



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

**Elaboración de un modelo físico a escala de laboratorio y su
guía metodológica para el ensayo de separación de grasas y
aceites, de la materia de Hidrosanitaria de la Universidad del
Azuay**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES

Autoras:

JOHANNA PAOLA DOMÍNGUEZ FERNÁNDEZ

CAROLINA ROSANNA LEÓN ZÚÑIGA

Director:

JOSUÉ BERNARDO LARRIVA VÁSQUEZ

Cuenca – Ecuador

2019

DEDICATORIA

A mis padres Johnny Domínguez y Janeth Fernández, por ser mis cimientos consolidando unas bases sólidas en valores, sabiduría y principios, forjando a la persona que soy en la actualidad. Muchos de mis logros se los debo a ellos incluyendo este, ya que fueron los Artífices para culminar esta meta final.

Johanna Paola Domínguez Fernández

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico principalmente a mis padres Francisco Ricardo León Beltrán y María Otilia Zúñiga Molina, quienes en las circunstancias más difíciles supieron darme su apoyo incondicional. Son ellos quienes en todos estos años de estudio han estado a mi lado dándome sus consejos que sin lugar a duda los llevo en mi mente hasta estos momentos.

Carolina Rosanna León Zúñiga

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien es el conductor de mi vida, brindándome fe y la fortaleza necesaria para culminar mi carrera profesional, iluminando cada paso de mi vida para poder cumplir con lo que sea su voluntad.

A mi FAMILIA, por ser la fuerza y energía que me acompañe siempre a alcanzar las metas propuestas, por ser mi gran equipo y enseñarme que juntos somos más, que trabajar juntos es triunfar.

A la Universidad, por abrirme sus puertas a todo un universo de oportunidades.

A mis profesores, por impartirme sus conocimientos, experiencias y sugerencias, ser los partícipes en el transcurso de mi vida estudiantil siendo la preparación como futura profesional.

Agradezco de manera especial al Ing. Josué Larriva director de tesis, por permitirme ser parte de este proyecto, por su apoyo y confianza en nuestro trabajo, por ser una guía invaluable en nuestras ideas y desarrollo.

Johanna Paola Domínguez Fernández

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis hermanos y hermanas por estar conmigo y darme su motivación a lo largo de estos años, además de acompañarme en los momentos más difíciles.

A mis amigos y amigas con quienes compartí los mejores momentos de la universidad y que sin ellos todos estos años de estudio no hubieran sido igual.

Agradezco a mi amigo Daniel Galarza quien se dio el tiempo de colaborar en la parte electromecánica de esta tesis.

Carolina Rosanna León Zúñiga

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXO	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
ANTECEDENTES.....	1
Introducción.....	1
Problemática	2
Justificación.....	2
Objetivo general	3
Objetivos específicos.....	3
Alcances y resultados esperados	3
CAPÍTULO 1.....	4
1. MARCO TEÓRICO	4
1.1. Grasas y aceites	4
1.1.1. Definición grasas y aceites	4
1.1.2. Efectos de las grasas y aceites	5
1.2. Trampas de grasa.....	5
1.2.1. Separación de grasas y aceites.	6
1.3. Teoría básica de separación.....	7
1.4. Tipos de tratamientos	8
1.4.1. Tratamientos físicos.....	8
1.4.1.1. Flotación	8
1.4.1.1.1. Flotación a vacío.....	9
1.4.1.1.2. Flotación por aire disuelto (FAD).....	9

1.4.1.1.3. Flotación por aire inducido (FAI).....	11
---	----

CAPÍTULO 2.....13

2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MODELO FÍSICO A ESCALA DE LABORATORIO13

2.1. Elección del método	13
2.2. Diseño del separador de grasas y aceites.....	13
2.2.1. Factores que afectan en el diseño	14
2.2.2. Pre dimensionamiento	14
2.2.3. Pruebas Previas.....	14
2.2.4. Cálculos	17
2.2.4.1. Cálculo de la presión de operación.....	17
2.3. Construcción del modelo físico a escala de laboratorio	18
2.3.1. Sistema hidráulico	19
2.3.1.1. Materiales	19
2.3.1.2. Construcción	23
2.3.2. Sistema de administración del aire	33
2.3.2.1. Materiales	33
2.3.2.2. Equipos	39
2.3.2.3. Construcción	40
2.3.3. Parte mecánica	43
2.3.3.1. Materiales	45
2.3.3.2. Construcción	48
2.3.4. Parte eléctrica.....	51
2.3.4.1. Materiales	51
2.3.4.2. Construcción	54
2.4. Funcionamiento y operatividad.....	57
2.4.1. Prueba hidráulica	57
2.4.2. Prueba de aireación.....	57
2.4.3. Prueba electromecánica	58
2.4.4. Prueba de funcionamiento general de todo el prototipo	59
2.5. Modelo final	60

CAPITULO 3.....	62
3. GUÍA METODOLÓGICA PARA TRAMPA DE GRASAS	62
3.1. Ensayo de flotación de grasa animal por aire inducido	62
3.1.1. Objetivo	62
3.1.2. Alcance	62
3.1.3. Definición	62
3.1.4. Instrumentos	62
3.1.5. Metodología.....	62
3.1.6 Resultado	67
3.2. Ensayo de separación de aceite vegetal por aire inducido	67
3.2.1 Objetivo	67
3.2.2 Alcance	67
3.2.3 Definición	67
3.2.4 Instrumentos	67
3.2.5 Metodología.....	68
3.2.6 Resultado	72
3.3. Elaboración de la guía metodológica para la realización del ensayo en laboratorio en el modelo físico.....	73
3.3.1 Objetivo	73
3.3.2 Descripción	73
3.3.3 Pasos para el desarrollo de la práctica de trampa de grasas.....	73
CONCLUSIONES.....	86
RECOMENDACIONES.....	87
BIBLIOGRAFÍA.....	88
ANEXOS	91
Anexo 1	91
Ficha técnica difusor de burbuja fina diámetro 9” proporcionado por aquagroup ...	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Obstrucción de una tubería por efecto de grasas y aceites.....	5
Figura 1-2 FAD Cámara rectangular.....	10
Figura 1-3 FAD Cámara circular.....	10
Figura 1-4 Floculación por aire inducido (FAI).....	12
Figura 2-1 Conexión difusor con tuberías pvc.....	15
Figura 2-2 Funcionamiento de difusor con compresor de 2Hp.....	16
Figura 2-3 Ensayo con aceite.....	16
Figura 2-4 Estructura de hierro.....	20
Figura 2-5 Tubos PVC de 1".....	20
Figura 2-6 Codo PVC de 90°, 1".....	20
Figura 2-7 Codo PVC de 45°, 1".....	21
Figura 2-8 Codo de polipropileno de 90°, 1".....	21
Figura 2-9 Tee PVC 1".....	21
Figura 2-10 Válvula esfera PVC de 1".....	22
Figura 2-11 Adaptador hembra PVC 1".....	22
Figura 2-12 Niple perdido de polipropileno 1".....	22
Figura 2-13 Adaptador macho PVC de 1".....	23
Figura 2-14 Vista lateral de estructura.....	24
Figura 2-15 Vista 3D de la estructura.....	24
Figura 2-16 Vista lateral del tanque de Aireación-Flotación con sus respectivas medidas.....	25
Figura 2-17 Perforación de 1" de diámetro en cara lateral del tanque.....	26
Figura 2-18 Perforaciones en la base del tanque con tuberías y acoples instalados.....	26
Figura 2-19 Base del tanque de aireación-flotación con las distancias a las que se ubica cada perforación.....	27
Figura 2-20 Vista 3D del tanque de aireación- flotación.....	27
Figura 2-21 Tanque de flotación-aireación.....	28
Figura 2-22 Vista lateral del tanque con sus respectivas medidas.....	28
Figura 2-23 Vista de la base del tanque con sus respectivas medidas y ubicación de perforaciones.....	29
Figura 2-24 Vista 3D del tanque.....	29
Figura 2-25 Conexiones de la tubería de PVC con sus respectivas medidas.....	30
Figura 2-26 Sistema de circulación del afluente.....	31
Figura 2-27 Vista frontal del sistema de circulación del afluente.....	32
Figura 2-28 Sistema de desfogue del efluente.....	33
Figura 2-29 Adaptador para tanque de 3/4".....	33
Figura 2-30 Adaptador para tanque de 1/2".....	34
Figura 2-31 Difusor de burbuja fina.....	34
Figura 2-32 Manguera de gas de 3/8".....	35
Figura 2-33 Niple con rosca hembra de 3/8".....	35
Figura 2-34 Reductor de bronce de 1/2"-3/8".....	35
Figura 2-35 Reductor de 3/4"-1/2".....	36
Figura 2-36 Válvula Check de 1/2".....	36
Figura 2-37 a) Niples espiga con rosca macho 1/2". b) Tee espiga para manguera de 3/8".....	37

Figura 2-38 Neplo perdido con rosca de 1/2".	37
Figura 2-39 Codo macho-hembra de 1/2".	37
Figura 2-40 Adaptador hembra de 1/2".	38
Figura 2-41 Pegamento para tubos.	38
Figura 2-42 Cinta de teflón.	39
Figura 2-43 Compresor de 2Hp.	39
Figura 2-44 Especificaciones técnicas del compresor.	40
Figura 2-45 Conexiones.	40
Figura 2-46 Manguera de gas perforada rodeando la parte interna del tanque.	41
Figura 2-47 Conexión entre Tee y manguera.	42
Figura 2-48 Conexión de válvula check con sistema de aireación.	42
Figura 2-49 Sistema de aireación.	43
Figura 2-50 Parte mecánica, prueba 1.	44
Figura 2-51 Parte mecánica, prueba 2.	44
Figura 2-52 Parte mecánica, prueba 3.	45
Figura 2-53 Piñón de 13 dientes.	45
Figura 2-54 Guías para piñones.	46
Figura 2-55 Soporte para varillas y ejes guía.	46
Figura 2-56 Ejes lineales.	46
Figura 2-57 Soporte para rodamiento lineal y cadena.	47
Figura 2-58 Rodamiento lineal.	47
Figura 2-59 Varilla roscada de 3/8".	47
Figura 2-60 Cadena.	48
Figura 2-61 Lámina rígida.	48
Figura 2-62 Soporte para varilla con su respectiva varilla y tuerca de seguridad.	49
Figura 2-63 Cadena encaminada en el piñón y sus respectivas guías.	49
Figura 2-64 Soporte para eje guía y cadena.	50
Figura 2-65 Sistema mecánico.	50
Figura 2-66 Servo motor.	51
Figura 2-67 Servo motor con caja reductora.	51
Figura 2-68 Fin de carrera.	52
Figura 2-69 Impresión 3D para fin de carrera.	52
Figura 2-70 Arduino nano.	52
Figura 2-71 Placa de 4 rele.	53
Figura 2-72 Botones.	53
Figura 2-73 Switch.	53
Figura 2-74 Fuentes de 5 voltios.	54
Figura 2-75 Impresiones 3D para servo motor.	54
Figura 2-76 Unión entre motor servo y piñón.	55
Figura 2-77 Pala fijada entre dos motores servo.	55
Figura 2-78 Ensamble de cables dentro de la caja principal de mandos.	56
Figura 2-79 Conexiones de las fuentes de poder y caja principal de mandos.	56
Figura 2-80 Difusor sometido a prueba de aireación.	57
Figura 2-81 Manguera perforada manualmente sometida a prueba de aireación.	58
Figura 2-82 Motor servo conectado directamente al Arduino nano.	59
Figura 2-83 Prueba de separación de grasas y aceites.	59
Figura 2-84 Recolección de grasas y aceites suspendidos.	60

Figura 2-85 Vista lateral y frontal del modelo físico.....	61
Figura 3-1 Abastecimiento de grasas al tanque.....	63
Figura 3-2 Válvula de esfera Abierta.....	63
Figura 3-3 Válvula de esfera cerrada	63
63	
Figura 3-4 Modelo físico.....	63
Figura 3-5 Medición altura del compuesto	64
Figura 3-6 Muestra del proceso inicial	64
Figura 3-7 Aireación	64
Figura 3-8 Suspensión de las grasas	65
Figura 3-9 Limpieza con la pala eléctrica	65
Figura 3-10 Muestra del proceso final	66
Figura 3-11 Comparación de las muestras	66
Figura 3-12 Remoción del depósito de recolección.....	66
Figura 3-13 Muestras	66
Figura 3-14 Abastecimiento de aceite al tanque	68
Figura 3-15 Válvula de esfera cerrada	68
Figura 3-16 Válvula de esfera abierta	68
Figura 3-17 Medición altura del compuesto	69
Figura 3-18 Muestra del proceso inicial	69
Figura 3-19 Aireación	70
Figura 3-20 Suspensión de las grasas	70
Figura 3-21 Limpieza con la pala eléctrica	70
Figura 3-22 Deposito de recolección	71
Figura 3-23 Muestra del proceso final	71
Figura 3-24 Comparación de las muestras	71
Figura 3-25 Remoción del depósito de recolección.....	72
Figura 3-26 Muestras	72
Figura 3-27 Inmovilización de la estructura metálica.....	73
Figura 3-28 Ruedas con seguros	74
Figura 3-29 Conexión eléctrica del cable de compresor.....	74
Figura 3-30 Conexión eléctrica de los cables del sistema eléctrico de limpieza	74
Figura 3-31 Abastecimiento de agua al tanque elevado	75
Figura 3-32 Vertido de grasas	75
Figura 3-33 Válvula de esfera cerrada	76
Figura 3-34 Válvula de esfera abierta	76
Figura 3-35 Medición del tanque de aireación.....	76
Figura 3-36 Muestra del proceso inicial	77
Figura 3-37 Compresor	77
Figura 3-38 Botón encendido y apagado del compresor.....	78
Figura 3-39 Manómetro izquierdo difusor de aire y manómetro derecho manguera de aire	78
Figura 3-40 Aireación	79
Figura 3-41 Botón encendido y apagado del compresor.....	79
Figura 3-42 Suspensión de las grasas y aceites.....	80
Figura 3-43 Interruptor encendido del sistema eléctrico.....	80
Figura 3-44 Pulsadores encendido y apagado de la pala eléctrica	81

Figura 3-45 Pulsador de encendido.....	81
Figura 3-46 Pala eléctrica	81
Figura 3-47 Limpieza con pala eléctrica.....	82
Figura 3-48 Deposito de recolección	82
Figura 3-49 Pulsador de apagado.....	83
Figura 3-50 Interruptor de apagado del sistema eléctrico.....	83
Figura 3-51 Muestra del proceso final	83
Figura 3-52 Muestras comparativas.....	84
Figura 3-53 Remoción del depósito de recolección.....	84
Figura 3-54 Válvula esfera cerrada.....	85
Figura 3-55 Válvula de esfera abierta	85
Figura 3-56 Limpieza manual del prototipo	85

ÍNDICE DE ANEXO

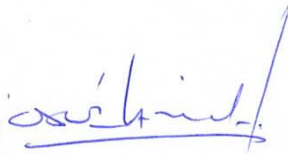
Anexo 1	91
Ficha técnica difusor de burbuja fina diámetro 9” proporcionado por aquagroup ...	91

ELABORACIÓN DE UN MODELO FÍSICO A ESCALA DE LABORATORIO Y SU GUÍA METODOLÓGICA PARA EL ENSAYO DE SEPARACIÓN DE GRASAS Y ACEITES DE LA MATERIA DE HIDROSANITARIA DE LA UNIVERSIDAD DEL

RESUMEN

Este proyecto tiene como punto central la implementación de un sistema a escala o maqueta que lleve a cabo el proceso de filtración o separación de grasas y aceites para mejorar la calidad de aprendizaje de los estudiantes y dotar de más herramientas al laboratorio de hidráulica e hidrosanitaria de la Universidad del Azuay, para esto se analizarán los diferentes tipos de procesos, con y sin la inclusión de aire, lo cual servirá para determinar la mejor condición de tratamiento según las características del residual a tratarse.

