

²⁴ NORTON, Robert L. Diseño de máquinas: un enfoque integrado (4a. ed.). Distrito Federal: Pearson Educación, 2011. Pág. 811.

$$S_w = (1,1m)(5 \times 10^{-3}m) + \frac{(5 \times 10^{-3}m)^2}{3}$$

$$S_w = 5,5125 \times 10^{-3}m^2$$

Las fuerzas aplicadas según la carga unitaria y flexionante para la soldadura del tanque son²⁵.

$$F_s = \frac{P}{A_w} = \frac{6204,83 \text{ N}}{2,21 \text{ m}} = 2897,63 \text{ N/m}$$

$$F_b = \frac{P}{S_w} = \frac{6825,093 \text{ N} \cdot \text{m}}{5,5125 \times 10^{-3}m^2} = 1238112,11 \text{ N/m}$$

$$|FR| = \sqrt{F_s^2 + F_b^2}$$

$$|FR| = \sqrt{(2897,63 \text{ N/m})^2 + (1238112,11 \text{ N/m})^2}$$

$$|FR| = 1238115,5 \text{ N/m}$$

Ya con la fuerza resultante, se determina la dimensión de la garganta de la soldadura, utilizando el electrodo anteriormente seleccionado, con un esfuerzo último de fluencia de 427.47 MPa y con este se calcula el esfuerzo permisible de la soldadura con la siguiente ecuación.

$$T_{permisible} = 0,3 * E_{xx}$$

$$T_{permisible} = 0,3 * 427,47 \text{ Mpa} = 128,241 \text{ Mpa}$$

$$t = \frac{|FR|}{T_{permisible}} = \frac{1238115,5 \text{ N/m}}{128,241 \times 10^6 \text{ Pa}} * \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} = 9,6546 \text{ mm}$$

Se calcula la dimensión de la soldadura de filete con la siguiente ecuación.

$$W = 1,414 * t = 1,414 * 9,6546 = 13,65 \text{ mm}$$

De acuerdo al libro Diseño de Máquinas de Norton un enfoque integrado podemos hallar los tamaños mínimos de una soldadura con la siguiente tabla que se encuentra en la imagen 42.

²⁵ Ibíd., Pág. 810.

Imagen 42. Tamaños Soldaduras

Espesor del metal base (T) Tamaño mínimo de la soldadura	
<u>tamaño en pulgadas</u>	
$T \leq 1/4$	1/8
$1/4 < T \leq 1/2$	3/16
$1/2 < T \leq 3/4$	1/4
$3/4 < T$	5/16
<u>tamaños en mm</u>	
$T \leq 6$	3
$6 < T \leq 12$	5
$12 < T \leq 20$	6
$20 < T$	8

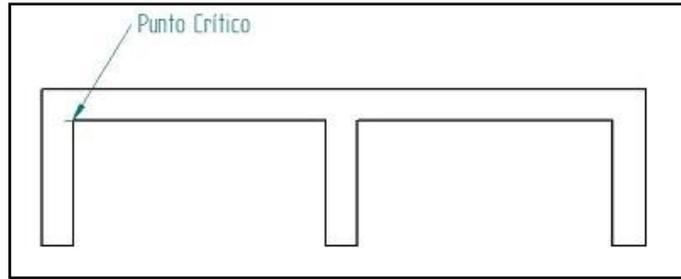
Fuente: NORTON, Robert L.
Diseño de máquinas: un enfoque integrado (4a. ed.). Distrito Federal: Pearson Educación, 2011. Pág. 800

Según la imagen 42 el valor aproximado al tamaño de la soldadura en filetes es de 6 mm esta soldadura cuenta con un factor de seguridad de 2,5 ya que es tomado de cálculos previamente hechos por códigos de soldadura estructural AWS²⁶.

5.4.2 Soldadura para la Estructura Soporte. Para el cálculo de la soldadura de la estructura que soporta todo el peso del tanque se debe determinar el punto crítico que soportará el peso y el tipo de soldadura es SMAW (Arco Manual con Electrodo Revestido) con filete en V adecuado para perfil cuadrado

²⁶ NORTON, Robert L. Diseño de máquinas: un enfoque integrado (4a. ed.). Distrito Federal: Pearson Educación, 2011. Pág. 799.

Imagen 43. Punto Crítico



Fuente: elaboración propia

Esta viga cuadrada es sometida a tensión, la viga es de acero ASTM A500 de 350 MPa de esfuerzo último de fluencia y está soportando cargas de 9351,397 N y un momento flector de 2571,639 N.m se calcula con las siguientes ecuaciones

$$A_w = 2b + 2d$$

$$A_w = (0,07 \text{ m} * 2) + (0,07 \text{ m} * 2)$$

$$A_w = 0,28 \text{ m}$$

$$S_w = bd + \frac{d^2}{3}$$

$$S_w = (0,07 \text{ m})(0,07 \text{ m}) + \frac{(0,07 \text{ m})^2}{3}$$

$$S_w = 6,53 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Las fuerzas aplicadas según la carga unitaria y flexionante para la soldadura de la estructura soporte son²⁷.

$$F_s = \frac{P}{A_w} = \frac{9351,397 \text{ N}}{0,28 \text{ m}} = 33397,8464 \text{ N/m}$$

$$F_b = \frac{P}{S_w} = \frac{6825,093 \text{ N} * \text{m}}{5,5125 \times 10^{-3} \text{ m}^2} = 393525,6122 \text{ N/m}$$

$$|FR| = \sqrt{F_s^2 + F_b^2}$$

$$|FR| = \sqrt{(33397,8464 \text{ N/m})^2 + (393525,6122 \text{ N/m})^2}$$

²⁷ NORTON, Robert L. Diseño de máquinas: un enfoque integrado (4a. ed.). Distrito Federal: Pearson Educación, 2011. Pág. 810.

$$|FR| = 394940,28 \text{ N/m}$$

En el anexo K encontramos un electrodo ideal para la aplicación WEST INOX XL-610 de 52000 Psi (358,52 MPa) que sirve para soldar aceros de baja aleación y para aplicaciones como estructuras con alta penetración y rápida solidificación; “se recomienda la resistencia del electrodo seleccionado sea aproximadamente parecido a la del metal base que se va a soldar”²⁸

$$T_{\text{permissible}} = 0,3 * E_{xx}$$

$$T_{\text{permissible}} = 0,3 * 358,53 \text{ Mpa} = 107,57 \text{ Mpa}$$

Ya con la fuerza resultante, podemos encontrar se determina la dimensión de la garganta de la soldadura.

$$t = \frac{|FR|}{T_{\text{permissible}}} = \frac{1238115,5 \text{ N/m}}{157,57 \times 10^6 \text{ Pa}} * \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} = 3,67 \text{ mm}$$

Se calcula la dimensión de la soldadura de filete con la siguiente ecuación.

$$W = 1,414 * t = 1,414 * 3,6714 = 5,19 \text{ mm}$$

Según la imagen 42 el valor aproximado al tamaño de la soldadura en filetes es de 3 mm esta soldadura cuenta con un factor de seguridad de 2,5 ya que es tomado de cálculos previamente hechos por códigos de soldadura estructural AWS²⁹.

5.5 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ULTRASONIDO

Para seleccionar el transductor adecuado y la cantidad de transductores que se necesitan para la cantidad de elementos piezorresistivos debemos saber cuánto es la mínima frecuencia de trabajo y la cantidad de transductores por galón que se necesitan; para poder generar el efecto de cavitación la frecuencia mínima de los transductores debe ser de 20 KHz, también encontramos que la empresa PPB MEGASONICS establece que la energía requerida para generar una fuerza cavitadora se encuentra entre 50 y 100 W por galón de agua³⁰ por cada 2 transductores, y en base a esta información obtenemos la cantidad de transductores que depende de la superficie de radiación.

²⁸ NORTON, Robert L. Diseño de máquinas: un enfoque integrado (4a. ed.). Distrito Federal: Pearson Educación, 2011. p 799.

²⁹ *Ibíd.*, Pág. 799.

³⁰ Y. Wu. C. Franklin, M. Brand and B Fraser. Acoustic Property Characterization of a Single Wafer Megasonic Cleaner. Santa Ana California. Disponible: <http://www.megasonics.com/ECSpaper.pdf>

Ya con el número de transductores y bajo los parámetros requeridos encontramos en el catálogo de la empresa China CANGXIN SCIENCE & TECHNOLOGY ELECTRON CO del anexo C.

Tabla 6. Datos Transductor

Datos de Transductor	
Modelo No.	CL-38T(B)
Potencia	60 W
Frecuencia	40 KHz
Diámetro Menor	38 mm
Diámetro Radiación	50 mm
Altura	59 mm
Peso	230 g
Impedancia	30 Ohm

Fuente: elaboración propia
(Catalogo Transductor Anexo C)

Imagen 44. Transductor



Fuente: CANGXIN SCIENCE & TECHNOLOGY ELECTRON CO. Ultrasonic Transducer. [Sitio Web]. China. [Consulta 3 de enero de 2019] Disponible en: <http://www.coinly.com/en/product.asp?cid=1&bid=&Pág.e=1&id=28>

Según la empresa. Shenzhen Our Ultrasonic Co, para la aplicación que se requiere, cuentan con unas placas sumergibles de ultrasonido en acero inoxidable que permiten generar el mismo efecto de cavitación incluyendo un transductor de las mismas características, pero con un área de radiación mayor.

Placa Sumergible = 5000 W

3 Placas Sumergible = 15000 W

Según la información de la empresa Shenzhen Our Ultrasonic Co. Ubicada en China provee en su catálogo diferentes generadores de transductores que encontramos en el anexo G donde se seleccionó el Generador de ultrasonido modelo ARS-QXY- capaz de suministrar 2500W de potencia y frecuencias ajustables entre 17 KHz y 40 KHz que sirve para el paquete de generación ultrasónica sumergible escogido. Para poder proporcionar la potencia total que necesitan en total 5 generadores de ultrasonido que equivalen a 15000 W potencia necesaria para el diseño.

Imagen 45. Generador Ultrasonido



Fuente: ABBY ZHU. <abby@ultrasonic-technology.com> "Generadores Ultrasónicos de Limpieza". [Correo Electrónico]. 29 de mayo de 2019. Enviado a usuarios de la universidad

Para poder conectar los transductores y el generador de alta frecuencia, la empresa Shenzhen Our Ultrasonic Co muestra a través de la imagen 47 las maneras en la cual ellos instalan los transductores y que permite tener más claridad para elaborar el mantenimiento adecuado de la máquina.

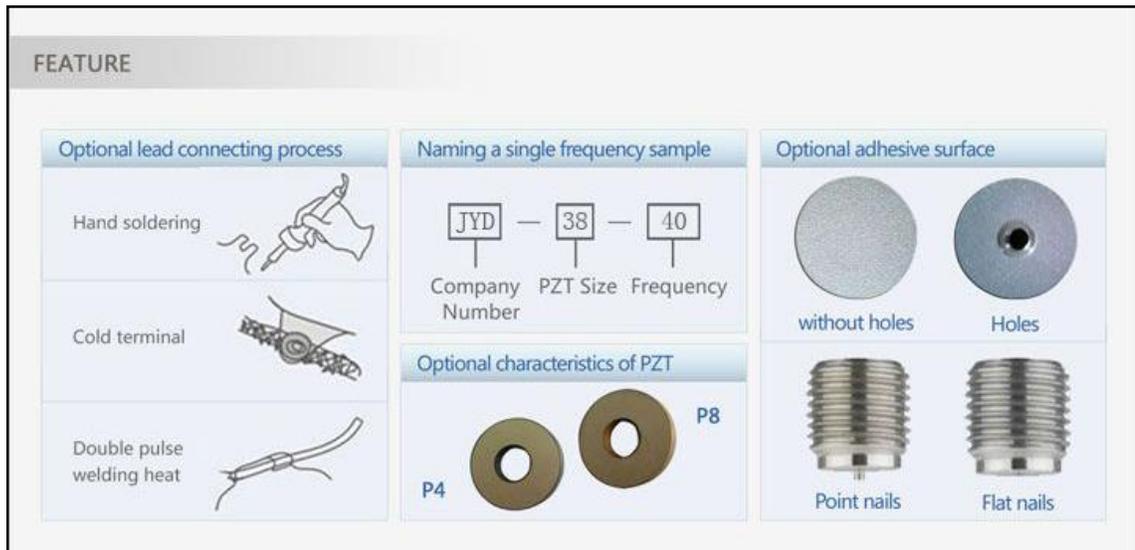
Imagen 46. Placas Sumergibles



Fuente: ABBY ZHU. <abby@ultrasonic-technology.com> “Generadores Ultrasónicos de Limpieza”. [Correo Electrónico]. 29 de mayo de 2019. Enviado a usuarios de la universidad

La empresa como proveedores de estos equipos y por medio de sus catálogos muestra las configuraciones que los sumergibles tienen y de qué manera deben ser instalados como se muestra en la imagen 47 y en la imagen 48.

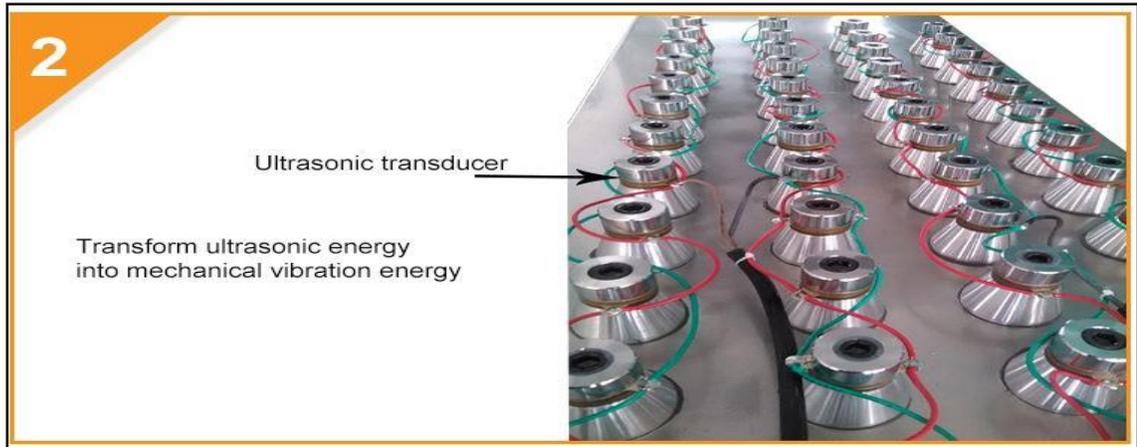
Imagen 47. Métodos de Unión



Fuente: ABBY ZHU. <abby@ultrasonic-technology.com> “Generadores Ultrasónicos de Limpieza”. [Correo Electrónico]. 29 de mayo de 2019. Enviado a usuarios de la universidad

También nos muestra la configuración interna del producto final como se aprecia en la imagen 48.

Imagen 48. Conexión Transductores



Fuente: ABBY ZHU. <abby@ultrasonic-technology.com> “Generadores Ultrasónicos de Limpieza”. [Correo Electrónico]. 29 de mayo de 2019. Enviado a usuarios de la universidad

Para el conexionado de los transductores al generador de ondas de alta frecuencia, la empresa provee el plano eléctrico de la conexión y también la distribución de los elementos.

Imagen 49. Diagrama Eléctrico

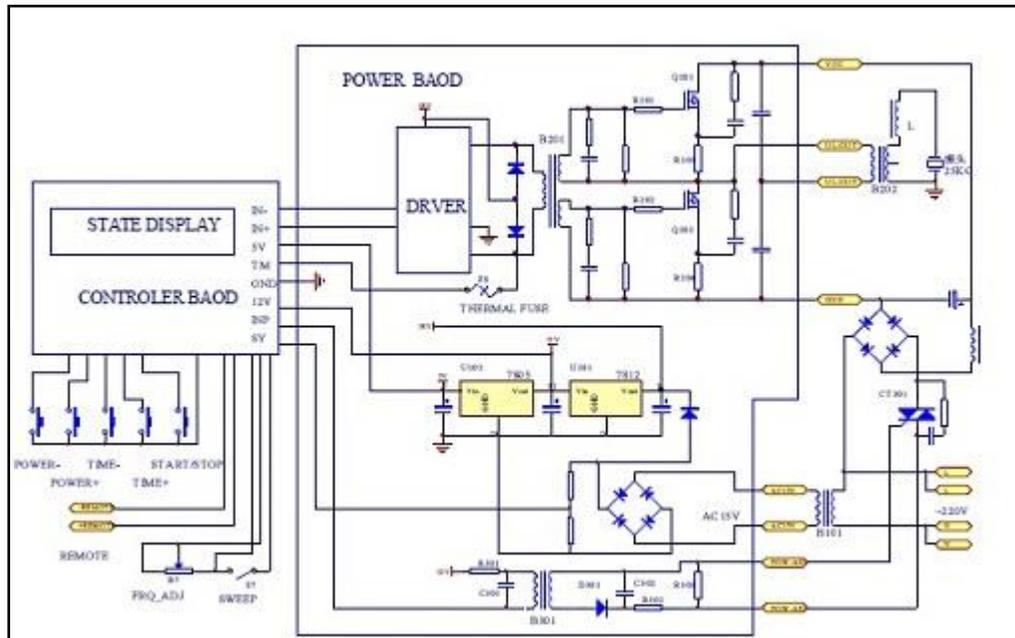


Imagen 50. Conexión T/G



Fuente: ABBY ZHU. <abby@ultrasonic-technology.com > “Generadores Ultrasónicos de Limpieza”. [Correo Electrónico]. 29 de mayo de 2019. Enviado a usuarios de la universidad

5.6 CÁLCULO DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO

Para seleccionar el sistema de calentamiento debemos utilizar los parámetros utilizados del capítulo 3 de parámetros y requerimientos funcionales donde se obtienen las siguientes características:

- Dimensiones: 1 metro de alto, 1,1 metros de largo y 0,6 metros de ancho.
- Temperatura de Operación: intervalos de temperatura de 50 C° a 80 C°.

De acuerdo a estos parámetros de funcionamiento de la máquina para poder seleccionar la resistencia eléctrica que caliente el líquido biodegradable debemos encontrar el calor³¹ requerido para calentar el líquido entre las temperaturas establecidas.

$$Q = m_{\text{tanque}} C_{p\text{liquido}} \Delta T$$

Debido a que se va a desplazar un líquido al momento de introducir las partes de los motores y para no desperdiciar se va a tomar un 60% de la altura que modificaría el volumen introducido de líquido.

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

$$v = (1,1 \text{ m})(0,6\text{m})(0,6\text{m})$$

³¹ Y, A. Cengel, M, A. Boles. Termodinámica. Sexta Edición. c Graw Hill. 2009. Pág. 436

$$v = 0,396 \text{ m}^3$$

$$m = (1150 \text{ kg/m}^3)(0,396 \text{ m}^3)$$

$$m = 455,5 \text{ kg}$$

$$Cp_{\text{Líquido}} = 4.81045 \text{ Kj/kg} * C^\circ$$

$$\Delta t = T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}$$

$$\Delta t = (353,15 \text{ K} - 323,15 \text{ K})$$

$$\Delta t = 30 \text{ K}^\circ$$

$$Q = (455,5 \text{ kg})(4.81045 \text{ Kj/kg} * C^\circ)(30 \text{ K}^\circ)$$

$$Q = 65721 \text{ KJ}$$

La potencia que necesitamos para calentar el líquido de hasta 65 C° la requerimos para un tiempo de 1 hora que equivale a 3600 segundos.

$$Pot = \frac{65721 \text{ KJ}}{3600 \text{ seg}}$$

$$Pot = 18250 \text{ W}$$

Para seleccionar la resistencia eléctrica sumergible utilizamos la potencia anteriormente hallada, y en el catálogo de la empresa BrotoTermic anexo H seleccionamos la resistencia eléctrica para inmersión en forma de u niquelada CR212CN 0200 de 20,000 W de potencia, longitud 900 mm y 5,2 Kg de peso que adecuada para la aplicación.

Imagen 51. Resistencia Eléctrica



Fuente: BROTOTERMIC. Resistencias Eléctricas Calefactoras. [Sitio Web]. España. [Consulta 10 de enero de 2019]. Bogotá. [Consulta 30 de marzo de 2019] Disponible: <http://www.brototermic.com/docs/catalogo-resistencias-calefactoras.pdf>

Para el Control de la resistencia eléctrica seleccionamos del mismo catalogo BrotoTermic que ofrece este componente que se encuentra en el anexo H donde seleccionamos un Termostato de temperatura fija Klixon grande 206 con temperaturas de actuación al calentar de 92 °C, en cobre niquelado acero inoxidable AISI 316L y vaina para termostato

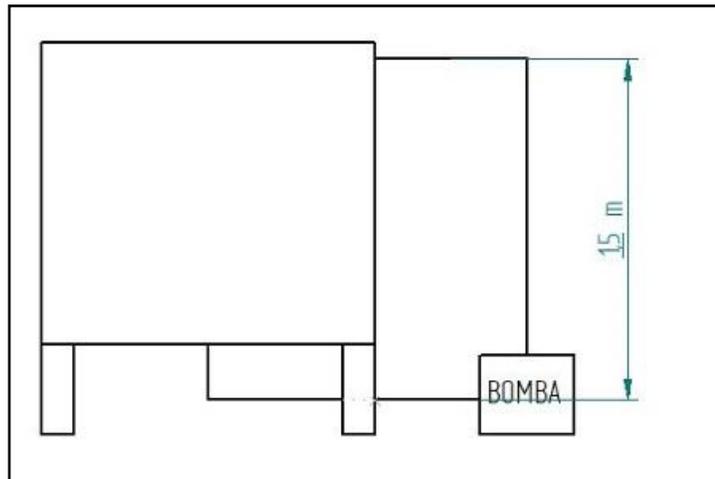
- Características técnicas del Termostato: el termostato, consta de una intensidad de 25 amperios a 250 V con temperaturas de actuación de hasta 175 °C, normalmente cerrado que al subir la temperatura el interruptor se desconecta; con tolerancias +/- de 5%, en material AISI 316L.

5.7 SISTEMA DE BOMBEO Y FILTRACIÓN

Para seleccionar el tipo de bomba debemos encontrar el flujo volumétrico al cual se va a recircular el líquido para limpiarlo, como esta limpieza del líquido biodegradable va a ser de acuerdo a que el operador evalúe el estado del líquido a medida que este es utilizado para limpiar por tal motivo el tiempo que se escoge para que dure la limpieza es de 20 minutos siendo el flujo volumétrico así.

$$\dot{Q} = \frac{0,66 \text{ m}^3}{1200 \text{ seg}} = 5.5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg}$$

Imagen 52. Altura de Elevación



Fuente: elaboración propia

Entonces de acuerdo a los parámetros previamente establecidos tenemos las siguientes especificaciones para la selección de la bomba.

- Temperatura de Trabajo: $T < 65 \text{ C}^\circ$.
- Flujo Volumétrico: $5.5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg} = 1,98 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Altura Manométrica: 1,5 m
- Bomba de acero inoxidable que sea capaz de soportar los hidrocarburos de la limpieza.

Con base a esta información seleccionamos la tubería y la bomba que nos sirve para el diseño, encontrando en el catálogo de PAVCO DE tuberías a presión de CPVC que aparece en el anexo I donde se seleccionó una tubería de 1 ½ pulgada que trabaja a una temperatura máxima de 82 C° y a presión máxima de 5.8 MPa.

Ya obteniendo la tubería que se va utilizar podemos seleccionar la bomba necesaria para la aplicación, en este caso se escoge una bomba centrífuga que según el catálogo es adecuada para múltiples aplicaciones. De acuerdo a esto catálogo de Bombas HASA que se encuentra en el anexo J de la serie Eco-Mat donde para seleccionar la bomba se debe escoger de acuerdo a un diagrama altura vs flujo volumétrico.

Imagen 53. Diagrama de Selección Bomba



Fuente: HASA. Catálogo de Bombas Centrifugas. [Sitio Web]. España. [Consulta 5 de mayo de 2019]. Disponible: www.bombashasa.com/imag/cat-tarifa/catalogo.pdf.

Imagen 54. Bomba ECO MAT 1



Fuente: HASA. Catálogo de Bombas Centrifugas. [Sitio Web]. España. [Consulta 5 de mayo de 2019]. Disponible: www.bombashasa.com/imag/cat-tarifa/catalogo.pdf

La bomba Eco Mat 1 cuyas características encontramos en el anexo J cuenta con una potencia de 0,75 HP capaz de trabajar en temperaturas de hasta 100 C°, y de aspirar alturas manométricas de hasta 18 metros, es un equipo hecho en acero inoxidable capaz de soportar los líquidos abrasivos provenientes de las piezas, su diámetro de succión y de descarga son de 1 ½ pulgada como el de la tubería

previamente seleccionada, trabaja a 2900 RPM y el caudal máximo que maneja es de 22 m³/h.

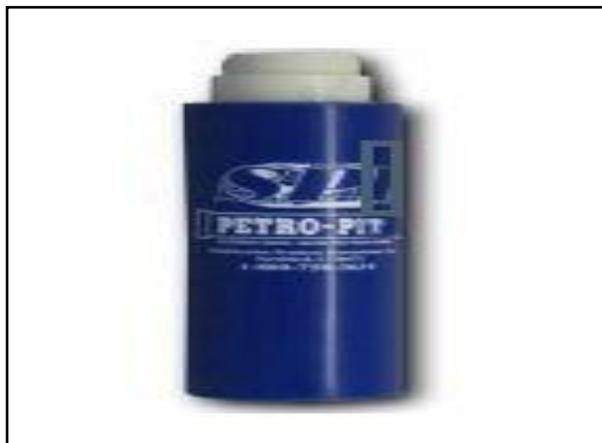
En el caso del filtro encontramos en el anexo L de la empresa SANERGRID un filtro que reacciona en presencia de hidrocarburos imagen 54 y un prefiltro PFC 52 de la imagen 53 que permite mantener las partículas grandes de la impureza del lavado fuera de la bomba. Estos filtros van a permitir que el líquido biodegradable pueda ser reutilizado y además que el proceso sea efectivo.

Imagen 55. Prefiltro PFC 44



Fuente: COMERCIAL SANERGRID.
commercial@sanergrid.com. "Filtros de para Hidrocarburos". [Correo Electrónico]

Imagen 56. Filtro PT-410



Fuente: COMERCIAL SANERGRID.
commercial@sanergrid.com. "Filtros de para Hidrocarburos". [Correo Electrónico]

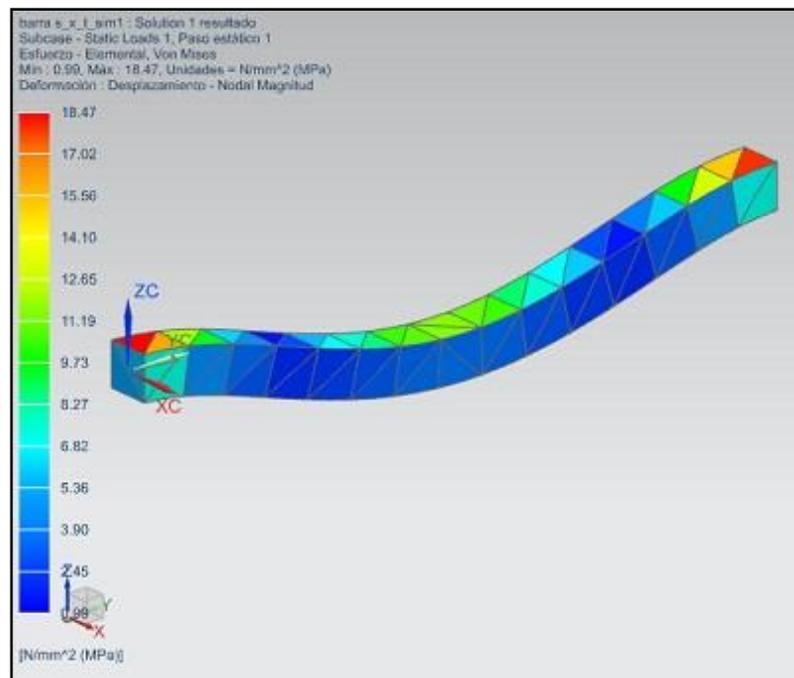
6. ANALISIS ESTRUCTURAL POR ELEMENTOS FINITOS

En el presente capítulo, encontraremos los resultados de la simulación por elementos finitos en el programa NX10, donde se analizarán los esfuerzos máximos de las piezas y la máxima deformación para saber si la pieza es factible.

6.1 SIMULACIÓN VIGA SOPORTE

El elemento a simular es la barra crítica de perfil cuadrado que va a soportar el peso del tanque y los componentes que este tiene, como los transductores, el líquido y el peso del motor donde la carga aplicada es de 18703 N, en imagen se muestra el máximo esfuerzo de la viga.

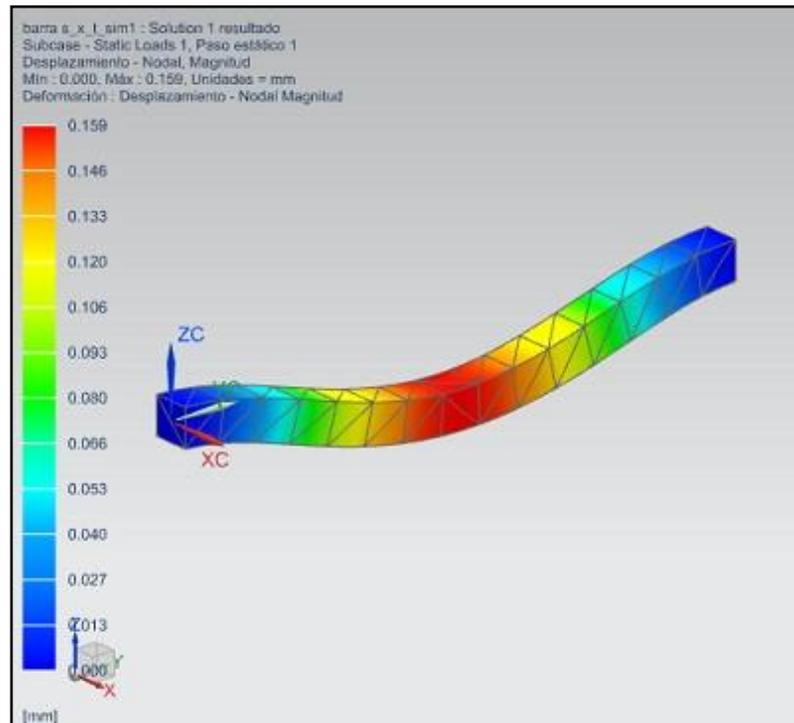
Imagen 57. Esfuerzo Von Mises Viga Soporte



Fuente: elaboración propia

La máxima deformación se da en el nodo A y B, donde se concentra la mayor carga que se encuentra en la imagen 23 de 7842.1 N, el esfuerzo de fluencia del material es de 350 MPa y el máximo esfuerzo es de 18,47 MPa, para un factor de seguridad de 18,85 por tal motivo al tener el perfil de la barra cuadrada calculada es viable para la carga que va a manejar la estructura; y en la imagen 58 de la deformación de la viga encontramos que la máxima deformación es de 0,159 mm.

Imagen 58. Deformación Viga Soporte

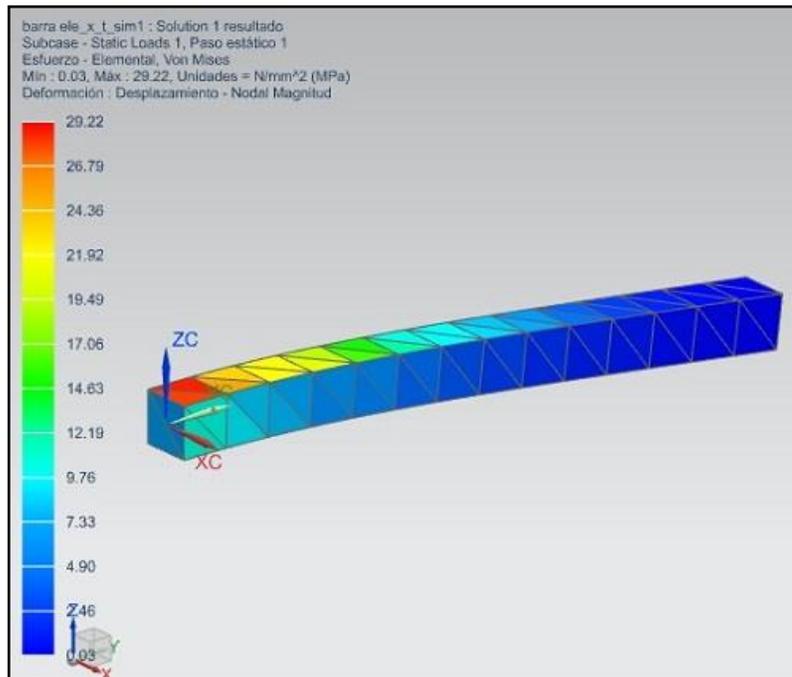


Fuente: elaboración propia

6.2 SIMULACIÓN VIGA ELEVADOR

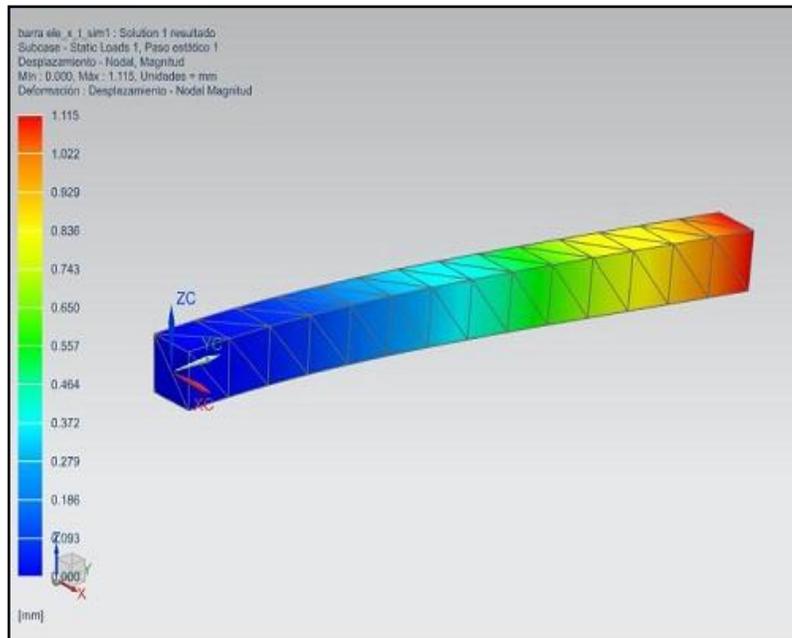
El elemento a simular es la viga del elevador que va a soportar el peso de carga a elevar que son los componentes de los motores donde la carga máxima a aplicar es de 3924, en la imagen 59 se mostrara el máximo esfuerzo aplicado. Esta carga el punto de esfuerzo máximo es en el punto A de la imagen 32 de 3924 N donde se ubica la unión de la viga con el soporte del elevador. El máximo esfuerzo es de 29,22 MPa y el esfuerzo de fluencia del material es de 350 MPa, dando como resultado un factor de seguridad de 11,98 donde indica que el perfil de la viga seleccionado es el adecuado para soportar la carga de elevación de los componentes y su deformación es de 1,1 mm