Palabras clave: Flotación, guía metodológica, separación, grasas, aceites.



Josué Bernardo Larriva Vásquez

Director de Tesis



José Fernando Vázquez Calero

Coordinador de Escuela



Johanna Paola Domínguez Fernández

Autor



Carolina Rosanna León Zúñiga

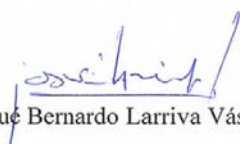
Autor

ELABORATION OF A PHYSICAL MODEL AT THE LABORATORY SCALE AND THIS METHODOLOGICAL GUIDE FOR THE GREASE AND OIL SEPARATION TEST

ABSTRACT

This project has as its central point the implementation of a scale or model system to carry out the process of filtration or separation of fats and oils to improve the quality of students' learning and to provide more tools to the hydraulics and hydro-sanitary laboratory of the University of Azuay. For this purpose, the different types of processes will be analyzed, with and without the inclusion of air, to determine the best treatment condition according to the characteristics of the residual waste to be treated.

Keywords: Flotation, methodological guide, separation, fats, oils.


Josué Bernardo Larriva Vásquez
Thesis Director


José Fernando Vázquez Calero
Faculty Coordinator


Johanna Paola Domínguez Fernández
Author


Carolina Rosanna León Zúñiga
Author


Dpto. Idiomas

Translated by

Paola Domínguez and Carolina León

Johanna Paola Domínguez Fernández

Carolina Rosanna León Zúñiga

Trabajo de titulación

Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez, PhD.

Noviembre, 2019

ELABORACIÓN DE UN MODELO FÍSICO A ESCALA DE LABORATORIO Y SU GUÍA METODOLÓGICA PARA EL ENSAYO DE SEPARACIÓN DE GRASAS Y ACEITES DE LA MATERIA DE HIDROSANITARIA DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY

ANTECEDENTES

Introducción

La implementación de trampas para grasas y aceites comienza a surgir a partir de la aparición de problemas en el alcantarillado o plantas de tratamiento de aguas residuales. En 2010, Gary Carrión observó que nadie tomaba precaución por la cantidad de grasas evacuadas en los restaurantes por lo que decidió diseñar un sistema que no dañe el río, el suelo y los mares. El diseño estaba hecho con polietileno y creado a partir de filtros, mismo que sirvió para separar las grasas y aceites del agua a través de su diferencia de pesos (Iglesias, Carreño, & Carrillo, 2015).

En la actualidad la fabricación de trampas para grasa son variadas tanto en los métodos como en los materiales de fabricación, estas características se basan en el tipo de agua residual a tratarse o el lugar donde serán implementadas (Iglesias, Carreño, & Carrillo, 2015).

Esta tesis está enfocada en el mejoramiento del proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura de hidrosanitaria a través de la implementación de instrumentos didácticos como maquetas o prototipos a escala de laboratorio que ejemplifiquen la forma de cómo se produce la separación de grasas y aceites en el agua residual.

Problemática

En el área de la ingeniería civil es necesario contar con prototipos o maquetas que ayuden a desarrollar el análisis y comprensión de los conceptos teóricos adquiridos en las aulas de clases, sabiendo que la mayoría de estos conceptos se basaron en una práctica de campo para obtener las teorías que rigen nuestro medio, sobre todo en el campo de la hidráulica e hidrosanitaria.

Saber el concepto del funcionamiento de un separador de grasas y el proceso que este conlleva es solo una parte del aprendizaje que podría ser complementado y mejorado en base a prácticas de laboratorio.

En la escuela de Ingeniería Civil se ve la necesidad de continuar con la implementación de maquetas o prototipos que ayuden a integrar los conceptos teóricos con los prácticos, sabiendo que dichos ensayos serán llevadas a cabo con un docente calificado cuya clase será interactiva con los estudiantes los cuales podrán formular nuevas incógnitas y ser resueltas por medio de los ensayos y explicadas más detalladamente por el docente a cargo.

Justificación

Dentro de la carrera de Ingeniería Civil resulta mucho más educativo y factible aprender a través de la práctica, por lo que se propone elaborar un modelo físico y una guía metodológica para el ensayo de separación de grasas y aceites, logrando de esta forma que los estudiantes puedan interactuar, aclarar y complementar los conocimientos adquiridos en clase aparte de obtener una visión real del fenómeno tratado, formando profesionales aptos para que se desarrollen de la mejor manera en su vida profesional.

La guía será un aporte fundamental para realizar los ensayos, presentando los distintos procesos a seguir con las especificaciones y expresiones matemáticas necesarias, además de ejemplos de cálculo de una manera clara y precisa.

Este prototipo a escala de laboratorio o maqueta, además de servir como recurso didáctico también funcionará como un equipo para desarrollar investigaciones.

Objetivo general

- Elaborar un prototipo a escala de laboratorio y la guía metodológica de la práctica de laboratorio para un separador de grasas y aceites, el mismo que será implementado en el laboratorio de hidráulica e hidrosanitaria de la Universidad del Azuay.

Objetivos específicos

- Elaborar un marco teórico de los separadores de grasas y aceites.
- Diseñar y construir un modelo físico a escala de laboratorio.
- Elaborar una guía metodología.

Alcances y resultados esperados

Este proyecto tendrá como resultado final un modelo físico a escala de laboratorio de un separador de grasas y aceites construido por las responsables de esta tesis, en el cual se realizarán varios ensayos que servirán para enseñar de manera práctica a los estudiantes el efecto de un separador de grasas. Finalmente, luego de haber verificado el funcionamiento de la maqueta se podrá elaborar la guía metodológica para el uso de estudiantes y docentes.

CAPÍTULO 1

1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se definirán los conceptos claves de las trampas de grasas y aceites para tener claro el compuesto a tratar y el mecanismo a aplicar. De la misma manera se dará a conocer los tipos de trampas comúnmente usadas en la actualidad describiéndolas y analizándolas.

1.1. Grasas y aceites

1.1.1. Definición grasas y aceites

Las grasas son compuestos orgánicos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno (C, H, O), además son combinaciones de ácidos grasos tanto saturados como no saturados. Dentro de los alimentos llega a ser una de las fuentes más concentradas de energía. Las grasas pertenecen a un grupo de sustancias denominadas lípidos, mismos que se pueden encontrar de manera líquida o sólida (Vidales, Leos, & Campos, 2010).

Estos lípidos se los reconoce por ser insolubles en agua, pero solubles en hexano, benceno, cloroformo y éter, por esto y otras propiedades pueden causar problemas en tanques sépticos, alcantarillados y en el mismo tratamiento de aguas residuales. Las densidades de estos en estado líquido varían entre 0.82-0.92 g/mL, mientras que en estado sólido son más altas, por lo que se encuentran entre los rangos de 1-1.057 g/mL (Aguilar, 2014; Sánchez, 2011).

Las clases de grasas y aceites que se encuentran con más frecuencia en los sistemas de alcantarillado son las de tipo vegetal y animal en mayor cantidad, además de los aceites lubricantes que se encuentran en menor cantidad. Estos flotan sobre el agua residual y en ocasiones llegan a formar emulsiones aceite-agua (Sánchez, 2011).

La materia de grasa total que se encuentra en las aguas residuales se divide en:

- Materia de grasa separable.
- Materia de grasa no separable (Sánchez, 2011).

1.1.2. Efectos de las grasas y aceites

Las grasas y aceites no separables provenientes mayormente de industrias, restaurantes, hoteles, talleres mecánicos y vulcanizadoras, es decir, de lugares donde existe una producción considerable de estas. Al ser estas menos densas que el agua se acumulan en la superficie generando una película que impide el intercambio aire-agua lo cual impide la producción de aire disuelto y no permite la salida de los gases, esto genera un problema al momento de tratar las aguas residuales en las plantas de tratamiento.

En las aguas residuales domésticas, la concentración de contenido graso puede llegar a ser de 30 a 50mg/L (Romero, 2004). Las aguas residuales que contienen grasas y aceites separables al llegar al alcantarillado tienden a adherirse en las líneas de desagüe y a solidificarse (Figura 1.1), lo cual provoca obstrucciones e ineficiencias en el funcionamiento del sistema (Jiménez, 2012).



Figura 1-1 Obstrucción de una tubería por efecto de grasas y aceites.

Fuente: (Sánchez, 2011)

1.2. Trampas de grasa

Las trampas para grasa son receptáculos generalmente rectangulares los cuales se encuentran ubicados entre las líneas de desagüe y alcantarillado, estas permiten separar, filtrar y recolectar las grasas y aceites de las aguas residuales (Iglesias, Carreño, & Carrillo, 2015).

Actualmente las trampas para grasas y aceites se las reconocen por contribuir al cuidado del agua ya que ayudan a evitar que grandes cantidades de lípidos viajen por las tuberías de desagüe y lleguen a formar parte de las aguas residuales provocando daños en los alcantarillados (Iglesias, Carreño, & Carrillo, 2015).

Además estas trampas ayudan a regular y cumplir con la cantidad de grasas y aceites que se puede descargar a la red de alcantarillado, según la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes este valor no puede exceder de 70mg/l (Ministerio del Ambiente, 2015).

1.2.1. Separación de grasas y aceites.

La separación de grasas y aceites se basa en la diferencia de pesos específicos que existe entre el agua y el aceite, las cuales para poder ser eliminadas del agua residual deben cumplir ciertas condiciones como:

- Encontrarse en fase líquida.
- Se encuentren en estado libre.
- Tengan una densidad menor que la del agua.
- El tamaño de la gota debe ser mayor a un valor que se determina en el diseño (Usualmente el punto de corte es 0.15mm) (Jiménez, 2012).

Algunas funciones del proceso de separación de grasas y aceites son:

- Eliminar la mayor parte de este contaminante de las aguas residuales.
- Evitar la potencial formación de atmósferas tóxicas puesto que se trata de un número representativo de hidrocarburos volátiles.
- Evitar la presencia de los mismos en los procesos biológicos ya que tienen un grado de toxicidad

1.3. Teoría básica de separación

El parámetro más importante de la separación es la velocidad ascensional de la gota de aceite dentro del agua, este efecto está determinado por la Ley de Stokes para número de Reynolds bajo (Monge, 2015).

Ecuación 1: Se utiliza cuando se conoce el diámetro de la gota de aceite y es diferente de 0.15mm (Cheremisinoff & Davletshin, 2015).

$$v = \frac{g * (\rho_w - \rho_0) * d^2}{18 * \mu} \quad (1)$$

- Donde:
 - o v: velocidad ascensional, cm/s.
 - o g: constante de gravedad, 981 cm/s².
 - o ρ_w : peso específico del agua, g/cm³.
 - o ρ_0 : peso específico del aceite a eliminar, g/cm³.
 - o d: diámetro de la partícula de aceite, cm.
 - o μ : viscosidad del agua, cP (Cheremisinoff & Davletshin, 2015).

Ecuación 2: Se utiliza cuando se tiene un tamaño de gota igual a 0.15mm (Cheremisinoff & Davletshin, 2015).

$$v = \frac{1.224 * (S_w - S_0)}{\mu} \quad (2)$$

- Donde:
 - o v: velocidad ascensional, cm/s.

- o S_w : peso específico del agua, g/cm^3 .
- o S_0 : peso específico del aceite a eliminar, g/cm^3 .
- o μ : viscosidad del agua, cP (Cheremisinoff & Davletshin, 2015).

1.4. Tipos de tratamientos

Para la separación y eliminación de grasas y aceites se utilizan varias técnicas, su aplicación dependerá de la calidad, características y condiciones del agua (Forero, Ortiz, & Duque, 2007).

1.4.1. Tratamientos físicos

1.4.1.1. Flotación

Proceso de separación para fluidos inmiscibles en donde los materiales que se encuentran suspendidos en un líquido se adhieren a burbujas de aire parcialmente (Sánchez, 2011).

Es una operación unitaria en el tratamiento de aguas residuales, utilizado para el desprendimiento de partículas de grasa o aceite suspendidas en el agua, al introducir microburbujas; las mismas que se adhieren a las partículas disueltas para ser sedimentadas (Aguilar, 2014).

La flotación consta de distintas etapas:

1. Formación y distribución de burbujas en el agua residual a ser tratada.
2. Choque entre las burbujas y las partículas suspendidas en el agua.
3. Sistema partícula/burbuja.
4. Remoción de otras partículas en el sistema.
5. Remoción del aglomerado en la superficie (Forero, Díaz, & Blandón, 1999).

Los sistemas que utilizan la flotación por gas, modifica dos variables de la Ley de Stokes: el diámetro de la partícula y la densidad de la misma (Forero, Díaz, & Blandón, 1999).