Imagen 59. Esfuerzo Von Mises Viga Elevador



Fuente: elaboración propia

Imagen 60. Deformación Barra Elevador

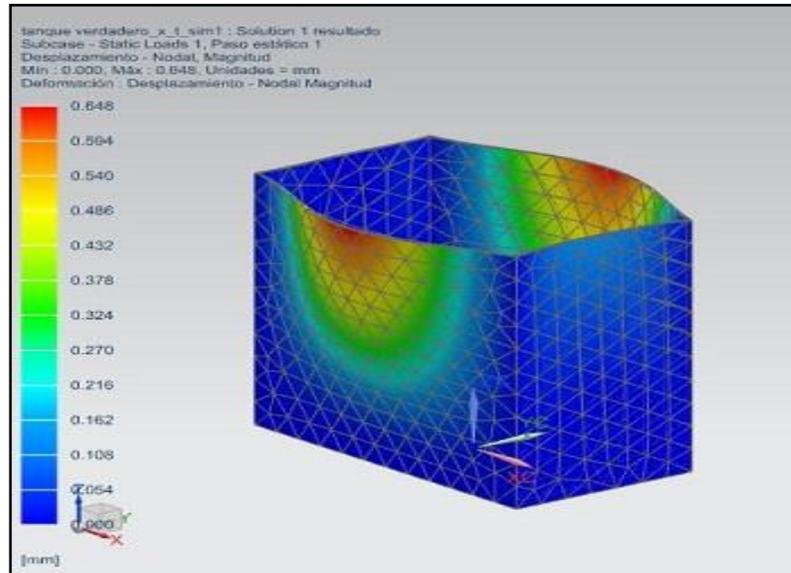


Fuente: elaboración propia

6.3 SIMULACIÓN TANQUE

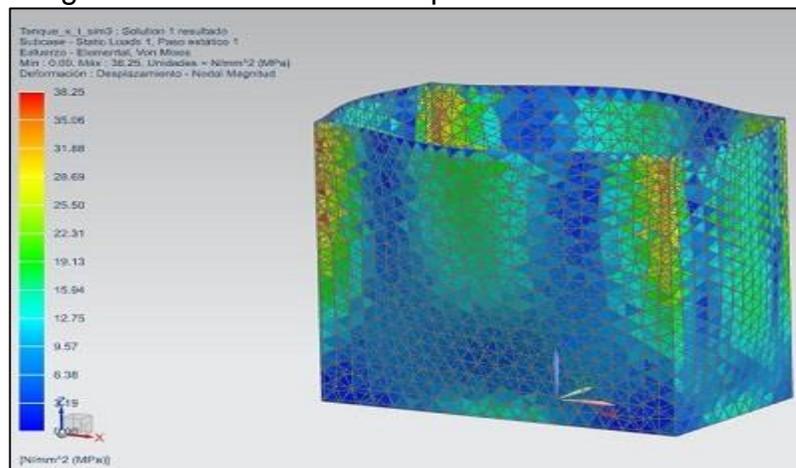
El elemento a simular es el tanque que debe soportar el peso del líquido donde la fuerza aplicada, si todo el tanque está lleno es de 8773 N que es la fuerza hidrostática que el tanque va a soportar para encontrar el máximo esfuerzo que se encuentra en la imagen 61 y la máxima deformación en la imagen 62.

Imagen 61. Esfuerzo Von Mises Tanque



Fuente: elaboración propia

Imagen 62. Deformación Tanque



Fuente: elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos encontrar que el esfuerzo máximo según la imagen 59 es de 4,34 MPa y el límite de fluencia del material es de 205

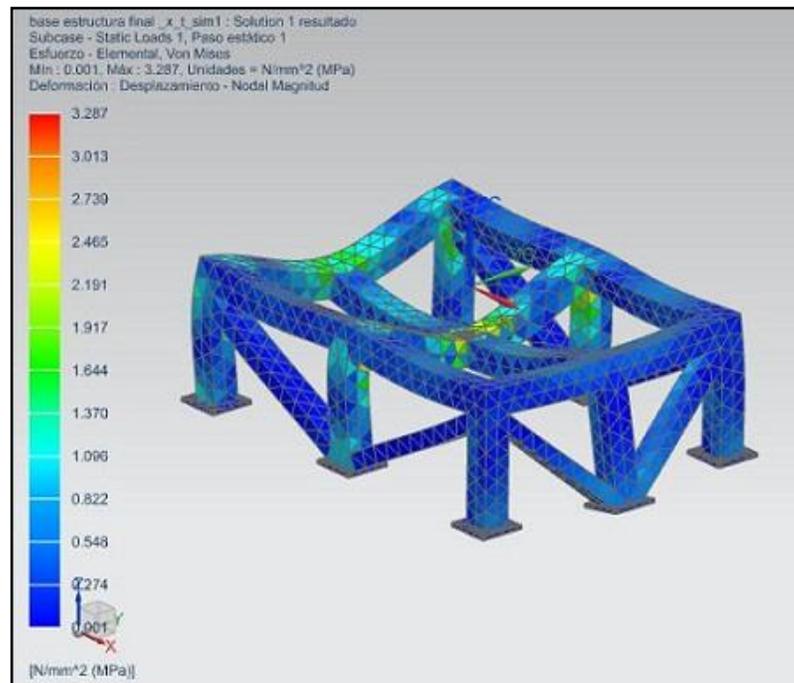
MPa dando un factor de seguridad de 47,23 siendo viable el cálculo del tanque para esta aplicación y la deformación máxima de 0,6 mm.

6.4 SIMULACIÓN ESTRUCTURA SOPORTE

El elemento a simular es la estructura que va a soportar el peso total del tanque junto con los elementos que lo van a componer en la limpieza, esta fuerza total que encontramos en la imagen 23 es de 7852,1 N, y el esfuerzo máximo lo encontraremos en la imagen 63, junto con la deformación máxima que encontramos en la imagen 64.

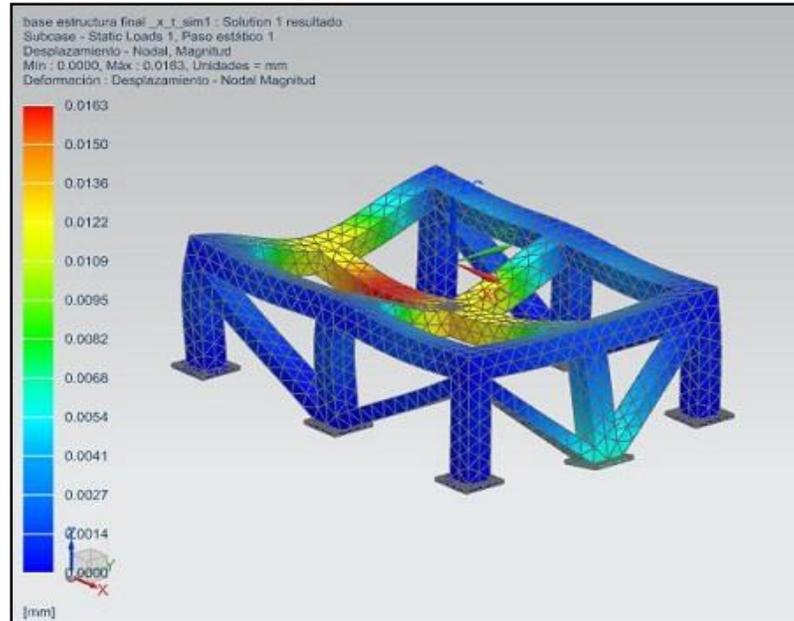
Como el esfuerzo último del material es de 350 MPa y el esfuerzo máximo es de 3,287 MPa el factor de seguridad obtenido es de 106,48 lo cual hace viable la utilización del perfil cuadrado y la deformación máxima es de 0,0163 mm que es mínima y no afecta la estructura

Imagen 63. Esfuerzo Von Mises Estructura



Fuente: elaboración propia

Imagen 64. Deflexión Estructura

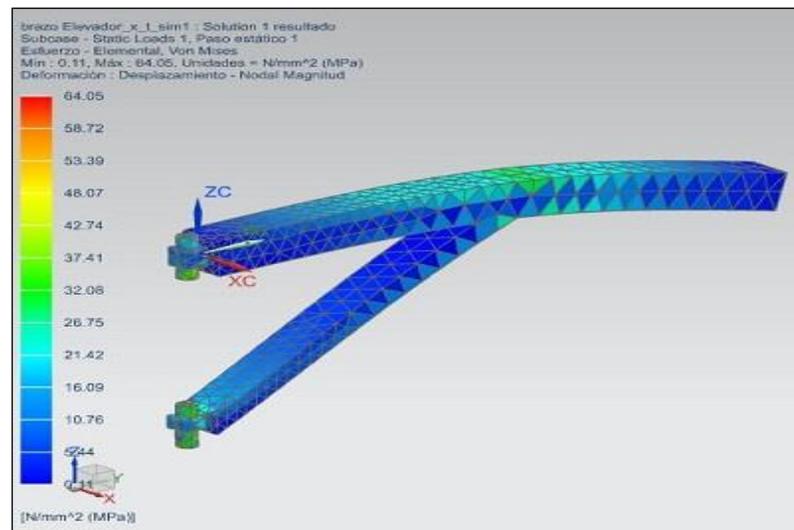


Fuente: elaboración propia

6.5 SIMULACIÓN ESTRUCTURA VIGA ELEVADOR

El elemento a simular es la estructura que va a soportar el peso de la carga de los elementos y las piezas que se van a elevar, esta fuerza la podemos encontrar en el punto máximo que se encuentra en la imagen 30 de 3924 N, el esfuerzo máximo que soportara en la estructura lo encontraremos en la imagen 65.

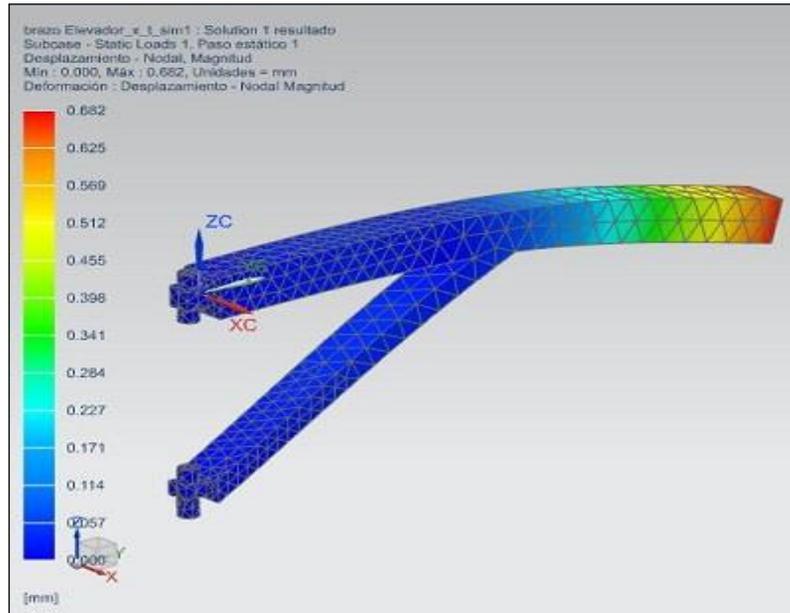
Imagen 65. Esfuerzo Von Mises Estructura Elevador



Fuente: elaboración propia.

El esfuerzo máximo obtenido en la simulación es de 64.05 MPa, y el esfuerzo último del material es de 350 MPa, por tal motivo el factor de seguridad es de 5,46 permitiendo viable el perfil seleccionado para el diseño y la deformación máxima es de 0,682 mm que no afecta la estructura y la encontramos en la imagen 66.

Imagen 66. Deformación Estructura Elevador



Fuente: elaboración propia

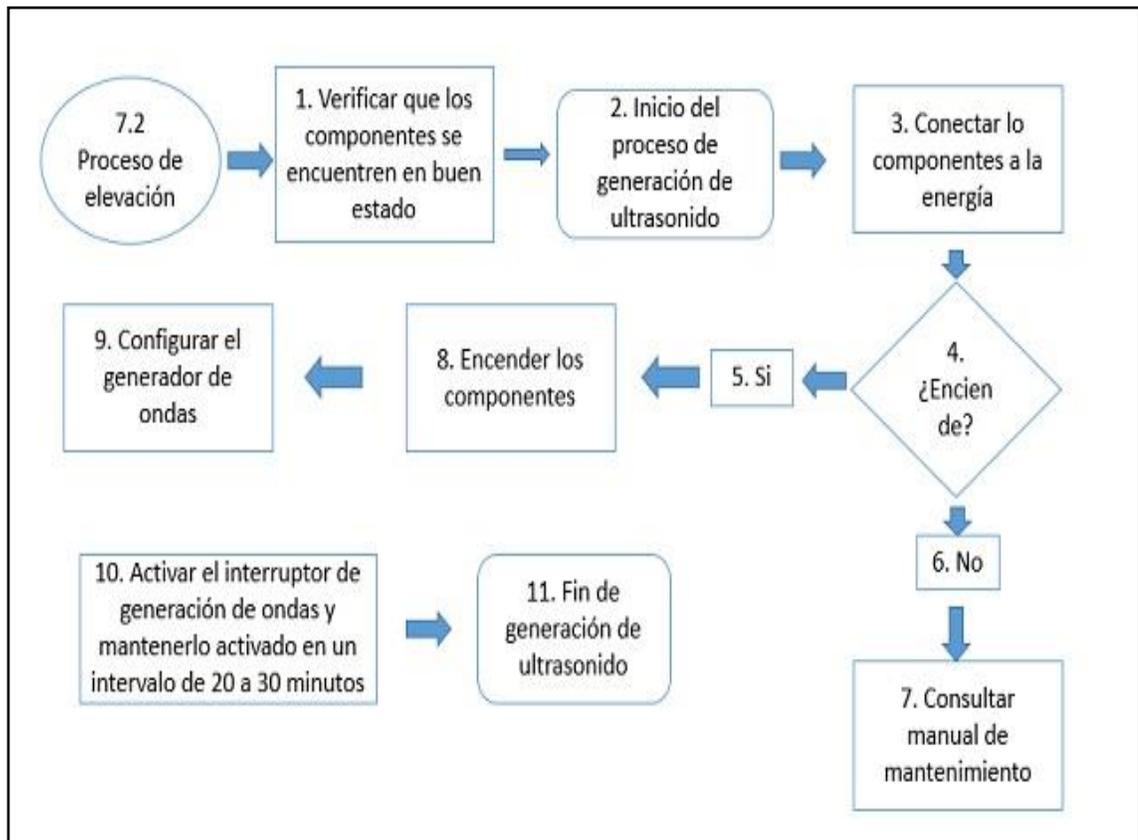
7. CONTROL DEL PROCESO

Para el control del proceso del limpiador, se elaborarán los diagramas de control de cada subsistema de la máquina, para poder utilizarla correctamente se utilizan los siguientes diagramas.

7.1 CONTROL DEL PROCESO DEL SUBSISTEMA DE ULTRASONIDO

Para el diagrama del control del proceso del sistema de generación por ultrasonido partimos del proceso de elevación 7.2 que es el de elevación de los componentes y la puesta de ellos en el interior del tanque, ya realizado este proceso se inicia el proceso de generación de ultrasonido tal como se realiza en el esquema de la imagen 67.

Imagen 67. Control del Proceso de Ultrasonido



Fuente: elaboración propia

Imagen 68. Display Generador de Ultrasonido



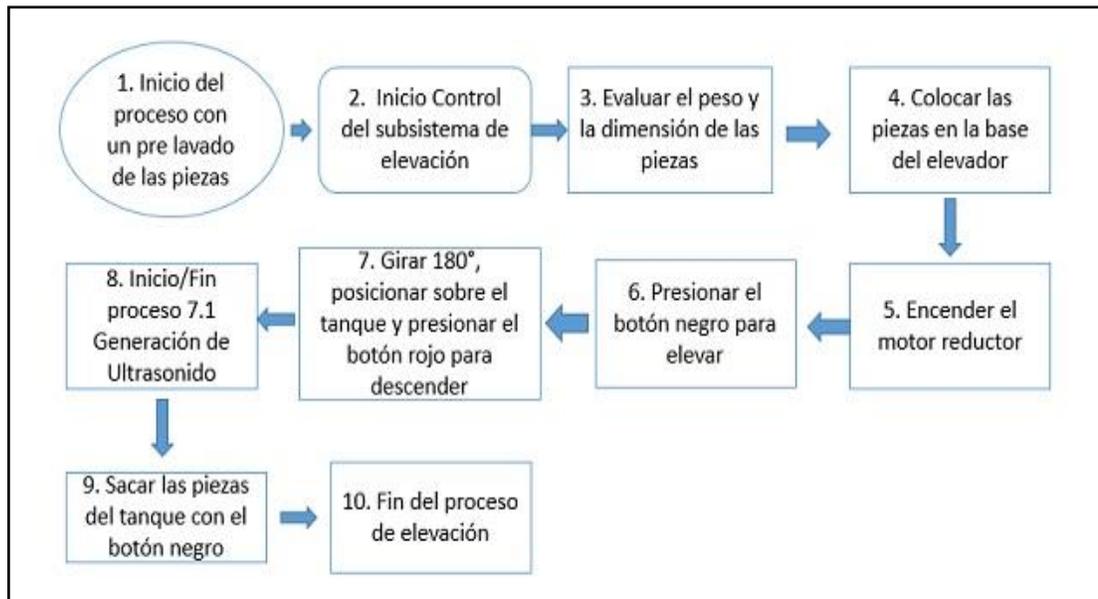
Fuente: ABBY ZHU. <abby@ultrasonic-technology.co.> “Generadores Ultrasonicos de Limpieza”. [Correo Electrónico]. 29 de mayo de 2019. Enviado a usuarios de la universidad

Todos estos interruptores se mantienen presionados para el cambio de los valores en el Display, donde se fijan los tiempos de trabajo, la frecuencia de 40 KHz que permanecerá constante y el tiempo del proceso que varía de acuerdo al estado de las piezas.

7.2 CONTROL DEL PROCESO DEL SUBSISTEMA DE ELEVACIÓN

Para el control del subsistema de elevación está determinado por la botonera de control de la imagen 30 donde encontramos un sistema muy sencillo, al momento de introducir los componentes en el interior del tanque se procede a realizar el proceso 7.1 de generación de ultrasonido y al finalizar este proceso se finaliza con elevación para sacar los componentes limpios.

Imagen 69. Control Proceso Elevación

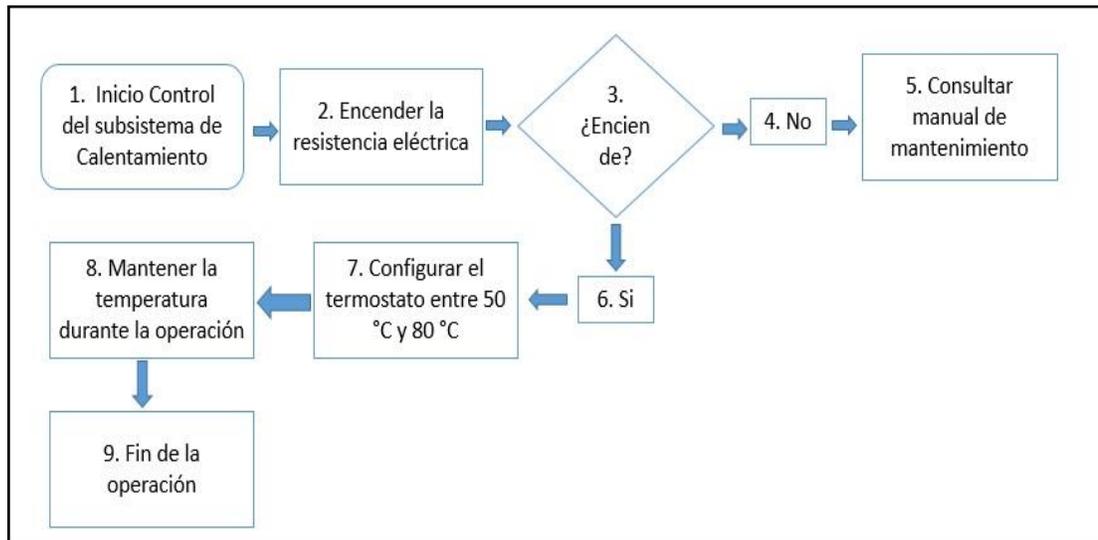


Fuente: elaboración propia

7.3 CONTROL DEL PROCESO DEL SUBSISTEMA CALENTAMIENTO

Para el control del proceso de calentamiento del sistema se utiliza el termostato previamente seleccionado en el diseño detallado de la máquina, para el control de la temperatura se debe configurar el termostato con las temperaturas previamente establecidas, todo esto teniendo en cuenta de que el solvente limpiador por ya se encuentra en el tanque de acuerdo a las especificaciones del manual del proceso establecido. También cabe mencionar que la temperatura se encontrara activa en todo el proceso y esto depende de la demanda de la empresa, este proceso de calentamiento comienza al terminar el proceso 7.2 de elevación y descarga de las piezas en el tanque.

Imagen 70. Diagrama de Proceso de Resistencia

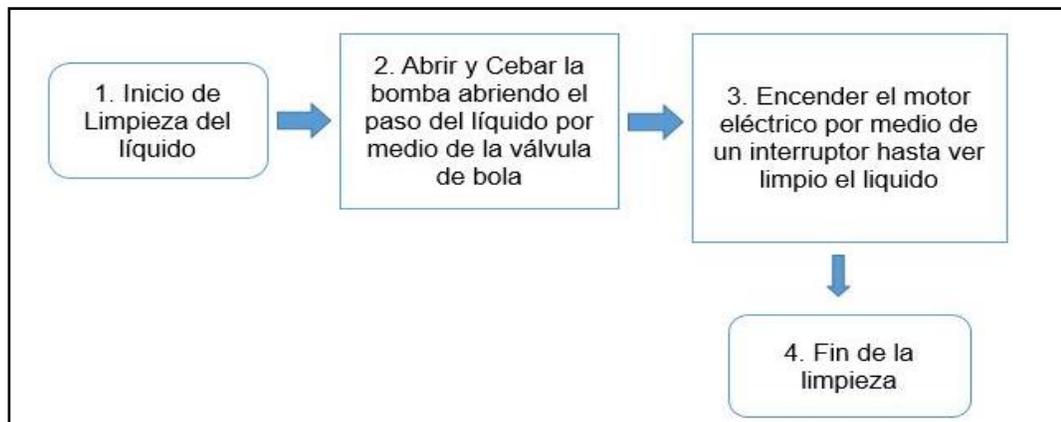


Fuente: elaboración propia

7.4. CONTROL DEL PROCESO DEL SUBSISTEMA DE LIMPIEZA DEL LÍQUIDO

Para el control del proceso de limpieza del líquido contamos con cuatro componentes que son la bomba centrífuga, los dos filtros que limpian y protegen la bomba de las impurezas y la válvula de bola que permite el paso del líquido a la bomba, este proceso depende de una evaluación del operario del estado del solvente y de la regularidad de utilización del solvente.

Imagen 71. Diagrama Proceso Limpieza del Líquido



Fuente: elaboración propia

8. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para cumplir la funcionalidad de la máquina se deben elaborar los manuales de operación y mantenimiento que permitirán realizar la operación adecuada de la máquina diseñada.

8.1 MANUAL DE OPERACIÓN

Para la operación de la máquina se debe tener en cuenta un análisis de la cantidad de piezas que se pueden introducir en el tanque de acuerdo a él volumen de disolvente que tendrá el tanque que es de 60% del volumen y las características físicas de las partes de trabajo. Con base al cuadro 1 de las dimensiones de las partes podremos hallar el volumen desplazado de líquido por la cantidad de piezas sumergidas que encontramos en el siguiente cuadro.

Cuadro 8. Volumen Desplazado

Parte	Peso (Kg)	Volumen Desalojado (m3)
Pistón sin Biela	1	0,00037037
Culata	15	0,005555556
Cárter	12	0,004444444
Carcaza de Embrague	12	0,004444444

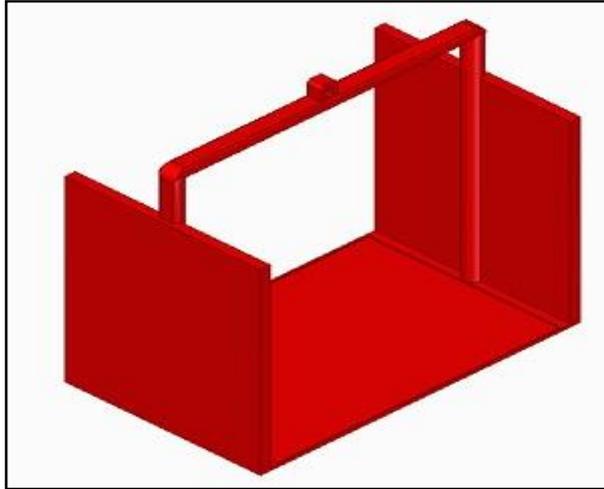
Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta que el peso máximo que soporta la máquina es de 250 Kg y la parte más pequeña a lavar sería el pistón, entonces la cantidad que desplazaría 250 pistones sería de $0,0925 \text{ m}^3$, no es necesario disminuir el volumen del líquido, y en el caso de la culata de motor que por sus dimensiones la cantidad máxima de piezas que se pueden lavar son dos, solo desplazaría un volumen $0,26 \text{ m}^3$ y no se rebosaría el líquido, por tal motivo, al momento de utilizar la máquina se debe tener en cuenta no exceder la cantidad de disolvente establecida que es de 60% del volumen, lo cual garantiza no desperdiciar líquido, todo esto bajo la evaluación de un operario.

Con base en el cálculo encontramos los siguientes pasos para la operación de la máquina.

1. Se debe realizar un pre lavado de las piezas por medio de esponja y cepillo para aumentar la efectividad en el lavado, y se procede a el posicionamiento de las piezas sobre la base del elevador que podemos ver en la imagen 72.

Imagen 72. Elevador



Fuente: elaboración propia

2. Al posicionar las piezas en el elevador, se activa la botonera que se encuentra en la imagen 39, esta es la encargada de elevar o descender las piezas por medio del motor reductor. y girando el brazo de la columna que podemos encontrar en la imagen 73, con capacidad de girar 180°, para posicionar sobre el tanque y descender.

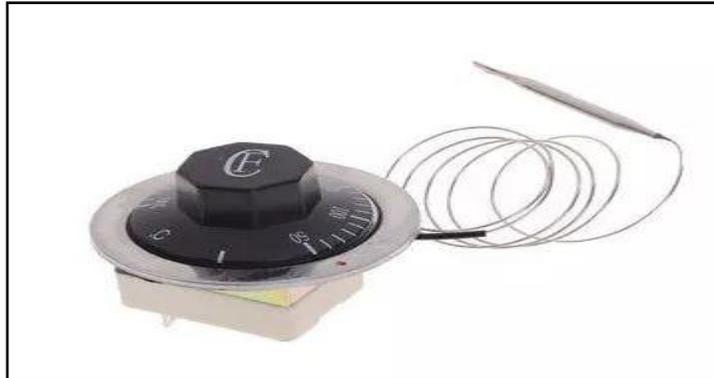
Imagen 73. Columna



Fuente: SCHMALZ. Elevadores Vacuumaster. [Sitio Web]. [Citado El 21 de julio de 2019]. Disponible en: [/www.schmalz.com/es/equipos-de-elevacion-y-sistemas-de-grua/elevadores-por-vacio-vacumaster](http://www.schmalz.com/es/equipos-de-elevacion-y-sistemas-de-grua/elevadores-por-vacio-vacumaster)

3. Al momento de que la base del elevador este bien posicionado en la parte inferior del tanque se procede a activar la resistencia eléctrica por medio del termostato a una temperatura de 50 C° a 80 C° dependiendo de la cantidad de piezas y el estado en que se encuentra, esta temperatura se configura a través del interruptor digital del termostato

Imagen 74. Interruptor Termostato



Fuente: MERCADO LIBRE. Termostato [Sitio Web]. [Citado El 1 de mayo de 2019]. Disponible en: articulo.mercadolibre.com.co/MCO-475803691-ca-220v-16a-termostato-interruptor-de-control-de-temperatura.

4. Al momento de que se encuentre en la temperatura ideal de trabajo se procede a activar la generación de ultrasonido ajustando los interruptores e introduciendo los valores de trabajo.

Imagen 75. Generador

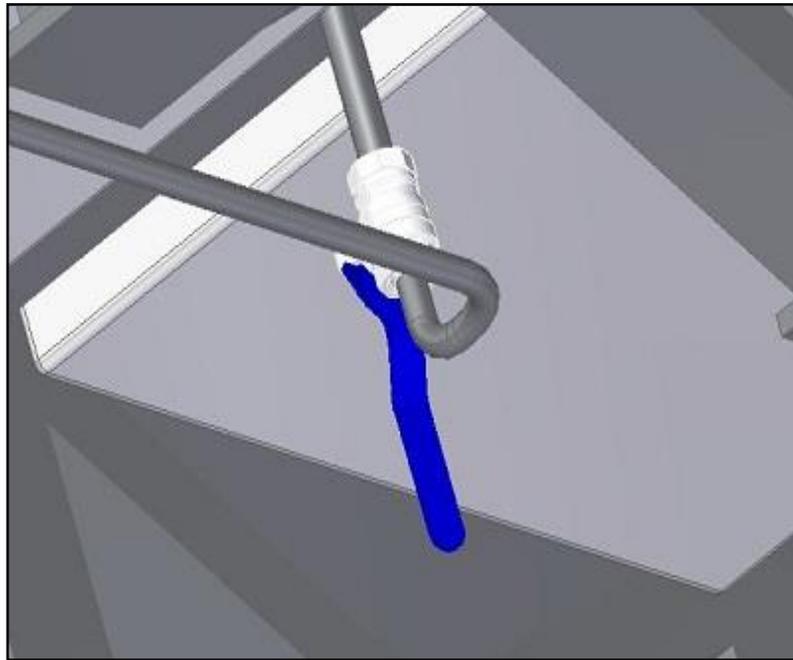


Fuente ABBY ZHU. <abby@ultrasonic-technology.com> "Generadores Ultrasonicos de Limpieza". [Correo Electrónico]. 29 de mayo de 2019. Enviado a usuarios de la universidad

Para programar el generador se debe tener en cuenta el control de proceso del generador, donde se introducen las variables de frecuencia, potencia y el tiempo de generación, en todos los casos la potencia siempre es de 60 W y frecuencia de 40 KHz, y en el tiempo se configurará de acuerdo a una evaluación del operario que está relacionada con la cantidad de piezas y que tan contaminadas se encuentren, el número de limpiezas depende de las variables anteriormente mencionadas y de acuerdo a como queden las piezas después de la primera limpieza.

5. Es importante tener en cuenta que parte del funcionamiento efectivo de la máquina depende del mantenimiento del líquido de trabajo, este se realiza por medio del bombeo y filtrado del solvente. Para realizar el proceso adecuado se debe abrir la válvula que vemos en la imagen 76 y se encuentra en la parte inferior de la estructura soporte de la máquina; ya cebada la bomba se puede activar para recircular el líquido y de acuerdo a una evaluación del operario se puede continuar con el proceso de limpieza.

Imagen 76. Válvula



Fuente: elaboración propia

8.1.1 Sugerencias de Seguridad. Para la seguridad en la operación del equipo se sugiere al operario utilizar los siguientes implementos de seguridad.

- Botas de Seguridad
- Gafas de Seguridad

- Guantes Industriales
- Tapa Bocas Industrial

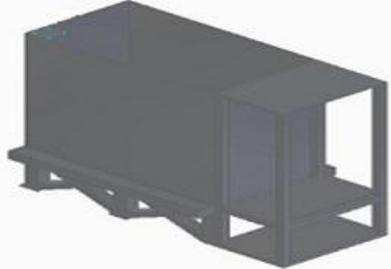
8.2 MANUALES DE MANTENIMIENTO

En este capítulo se recomienda desarrollar acciones de mantenimiento que permitan el funcionamiento adecuado de la máquina, por tal motivo se realizaron los manuales de mantenimiento por sistemas de la máquina que son, sistema eléctrico y de calentamiento, sistema hidráulico, la estructura y sistema de elevación.