1.4.1.1.1. Flotación a vacío

El volumen de agua residual es aireado inicialmente a través de difusores de aire o agitadores mecánicos en un tiempo de 30 segundos; finalizado esto se continua con un periodo de desaireación natural a presión atmosférica en donde las burbujas que tienen diámetros grandes se eliminan para finalmente enviar el agua a un tanque de evacuación cerrado en el cual se aplica el vacío provocando flotación (Sánchez, 2011).

Es la saturación de aire del agua residual directo en el tanque, o la aspiración de una bomba. El aire disuelto se libera en microburbujas con las partículas disueltas a la superficie, formando una capa de espuma la cual es retirada mediante un mecanismo de rascado superficial (Petrovskava, 2007).

Ventaja

- Posee un alto nivel de purificación (Petrovskava, 2007).

Desventaja

- Necesita de una cámara de hermetización, lo cual hace que sea de un costo elevado. Puede presentar dificultades en el mecanismo al vacío (Petrovskava, 2007).

Uso

- Purificación de las aguas residuales, industriales y concentración de relaves finos, lamas (Petrovskava, 2007).

1.4.1.1.2. Flotación por aire disuelto (FAD)

Este proceso inicia al introducir aire en el agua residual en un tanque presurizado a varias atmósferas para después liberar el aire hasta el nivel atmosférico. Al disminuir la presión el gas disuelto se libera en forma de finas burbujas, lo cual facilita la flotación de materiales en suspensión y principalmente grasas y aceites; los componentes que suele tener son: bomba, compresor y tanque de disolución. Remueve sólidos suspendidos en un 30-60% y por otro lado un 50-80% de grasas y aceites (Aguilar, 2014).

La importancia de este tipo de tratamiento es por la unión partícula-aire, esto va a depender del diámetro de la partícula, como de la burbuja de aire (particularmente de 10-100 micrómetros), por lo tanto, la burbuja tiene que ser mayor o equivalente a la partícula de aire; de esta manera se incrementará la velocidad de ascensión a la superficie (Sánchez, 2011).

Existe dos tipos de Flotación por aire disuelto según su estructura: cámara rectangular (Figura 1.2) y cámara circular (Figura 1.3). (Aguilar, 2014).

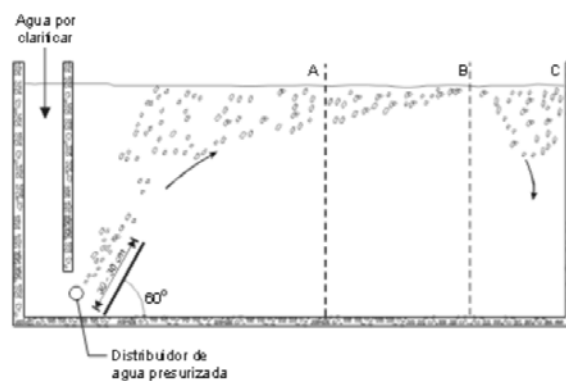


Figura 1-2 FAD Cámara rectangular

Fuente: (Aguilar, 2014)(Aguilar, 2014)(Aguilar, 2014)(Aguilar, 2014)

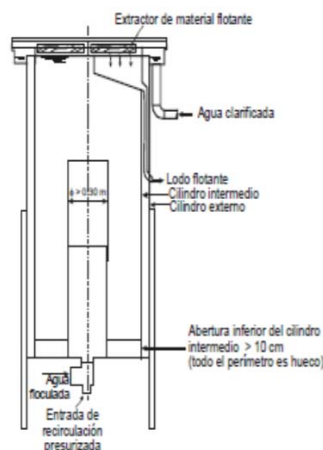


Figura 1-3 FAD Cámara circular.

Fuente: (Aguilar, 2014)

Ventajas

- Obtiene distintas variaciones de flujo y partículas con eficiente remoción.
- Se disminuye la presencia de olores, gracias al oxígeno disuelto en el efluente en periodos de retención cortos.
- Es muy eficiente por el tamaño de burbuja de aire formada para determinados efluentes (Alvarez Da Costa, 2009).

Desventajas

- Requiere de sustancias químicas, mantenimiento y mayor consumo de energía.
- Es más costoso.
- No es efectivo en la disminución de sólidos suspendidos como sedimentación por gravedad (Alvarez Da Costa, 2009).

1.4.1.1.3. Flotación por aire inducido (FAI)

Se lo utiliza comúnmente en el tratamiento de aguas residuales procedentes de la producción, sobre todo en aguas residuales de industrias de petróleo (Prakash, Majumder, & Singh, 2010). Este sistema utiliza equipos motorizados tales como aireadores donde succionan agua y a su vez aire del ambiente (Forero, Díaz, & Blandón, 1999).

El aire es inducido dentro de la fase acuosa mediante aireadores o turbinas (Figura 1.4), con los eyectores o desde la atmósfera se aspira el aire. Mediante la mezcla del aire del ambiente con el agua residual, permite el choque entre burbuja y partículas en el efluente líquido (Jiménez, 2012). Usualmente las burbujas tienen un diámetro que oscila entre 700-1500 micrómetros y trabaja en condiciones hidrodinámicas turbulentas (Rubio, Souza, & Smith, 2002).

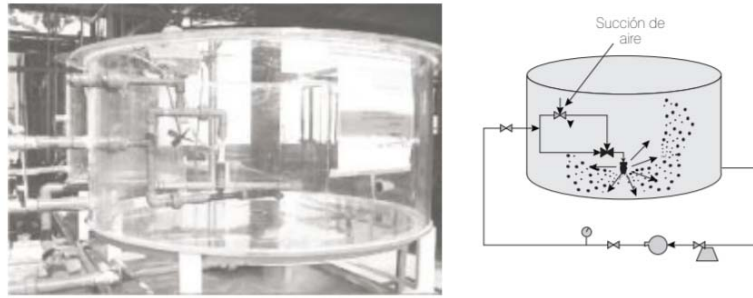


Figura 1-4 Floculación por aire inducido (FAI)

Fuente: (Forero, Díaz, & Blandón, 1999).

Ventajas

- Dota al líquido de una gran cantidad de burbujas de aire por lo que puede llegar a nivelar la temperatura del agua a la del ambiente de una manera más rápida.
- Es mucho más económico ya que se eliminan los costos de operación de bombas al vacío y presurizadoras, además de cámaras o tanques sometidos a presiones internas (Sánchez, 2011).
- También ayuda a remover sólidos suspendidos.
- Comparada con la flotación por vacío, este sistema permite controlar la saturación de la partícula con aire dentro de un margen (Petrovskava, 2007).
- Los tiempos de retención hidráulico son menores que en el sistema FAD.
- Este sistema, a diferencia del FAD, puede trabajar con cargas hidráulicas mucho más altas (mayor caudal de flujo para áreas de superficie equivalente) (Cheremisinoff & Davletshin, 2015).

Desventajas

- Necesita estrictamente de un equipo para administrar aire (Petrovskava, 2007).

Uso

- Es un sistema de purificación de aguas alcantarilla de petróleo, impurezas finas y concentración de los relaves finos (Petrovskava, 2007).

CAPÍTULO 2

2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MODELO FÍSICO A ESCALA DE LABORATORIO

En este capítulo se escogerá el tipo de trampa de grasas que se adapte a los requerimientos. Esto es importante ya que cada uno de los tipos de separadores, a pesar de tener una ley básica que rige la separación de aceite-agua, tienen diferentes parámetros y métodos de diseño.

Una vez realizado el pre-diseño se procederá a la construcción y prueba del prototipo a escala de laboratorio de trampas de grasas y aceites para verificar su funcionamiento.

2.1. Elección del método

Cada uno de los métodos posee sus ventajas y restricciones, por lo tanto, para elegir el método se tomó en cuenta el tipo de residuos grasos a separar o tratar en los ensayos con el prototipo a escala de laboratorio, por lo cual se escogió un modelo de flotación por aire inducido FAI. Este modelo además de ser un sistema más económico tanto en fabricación como en operación y mantenimiento que el resto, permite tratar efluentes con alto contenido de contaminantes grasos.

Por otro lado, se escogió este sistema puesto que, al inyectar aire dentro del agua residual con un porcentaje de grasas y aceites, se logra acelerar el proceso de flotación. Como se había expuesto en el capítulo uno, estos sistemas permiten que las burbujas de aire se adhieran a las partículas de grasa logrando así la suspensión de las mismas en un menor tiempo, incluso este método se utiliza principalmente para separar partículas en estado coloidal o pequeñas (Forero, Díaz, & Blandón, 1999).

2.2. Diseño del separador de grasas y aceites

El diseño consta de un tanque elevado y un tanque o cámara de flotación-aireación con un sistema electromecánico. La primera servirá para dotar gradualmente del efluente a la cámara de flotación- aireación, mientras que esta cámara, luego de ser llenada, inyectará

burbujas finas al medio acuoso donde el raspador retirará y acumulará las grasas suspendidas en la superficie en un compartimiento contiguo.

2.2.1. Factores que afectan en el diseño

- Presión de salida de la inyección del aire.
- Tamaño de las burbujas de aire.
- Concentración de carga contaminante (grasas y aceites).
- Tiempo de residencia. (5-30min) (Shammas, Wang, Selke, & Aulenbach, 2014).

2.2.2. Pre dimensionamiento

Tomando en cuenta los factores que afectan en el diseño y dimensionamiento del prototipo se impuso las siguientes medidas para realizar las pruebas previas, mismas que ayudarán a verificar el funcionamiento del prototipo.

- Largo (L): 40 cm
- Ancho (B): 30 cm
- Alto (H): 32 cm

2.2.3. Pruebas Previas

Estas pruebas previas fueron realizadas para verificar el funcionamiento de algunos equipos a utilizarse en el prototipo, además de asegurar las medidas del mismo.

- Se seleccionó un recipiente con las medidas impuestas anteriormente.
- Para comunicar el sistema de aireación con el difusor se armó un pequeño sistema de tuberías que sea manejable.



Figura 2-1 Conexión difusor con tuberías pvc.

Fuente: Elaboración Propia.

- En el recipiente se vertió agua y se comprobó el funcionamiento del equipo de aireación. Aquí primero se realizó ensayos con un blower de $\frac{3}{4}$ Hp, pero se comprobó que al aumentar la columna de agua sobre el difusor dejaba de salir burbujas ya que el blower no cuenta con una presión de salida que supere la presión a la cual estaba sometido el difusor debajo del agua, por lo tanto, se optó por realizar las pruebas con un compresor de 2 Hp, el cual llegó a funcionar perfectamente en los ensayos.



Figura 2-2 Funcionamiento de difusor con compresor de 2Hp.

Fuente: Elaboración propia.

- Ya que se comprobó que el difusor, si no tiene una alta presión de aire administrada por el compresor, este no cubre toda la superficie del tanque con burbujas se optó por implementar una manguera con perforaciones hechas manualmente que rodeé la parte interna del tanque.
- Finalmente se realizó un par de pruebas adicionales de agua mezclada con 1/8 parte de aceites de cocina para comprobar el funcionamiento del equipo y definir las medidas del tanque de aireación definitivo.



Figura 2-3 Ensayo con aceite.

Fuente: Elaboración Propia.

2.2.4. Cálculos

Una vez verificado el funcionamiento de los equipos y luego de haber observado su funcionamiento se optó por aumentar las medidas para el tanque de flotación a las siguientes:

- Largo (L): 60 cm
- Ancho (B): 50 cm
- Alto (H): 40cm

Puesto que el diseño depende en gran parte de la capacidad de aireación y área que abarcan las burbujas finas inyectadas al sistema se verificó con las pruebas previas que las medidas propuestas inicialmente estaban subdimensionadas, por lo tanto, observando el área que ocupaban las burbujas se decidió aumentar las medidas del tanque de aireación.

Además para procurar mantener una aireación adecuada el ancho máximo que debe tener el tanque de aireación es el doble de la profundidad (Romero, 2004), por lo cual cumple el ancho impuesto.

2.2.4.1. Cálculo de la presión de operación

El aire que será suministrado al sistema se lo hará a través de un proceso de compresión y dispersado por un difusor. Por lo tanto para que el aire pueda salir, la presión del aire comprimido debe ser mayor a la presión absoluta que ejerce el agua sobre el difusor, esta viene dada por la presión hidrostática del agua y presión atmosférica (Alviz & Cueto, 2012).

$$P_{H2O} = \rho * g * h = 1000 * 9.81 * 0.4 = 3924 Pa \quad (3)$$

Donde:

- ρ : Densidad del agua, kg/m³.
- g: Gravedad, m/s².

- h: Altura del agua, m.

Pasando de Pa a psi:

$$3924 \text{ Pa} * \frac{1 \text{ atm}}{101325 \text{ Pa}} * \frac{14.7 \text{ psi}}{1 \text{ atm}} = 0.57 \text{ psi} \quad (4)$$

Calculando la presión absoluta:

$$P_{absoluta} = P_{atm} + P_{H2O} = 14.7 + 0.57 = 15.27 \text{ psia} \quad (5)$$

La presión de operación va a depender de la pérdida de energía en la tubería de conducción, pérdida en los difusores y la profundidad a la que se encuentran los mismos bajo el agua, la cual es de 5-10 psi (Romero, 2004). Para este caso se asumió una pérdida total de 5 psi.

$$P_{operacion} = P_{absoluta} + Perdidas = 15.27 + 5 = 20.27 \text{ psia} \quad (6)$$

Por lo tanto, la presión mínima del aire de salida que debe tener el compresor es de 20.27 psi.

2.3. Construcción del modelo físico a escala de laboratorio

El modelo físico a escala de laboratorio consta de cuatro partes principales para su funcionamiento:

- Sistema hidráulico.
- Sistema de aireación.
- Sistema mecánico.
- Sistema eléctrico.

A continuación, se detallarán los materiales, equipos y construcción de cada uno de estos sistemas.

2.3.1. Sistema hidráulico

En esta parte se incluirán los elementos sobre los cuales se asentarán los tanques de administración de agua y de flotación, además de sus componentes para la circulación del afluente y efluente.

Estructura: Servirá para soportar los elementos que conforman la parte principal del sistema.

Tanques o cámaras de flotación y administración de agua: La primera cámara es un tanque elevado que permitirá administrar el afluente a la cámara de flotación para ser aireado y reducir el porcentaje de grasas y aceites en el agua.