8.2.1 Manual de Limpieza del Líquido. Para la limpieza del líquido que sirve de medio para la generación de cavitación, se tiene en cuenta de las siguientes variables:

- Estado del Líquido (que tan sucio esta)
- Cantidad de líquido desalojado
- Que tan efectiva está siendo la limpieza
- Aumento constante de filtración y limpieza del líquido. En base a estas variables el operario a cargo debe desalojar el líquido por medio de la válvula de bola y renovar el líquido completamente para poder obtener una limpieza efectiva, las recomendaciones de la limpieza del líquido es tratar de realizar un pre lavado adecuado y profundo a las piezas antes de introducir a la máquina para que el líquido que debido a su cantidad es costoso no deba ser renovado constantemente.

8.2.2 Fichas de operación de la Estructura. La estructura de toda la máquina es de vital importancia ya que esta va a soportar un peso dinámico, por tal motivo la estructura va a estar sometidos a esfuerzos grandes y se debe hacer un mantenimiento regular.

Estructura		Limpiador de Motores por Ultrasonido		LISTA DE FALLAS				
	Datos técnicos			FALLA	CARACTERÍSTICA	CAUSA	SOLUCIÓN	RECURSOS
	Voltaje	N/A		Falla en la estructura Soporte	Deformación en las vigas de la estructura	1. Exceso del peso máximo permitido en la máquina.	Refuerzo de la estructura	Compra de material para soldar
	Capacidad Tanque (m ³)	0,66						
	Peso Máximo (Kg)	1271						
	Altura (m)	1,5		Corrosión en la estructura	Aumento de óxido sobre la estructura	1. Por el exceso de líquidos sobre la estructura por mala limpieza	1. Lijar el oxido	1.Lija.
	Material:	Acero Inoxidable 304						
	Tanque	Acero Inoxidable 304						
Estructura Base	ASTM A500		Fugas en el tanque	Se presenta una disminución del líquido desengrasante en el tanque	1. Golpes sobre la estructura por mal manejo del elevador	1.tapar las fugas con rellenos o soldadura	1. Relleno especial o soldadura	
Área (m ²)	1,68							
Descripción		Esta estructura consta de dos partes, la primera es la estructura soporte que es la encargada de soportar todo el peso y la segunda es la estructura del tanque que va a contener el líquido y las piezas; ambas partes hechas de material diferente						
INSPECCIONES				ANÁLISIS				
Aspecto	Revisar	Periodicidad	Actividad	TIPO	DESCRIPCIÓN	PARTE	VERIFICAR	FALLA
Infraestructura	Estructura de la maquina (Corrosión, deformación Vibraciones, Soldaduras)	Semanal	Visual	Ultrasonido	Determinar poros o fugas de líquido	En el tanque	Que no genere ningún tipo de fuga	Uniones Soldaduras
Observaciones:				Visual	Verificar si la estructura tiene deformaciones excesivas	Toda la estructura	Que toda la estructura se encuentre en buen estado	Uniones Soldaduras

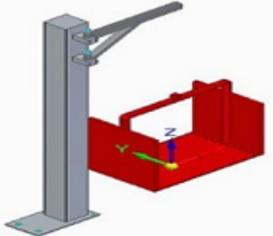
Fuente: elaboración propia

8.2.3 Fichas de operación del Sistema Hidráulico. El sistema hidráulico consta de la bomba centrífuga, la tubería y la válvula de bola este sistema no se encuentra en constante funcionamiento, pero se debe realizar un mantenimiento adecuado ya que se encarga de realizar la limpieza del desengrasante para que la limpieza sea efectiva.

Sistema Hidráulico		Limpiador de Motores por Ultrasonido		
	Datos técnicos			
	Potencia (kW)	0,55		
	Capacidad Máx (m ³ /h)	22		
	Cabeza neta (m)	18		
	Cabeza de Trabajo (m)	1,5		
	Material:	AISI 316L		
	Tubería	PVC		
	Temperatura Máx traba	100 °C		
Descripción	Es una bomba centrífuga capaz de impulsar 18 metros y trabajar a altas temperaturas, de cuerpo en acero inoxidable y cuenta con sistema de filtros que protegen la bomba.			
INSPECCIONES				
Aspecto	Revisar	Periodicidad	Actividad	
Sistemas Hidráulicos	Accesorio	tuberías	semanal	Visual
		Presión	Semanal	Visual
		Bombas	Semanal	Auditivo / visual
		Vibraciones	Diario	Visual
		Potencia	Diario	Visual
Observaciones:				
LISTA DE FALLAS				
FALLA	CARACTERÍSTICA	CAUSA	SOLUCIÓN	RECURSOS
Taponamiento en las tuberías	Disminución del flujo y aumento de la presión en el sistema	1. exceso de suciedad en las tuberías	Cambio de tubería	Compra de tubería en PVC
Desgaste excesiva de los cojinetes	Exceso de vibración y consumo de potencia	1. Desalineación de la bomba	1. alineación del eje y cambio de cojinetes	1. Cambio de los cojinetes
Consumo excesivo de energía de la bomba	Aumento de consumo de potencia de la bomba	1. Rodamientos Mal Lubricados o gastados 2. Verificar sellos de juntas mecánicas	1.a. limpiar exceso de suciedad 2. Cambiar los rodamientos	1.a. tener implementos de limpieza 2.a Repuestos 3.a. Contar con personal especializado o en bombas
ANÁLISIS				
TIPO	DESCRIPCIÓN	PARTE	VERIFICAR	FALLAS
Ultrasonido	Determinar poros o fugas de líquido, y vibraciones excesivas del sistema	En los sistemas de separación y tubería	Que no genere ningún tipo de fuga	En la tubería Rodamientos
Termografía	Verificar si alguna parte caliente dentro del sistema	Rodamiento de motores y vibraciones excesivas	Rodamientos, bobinados del motor, aumento de presión	Eje de la bomba, Apriete de manzana

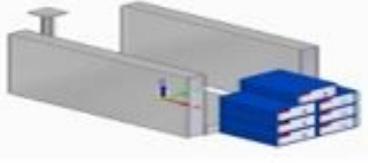
Fuente: elaboración propia

8.2.4 Fichas de operación del Sistema de Elevación. El sistema de elevación permite la elevación de la carga por medio de un motor reductor, junto con la estructura que soporta el peso de la elevación.

Sistema de Elevación		Limpiador de Motores por Ultrasonido		INSPECCIONES					
	Datos técnicos		Aspecto		Revisar	Periodicidad	Actividad		
	Potencia (HP)	2,2	Infraestructura	Estructura de la máquina	Semanal	Visual			
	Capacidad Máx (Kg)	325	Sistemas Eléctricos	Medidores de voltaje	Semanal	Visual			
	Voltaje (V)	220		Alineación del Eje	Semanal	Visual			
	Longitud Cable (m)	30		Toma corriente no esté sobrecargado	Semanal	Visual			
	Material:			Panel de control	Diario	Visual			
	Estructura	ASTM A500	Sistemas Mecánicos	Temperatura de Trabajo	Diario	Visual / Auditivo			
Velocidad (m/seg)	0,37	Tornillos		Diario	Visual				
Descripción	Elevador Polipasto de carga, con un motor reductor de 2,2 Hp y capaz de elevar un máximo de 235 kg, este motor reductor esta sostenido en una viga que gira a 180 °			Engranajes y dientes	Diario	Visual / Auditivo			
LISTA DE FALLAS				ANÁLISIS					
FALLA	CARACTERÍSTICA	CAUSA	SOLUCIÓN	RECURSOS	TIPO	DESCRIPCIÓN	PARTE	VERIFICAR	FALLA
Falla en la estructura Soporte	Deformación en las vigas de la estructura	1. Exceso del peso máximo permitido en la máquina.	Refuerzo de la estructura	Compra de material para soldar	Ultrasonido	líquido, y vibraciones excesivas del sistema	En el motor reductor y en el eje	Que no genere ningún vibraciones excesivas	Engranajes Cadenas Brazo
Corrosión en la estructura	Aumento de óxido sobre la estructura	1. Por exceso de líquidos sobre la estructura por mala limpieza	1. Lijar el óxido	1.Lija.	Termografía	Verificar si alguna parte caliente dentro del sistema	Rodamiento de motores y vibraciones excesivas	Rodamientos, bobinados del motor, aumento de presión	Motor Rodamiento
Falla en el motor reductor	1. Exceso de ruido 2. Temperatura alta	3. Mala lubricación 4. Exceso de peso	1.cambio de aceite, reemplazar partes	Compra de componentes, cambio de aceite.	Observaciones:				

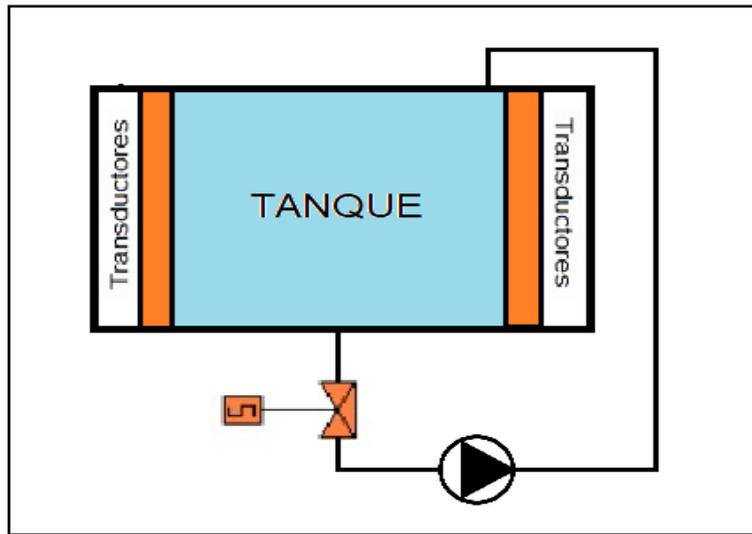
Fuente: elaboración propia

8.2.5 Fichas de operación del Sistema Eléctrico. El sistema eléctrico de la máquina se compone de los generadores de alta frecuencia, elementos piezorresistivos y la resistencia eléctrica que son los componentes principales de la máquina

Sistema Eléctrico		Limpiador de Motores por Ultrasonido			LISTA DE FALLAS																							
		Datos técnicos			<table border="1"> <thead> <tr> <th>FALLA</th> <th>CARACTERÍSTICA</th> <th>CAUSA</th> <th>SOLUCIÓN</th> <th>RECURSOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>No enciende la máquina</td> <td>No se generan las ondas de ultrasonido que producen cavitación</td> <td>Recalentamiento del sistema de generación</td> <td>Consultar con el proveedor</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>No funciona la resistencia eléctrica</td> <td>El líquido desengrasante no se encuentra en la temperatura establecida</td> <td>Temperatura de trabajo excesiva</td> <td>contratar un técnico en resistencias eléctricas</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>Falla en la placa de transductores</td> <td>Los elementos piezorresistivos no funcionan</td> <td>1. Mala lubricación 2. Exceso de peso</td> <td>Consultar con el proveedor</td> <td>N/A</td> </tr> </tbody> </table>	FALLA	CARACTERÍSTICA	CAUSA	SOLUCIÓN	RECURSOS	No enciende la máquina	No se generan las ondas de ultrasonido que producen cavitación	Recalentamiento del sistema de generación	Consultar con el proveedor	N/A	No funciona la resistencia eléctrica	El líquido desengrasante no se encuentra en la temperatura establecida	Temperatura de trabajo excesiva	contratar un técnico en resistencias eléctricas	N/A	Falla en la placa de transductores	Los elementos piezorresistivos no funcionan	1. Mala lubricación 2. Exceso de peso	Consultar con el proveedor	N/A	Potencia Generadores (W)	15000	
		FALLA	CARACTERÍSTICA	CAUSA		SOLUCIÓN	RECURSOS																					
		No enciende la máquina	No se generan las ondas de ultrasonido que producen cavitación	Recalentamiento del sistema de generación		Consultar con el proveedor	N/A																					
		No funciona la resistencia eléctrica	El líquido desengrasante no se encuentra en la temperatura establecida	Temperatura de trabajo excesiva		contratar un técnico en resistencias eléctricas	N/A																					
		Falla en la placa de transductores	Los elementos piezorresistivos no funcionan	1. Mala lubricación 2. Exceso de peso	Consultar con el proveedor	N/A																						
Potencia Resistencia (W)	20000																											
Corriente Generador (A)	8,5																											
Voltaje Generador U (V)	220																											
Descripción	Este sistema eléctrico cuenta con 6 generadores cada uno de 2500 W de potencia una resistencia eléctrica que se encarga de calentar el líquido y las placas de transductores.				Observaciones:																							
ANÁLISIS																												
TIPO	DESCRIPCIÓN	PARTE	VERIFICAR	FALLA																								
Termografía	Verificar si alguna parte caliente dentro del sistema o que no funcione aparato	Display del termostato y el generador	Pantallas, conexiones eléctricas, cables dañados	Cables de corriente, golpe en Display, exceso de carga																								

Fuente: elaboración propia

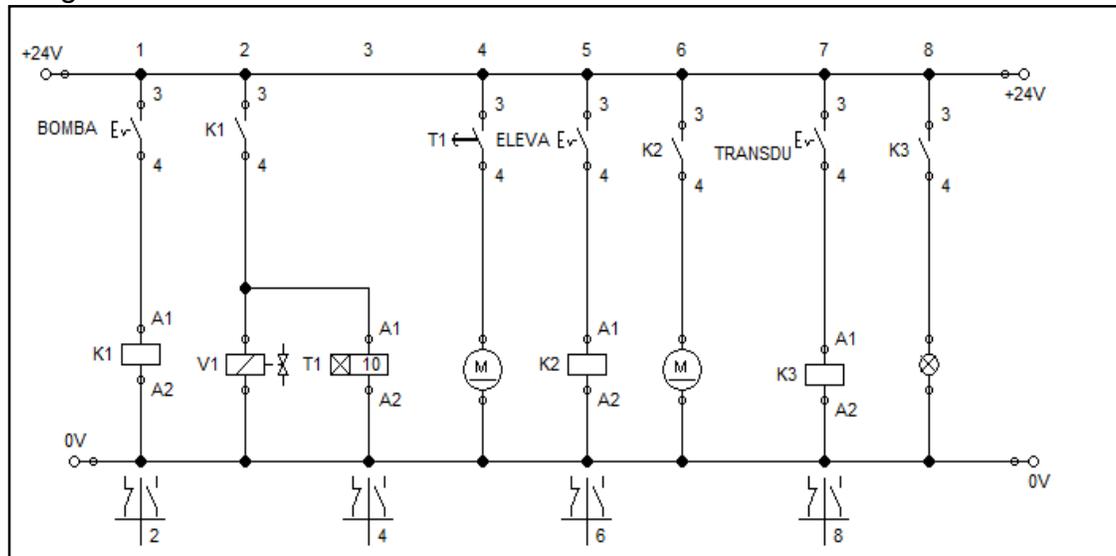
Imagen 77. Plano Hidráulico



Fuente: elaboración propia

- Plano Eléctrico de la Máquina: el plano eléctrico de la maquina consta los sistemas que hacen parte de esta.

Imagen 78. Plano Eléctrico



Fuente: elaboración propia

El plano hidráulico de la imagen 77, muestra cómo funciona el sistema hidráulico utilizando una válvula solenoide que se activa por medio de un interruptor y que después de 10 segundos se activa el motor de la bomba. De manera similar se activa el motor del elevador y de la generación de ultrasonido por medio de interruptores.

9. IMPACTO AMBIENTAL

En el proceso de lavado de motores por ultrasonido se identificarán los aspectos ambientales y en base a esto se establecerán el impacto ambiental que puede afectar el ecosistema alrededor de la empresa y las zonas de funcionamiento de la máquina. Se tendrá en cuenta el líquido que se debe utilizar para que la máquina funcione y se dividirá en las siguientes etapas diseño, fabricación operación y mantenimiento.

9.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Para identificar el impacto ambiental se elaborará una tabla den donde se establezcan los diferentes impactos que tendrá el proceso en las etapas.

Cuadro 9. Impactos Ambientales

Factor Ambiental	Impacto Ambiental
Diseño	Residuos Papel Residuos Tintes Consumo de Electricidad
Fabricación	Consumo de Electricidad Proceso de Soldadura Derrames de Pintura Contaminación del Aire
Operación	Derrames de Líquido Gases en la Atmosfera Consumo de Electricidad y Aumento de temperatura Desechos de Lavado
Mantenimiento	Desechos de Componentes Desecho de Líquidos

Fuente: elaboración propia

9.2 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Para determinar el nivel de afectación que produce la máquina limpiadora por ultrasonido ya sea el en diseño, fabricación, operación y mantenimiento se califica de la siguiente manera.

- 1 Afectación Baja
- 3 Afectación Media

- 5 Afectación Alta
- N/A si no tiene afectación

De la siguiente forma se puede determinar el impacto ambiental que le puede generar la máquina al medio ambiente en la tabla 5.

Tabla 7. Evaluación de impacto

Impacto Ambiental	Proceso		
	Fabricación	Operación	Mantenimiento
Generación de Vapores	3	3	N/A
Aumento de Temperatura del Ambiente	1	3	N/A
Consumo de Electricidad	3	5	1
Derrame de Líquidos	3	1	N/A
Desechos por Impurezas	3		1
Desechos solidos	1	1	N/A
Procesos de Soldadura	3	N/A	1
Pintura de Fabricación	1	N/A	N/A
Contaminación auditiva por Operación	3	N/A	N/A
Desecho de cambio de Componentes	N/A	N/A	3
Vertimientos en Desagües	1	1	N/A
Total	22	16	6

Fuente: elaboración propia

Al analizar los resultados de la tabla 5 encontramos que el mayor proceso que produce afectaciones ambientales se encuentra en la fabricación de la máquina limpiadora, ya que este tipo de máquina en operación permite disminuir los residuos tóxicos y la renovación constante del disolvente, y en base a esto se establecen los indicadores³² de acuerdo a la evaluación de impacto ambiental; métodos y conceptos donde se establecen los criterios de importancia de afectación al medio ambiente.

- 0-15 bajo (Afectación mínima al medio ambiente y seguridad del hombre)
- 15-25 medio (Afectación baja para medio ambiente y seguridad del hombre)
- 25-50 Alto (Afectación irreversible para medio ambiente y seguridad del hombre)

³² Sánchez, Luis Enrique. Evaluación del impacto ambiental: conceptos y métodos, Ecoe Ediciones, 2010. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioamericasp/detail-action?docID=3197516>. Pág. 269

De acuerdo a los indicadores establecidos podemos determinar con estos resultados del estudio que el limpiador de motores en su proceso de fabricación tiene un riesgo medio de afectación, ya que se deben establecer alternativas al momento de la fabricación que permitan disminuir el impacto ambiental, estas medidas pueden ser aplicar la soldadura adecuada, manejo de pinturas y de desechos de manera correcta para no afectar el medio ambiente, y por otro lado y no menos importante en el proceso de operación es importante tener en cuenta que el lavado se realice de manera adecuada para poder disminuir las afectaciones, se debe filtrar el líquido desengrasante regularmente para poder reutilizar el líquido y obtener una limpieza eficiente.

10. EVALUACIÓN FINANCIERA

En este capítulo se realizará la evaluación de los costos entre “Diseño de un Limpiador de motores por ultrasonido” desarrollado en el presente documento, teniendo en cuenta el diseño, los costos de la materia prima y la mano de obra para realizarla, contra el costo de un limpiador de motores por ultrasonido con las mismas características.

10.1 COSTOS DE DISEÑO

La siguiente tabla muestra el costo que se genera para realizar el diseño del proyecto incluyendo las horas para poder realizar el proyecto.

Tabla 8. Costos de Diseño

Gastos por Talento Humano					
Ítem	Unidad de Medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	Fuente Financiadora
Proponente	Horas Hombre	1100	\$ 9.200	\$ 10.120.000	Proponente
Total Gatos por Talento Humano				\$	10.120.000
Gastos Máquinaria y Equipos					
Computador	Unidad	1	-	\$ 2.500.000	Proyectista
Software NX	Horas	22	\$ 4.800	\$ 105.600	Proyectista
Software Solid Edge ST19	Horas	54	\$ 6.100	\$ 329.400	Proyectista
Microsoft Office	Horas	765	\$ 1.000	\$ 765.000	Proyectista
Total Máquinaria y Equipo				\$	3.700.000
Gatos en Fungibles					
Papel	Resma	4	\$ 10.000	\$ 40.000	Proyectista
Fotocopias	Unidad	200	\$ 50	\$ 10.000	Proyectista
Impresiones	Unidad	1000	\$ 350	\$ 350.000	Proyectista
Total Fungibles				\$	400.000
Otros Gastos					
Transporte	Pasaje	25	\$ 2.400	\$ 60.000	Proyectista
Total Otros Gastos				\$	60.000
Total Antes de Imprevistos				\$	14.280.000
Imprevistos (4%)				\$	571.200
Costo Total del Proyecto				\$	14.851.200

Fuente: elaboración propia

10.2 COSTOS DE MATERIALES

A continuación, en la tabla 7 se establecerán los costos de materia prima que se requieren para comenzar a fabricar la máquina.

Tabla 9. Costo de los Elementos de la Máquina

Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Plancha en Acero Inoxidable AISI 304 de 5 mm de espesor x (1 m x 0,6 m)	2	\$ 158.000	\$ 316.000
Plancha en Acero Inoxidable AISI 304 de 5 mm de espesor x (1 m x 1,1 m)	2	\$ 158.000	\$ 316.000
Plancha en Acero Inoxidable AISI 304 de 8 mm de espesor 1,2m	1	\$ 178.000	\$ 178.000
(Perfil Cuadrado 70x70x3 mm ASTM A500)X Metro	20	\$ 22.183	\$ 443.660
Elevador a cable Camac Minor Millennium Polipasto todo Incluido	1	\$ 2.200.00	\$ 2.200.000
Bomba Centrífuga Acero inoxidable de 1HP	1	\$ 1.266.500	\$ 1.266.500
Generador de Ultrasonido de 3000 W	7	\$ 1.100.000	\$ 7.700.000
Transductor de Ultrasonido Modelo CL-38T 60 W	350	\$ 24.000	\$ 8.400.000
Válvula de Bola 1/2"	2	\$ 26.000	\$ 52.000
(Tubería PVC 1/2 ") x Metro	6	\$ 1.483	\$ 8.898
(Líquido Desengrasante Biodegradable) x Galón	177	\$ 55.000	\$ 9.735.000
Resistencia Eléctrica 20.000 W	1	\$ 794.000	\$ 794.000
Tornillo Hexagonal con diámetro de rosca 20 mm con longitud de perno de 17 mm	2	\$ 3.200	\$ 6.400
Tornillo Hexagonal con diámetro de rosca 10 mm con longitud de perno de 10,8 mm	2	\$ 2.200	\$ 4.400
Codos Roscados 1/2"	2	\$ 4.200	\$ 8.400
Filtro Sanergrid Petro Pipe PIT410	1	\$ 650.000	\$ 650.000
Filtro Sanergrid PFC	1	\$ 350.000	\$ 350.000
Tornillo Avellanado con diámetro de 18 mm y con longitud de perno de 12 mm	16	\$ 2.800	\$ 44.800
Costo total		\$	32.158.058

Fuente: elaboración propia

10.3 COSTOS DE FABRICACIÓN

A continuación, se establecerán los costos que se requieren para la fabricación de la máquina asumiendo un porcentaje de 4% por imprevistos.

Tabla 10. Costos de Fabricación

Ítem	Unidad	Cantidad	Valor unidad	Total
Soldador	hora	16	\$ 33.148	\$ 530.368
Soldaduras	Electrodo	20	\$ 24.800	\$ 496.000
Montaje	-	-	\$ 240.000	\$ 240.000
Costo Total Antes de Imprevistos			\$	1.886.368
Costo Total con Imprevistos 4%			\$	1.961.823

Fuente: elaboración propia

10.4 COSTO TOTAL

En el siguiente cuadro se puede visualizar el total de los costos de la máquina.

Tabla 11. Costos Totales

Ítem	Valor
Costos de Diseño	\$ 14.851.200
Costos de Materiales	\$ 35.380.608
Costos de Fabricación	\$ 1.961.823
Total	\$ 52.193.631

Fuente: elaboración propia

10.5 MÁQUINA IMPORTADA

Para realizar una comparación entre la máquina diseñada y la máquina importada, se cotizó la importación de una máquina limpiadora por ultrasonido de unas especificaciones y características similares a la máquina diseñada.

Imagen 79. Especificaciones Máquina Importada

<p>1. Cuba de Ultrasonidos.</p> <ul style="list-style-type: none">• Alimentación: 380V.• Potencia de ultrasonidos instalada: 6000W.• Generadores modelo EK 1500 con frecuencia de 40 kHz.• Ajuste de barrido de frecuencia incorporado.• Sistema Sweep System.• 4 emisores sumergibles, cada uno con 30 transductores piezoeléctricos de acero-titanio de alta eficiencia y de alta resistencia, especialmente fabricados para la aplicación en cubas de ultrasonidos, situados en los lados de la cuba.• Potencia del transductor: 50 vatios.• Relación vatios/litro: 8,57.• Resistencia eléctrica de 6000W. <p>2. Construcción y características del equipo.</p> <ul style="list-style-type: none">• Construida en acero inoxidable AISI 304 y AISI 316 L de 2,5mm.de espesor.• Cesta de elevación e inmersión mediante sistema neumático, con posibilidad de programación de bateo combinado con el funcionamiento ultrasónico.• Capacidad de elevación de la plataforma neumática: 400 kg.• Descarga de agua mediante válvula de 11/2".• Eliminación de aceite por barrido superficial mediante bomba de baja presión y cuba auxiliar de decantación.• Detector con parada automática por falta de nivel de agua.• Detector con parada automática por exceso de temperatura (+83º).

Fuente: OTEGUI JUAN. <juan.otegui@ekyma.es>. "Ekyma Ultrasonidos. Ekom-Sp". [Correo Electrónico]. 19 de mayo de 2019. Enviado a usuarios de la universidad

Tabla 12. Especificaciones Máquina Diseñada

Voltaje de la Máquina	400 V
Potencia Sónica	21000 W
Capacidad	660 Lt/177 galones
Controles	Digitales/Análogo
Frecuencia	60 Hz
Calor	20000 W
Filtración	Si
Elevación	Si
Peso máx. Elevación	250 Kg
Dimensiones	1m x 1,1m x 0,6m

Fuente: elaboración propia



Imagen 80. Limpiador Importado

Fuente: OTEGUI JUAN. <juan.otegui@ekyma.es>. "Ekyma Ultrasonidos. Ekom-Sp". [Correo Electrónico]. 19 de mayo de 2019. Enviado a usuarios de la universidad

Esta máquina se adquirió en la página principal ekyma.es, la cual se consigue a un precio de 28.510,00 UE a cambio de 3,746.10 pesos colombianos del día 19 de mayo de 2019 tiene un precio de 104.817.245 COP puesta en aduanas en el puerto de Cartagena, Colombia

Imagen 81. Cotización



C/Barrio la Mina s/n Nave 2
39792-Gajano (Cantabria)
Teléfono: (+34) 942 50 23 34 Fax: (+34) 942 50 20 44
Móvil: (+34) 682 348 548
Email: ekyma@ekyma.es
www.ekyma.es
ESPAÑA

ER-0404/2015

PRESUPUESTO

6- Condiciones de entrega:

• Precio Modelo EKOM-SP: (Cajón de embalaje incluido)	27.000,00 €
• Detergente para 1 año: 6 Garrafas x 25 litros EKYNET-120. 7,30€/litro(Detergente)	1.095,00 €
• Potenciador para 1 año: 2 Garrafas x 25 litros EKYNET-100-PLUS. 8,30 €/ Litro.	415,00 €
• Total:	28.510,00 €

Fuente: OTEGUI JUAN. <juan.otegui@ekyma.es>. "Ekyma Ultrasonidos. Ekom-Sp". [Correo Electrónico]. 19 de mayo de 2019. Enviado a usuarios del universidad

El costo parcial de la máquina puesta en el puerto de aduanas de Cartagena es de 104.817.245 COP, esto comparado con la máquina diseñada es 2 veces más costosa por tal motivo se puede determinar que la máquina diseñada es 50% más económica que la importada de lo que se concluye que diseñar la máquina y fabricar la máquina es económicamente viable comparado con importarla.

11. CONCLUSIONES

- El sistema de filtración y bombeo es capaz de realizar un mantenimiento efectivo al líquido de trabajo y con la potencia de la bomba 0,75 HP es capaz de desplazar el solvente a una altura manométrica de 18 metros.
- De acuerdo a la selección del sistema de elevación de motores se puede concluir que el elevador se encuentra en la capacidad de elevar la carga de diseño máxima establecida y cuenta con un 30% de capacidad de carga extra.
- La potencia de la resistencia eléctrica seleccionada es la adecuada para poder calentar el líquido debido a que es mayor a la potencia de diseño, y el material de la resistencia se encuentra en la capacidad de soportar la oxidación por causa de la suciedad de las partes
- Los transductores de ultrasonidos seleccionados son de 40 KHz de frecuencia, siendo mayor que la frecuencia de diseño establecida porque permite garantizar el fenómeno de cavitación en el medio de trabajo.
- De la evaluación financiera se puede evidenciar que el precio de la máquina sin incluir los costos por importaciones e impuestos de la máquina importada es 2 veces más costoso con un valor de 104.817.245 COP comparada con la máquina diseñada con un valor de 52.193.631 COP, siendo más rentable el diseño y fabricación de la máquina limpiadora por ultrasonido.
- Desde el punto de vista ambiental la máquina no genera afectaciones ambientales grandes siendo una máquina ambientalmente sostenible.
- El limpiador por ultrasonido cumple con la función de limpiar piezas por medio de cavitación por ultrasonido, asegurando eficiencia en el proceso.
- Desde el punto de vista financiero este proyecto fue desarrollado optimizando costo por medio de un diseño que cumple con los requerimientos mínimos para que funcione la máquina

12. RECOMENDACIONES

- Se recomienda mejorar el diseño del sistema de calentamiento para optimizar las dimensiones de la máquina y que esta tenga un espacio más grande de lavado.
- Se recomienda desarrollar el mantenimiento regular del líquido biodegradable de trabajo para que la limpieza no afecte la calidad de la limpieza.
- Se recomienda realizar estudios para automatizar la máquina teniendo en cuenta que esto podría hacer más eficiente el proceso.
- Se recomienda tener en cuenta que esta aplicación es únicamente para piezas de motores en aluminio y sus aleaciones, y que al momento de poner en marcha la máquina no exceder los límites establecidos en cuanto a peso y cantidades.
- El diseño no cuenta con una estructura exterior que proteja los operarios de la temperatura a la que la estructura va a estar sometida
- Se recomienda diseñar una tapa para evitar que la temperatura del líquido sea cedida rápido al medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

COLUMBEC. Información Proceso de Sandblasting [En Línea]. 1 enero de 2016. Citado el 15 de noviembre de 2018. Disponible en Internet: <http://www.columbec.com/informacion-general-sandblasting-y-preparacion-superficies>.

F. Megyesy Eugene. Manual de Recipientes a Presión. México D.F. Noriega Limusa. 1992.

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMERICA. Guía metodológica para la elaboración de trabajos de grado y proyectos de investigación en pregrado. Bogotá. FUA, 2011. 101p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Compendio de normas para trabajos escritos. NTC-1486-6166. Bogotá D.C.: El instituto, 2018. ISBN 9789588585673 153 p.

Mott Robert L. Mecanice de Fluidos (Sexta Edición). México. Pearson Educación. 2006

MOTT, Robert L., et al. Diseño de elementos de máquinas. México: Pearson Educación S.A., 2006.

NORTON. ROBERT L. Diseño de Máquinas: Un Enfoque Integrado (4ª. Ed.). Distrito Federal: Pearson Educación, 2011.

PÉREZ ZAMBRANO DENISSE. Diseño de Maquina de Limpieza de Motores por Ultrasonido. Guayaquil Ecuador. 2016. 18p. Trabajo de Grado. Escuela Superior Politécnica Litoral

PIÑEIRO FILGUEIRA ANTONIO. Estudio de la Limpieza Ultrasónica para Piezas de Motor. Gallego España. 2016. Trabajo de Grado. Universidad de Vigo.

SÁNCHEZ, LUIS ENRIQUE. Evaluación del impacto ambiental: conceptos y métodos, Ecoe Ediciones, 2010. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=3197516>. Pág269.

Y. WU. C. FRANKLIN, M. BRAND AND B FRASER. Acoustic Property Characterization of a Single Wafer Megasonic Cleaner. Santa Ana California. Disponible: <http://www.megasonics.com/ECSpaper.pdf>

ANEXOS

ANEXO A
CATÁLOGO PROPIEDADES ACERO AISI 304 SIA GENERAL DE ACEROS S.A

PROPIEDADES FÍSICAS MEDIAS DE LOS ACEROS AUSTENÍTICOS

Densidad Kg/dm ³	7.9
Módulo de Elasticidad Gpa	193
Módulo de Poisson	0.28
Calor Especifico J/kg.*K	500
Conductividad Térmica W/mk	A 100°C 16.2
Resistividad Eléctrica 10 ⁹ Ωm	A 500°C 21.6
	726
Coefficiente de expansión térmica ppm/K	0-100°C 16.5
	0-316°C 17.2
	0-640°C 17.9
	0-700°C 18.6
Propiedades magnéticas	No magnético, aunque se convierte en ligeramente magnético cuando es trabajado en frío.