Sistema de circulación del afluente y efluente: Servirá para el paso del afluente desde el tanque elevado hacia la cámara de flotación-aireación, esto en el caso del sistema de conexión, mientras que el sistema de desfogue servirá para drenar el efluente del tanque de flotación-aireación.

2.3.1.1. Materiales

Estructura y tanques de flotación.

- Vidrio de 6mm.
- 4 ángulos de aluminio.
- 2 ruedas con freno.
- 2 ruedas sin freno.
- Tubos de hierro rectangular (Figura 2.4).



Figura 2-4 Estructura de hierro.

Fuente: Elaboración propia.

Sistema de circulación del agua.

- Tubos PVC de 1" (Figura 2.5).



Figura 2-5 Tubos PVC de 1"

Fuente: (SODIMAC, 2019).

- 4 codos de 90° PVC a presión de 1" (Figura 2.6).



Figura 2-6 Codo PVC de 90°, 1".

Fuente: Elaboración propia.

- 1 codo de 45° PVC a presión de 1" (Figura 2.7).



Figura 2-7 Codo PVC de 45°, 1".

Fuente: Elaboración propia.

- 1 codo de 90° de polipropileno con rosca de 1" (Figura 2.8).



Figura 2-8 Codo de polipropileno de 90°, 1".

Fuente: Elaboración propia.

- 2 Tees PVC a presión de 1" (Figura 2.9).



Figura 2-9 Tee PVC 1".

Fuente: Elaboración propia.

- 2 válvulas esfera PVC de 1" (Figura 2.10).



Figura 2-10 Válvula esfera PVC de 1".

Fuente: Elaboración propia.

- 1 adaptador hembra PVC a presión de 1" (Figura 2.11).



Figura 2-11 Adaptador hembra PVC 1".

Fuente: Elaboración propia.

- 1 neplo perdido de polipropileno con rosca de 1" (Figura 2.12).



Figura 2-12 Neplo perdido de polipropileno 1".

Fuente: (Disensa, Neplo R/R PP 1 1/2 con Tuerca - Plastigama, 2018).

- 1 adaptador macho PVC con rosca de 1" (Figura 2.13).



Figura 2-13 Adaptador macho PVC de 1".

Fuente: (Vidri, 2019).

2.3.1.2. Construcción

Estructura.

Para la construcción de la estructura se contó con la colaboración de Vidrio y Aluminio en donde conformaron la estructura con tubos de hierro rectangular soldados entre ellos para que soporte el peso de los tanques con agua. Además, se instalaron cuatro ruedas en cada esquina para facilitar la movilización de la estructura cuando sea necesario. La estructura tiene las siguientes medidas (Figura 2.14):

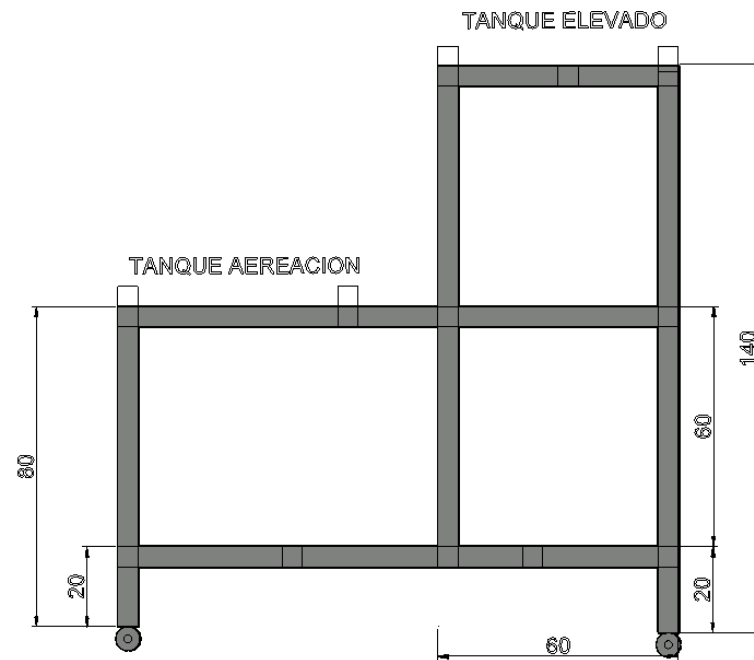


Figura 2-14 Vista lateral de estructura.

Fuente: Elaboración propia.

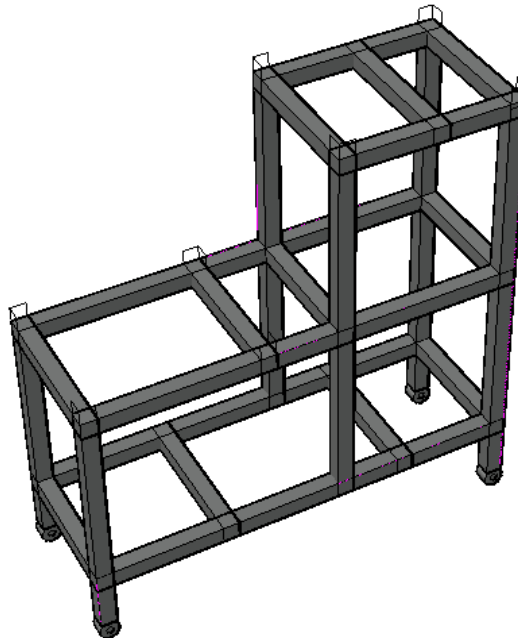


Figura 2-15 Vista 3D de la estructura.

Fuente: Elaboración propia.

Tanques de vidrio.

Mientras tanto, para la construcción de los tanques de agua se contó con la ayuda de Vitro Roca mismos que recortaron las planchas de vidrio de 6mm en las medidas especificadas en el punto 2.2.4. teniendo lo siguiente:

- **Tanque de flotación:** 2 caras de 50cm x 50cm, 1 cara de 60cm x 50cm, 1 cara de 50cm x 40cm y 1 cara de 60cm x 50cm (Figura 2.16 y Figura 2.19)

Adyacente al tanque principal se colocó un cajón para recolectar las grasas y aceites, mismo que consta de las siguientes medidas para cada pieza o cara: 2 caras de 20cm x 10cm, 1 cara de 50cm x 10cm y 1 cara de 50cm x 20cm, todas estas medidas se aprecian en la Figura 2.16.

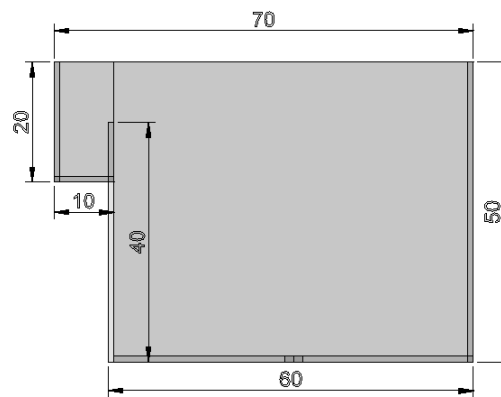


Figura 2-16 Vista lateral del tanque de Aireación-Flotación con sus respectivas medidas.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de tener seccionada cada pieza o cara del tanque se realizó una perforación en la cara de 50cm x 50cm de 1" de diámetro para conectar el sistema de circulación que viene del tanque elevado (Figura 2.17), dos perforaciones del mismo diámetro en la cara base de 60cm x 50cm las cuales son para el sistema de desfogue del agua y dos perforaciones más de $\frac{3}{4}$ " de diámetro, uno para conectar el sistema de aireación y otro para colaborar al desfogue del agua al momento de la limpieza (Figura 2.18 y Figura 2.19).



Figura 2-17 Perforación de 1" de diámetro en cara lateral del tanque.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 2-18 Perforaciones en la base del tanque con tuberías y acoples instalados.

Fuente: Elaboración propia.

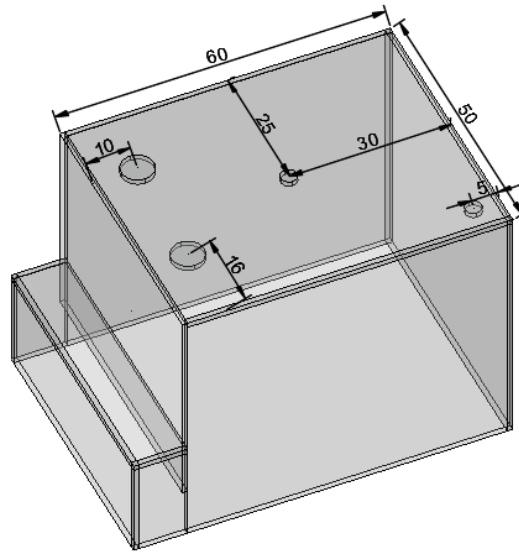


Figura 2-19 Base del tanque de aireación-flotación con las distancias a las que se ubica cada perforación.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, luego de realizar las perforaciones se pegan todas las caras con silicona para vidrio, quedando el modelo como se aprecia en la Figura 2.20, posteriormente se colocó en cada esquina una sección de un ángulo de aluminio, el mismo que sobre sale 13cm obteniendo el siguiente modelo (Figura 2.21).

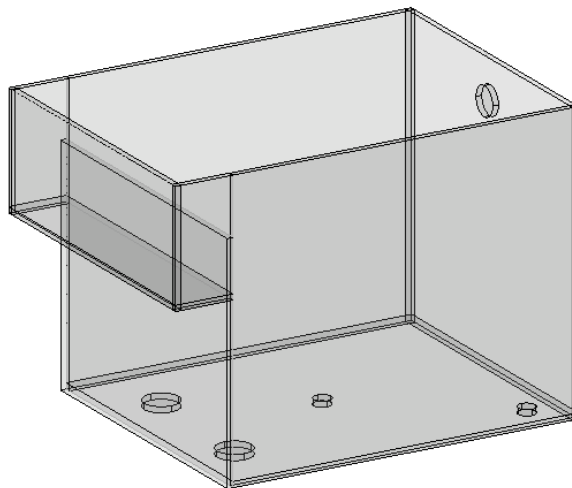


Figura 2-20 Vista 3D del tanque de aireación- flotación.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 2-21 Tanque de flotación-aireación.

Fuente: Elaboración propia.

- **Tanque de administración del afluente:** 2 caras de 50cm x 40cm, 2 caras de 60cm x 40cm y una cara 60x50cm. Las medidas de este tanque son iguales al volumen del agua que ocupara en el tanque de flotación – aireación (Figura 2.22 y Figura 2.23).

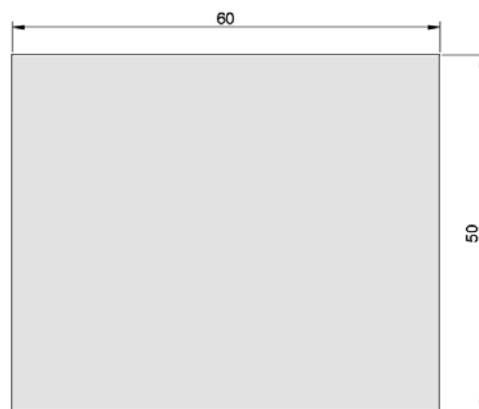


Figura 2-22 Vista lateral del tanque con sus respectivas medidas.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de recortar las piezas se realizó dos perforaciones en la base del tanque (pieza de 60x50cm) de 1" de diámetro para conectar el sistema de circulación del agua (Figura 2.23).

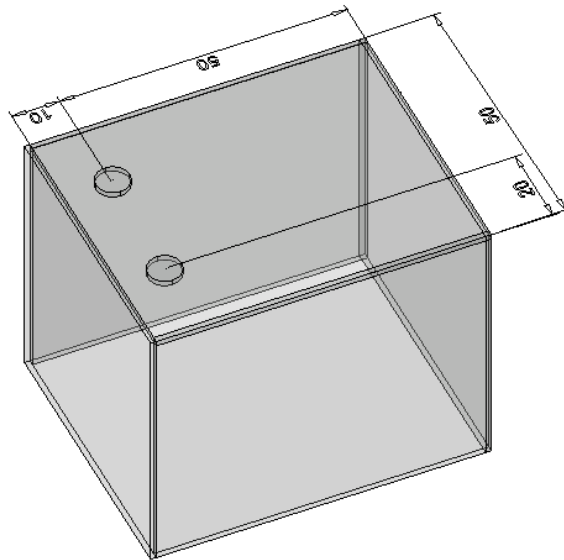


Figura 2-23 Vista de la base del tanque con sus respectivas medidas y ubicación de perforaciones.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, luego de realizar las perforaciones se pegan todas las caras con silicona para vidrio teniendo el siguiente modelo Figura 2.24.

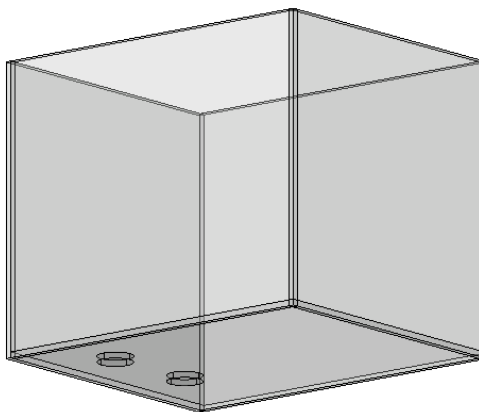


Figura 2-24 Vista 3D del tanque.

Fuente: Elaboración propia.

Sistema de circulación del agua.

Para el sistema de circulación de agua se escogieron tubos y conexiones de 1" de diámetro por el tiempo en el cual demora el agua en pasar del tanque elevado al de aireación-flotación, dando como tiempo total 6.25min (tiempo cronometrado).

Para unir el tanque elevado con el de aireación-flotación se empezó fijando un tubo en cada perforación de vidrio procurando que esté al ras de la parte interna del tanque para que el afluente sea drenado por completo y no se acumule (Figura 2.25).

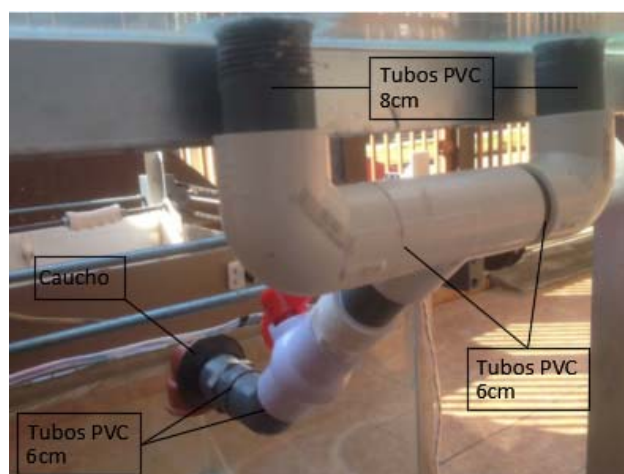


Figura 2-25 Conexiones de la tubería de PVC con sus respectivas medidas.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se pegaron los codos y se los unió con una tee para que el afluente sea conducido por una sola tubería hasta el tanque de aireación-flotación. Se incluyó una válvula esfera dentro del sistema para regular la salida del afluente.

Antes de que el sistema llegue a conectarse con el tanque de aireación-flotación se colocó un codo de 45° para generar una pendiente y evitar que el agua se quede estancada en medio de la tubería (Figura 2.26).

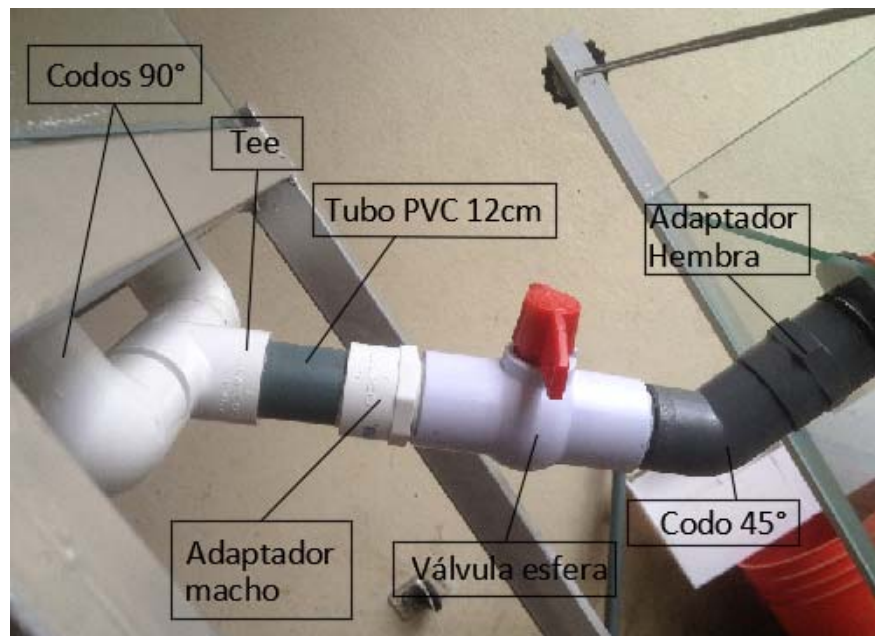


Figura 2-26 Sistema de circulación del afluente.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se conectó mediante un neplo perdido un codo de polipropileno de 90° con el sistema de circulación del afluente entre los dos tanques. Entre la cara del codo y el vidrio se colocó un caucho para evitar que la presión generada al enroscar los elementos trice el tanque de vidrio (Figura 2.27).



Figura 2-27 Vista frontal del sistema de circulación del afluente.

Fuente: Elaboración propia.

Mientras tanto, para el sistema de evacuación o desfogue del agua se colocaron las tuberías de 1" al ras del tanque de aireación-flotación, tal y como se lo hizo en el tanque elevado y con la misma medida (8cm).

Luego de esto se conectaron los codos con tubos PVC de 6cm de longitud, empatándose posteriormente en una tee que fue girada 45° para generar una pendiente al momento de evacuar el agua, evitando así que el efluente se quede estancado en las tuberías. Finalmente se instaló una llave de PVC para regular la salida del caudal (Figura 2.28).

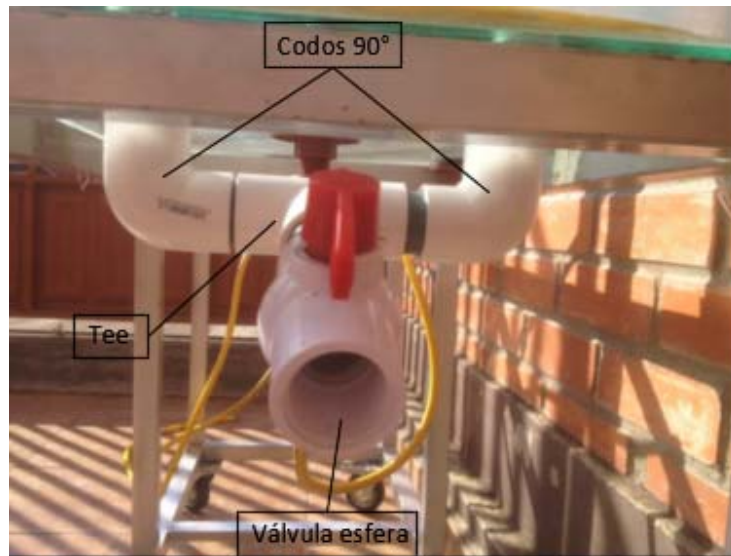


Figura 2-28 Sistema de desfogue del efluente.

Fuente: Elaboración propia.

2.3.2. Sistema de administración del aire

A continuación, se describirá cuáles fueron los pasos para llegar a armar el sistema de administración del aire, además de sus materiales y equipos utilizados. Este sistema es la parte fundamental del prototipo, ya que de este depende la separación de grasas y aceites.

2.3.2.1. Materiales

- 1 adaptador para tanque de polipropileno de $\frac{3}{4}$ " (Figura 2.29).



Figura 2-29 Adaptador para tanque de $\frac{3}{4}$ ".

Fuente: Elaboración propia.

- 1 adaptador para tanque de polipropileno de 1/2" (Figura 2.30).



Figura 2-30 Adaptador para tanque de 1/2".

Fuente: Elaboración propia.

- 1 difusor de burbuja fina con conexión para tubería de 3/4" (ver ficha técnica en Anexo 1) (Figura 2.31).



Figura 2-31 Difusor de burbuja fina

Fuente: Elaboración propia.

- Manguera de 3/8" para gas (Figura 2.32).



Figura 2-32 Manguera de gas de 3/8".

Fuente: Elaboración propia.

- 1 Niple con rosca hembra de bronce 3/8" (Figura 2.33).



Figura 2-33 Niple con rosca hembra de 3/8"

Fuente: (Compra Total, 2019)

- 1 Reductor de bronce de 1/2"- 3/8" (Figura 2.34).



Figura 2-34 Reductor de bronce de 1/2"-3/8".

Fuente: (Grifesa Ltda., 2019).

- 1 reductor de polipropileno, rosca de $\frac{3}{4}$ "- $\frac{1}{2}$ " (Figura 2.35).

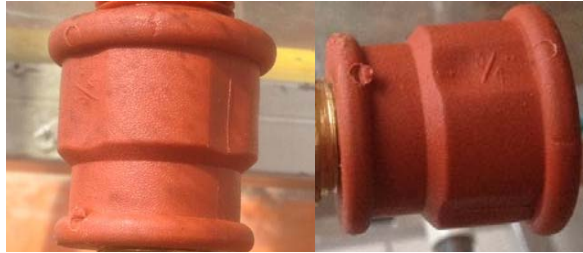


Figura 2-35 Reductor de $\frac{3}{4}$ "- $\frac{1}{2}$ ".

Fuente: Elaboración propia.

- 1 válvula check de pie de bronce de $\frac{1}{2}$ " (Figura 2.36).



Figura 2-36 Válvula Check de $\frac{1}{2}$ ".

Fuente: Elaboración propia.

- 2 niple espiga con rosca macho $\frac{1}{2}$ " (Figura 2.37).
- 1 Tee espiga para manguera de $\frac{3}{8}$ " (Figura 2.37).

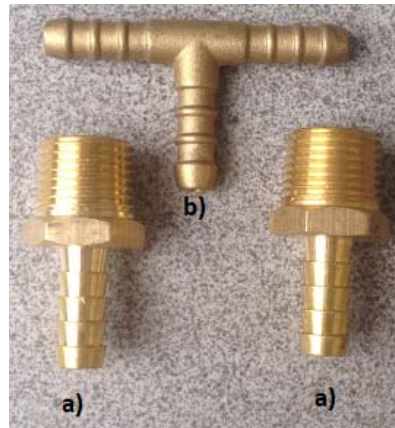


Figura 2-37 a) Niples espiga con rosca macho 1/2".

b) Tee espiga para manguera de 3/8".

Fuente: Elaboración propia.

- 1 neplo perdido de polipropileno con rosca de 1/2" (Figura 2.38).



Figura 2-38 Neplo perdido con rosca de 1/2".

Fuente: (Ludepa, 2017).

- 1 codo macho-hembra de 90° de polipropileno con rosca de 1/2" (Figura 2.39).



Figura 2-39 Codo macho-hembra de 1/2".

Fuente: Elaboración propia.

- 1 adaptador hembra de polipropileno con rosca de ½" (Figura 2.40).



Figura 2-40 Adaptador hembra de 1/2".

Fuente: Elaboración propia.

- Pegamento para tubos PVC (Figura 2.41).



Figura 2-41 Pegamento para tubos.

Fuente: (Disensa, Kalipega 0500 cc - Plastigama, 2018).

- Cinta de teflón (Figura 2.42).



Figura 2-42 Cinta de teflón.

Fuente: Elaboración propia.

2.3.2.2. Equipos

- Compresor de aire 2 Hp (Figura 2.43). Ver especificaciones técnicas en (Figura 2.44).



Figura 2-43 Compresor de 2Hp.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 2-44 Especificaciones técnicas del compresor.

Fuente: Elaboración propia.

2.3.2.3. Construcción

Para la construcción del sistema de administración del aire se empezó acoplando los componentes principales que son el difusor y el compresor de aire, para ello se utilizó un acople para tanque de $\frac{3}{4}$ " de diámetro, el cual se colocó en la perforación central de la base del tanque de aireación-flotación para luego enroscar el difusor en el mismo (Figura 2.45).

Desde la parte exterior se fueron uniendo varios reductores ($\frac{3}{4}$ "- $\frac{1}{2}$ " y $\frac{1}{2}$ "- $\frac{3}{8}$ ") colocando en el último reductor un acople para manguera de gas, esta manguera que tiene un largo de 2m y tiene conexión directa con el compresor, se la conectó y aseguró con una brida para evitar que existan fugas de aire (Figura 2.45).

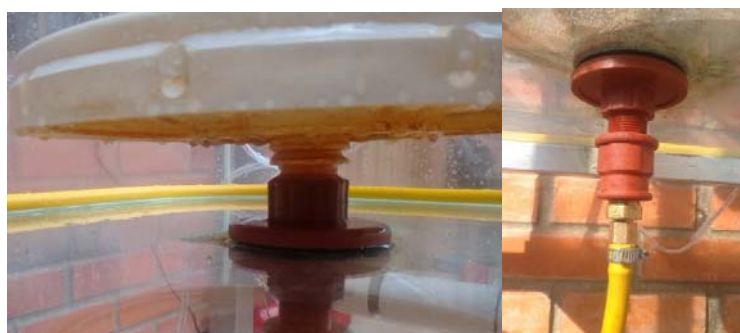


Figura 2-45 Conexiones.

Fuente: Elaboración propia.

Puesto que cuando se ejecutaron las pruebas previas de aireación (sección 2.2.3), se realizó un ensayo con una manguera de gas perforada manualmente la cual al ser sumergida bajo el agua y conectada al compresor funcionaba de acuerdo a lo requerido, se propuso implementarla en el prototipo que para cubrir las zonas a las cuales no llegan por completo las burbujas finas que dota el difusor.

Por lo tanto, para la construcción de la segunda parte de este sistema se perforó y cortó 1.75m de manguera para que rodee la parte interna de la cámara de aireación (Figura 2.46).



Figura 2-46 Manguera de gas perforada rodeando la parte interna del tanque.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se procedió a unir los extremos con una tee de bronce tipo espiga en donde su tercer punto de conexión se lo unió con una sección de manguera de 50cm (Figura 2.47), misma que va de manera vertical hacia el borde del tanque en la que llega a conectarse con una válvula check (Figura 2.48). La válvula check en este sistema evita que el agua que ingresa en algunas ocasiones a la manguera y que esta llegue hasta el compresor de aire lo cual generaría daños en el mismo. Finalmente se realizó algunos acoples para unir una manguera de 2m de longitud y el compresor.



Figura 2-47 Conexión entre Tee y manguera.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 2-48 Conexión de válvula check con sistema de aireación.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra el sistema de aireación instalado en el tanque (Figura 2.49).



Figura 2-49 Sistema de aireación.

Fuente: Elaboración propia.

2.3.3. Parte mecánica

La parte mecánica se la implementó al modelo físico a escala de laboratorio como una parte extra o complementaria que trabaja dependientemente del sistema eléctrico. La función principal que desempeña junto al sistema eléctrico es la de limpiar las grasas y aceites que se acumulan en la superficie del tanque de aireación-flotación.

Este sistema tiene como finalidad el transmitir el movimiento que se genera desde la fuente eléctrica, a través de piezas y elementos que se encuentran conectados entre sí.

Al igual que en la parte hidráulica, este sistema se vio sometido a varias modificaciones entre prueba y error para llegar a obtener un sistema completamente funcional en base al cual se describirá su proceso de construcción, materiales y equipos utilizados.

Cambios Realizados:

- 1) Perforando los ángulos de aluminio instalados en el tanque de aireación para colocar piñones de bicicleta y unir dos de ellos con una varilla para que el movimiento sea simultaneo, además de colocar la pala en la cadena misma, esta

propuesta falló porque la cadena se salía de los piñones y se pandeaba considerablemente (Figura 2.50).



Figura 2-50 Parte mecánica, prueba 1.

Fuente: Elaboración propia.

- 2) Implementando al modelo anterior dos varillas de 3/8" (eje guía) en los lados más largos con sus respectivos rodamientos lineales para guiar la conexión con la pala, esta propuesta falló porque el rodamiento lineal se atascaba y la cadena se seguía saliendo de los piñones (Figura 2.51).



Figura 2-51 Parte mecánica, prueba 2.

Fuente: Elaboración propia.