PROPIEDADES MECÁNICAS A TEMPERATURA AMBIENTE

GRADO	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	LÍMITE DE FLUENCIA (MPa)	ELONGACIÓN (% EN 50 mm)	DUREZA BRINELL MAX.	PROPIEDADES PARA TRABAJO EN FRÍO
AISI 304	515	205	40	202	Muy Buena
AISI 304 L	485	170	40	183	Muy Buena
AISI 316	515	205	40	217	Buena
AISI 316 L	485	170	40	217	Buena
AISI 310 S	515	205	40	217	Buena

*** RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN MPa A ELEVADAS TEMPERATURAS CON EXPOSICIONES CORTAS**

GRADO	TEMPERATURA (°C)				
	100	300	500	700	900
304	530	480	400	270	90
316	540	500	460	320	120
310	540	510	470	340	130

*** MÁXIMA TEMPERATURA DE SERVICIO RECOMENDADA EN CONDICIONES OXIDANTES**

GRADO	SERVICIO CONTINUO (°C)	
	SERVICIO CONTINUO (°C)	SERVICIO INTERMITENTE (°C)
304	925	850
316	925	870
310	1150	1035

* Los valores dados en estas tablas son promedios y no deben ser usados para propósitos de diseño

Fuente: SIA GENERAL DE ACEROS S.A. Acero Inoxidable 304 [Sitio Web]. Bogotá. [Consulta 5 de junio de 2019] Disponible: www.cga.com.co

ANEXO B
CATÁLOGO GRONETO PLACAS ACERO AISI 304

PLANCHAS / ÁNGULOS

ACEROS INOXIDABLES

• 1 Planchas en Acero Inoxidable

Calidad: 304 - 430

Acabado: Acero Inoxidable Mate / Acero Inoxidable Brillante

Aplicaciones: Elaboración de marcos estructurales y decoraciones, enfriadores, tanques de almacenamiento, elaboración de electrodomésticos, recipientes para químicos y paneles interiores

Espesores	Dimensiones	Calidad
0.40 a 3 mm	4x8' (1.22X2.44 mt)	304 2B
2 mm	4x8' (1.22X2.44 mt)	304 2B / Antideslizante
4.00 a 10 mm	4x8' (1.22X2.44 mt)	304 # N1
3 mm	4x8' (1.22X2.44 mt)	304 # N1 / Antideslizante
6.00 a 12.00 mm	(1.50X3.00 mt)	304 # N1
0.50 a 1.50 mm	4x8' (1.22X2.44 mt)	304 # N4
0.40 a 1.50 mm	4x8' (1.22X2.44 mt)	430BA - 430 # N4

Acabados de Planchas en Acero Inoxidable

Acabado 2B: Planchas laminadas en frío, tratadas térmicamente, decapadas químicamente y un acabado final mate, con cinta PVC.

Acabado N1: Planchas laminadas en caliente, tratadas térmicamente, decapadas química y mecánicamente.

Acabado N4: Planchas pulida a una cara, con protección de cinta PVC, la otra en acabado 2B.

Acabado BA: Planchas laminadas en frío, con brillo reflectivo similar a un espejo, con cinta PVC.

• 2 Ángulos en Acero Inoxidable

Calidad: 304

Longitud: 6 metros

Aplicación: Torres metálicas, trabajos estructurales, carpintería y muebles metálicos, cerrajería en general.

Denominación pulg.	Dimensiones		Peso Kg/6m
	a mm	e mm	
3/4 X 1/8"	20	3	5.23
1 X 1/8"	25	3	6.64
1 X 3/16"	25	4	8.67

Fuente: GERONETO. Planchas en Acero inoxidable 304. [Sitio Web]. Ecuador. [Consulta 5 de junio de 2019] Disponible en: http://www.geroneto.com/catalogos/geroneto_productos.pdf

ANEXO C
CATÁLOGO TRANSDUCTORES DE LA EMPRESA CAMGXIN SCIENCE

CANGXIN SCIENCE & TECHNOLOGY ELECTRON CO., LTD.			
地址:广东省汕头市龙湖工业区 F2 幢 6 号		P. O. Box: 515041	
Tel:86-(0)754-88800930		Fax: 86-(0)754-88800931	
http://www.coinly.com		E-mail: coinly@coinly.com	
ULTRASONIC TRANSDUCER			
Model No.	CL-38T(B)	Department	R&D
Edition	CX60W-40K-0812	Issue Date	2008-12-04
Items	Spec. & Param.	Marks	
1. Description	Ultrasonic Transducer		
2. Specification	60W-40K		
3. Top Diameter	38mm		
4. Radiating Surface Dia.	50mm		
5. Height	49mm		
6. Net Weight	230g		
7. Resonance Frequency	40KHz ± 5%		
8. Resonance Impedance	≤ 30 Ω		
9. Static Capacitance	5500pf ± 10%		
10. Insulation Resistance	≥ 5000M Ω		
11. Nominal Power	60W		
12. Spec. of Ceramic	Φ38×16×5.0mm	P8 material	

Fuente: CANGXIN SCIENCE & TECHNOLOGY ELECTRON CO.
Ultrasonic Transducer. [Sitio Web]. China. [Consulta 3 de enero de 2019]
Disponible en:
<http://www.coinly.com/en/product.asp?cid=1&bid=&Pág.e=1&id=28>

ANEXO D CATÁLOGO LÍQUIDO BIODEGRADABLE

	ECO POWER MAX DEGREASER	Código: MFDES004-K10 Fecha de emisión: 18-01-2016
	FICHA TÉCNICA	Revisión: 1 Páginas: 1

**DESENGRASANTE
BIODEGRADABLE
INDUSTRIAL**



Biodegradabilidad certificada por laboratorio Conoser LTDA el 15 de Febrero del 2016

COMPOSICIÓN QUÍMICA:
 Tensioactivo aniónico
 Desengrasante
 Secuestrante
 Anticorrosivo
 Estabilizante
 Aditivos

DESCRIPCIÓN: este producto es utilizado exclusivamente para el servicio de higiene, asear y limpieza de áreas físicas. Es utilizado para eliminar grasas de origen animal y derivadas del petróleo, grasas alquitlanadas, aceites naturales y vegetales, lodos, etc., presentes en paredes, pisos, techos, puertas, equipos de cocina, maquinaria pesada, industria, elementos plásticos, metálicos y en todo tipo de superficie.

INSTRUCCIONES DE USO: Diluya una parte de producto entre 1 a 30 partes de agua, de acuerdo al grado de concentración, de suciedad a eliminar. Aplique la solución sobre la superficie a limpiar, refregue con maquina, cepillo o trapero, etc. En talleres, pisos mecánicos, maquinaria, en campanas y estufas industriales, utilice 100% puro por aspiración luego integre el producto con un cepillo, sabón o esponja de manera manual o mecánica. Después, retire con agua, también es utilizado para retirar manchas de grasa en overoles de trabajo aplicando el producto al ciclo de lavado.

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO
 Apariencia: Líquido lechoso de color lechoso de olor característico.
 Densidad (20°C): 1.05 - 1.15 g/ml
 Punto de ebullición (°C): 212 °F
 Punto de fusión (°C): N.A.
 Viscosidad (cp): N.R.
 Alcalinidad como NaOH: 25% máximo
 PH: Mínimo 11 en solución acuosa 10%
 Solubilidad: soluble en agua

INDICACIONES
 - Utilizar guantes de caucho, petos plásticos, botas de caucho, caretas para su manipulación, recipientes adecuados y medidores para su correcta dosificación.

PRECAUCIONES Y ADVERTENCIAS: No respirar los vapores. Evitar el contacto con los ojos y la piel. En caso de contacto con los ojos, lávelos inmediatamente con abundante agua o estación de lavado y acúdate a un médico. Manténgase fuera del alcance de los niños y mascotas.

PRESENTACIÓN:
 Frasco X 1 L.
 Frasco X 1 Galón
 Garrafa X 5 Galones
 Tambor X 55 Galones

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES
 - Alto rendimiento
 - Múltiple variedad de usos
 - Fácil Manejo
 - Concentración grado Industrial
 - Alto rendimiento del producto por ser hidrosoluble.
 - Producto biodegradable.

INFORMACIÓN DE SEGURIDAD



DESENGRASANTE
AGRESIVO

SALES

INFLAMABLE

PERIGRO PARA EL MEDIO AMBIENTE

Clase	Subclase	Simbolo	Origen
A	1	+	+
B	1	+	+
C	1	+	+
D	1	+	+
E	1	+	+
F	1	+	+

Clase	Subclase	Simbolo	Origen
1	1	+	+
2	1	+	+
3	1	+	+
4	1	+	+
5	1	+	+
6	1	+	+

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO
Apariencia: Líquido lechoso de color lechoso de olor característico.
Densidad (20°C): 1.05 - 1.15 g/ml
Punto de ebullición (°C): 212 °F
Punto de fusión (°C): N.A.
Viscosidad (cp): N.R.
Alcalinidad como NaOH: 25% máximo
PH: Mínimo 11 en solución acuosa 10%
Solubilidad: soluble en agua

Fuente: MFLERY. Ecopower Max Líquido Biodegradable. [Sitio Web]. Bogotá. [Consulta 10 de enero de 2019] disponible: http://mflery.platinoweb.com/images/fichas_tecnicas/eco-power-max.pdf

ANEXO E
CATÁLOGO DE PERFIL CUADRADO EMPRESA COLMENA

PERFIL CUADRADO											
TAMAÑO PERFIL		ESPESOR DE PARED e mm	PESO NEGRO (kg/m)	ÁREA cm ²	FLEXIÓN			MÓDULO PLÁSTICO Z _x = Z _y cm ³	TORSIÓN		UNIDAD DE EMPAQUE
TAMAÑO NOMINAL					MOMENTO INERCIA I _x = I _y cm ⁴	MÓDULO ELÁSTICO S _x = S _y cm ³	RADIO DE GIRO r _x = r _y cm		MOMENTO INERCIA J cm ⁴	MÓDULO ELÁSTICO B cm ³	
PULG.	MM										
1 X 1	25 X 25	1,50	1,06	1,35	1,22	0,97	0,95	1,17	2,03	1,48	36
		2,00	1,36	1,73	1,48	1,19	0,93	1,47	2,58	1,82	
		2,50	1,64	2,09	1,69	1,35	0,90	1,71	3,07	2,11	
1 4/7 X 1 4/7	40 X 40	1,50	1,77	2,25	5,49	2,75	1,56	3,22	8,77	4,13	25
		2,00	2,31	2,94	6,94	3,47	1,54	4,13	11,36	5,25	
		2,50	2,82	3,59	8,22	4,11	1,51	4,97	13,79	6,25	
2 X 2	50 X 50	1,50	2,24	2,85	11,07	4,43	1,97	5,15	17,45	6,66	25
		2,00	2,93	3,73	14,15	5,66	1,95	6,66	22,73	8,53	
		2,50	3,60	4,59	16,94	6,78	1,92	8,07	27,75	10,26	
		3,00	4,25	5,41	19,47	7,79	1,90	9,39	32,53	11,84	
2 1/3 X 2 1/3	60 X 60	1,50	2,71	3,45	19,52	6,51	2,38	7,53	30,53	9,78	25
		2,00	3,56	4,54	25,14	8,38	2,35	9,79	39,91	12,61	
		2,50	4,39	5,59	30,34	10,11	2,33	11,93	48,92	15,26	
		3,00	5,19	6,61	35,12	11,71	2,31	13,95	57,57	17,72	
2 3/4 X 2 3/4	70 X 70	1,50	3,18	4,05	31,46	8,99	2,79	10,36	48,89	13,50	16
		2,00	4,19	5,34	40,73	11,64	2,76	13,52	64,10	17,50	
		2,50	5,17	6,59	49,41	14,12	2,74	16,54	78,79	21,27	
		3,00	6,13	7,81	57,53	16,44	2,71	19,42	92,98	24,82	
3 X 3	75 X 75	3,00	6,60	8,41	71,62	19,10	2,92	22,49	115,14	28,81	16
		4,00	8,59	10,95	90,19	24,05	2,87	28,76	148,83	36,48	
		6,00	12,27	15,63	120,16	32,04	2,77	39,58	209,99	49,43	
3 1/2 X 3 1/2	90 X 90	2,00	5,45	6,94	88,86	19,75	3,58	22,78	138,32	29,66	9
		2,50	6,74	8,59	108,55	24,12	3,56	28,00	170,65	36,27	
		3,00	8,01	10,20	127,28	28,29	3,53	33,04	202,14	42,59	
4 X 4	100 X 100	2,00	6,07	7,74	123,01	24,60	3,99	28,30	190,75	36,94	9
		2,50	7,53	9,59	150,63	30,13	3,96	34,86	235,64	45,27	
		3,00	8,96	11,41	177,05	35,41	3,94	41,21	279,48	53,27	
		4,00	11,73	14,95	226,35	45,27	3,89	53,30	364,04	68,31	
5 1/3 X 5 1/3	135 X 135	4,00	16,98	21,63	311,47	62,29	3,79	75,10	521,39	94,85	9
		6,00	23,58	30,03	419,72	81,18	5,32	100,25	917,81	113,90	
6 X 6	150 X 150	4,00	18,01	22,95	407,82	80,71	5,93	124,87	1.267,82	161,93	9
		6,00	26,40	33,63	544,91	107,79	5,84	179,88	1.843,64	230,58	

Fuente: COLMENA. Catálogo Perfil Estructural Tubular Negro y Galvanizado ASTM A500. [Sitio Web]. Bogotá. [Consulta 12 de enero de 2019]. Disponible en: <http://tuboscolmena.com/colmena/wpcontent/uploads/2018/03/perfilestructural.pdf>

ANEXO F
CATÁLOGO DE ELEVADORES DE CABLE CAMAC

CARACTERÍSTICAS	SPECIFICATIONS		POLIPASTO 325	POLIPASTO 500	POLIPASTO 325	POLIPASTO 500
Potencia elevación	Lifting power	Kg.	325	500		
Velocidad elevación	Lifting speed	m/min.	22	22		
Longitud del cable	Cable length	m.	30/60	30/60		
Diámetro del cable	Cable diameter	mm.	5	6		
Carga de rotura del cable	Cable rupture load	Kg.	1.980	2.686	325 Kg.	500 Kg.
Potencia motor	Motor power rating	C.V./HP.	2,2	3,5		
Tensión motor	Motor voltage	V.	220	380 T.		
Tensión maniobra	Handling voltage	V.	48	48		
Peso	Weight	Kg.	63	65		
Medidas: Ancho	Dimensions: Width	mm.	450	450		
Largo	Length	mm.	470	470		
Alto	Height	mm.	480	480		
Volumen	Volume	m ³ .	0,10	0,10	2,2 C.V./HP.	3,5 C.V./HP.

Fuente: CUNILLERA CARLES. <ccunillera@camacsa.com>. “Catálogo de Elevadores por cable”. [Correo Electrónico]. 20 de marzo de 2019. Enviado a usuarios de la universidad

ANEXO G
 CATÁLOGO DE GENERADOR DE TRANSDUCTORES EMPRESA SHENZHEN
 OUR ULTRASONIC CO.

Working volt: 220V 10%

Working current:

Attention: the appliance can not stay above maximal current long time.

rating power	300W	600W	900W	1200 W	1500 W	1800 W	2400W- 2500W	3000W
maximal current	1A	2.5A	3.5A	4.5A	5.5A	6.5A	8.5A	10A

Environment temperature: 0-40C°

Relative humidity: 40%--90%

Working frequency: 28KHz (40KHz,80 KHz,135KHz, etc) 5%

Time control: 0—59 minutes 59 seconds

Range of power control: 0-100% digital control and adjustment of 16 grades

Internal overtemperature protection: 65 C°

Outer size: L x W x H = 300 x 360 x 150

Fuente: ABBY ZHU. <abby@ultrasonic-technology.com > “Generadores Ultrasónico s de Limpieza”. [Correo Electrónico]. 29 de mayo de 2019. Enviado a usuarios de la universidad

ANEXO H

CATÁLOGO DE RESISTENCIA ELÉCTRICAS EMPRESA BROTOTERMIC

GAMA EUROPA

Modelos según catálogo: 733

GRUPO 1 - Resistencias para inmersión, accesorios y calentadores de bidón

1.5 - Con tapón de acoplamiento Gama Europa



Características generales

- Elementos tubulares en Cobre niquelado, acero inox AISI 316L, acero inox AISI 321 o acero.
- Cabezales roscados de latón estampado o acero inox AISI 304.
- Todos los modelos se suministran con vaina para termostato del mismo material que el tubo, a excepción de los modelos CR212CIA.
- Caja de conexiones de aluminio, orientable, con protección IP-66 según norma EN-60529. Se suministra con todos los accesorios de conexión, enclavamiento y conexión del termostato.