- 3) Llega a ser el sistema final y funcional en el que se hicieron varios cambios para solucionar los problemas anteriores y garantizar su correcto funcionamiento, a continuación, se detalla sus materiales utilizados y construcción (Figura 2.52).



Figura 2-52 Parte mecánica, prueba 3.

Fuente: Elaboración propia.

2.3.3.1. Materiales

La mayoría de las piezas que sirvieron para acoplar el sistema mecanizado fueron impresas en 3D gracias a la colaboración de SIM 3D.

- 6 piñones impresos en 3D (Figura 2.53).



Figura 2-53 Piñón de 13 dientes.

Fuente: (Marchas & Rutas, 2019).

- 12 guías para piñones impresos en 3D (Figura 2.54).

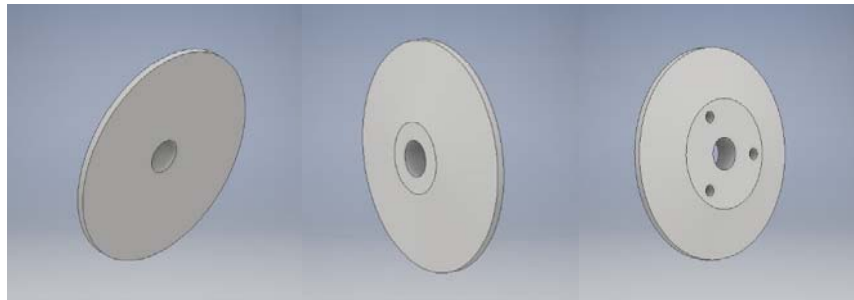


Figura 2-54 Guías para piñones.

Fuente: Elaborado por SIM 3D.

- 4 soportes para varillas y ejes guía impresos en 3D (Figura 2.55).

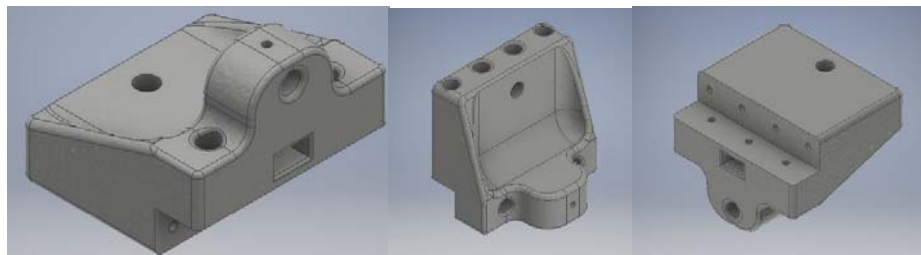


Figura 2-55 Soporte para varillas y ejes guía.

Fuente: Elaborado por SIM 3D.

- 2 ejes guía de 3/8" (Figura 2.56).



Figura 2-56 Ejes lineales.

Fuente: (JELELECTRONICA, Varilla Eje Riel Lineal 300 Mm, Diametro 8 Mm, Cnc, 3d Print, 2019)

- 2 soportes para rodamientos lineales y cadena (Figura 2.57).

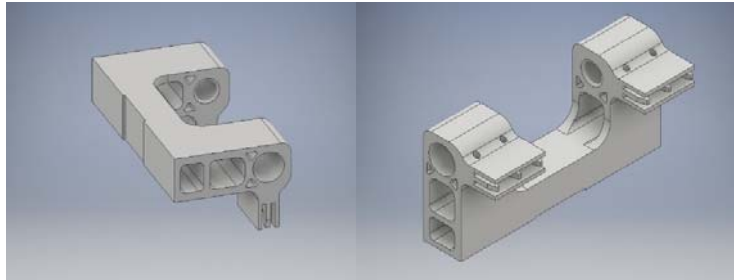


Figura 2-57 Soporte para rodamiento lineal y cadena.

Fuente: Elaborado por SIM 3D.

- 4 rodamientos lineales (Figura 2.58).



Figura 2-58 Rodamiento lineal.

Fuente: (JELELECTRONICA, Balero Rodamiento Lineal Lm8uu 8x15x24mm, 2019).

- 3 varillas de acero roscadas de 3/8" (Figura 2.59).



Figura 2-59 Varilla roscada de 3/8".

Fuente: (ELECTROPUERTO, 2019).

- Cadenas (Figura 2.60).



Figura 2-60 Cadena.

Fuente: Elaboración propia.

- Lámina rígida con caucho intermedio (Figura 2.61).



Figura 2-61 Lámina rígida.

Fuente: Elaboración propia.

- Tornillos, tuercas y arandelas.

2.3.3.2. Construcción

Tal y como se mencionó en la sección 2.3.3 se fueron realizando mejoras y cambios hasta obtener un mecanismo funcional. Todo el mecanismo fue montado en los ángulos de aluminio en donde se fijaron los soportes para las varillas, en estos se cruzó una varilla roscada de 62 cm de longitud en el lado más corto del tanque para colocar los piñones, mientras que del lado más largo del tanque se calzó un eje guía de 49cm de cada lado para colocar los rodamientos lineales.

Como se puede apreciar en la figura 2.62 se asegura cada pieza con una tuerca de seguridad o dos tuercas para generar contratuerca.

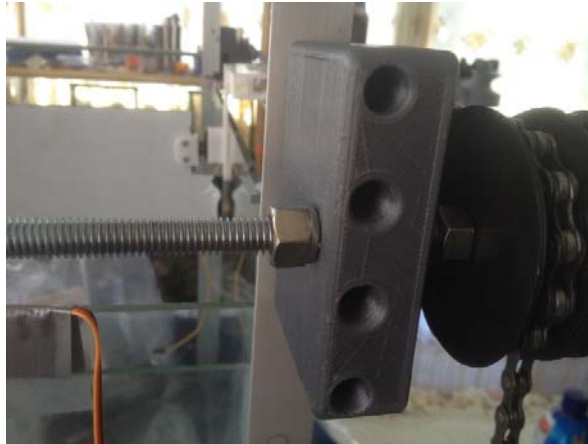


Figura 2-62 Soporte para varilla con su respectiva varilla y tuerca de seguridad.

Fuente: Elaboración propia.

Para solucionar el problema de que la cadena se salía de su lugar se colocó dos guías paralelas a cada lado de todos los piñones y se los aseguró con una tuerca a cada lado (genera contra tuerca) (Figura 2.63). Mientras que para evitar que el rodamiento lineal se quede atascado se proporcionó dos para cada eje lineal, colocados dentro del soporte (impresión 3D) para el eje lineal y cadena (Figura 2.64).



Figura 2-63 Cadena encaminada en el piñón y sus respectivas guías.

Fuente: Elaboración propia.

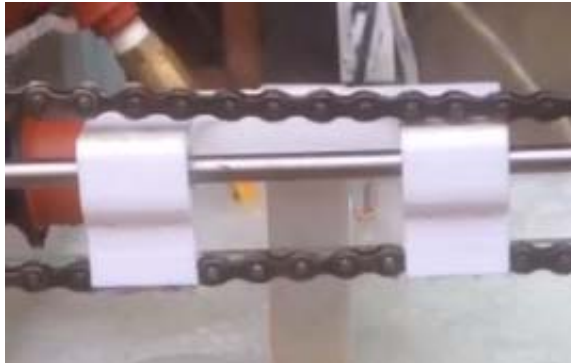


Figura 2-64 Soporte para eje guía y cadena.

Fuente: Elaboración propia.

Para que el sistema pueda moverse se siguió la siguiente línea de transmisión del movimiento:

Motor → Piñón 1 → Cadena 1 → Piñón 2 → Varilla roscada → Piñón 3 → Cadena 2 → Soporte para eje guía y cadena (Figura 2.65).

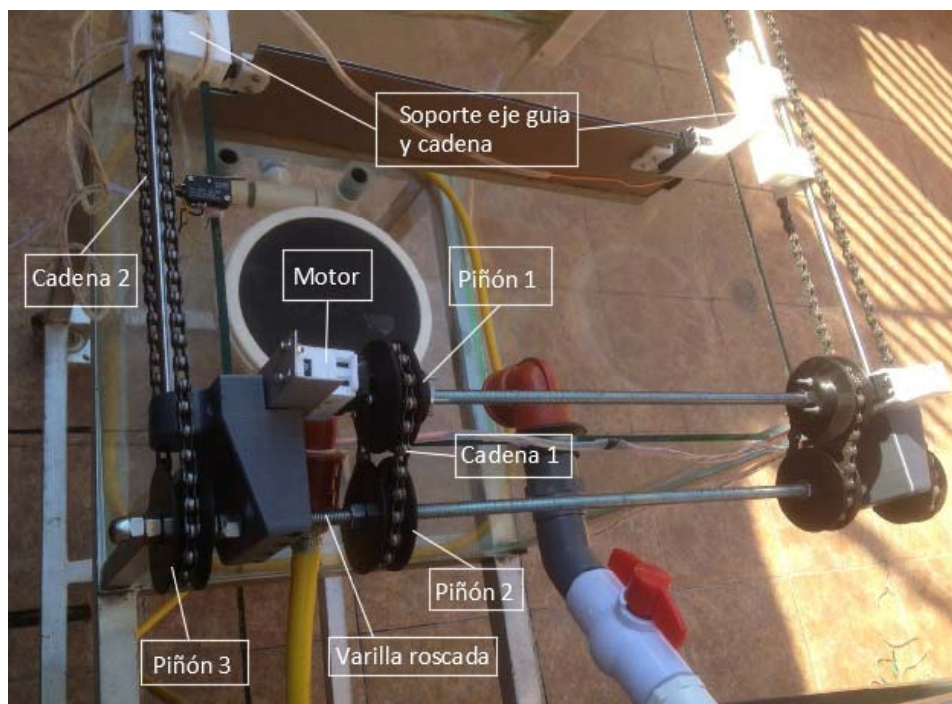


Figura 2-65 Sistema mecánico.

Fuente: Elaboración propia.

2.3.4. Parte eléctrica

El sistema eléctrico es el encargado de generar la energía que es convertida en movimiento en el sistema mecánico. A continuación, se detalla la construcción del mismo y los materiales utilizados.

2.3.4.1. Materiales

- 2 servo motores (Figura 2.66).



Figura 2-66 Servo motor.

Fuente: Elaboración propia.

- 2 servo motores con caja reductora (Figura 2.67).



Figura 2-67 Servo motor con caja reductora.

Fuente: Elaboración propia.

- 2 fines de carrera (Figura 2.68).



Figura 2-68 Fin de carrera.

Fuente: Elaboración propia.

- Impresiones 3D para fines de carrera (Figura 2.69).

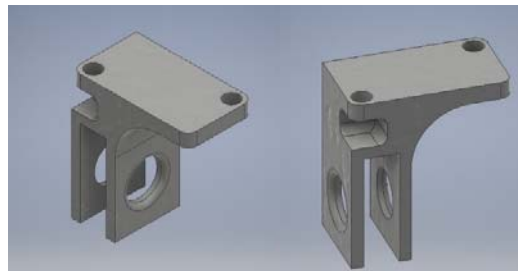


Figura 2-69 Impresión 3D para fin de carrera.

Fuente: Elaboración propia.

- 1 Arduino nano (cerebro) (Figura 2.70).

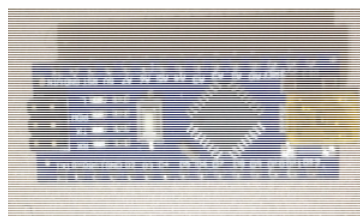


Figura 2-70 Arduino nano.

Fuente: Elaboración propia.

- 1 placa de 4 Reles (Figura 2.71).



Figura 2-71 Placa de 4 rele.

Fuente: (Tiendatec, 2019).

- 2 botones (Figura 2.72).



Figura 2-72 Botones.

Fuente: Elaboración propia.

- 1 switch On-Off (Figura 2.73).



Figura 2-73 Switch.

Fuente: Elaboración propia.

- 2 fuentes de 5 voltios (Figura 2.74).



Figura 2-74 Fuentes de 5 voltios.

Fuente: Elaboración propia.

- Impresiones 3D para servo motores (Figura 2.75).

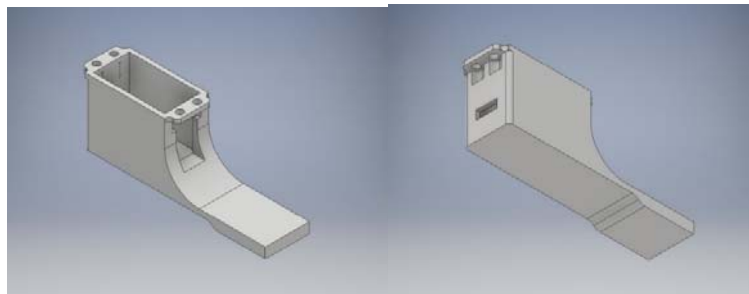


Figura 2-75 Impresiones 3D para servo motor.

Fuente: Elaboración propia.

- 7m de Cable de timbre.
- Tornillos, tuercas y arandelas.

2.3.4.2. Construcción

Este sistema empieza con la instalación del sistema mecánico, puesto que para acoplar algunas piezas primero se las conectó con los servos motores, donde para generar suficiente fuerza y mover el sistema a lo largo del tanque se implementó dos de ellos con caja reductora (motores sin control de ángulo) los cuales se unen directamente con un piñón cada uno y una varilla roscada (Figura 2.76).



Figura 2-76 Unión entre motor servo y piñón.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se instalaron los motores servos normales en los extremos de la pala para generar una inclinación de 20° al momento de llegar a tener contacto con el fin de carrera que se encuentra en cada extremo de la cara lateral del tanque (cara 60cm de largo), entre los fines de carrera existe una distancia de 35cm (Figura 2.77).

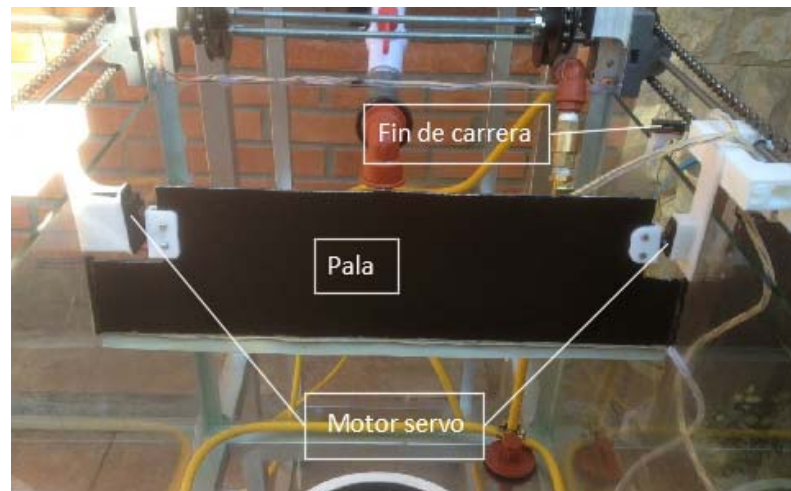


Figura 2-77 Pala fijada entre dos motores servo.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez instalados los motores y fines de carrera se proceden a unirlos con cables para timbre, cada uno de estos elementos van conectados con el Arduino nano o “cerebro” del sistema, este lleva una programación que permite que el mecanismo funcione de acuerdo a los requerimientos del diseño (Figura 2.78).

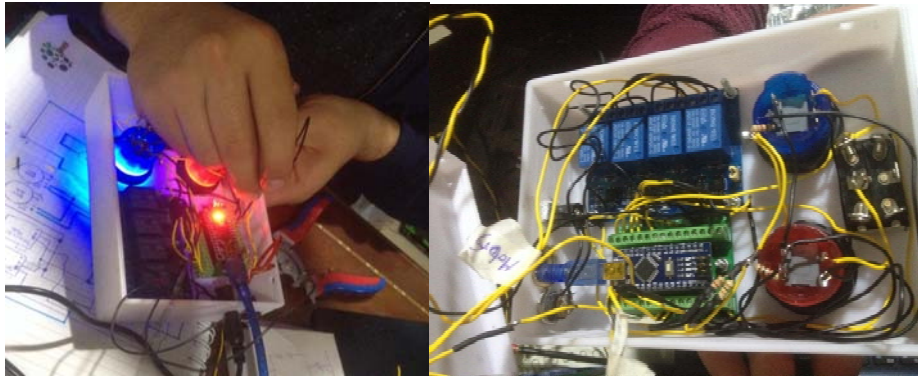


Figura 2-78 Ensamble de cables dentro de la caja principal de mandos.

Fuente: Elaboración propia.

Para poder conectar el sistema con una fuente de poder, se realizaron dos perforaciones en la base de la caja principal y una perforación extra para conectar el cable de datos desde la computadora al Arduino nano. La razón por la cual se implementó dos fuentes de 5 voltios es porque una sola no abastece de suficiente corriente al sistema, por lo tanto, una de ellas sirve como fuente de control, mientras la otra funciona como fuente de fuerza (Figura 2.79).



Figura 2-79 Conexiones de las fuentes de poder y caja principal de mandos.

Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que la programación y conexiones de la caja principal de mandos fueron realizadas netamente por el Ing. Mecatrónico Daniel Galarza.

2.4. Funcionamiento y operatividad

Luego de instalar y acoplar cada uno de los sistemas se realizó algunas pruebas con el fin de ajustar, calibrar y valorar el modelo físico construido, por lo tanto, se realizaron las siguientes pruebas:

2.4.1. Prueba hidráulica

Tiene por objetivo verificar las conexiones del sistema de circulación del agua, es decir, comprobar que no existan fugas.

Para ejecutar esta prueba se alimentó al tanque elevado con agua limpia para posteriormente ponerla a circular a través de la tubería que lo conecta con el tanque de aireación identificando los puntos de fuga y reparándolos, ya sea con Kali Pega (secciones pegables) o con cinta de teflón (secciones enroscables), de la misma manera se reparó las fugas en la tubería de evacuación del efluente.

2.4.2. Prueba de aireación

Con la prueba de aireación se verificó las fugas que existían principalmente en las uniones entre adaptadores con mangueras. Además, se comprobó que la presión mínima calculada en la sección 2.2.4.1. es la correcta para airear el sistema.

Se comprobó independientemente el funcionamiento del difusor con sus conexiones, del cual todas ellas estaban en correcto funcionamiento (Figura 2.80).



Figura 2-80 Difusor sometido a prueba de aireación.

Fuente: Elaboración propia.

Mientras tanto, al verificar el funcionamiento del sistema que tiene como aireador una manguera de gas perforada manualmente (Figura 2.80), se comprobó que el agua penetraba por los orificios y regresaba hacia el compresor, por lo que se optó el usar una válvula check.



Figura 2-81 Manguera perforada manualmente sometida a prueba de aireación.

Fuente: Elaboración propia.

Los problemas de fugas se solucionaron asegurando las bridas colocadas previamente en las conexiones.

2.4.3. Prueba electromecánica

Para comprobar la funcionalidad de la parte tanto mecánica como eléctrica se lo hizo en conjunto, es por esto que una vez armado el sistema mecánico se conectó el Arduino (cerebro) directamente a cada motor servo para comprobar individualmente el funcionamiento de cada uno de estos y verificar que al momento de ser accionados el sistema mecánico se mueve correctamente (Figura 2.82).

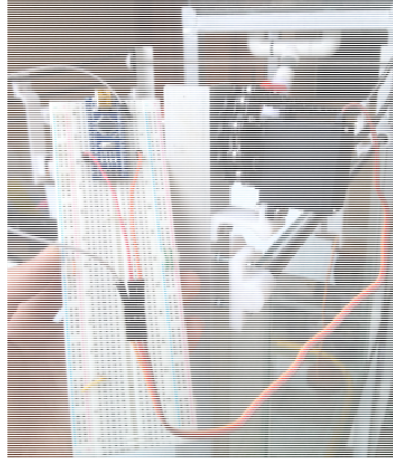


Figura 2-82 Motor servo conectado directamente al Arduino nano.

Fuente: Elaboración propia.

2.4.4. Prueba de funcionamiento general de todo el prototipo

La prueba que asegura el buen funcionamiento del prototipo se la hizo mezclando aceite vegetal (achote) con agua, todo esto en el tanque elevado, para de aquí dejarlo circular hasta el tanque de aireación-flotación, donde se accionó el sistema de aireación para verificar que el prototipo cumple con su fin principal que es separar las grasas y los aceites del agua (Figura 2.83).



Figura 2-83 Prueba de separación de grasas y aceites.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez comprobado que el sistema funciona correctamente en la parte de la separación de grasas y aceites (para el fin que fue diseñado) se procedió a verificar si el sistema de limpieza que lo conforma una parte electromecánica cumple su función (Figura 2.84).

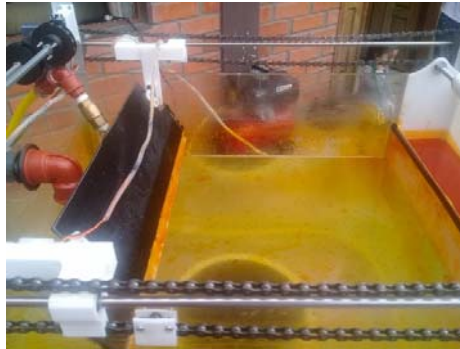


Figura 2-84 Recolección de grasas y aceites suspendidos.

Fuente: Elaboración propia.

2.5. Modelo final

Una vez comprobado la operatividad del sistema y acoplado correctamente todos los componentes se tiene el siguiente prototipo o modelo físico a escala de laboratorio completamente funcional (Figura 2.85).



Figura 2-85 Vista lateral y frontal del modelo físico.

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO 3

3. GUÍA METODOLÓGICA PARA TRAMPA DE GRASAS

3.1. Ensayo de flotación de grasa animal por aire inducido

3.1.1. Objetivo

- Demostrar que la práctica de laboratorio referente a un separador de grasas y aceites, funciona aun cuando se emulsiona el agua con la leche.

3.1.2. Alcance

Esta práctica de laboratorio proporcionará el grado de concentración de grasas y aceites, mediante el sistema de separación por aireación.

3.1.3. Definición

Separador de grasas y aceites por aireación es un sistema de burbujas de aire, introducidas por difusores de burbuja sumergidos, mismos que son alimentadas con un compresor. Este proceso se basa en la liberación de aire de gas presurizado cuya eficiencia depende de la cantidad de materia dispersa presente.

3.1.4. Instrumentos

- ✓ Compresor
- ✓ Modelo físico
- ✓ Leche y crema de leche
- ✓ Flexómetro 5 metros.

3.1.5. Metodología

1. Verter 1 litro de leche y 200 ml de crema de leche en el tanque elevado que contiene 120 litros de agua (Figura 3.1).



Figura 3-1 Abastecimiento de grasas al tanque

Fuente: Autores

2. Trasvasar el contenido del tanque elevado al tanque de aireación, abriendo válvula de esfera 1 (Figura 3.2).



Figura 3-2 Válvula de esfera Abierta

Fuente: Autores



Figura 3-3 Válvula de esfera cerrada

Fuente: Autores

3. Llenar el tanque de aireación hasta 40 cm de altura (Figura 3.5). Observando como esta se emulsiona la leche con el agua.



Figura 3-4 Modelo físico

Fuente: Autores



Figura 3-5 Medición altura del compuesto

Fuente: Autores

4. Tomar en un recipiente una muestra del compuesto, antes de que empiece el proceso de aireación (Figura 3.6).



Figura 3-6 Muestra del proceso inicial

Fuente: Autores

5. Encender el compresor a una presión de aire de los manómetros a 20 PSI de las dos válvulas, una destinada del difusor de aire central y otra válvula de la manguera de aire lateral.
6. Introducir burbujas de aire durante 10 min (Figura 3.7).



Figura 3-7 Aireación

Fuente: Autores

7. Esperar 5 minutos mientras la grasa se suspende (Figura 3.8).



Figura 3-8 Suspensión de las grasas

Fuente: Autores

8. Encender el sistema de limpieza eléctrico. La pala tiene un tiempo de 15 segundos de cada lado (Figura 3.9).



Figura 3-9 Limpieza con la pala eléctrica

Fuente: Autores

9. Recoger las grasas en el depósito de recolección.
10. Apagar el sistema de limpieza eléctrico.
11. Tomar en un recipiente una muestra del compuesto del proceso final (Figura 3.10).



Figura 3-10 Muestra del proceso final

Fuente: Autores

12. Comparar las dos muestras obtenidas en el ensayo (Figura 3.11).



Figura 3-11 Comparación de las muestras

Fuente: Autores

13. Retirar el depósito de recolección, para depositar las grasas en un lugar adecuado (Figura 3.12).



Figura 3-12 Remoción del depósito de recolección

Fuente: Autores

14. Observar detenidamente las muestras obtenidas del ensayo, se apreciará la cantidad de remoción de grasas y la purificación del agua (Figura 3.13).



Figura 3-13 Muestras

Fuente: Autores

3.1.6 Resultado

Los efectos de aireación, producidos en la zona de burbujeo no son tan apreciados por la emulsión del agua con la leche, efecto producido al estar la leche compuestos en un 90% de agua, teniendo los dos compuestos una variación muy pequeña en sus densidades.

Con un tiempo de 15 minutos su eficiencia es de un nivel bajo; se puede observar que existe poca remoción de grasas. Al incrementar el tiempo de aireación en este ensayo podemos garantizar un mejor nivel de eficiencia del sistema; también incrementará la remoción.

3.2. Ensayo de separación de aceite vegetal por aire inducido

3.2.1 Objetivo

- Generar una práctica de laboratorio visual referente a un separador de grasa y aceite, donde las burbujas de aire se unen con las partículas de aceite, sirviendo para suspenderlo.

3.2.2 Alcance

Con esta práctica de laboratorio se pretende comprender el funcionamiento del separador de grasa y aceite, siendo posible observar el comportamiento del sistema.

3.2.3 Definición

Separador de grasas y aceites por aireación es un sistema de burbujas de aire, introducidas por difusores de burbuja sumergidos, mismos que son alimentadas con un compresor. Este proceso se basa en la liberación de aire de un gas presurizado cuya eficiencia depende de la cantidad de materia dispersa presente.

3.2.4 Instrumentos

- ✓ Compresor
- ✓ Modelo físico
- ✓ Aceites de cocina

3.2.5 Metodología

1. Verter 1 litro de aceite de cocina en el tanque elevado que contiene 120 litros de agua (Figura 3.14).



Figura 3-14 Abastecimiento de aceite al tanque

Fuente: Autores

2. Trasvasar el contenido del tanque elevado al tanque de aireación, abriendo válvula de esfera 1 (Figura 3.16).



Figura 3-15 Válvula de esfera cerrada

Fuente: Autores

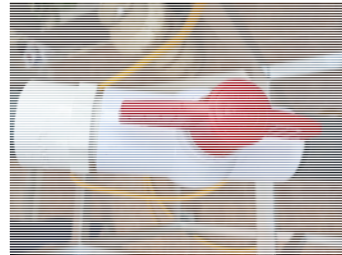


Figura 3-16 Válvula de esfera abierta

Fuente: Autores

3. Llenar el tanque de aireación hasta 40 cm de altura (Figura 3.17). Observando como el agua con el aceite no se emulsiona.

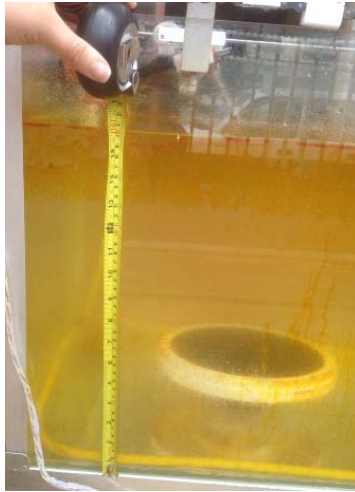


Figura 3-17 Medición altura del compuesto

Fuente: Autores

4. Tomar en un recipiente una muestra del compuesto, antes de que empiece el proceso de aireación (Figura 3.18).



Figura 3-18 Muestra del proceso inicial

Fuente: Autores

5. Encender el compresor a una presión de aire de los manómetros a 20 PSI de las dos válvulas, una destinada del difusor de aire central y otra válvula de la manguera de aire lateral.
6. Introducir burbujas de aire durante 10 min (Figura 3.19).