(*) **Nota:** Para solicitar elementos con tapón rosca métrica sustituir en el código correspondiente:
 112 por 45
 212 por 77

Ejemplo: "Tapón latón rosca M45 con 3 resistencias forma "U" Ø8 mm en cobre niquelado, 2000 W"
 Código: **CR45CN0020**

Atención: Caja de conexiones de aluminio y termostato de bulbo se piden por separado. Ver pág. n° 7

Nota 2: Si lo desea, podrá encontrar bridas soldables, tuercas y adaptadores para estas resistencias en la página n° 9 del catálogo

**TAPÓN DE LATÓN ROSCA 2"1/2 GAS ó ROSCA M77x2
 CON 3 RESISTENCIAS FORMA "U" DE Ø16 mm EN COBRE NIQUELADO Y VAINA PARA TERMOSTATO**

Código (*)	L en mm	Wattios	W/cm ²	Peso en Kg	Clase térmica constructiva Electricifcor	Gama caja de conexiones		Gama termostato
						SIN termostato	CON termostato	
CR212CN0040	230	4000	8,7	1,8	T-175-E	Gama G1	Gama G1	EG
CR212CN 0060	310	6000	8,6	2,1	T-175-E	Gama G1	Gama G1	EG
CR212CN 0080	390	8000	8,6	2,6	T-175-E	Gama G1	Gama G1	EG
CR212CN 0100	470	10000	8,7	3,0	T-175-E	Gama G1	Gama G1	EG
CR212CN 0150	700	15000	8,1	4,2	T-175-E	Gama G2	Gama G3	CA - CT
CR212CN 0200	900	20000	8,2	5,2	T-175-E	Gama G2	Gama G3	CA - CT
CR212CN 0240	1070	24000	8,1	6,0	T-175-E	Gama G2	Gama G3	CA - CT
CR212CN 0350	1500	35000	8,5	8,7	T-175-E	Gama G2	Gama G3	CA - CT



Tipo	Intensidad admisible a 250 V. (Ciclos)	Influencia de la intensidad en disparo	Contacto	Rearme	Fastons	Temperaturas de actuación al calentar, en °C. En stock (1)	Temp. amb, max °C	Tolerancia de disparo °C	Ref. Cod-familia	
	KLIXON GRANDE 206	25 A. (100.000)	NULA	NC	AUTOM.	Plano	92	175	± 5	511
						90°	BAJO PEDIDO	175	± 5	512
				NA	AUTOM.	Plano	BAJO PEDIDO	175	± 5	514
				NC	MANUAL	Plano	BAJO PEDIDO	175	± 5	515

Fuente: BROTOTERMIC. Resistencias Eléctricas Calefactoras. [Sitio Web]. España. [Consulta 10 de enero de 2019]. Bogotá. [Consulta 30 de marzo de 2019]
 Disponible: <http://www.brototermic.com/docs/catalogo-resistencias-calefactoras.pdf>

ANEXO I CATÁLOGO DE TUBERÍAS DE PVC LA EMPRESA PAVCO



NTC-1062

Los diámetros nominales se refieren a tamaños "COBRE" siendo las roscas NPT

La Tubería para agua caliente no debe roscarse

RDE 11 PVC Presión de Trabajo a 82°C: 100 PSI

Diám. Nominal		Referencia	Peso g/m	Diámetro Ext.Prom.	Espesor de Pared Min.	Diámetro Interior	Longitud Tubo
mm	polig.			mm	mm	mm	ml.
15	1/2	2900206	129	15.90	1.73	12.44	3
20	3/4	2900208	218	22.23	2.03	18.17	3
25	1	2900205	320	28.60	2.59	23.42	3
32	1.1/4	2903760	600	34.90	3.18	28.54	6
40	1.1/2	2903761	890	41.30	3.76	33.78	6
50	2	2903762	1180	54.00	4.90	44.20	6

Accesorios Presión Ultratemp CPVC Plus PAVCO



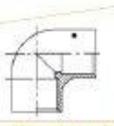
Codos 45°

Diámetro Nominal pulg	Referencia
1/2	2901077
3/4	2901086
1	2903212
Nuevo 1.1/4	2903751
Nuevo 1.1/2	2903752
Nuevo 2	2903753



Bujes Soldados

Diámetro Nominal pulg	Referencia
3/4 x 1/2	2900845
1 x 1/2	2903103
1 x 3/4	2903163
Nuevo 1.1/4 x 1/2	2903735
Nuevo 1.1/4 x 3/4	2903736
Nuevo 1.1/4 x 1	2903741
Nuevo 1.1/2 x 1/2	2903742
Nuevo 1.1/2 x 3/4	2903743
Nuevo 1.1/2 x 1	2903744
Nuevo 1.1/2 x 1.1/4	2903745
Nuevo 2 x 1/2	2903746
Nuevo 2 x 3/4	2903747
Nuevo 2 x 1	2903748
Nuevo 2 x 1.1/4	2903749
Nuevo 2 x 1.1/2	2903750



Codos 90°

Diámetro Nominal pulg	Referencia
1/2	2901120
3/4	2901143
1	2903213
Nuevo 1.1/4	2903754
Nuevo 1.1/2	2903755
Nuevo 2	2903756



Tees

Diámetro Nominal pulg	Referencia
1/2	2901496

Fuente: PAVCO. Manual Técnico de tubo sistemas a Presión de PVC. . [En Línea]
 Disponible: <https://pavco.com.co/download/10>.

ANEXO J CATÁLOGO DE BOMBAS CENTRIFUGAS DE LA EMPRESA HASA

MATERIALES / MATERIALS / MATÉRIAUX

Cuerpo bomba - Pump body - Corps de pompe	Acero inoxidable 'AISI 316 L' - 'AISI 316 L' Stainless steel - Acier inoxydable 'AISI 316 L'
Turbina - Impeller - Turbine	Acero inoxidable 'AISI 316 L' - 'AISI 316 L' Stainless steel - Acier inoxydable 'AISI 316 L'
Eje - Shaft - Arbre	Acero inoxidable 'AISI 316 L' - 'AISI 316 L' Stainless steel - Acier inoxydable 'AISI 316 L'
Cierre mecánico - Mechanical seal - Fermeture mécanique	Según líquido circulante - According to circulating liquid - Selon liquide à pomper
Tapones - Plugs - Bouchons	Acero inoxidable 'AISI 316 L' - 'AISI 316 L' Stainless steel - Acier inoxydable 'AISI 316 L'
Juntas - O-rings - Joints	Según líquido circulante - According to circulating liquid - Selon liquide à pomper

CURVA / CURVE / COURBE

Modelo Model Modèle	P2		Ø		Qmax (m ³ /h)	Hmax (m)
	kW	CV	Asp	Imp		
ECO-MAT 1/7,5	0,65	0,75	1½" - 2"	1¼" - 1½"	22	18
ECO-MAT 1/10	0,75	1	1½" - 2"	1¼" - 1½"	25	22
ECO-MAT 1/15	1,1	1,5	1½" - 2"	1¼" - 1½"	27	22
ECO-MAT 1/20	1,5	2	1½" - 2"	1¼" - 1½"	28	22
ECO-MAT 1/30	2,2	3	2"	1½"	32	22
ECO-MAT 2/20	1,5	2	1½" - 2" - 2½"	1½" - 2"	23	32
ECO-MAT 2/30	2,2	3	1½" - 2" - 2½"	1½" - 2"	42	44
ECO-MAT 2/40	3	4	1½" - 2" - 2½"	1½" - 2"	44	44
ECO-MAT 2/55	4	5,5	1½" - 2" - 2½"	1½" - 2"	47	46
ECO-MAT 2/75	5,5	7,5	2" - 2½"	1½" - 2"	47	44



Fuente: HASA. Catálogo de Bombas Centrifugas. [Sitio Web]. España. [Consulta 5 de mayo de 2019]. Disponible: www.bombahasa.com/imag/cat-tarifa/catalogo.pdf.

ANEXO K CATÁLOGO DE CONSUMIBLES PARA SOLDAR WEST ARCO

ELECTRODOS REVESTIDOS PARA SOLDAR ACEROS INOXIDABLES (AWS A5.4)	Clasificación AWS	Nombre WEST ARCO	Características y Aplicaciones	Resistencia a la Tracción	Límite de Fluencia	Alargamiento (%)	Resistencia al Impacto Charpy con entalla en V	Posición para soldar	Tipo de Corriente	AMPERIOS			
							T en °C			50-80	70-115	90-180	130-210
E308L-15	CROMARCO 308L - 15		El CROMARCO 308L-15 se usa para soldar aceros de las clases AISI 304 y 304L, en todas las posiciones, en especial en vertical descendente.	75.000 90.000		40 al 60		TODAS	d/cap	70 - 100	100 - 125	130 - 180	
E308L-16	CROMARCO 308L - 16		El CROMARCO 308L-16 se usa para soldar aceros de las clases AISI 304 y 304L. Puede emplearse también para la soldadura de aceros AISI 204, 301, 302, 308 y 308L.	75.000 90.000		40 al 60		TODAS, excepto programación descendente	ac o d/cap	40 - 70	70 - 100	100 - 125	130 - 180
E309-16	CROMARCO 309 - 16		Está diseñado para soldaduras de aleaciones tipo 309, se usa en la unión de aceros al carbono con inoxidable. Tiene propiedades de resistencia a la corrosión a temperatura ambiente. Resiste la oxidación severa a alta temperatura. Es muy usado para unir aleaciones al 12% de cromo con aceros al carbono. Otra aplicación es la soldadura de Clad Steel, tipo AISI 304.	80.000 96.000		30 al 45		TODAS, excepto programación descendente	ac o d/cap	40 - 70	70 - 100	100 - 125	130 - 180
E312-16	CROMARCO 312 - 16		El Cromarco 312-16 se utiliza para la unión de aceros inoxidables con aceros al carbono y otros tipos de uniones disímiles. Se usa también como colchón para recubrimientos duros. En reconstrucción de dientes de engranajes, piñones, ejes, etc.	105.000 120.000		22 al 30		TODAS, excepto programación descendente	ac o d/cap	40 - 70	70 - 100	100 - 125	130 - 180
E316L-16	CROMARCO 316L - 16		Para soldar aceros inoxidables AISI 316 y 316L. La resistencia al "Pitting" hace esta aleación útil en la industria textil, de papel e industrias químicas.	70.000 90.000		30 al 50		TODAS, excepto programación descendente	ac o d/cap	40 - 70	70 - 100	100 - 125	
E347-16	CROMARCO 347-16		Para soldar aceros inoxidables AISI 347 y 321. Pueden utilizarse también en las mismas aplicaciones del Cromarco 308L-15.	75.000 90.000		30 al 45		TODAS, excepto programación descendente	ac o d/cap	45 - 70	70 - 100	100 - 125	
E308L-16	CROMARCO 308L-16 PREMIUM		El Cromarco 308L-16 se usa para soldar aceros de clase AISI 304 y 304L. Puede emplearse también para la soldadura de aceros AISI 204, 301, 302, 308 y 308L.	75.000 90.000		25 al 40		TODAS, excepto programación descendente	ac o d/cap	40 - 80	70 - 110	100 - 145	130 - 180
E309L-16	CROMARCO 309L-16 PREMIUM		Está diseñado para soldaduras de aleaciones tipo AISI 309L y 309. Se usa en la unión de aceros al carbono con inoxidable. Tiene propiedades de resistencia a la corrosión a temperatura ambiente. Resiste la oxidación severa a alta temperatura. Es muy usado para uniones disímiles entre los aceros inoxidables y aceros al carbono o de baja aleación. Otra aplicación es la unión de soldadura Clad Steel, Tipo AISI 304L y 304.	75.000 88.000		30 al 48		TODAS, excepto programación descendente	ac o d/cap	40 - 80	70 - 110	100 - 145	130 - 180
E312-16	CROMARCO 312-16 PREMIUM		El Cromarco 312-16 se utiliza para la unión de aceros inoxidables con aceros al carbono y otros tipos de uniones disímiles. Se usa también como colchón para recubrimientos duros. En reconstrucción de dientes de engranajes, piñones, ejes, etc.	105.000 120.000		22 al 30		TODAS, excepto programación descendente	ac o d/cap	40 - 80	70 - 110	100 - 145	130 - 180
E316L-16	CROMARCO 316L-16 PREMIUM		Para soldar aceros inoxidables AISI 316 y 316L. La resistencia al "Pitting" hace esta aleación útil en la industria textil, de papel e industrias químicas.	70.000 90.000		30 al 50		TODAS, excepto programación descendente	ac o d/cap	40 - 80	70 - 110	100 - 145	130 - 180
E308L-16	WEST INOX 308L - 16		El WEST INOX 308L se usa para soldar tanques, tuberías y reactores de acero inoxidable tipo AISI 304 y 304L. Puede emplearse también para la soldadura de aceros AISI 204, 301, 302, 308 y 308L.	75.000 88.000		30 al 50		TODAS, excepto programación descendente	ac o d/cap	40 - 80	70 - 110	100 - 145	130 - 180
E309L-16	WEST INOX 309L - 16		Está diseñado para la unión de aceros tipo AISI 309 y 309L. Se usa también para uniones disímiles entre aceros al carbono y aceros inoxidables. Tiene propiedades de resistencia a la corrosión a temperatura ambiente. Resiste la oxidación severa a alta temperatura. Se emplea también para la unión de Clad Steel tipo AISI 304L y 304, lo mismo que para recubrimiento de aceros al carbono.	75.000 88.000		30 al 45		TODAS, excepto programación descendente	ac o d/cap	40 - 80	70 - 110	100 - 145	130 - 180

ELECTRODOS REVESTIDOS PARA SOLDAR ACEROS AL CARBONO (AWS A5.1)	Clasificación AWS	Nombre WEST ARCO	Características y Aplicaciones	Resistencia a la Tracción	Límite de Fluencia	Alargamiento (%)	Resistencia al Impacto Charpy con entalla en V	Posición para soldar	Tipo de Corriente	AMPERIOS			
							T en °C			50-80	70-115	90-180	130-210
E6010	XL 610		Es un electrodo de alta penetración y rápida solidificación. Para soldar aceros de bajo carbono, lámina ordinaria y galvanizada, calderas, estructuras, tuberías de presión y acero fundido.	62.000 72.000	52.000 62.000	22 al 32	-29 27 a 100	TODAS	d/cap	50-80	70-115	90-180	130-210
E6010	ZIP 101		especialmente diseñado para oleoductos, gasoductos, construcciones navales, estructuras de acero y recipientes a presión.	62.000 72.000	52.000 62.000	22 al 32	-29 27 a 100	TODAS	d/cap	50-80	70-120	90-155	120-180
E6011	ACP 611SS		Se emplea para soldar todo tipo de aceros de bajo carbono en tuberías, estructuras, construcciones navales, recipientes a presión, etc. Especialmente peses de penetración.	63.000 74.000	53.000 60.000	27 al 35	-29 27 a 100	TODAS	ac o d/cap	50-80	70-115	90-180	130-210
E6013	SUPER SW 613		Construcciones de hierro en general, carpinterías metálicas con lámina delgada, fabricación de puertas, ventanas, rejas, ductos, ensamblaje de carrocerías y ornamentación en general.	60.000 74.000	48.000 62.000	22 al 28	20 40 a 110	TODAS	ac, d/cap o d/cap	60-100	90-130	120-160	

Fuente: WEST ARCO. Consumibles Comunes para Soldar. [Sitio Web]. Bogotá. [Consulta 10 de enero de 2019]. Disponible: <https://www.westarco.com/westarco/sp/support/.../catalogo-resumido-westarco.pdf>

ANEXO L
CATÁLOGO DE FILTROS SANERGRID

DATASHEET - Technology PETRO PIPE®:
Rainwater Cartridges Range P-PIT
Rainwater filters against hydrocarbons

USE

- All industrial equipment or storage unit-containing hydrocarbon must be equipped with a retention tank.
- Those tanks if installed in outdoor conditions must be drained of water regularly, and can release oil in the rainwater.
- The PETRO PIPE® P-PIT is a cartridge specially designed to be placed in all kind of tanks.
- It allows rainwater to go out while retaining all hydrocarbons traces, forbidding any ground contamination.
- Rainwater outflow : approx. 3 L/min regarding the model



CONCEPTION

- Conception in PVC: resistance and durability guarantee.
- Filled with special oleophilic and hydrophobic component: definitively captures hydrocarbons.
- In all cases teste, hydrocarbons concentration rate in rainwater outflow has been lower than 5 ppm.
- During a major oil spill, the active media components react sealing as a cap and forbidding any fluid to pour in the environment.
- Self-locking system, working without mechanical or electrical connection.
- Pre-filter ref. PFC 44, compulsory to limit collapsing risks of the cartridge P-PIT due to dusts and impurities contained in the rainwater. Pre filter must be clean regularly for an optimal cartridge function.



Designation	Reference	Advised use	Length	Diameter	Weight
Petro PIPE® PIT 410	P-PIT-410	Temporary and flexibles tanks	25 cm	10 cm	0,8 kg
Pre-filter for P-PIT	PFC 44	Continue	15 cm	13 cm	0,4 kg
Petro PIPE® - PIT 416	P-PIT-416	Continue	40 cm	10 cm	1,2 kg

Fuente: COMERCIAL SANERGRID. commercial@sanergrid.com. “Filtros de para Hidrocarburos”. [Correo Electrónico]