Figura 3-19 Aireación

Fuente: Autores

7. Esperar 5 minutos mientras la grasa se suspende (Figura 3.20).

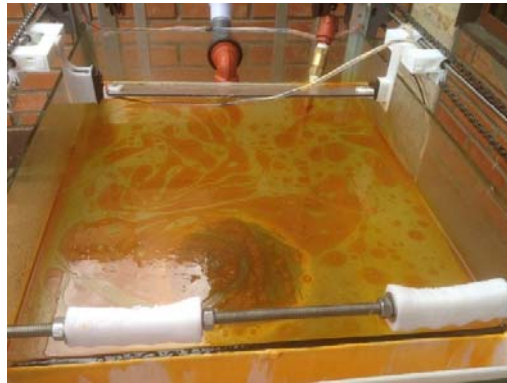


Figura 3-20 Suspensión de las grasas

Fuente: Autores

8. Encender el sistema de limpieza eléctrico. La pala tiene un tiempo de 15 segundos de cada lado (Figura 3.21).

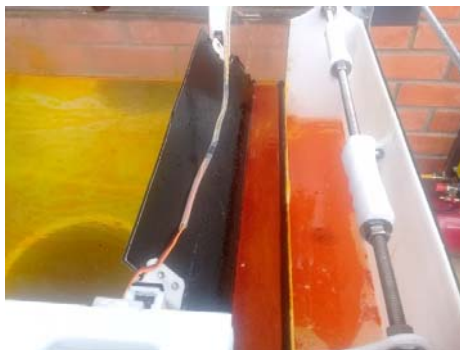


Figura 3-21 Limpieza con la pala eléctrica

Fuente: Autores

9. Recoger las grasas en el depósito de recolección (Figura 3.22).



Figura 3-22 Depósito de recolección

Fuente: Autores

10. Apagar el sistema de limpieza mecánico.
11. Tomar en un recipiente una muestra del compuesto del proceso final (Figura 3.23).



Figura 3-23 Muestra del proceso final

Fuente: Autores

12. Comparar las dos muestras obtenidas en el ensayo (Figura 3.24).



Figura 3-24 Comparación de las muestras

Fuente: Autores

13. Retirar el depósito de recolección, para depositar las grasas en un lugar adecuado (Figura 3.25).



Figura 3-25 Remoción del depósito de recolección

Fuente: Autores

14. Observar detenidamente las muestras obtenidas del ensayo, se apreciará la cantidad de remoción de grasas y la purificación del agua (Figura 3.13).



Figura 3-26 Muestras

Fuente: Autores

3.2.6 Resultado

Los efectos de aireación, producidos en la zona de burbujeo son apreciados, al separarse instantáneamente el agua con el aceite. Estos dos compuestos tienen una variación muy grande en sus densidades, siendo la densidad del aceite más pequeña que del agua, este efecto produce que las partículas del agua no se mezclen con las partículas del aceite.

Con un tiempo de 15 minutos su eficiencia de separación es de un nivel elevado; podemos observar que en este caso se remueve del agua en su mayoría las grasas y aceites. El tiempo de aireación de 10 minutos en este ensayo es suficiente, ya que nos garantiza la suspensión del aceite a la superficie del agua.

3.3. Elaboración de la guía metodológica para la realización del ensayo en laboratorio en el modelo físico

3.3.1 Objetivo

- Establecer una guía didáctica sobre la práctica de laboratorio referente a un separador de grasas y aceites, el mismo que será implementado en el laboratorio de hidráulica e hidrosanitaria de la Universidad del Azuay.

3.3.2 Descripción

Para la práctica de laboratorio se tiene como punto central el implementar un manual paso a paso sobre la filtración o separación de grasas y aceites para mejorar la calidad de aprendizaje de los estudiantes de la Universidad del Azuay, se podrá desarrollar con distintos tipos de grasas y aceites, con inclusión de aire.

3.3.3 Pasos para el desarrollo de la práctica de trampa de grasas

El procedimiento para el desarrollo de la práctica de trampa de grasas es el siguiente:

1. Pulsar los seguros de las ruedas de la estructura metálica (Figura 3.27). La estructura está compuesta de dos seguros R.1 y R.2 (Figura 3.28); los mismos que permiten inmovilizarle mientras se realiza la práctica.



Figura 3-27 Inmovilización de la estructura metálica

Fuente: Autores



Figura 3-28 Ruedas con seguros

Fuente: Autores

2. Realizar la conexión eléctrica compuesto por: el cable del compresor (Figura 3.29), 2 cables para el sistema mecánico de limpieza (Figura 3.30). Estos deberán ir conectados a enchufes de 110 voltios.



Figura 3-29 Conexión eléctrica del cable de compresor

Fuente: Autores



Figura 3-30 Conexión eléctrica de los cables del sistema eléctrico de limpieza

Fuente: Autores

3. Verter agua en el tanque elevado hasta 40 cm de altura total (Figura 3.31). Siendo equivalente a 120 litros necesario para el tanque de aireación.



Figura 3-31 Abastecimiento de agua al tanque elevado

Fuente: Autores

4. Añadir las grasas en el tanque elevado, procurando que sea mezclada con el agua (Figura 3.32).



Figura 3-32 Vertido de grasas

Fuente: Autores

5. Abra la válvula de esfera 1, permitiendo la circulación de agua del tanque elevado al tanque de aireación. La válvula de esfera tiene que estar abierta en su totalidad.

Nota: Cuando se encuentra la válvula de esfera perpendicular a la tubería significa que está cerrada (Figura 3.33), y cuando se encuentra paralela a la tubería tenemos que está abierta (Figura 3.34).



Figura 3-33 Válvula de esfera cerrada

Fuente: Autores



Figura 3-34 Válvula de esfera abierta

Fuente: Autores

6. Llenar el tanque de aireación hasta 40 cm de altura (Figura 3.35). Siendo equivalente a 120 litros.

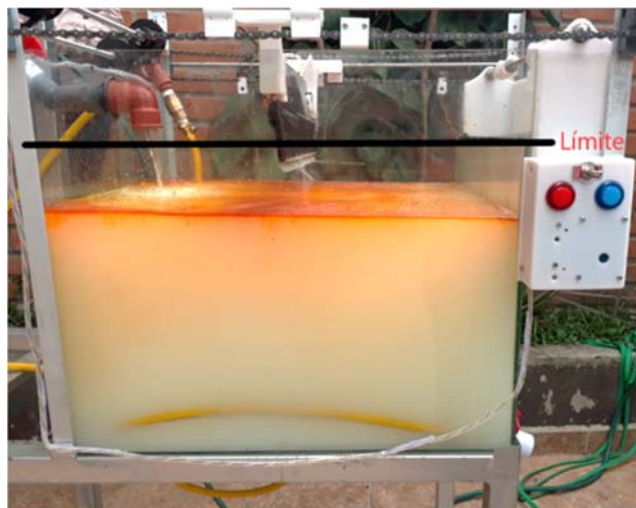


Figura 3-35 Medición del tanque de aireación

Fuente: Autores

7. Abrir la válvula esférica 2 para tomar en un recipiente una muestra del compuesto, antes de que empiece el proceso de aireación (Figura 3.36).



Figura 3-36 Muestra del proceso inicial

Fuente: Autores

8. Encender el compresor (Figura 3.37).

Nota: Llevar el botón rojo hacia arriba para encender el compresor y pulsarlo hacia abajo para apagarlo (Figura 3.38).



Figura 3-37 Compresor

Fuente: Autores



Figura 3-38 Botón encendido y apagado del compresor

Fuente: Autores

9. Regular la presión de aire de los manómetros a 20 PSI de las dos válvulas, una destinada del difusor de aire central y otra válvula de la manguera de aire lateral (Figura 3.39).



Figura 3-39 Manómetro izquierdo difusor de aire y manómetro derecho manguera de aire

Fuente: Autores

10. Airear la mezcla durante 10 min (Figura 3.40). Es necesario porque separa físicamente las grasas y aceites en el sistema de tratamiento del agua.



Figura 3-40 Aireación

Fuente: Autores

11. Apagar el compresor (Figura 3.41).

Nota: Pulsar el botón rojo hacia abajo para apagarlo y llevar el botón rojo hacia arriba para encender el compresor.



Figura 3-41 Botón encendido y apagado del compresor

Fuente: Autores

12. Esperar 5 minutos mientras la grasa y aceite es suspenda (Figura 3.42).



Figura 3-42 Suspensión de las grasas y aceites

Fuente: Autores

13. Mover el interruptor de palanca para el lado izquierdo para encender el sistema mecánico (Figura 3.43).



Figura 3-43 Interruptor encendido del sistema eléctrico

Fuente: Autores

14. Se debe reiniciar el sistema pulsando los botones rojo y azul al mismo tiempo (Figura 3.44).



Figura 3-44 Pulsadores encendido y apagado de la pala eléctrica

Fuente: Autores

15. Una vez reiniciado el sistema se encenderá el pulsador azul (Figura 3.45). Pulsarlo para que empiece a funcionar la pala de limpieza (Figura 3.46).



Figura 3-45 Pulsador de encendido

Fuente: Autores

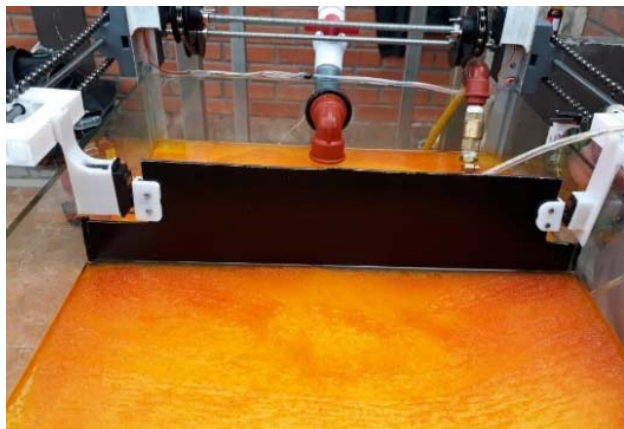


Figura 3-46 Pala eléctrica

Fuente: Autores

16. Esperar mientras se realiza la remoción de grasas y aceites mediante la limpieza eléctrica (Figura 3.47).

Nota: La pala se encuentra programada para realizar la limpieza 15 segundos a cada lado, moviéndose de derecha a izquierda y viceversa.



Figura 3-47 Limpieza con pala eléctrica

Fuente: Autores

17. Recoger las grasas y aceites en el depósito de recolección (Figura 3.48). Este depósito es parte del tanque de aireación.



Figura 3-48 Deposito de recolección

Fuente: Autores

18. Posterior a la recolección, se deberá apagar el sistema eléctrico.
Primero presionando el pulsador rojo (Figura 3.49).
Segundo moviendo hacia la derecha el interruptor de palanca (Figura 3.50).



Figura 3-49 Pulsador de apagado

Fuente: Autores



Figura 3-50 Interruptor de apagado del sistema eléctrico

Fuente: Autores

15. Se deberá tomar en un recipiente una muestra del compuesto del proceso final (Figura 3.51).



Figura 3-51 Muestra del proceso final

Fuente: Autores

16. Al obtener dos muestras la inicial y final, procederemos a comparar para obtener un resultado visual final (Figura 3.52).



Figura 3-52 Muestras comparativas

Fuente: Autores

19. Retirar el depósito de recolección, para depositar las grasas y aceites en un lugar adecuado.

Nota: el depósito de recolección debe de ser removido de su lugar manualmente (Figura 3.53).



Figura 3-53 Remoción del depósito de recolección

Fuente: Autores

20. Abrir la válvula esférica 2, la misma que sirve para vaciar el tanque de aireación.

Nota: Cuando se encuentra la válvula de esfera perpendicular a la tubería significa que está cerrada (Figura 3.54), y cuando se encuentra paralela a la tubería tenemos que está abierta (Figura 3.55).



Figura 3-54 Válvula esfera cerrada

Fuente: Autores



Figura 3-55 Válvula de esfera abierta

Fuente: Autores

21. Limpiar el prototipo de manera manual (Figura 3.56).

Sugerencia: Considerar para la limpieza: cepillo de ropa o lustre verde, líquidos o polvos antigrasas.



Figura 3-56 Limpieza manual del prototipo

Fuente: Autores

CONCLUSIONES

Se llegó a construir un modelo físico a escala de laboratorio que dependiendo del tipo de ensayo que se realice, crea una imagen visualmente apreciativa de como las grasas y los aceites quedan atrapados con las burbujas de aire provocando su suspensión.

El separador de grasas y aceites tipo FAI diseñado y construido a escala de laboratorio ayudará a los estudiantes a comprender los conceptos teóricos adquiridos en clase sobre el tema, además que los docentes tendrán un apoyo didáctico al momento de impartir sus clases.

La guía metodológica realizada ayudará al estudiante en sus prácticas de laboratorio, proponiendo en esta una manera simple y entendible de ejecutar los ensayos. Es por esto que se proponen varios tipos de ensayo dependiendo de la necesidad del estudio.

La eficiencia del sistema de separación de grasas y aceites por aire inducido depende principalmente de la relación entre la cantidad de aire liberado y las partículas de grasa existentes en el medio acuoso, además del tiempo de aireación.

En cuanto a los ensayos realizados se obtuvo una suspensión del 92% de aceites vegetales de cocina, mientras que en grasas animales se obtuvo un 6%

RECOMENDACIONES

Seguir los pasos de la guía metodológica de manera secuencial para no llegar a alterar las condiciones del ensayo.

Al momento de prender el compresor para que se llene su tanque se debe tener en cuenta de que el manómetro que indica la presión interna del tanque (manómetro del lado derecho), no llegue a sobre pasar los 120 psi por seguridad.

Abrir las válvulas del compresor poco a poco hasta unos 20 psi. No abrirlas completamente ya que a pesar de que a mayor presión aumenta el número de burbujas se recomienda no sobrepasarlo puesto que podría provocar turbulencias exageradas dando como resultado que el agua se reemulsione disminuyendo el porcentaje de remoción.

Procurar mantener el compresor en un lugar completamente plano para evitar problemas en su funcionamiento.

Limpiar los tanques correctamente luego de cada ensayo, tal y como se lo especificó en el capítulo 3, para evitar que las grasas y aceites se acumulen en las paredes del prototipo y generen molestias visuales al realizar ensayos posteriores.

Al momento de tomar las muestras en los recipientes de vidrio se debe asegurar que estos estén completamente limpios para que la muestra no se altere.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, D. E. (2014). *Diseño de un sistema de flotación por aire disuelto (F.A.D) para mejorar la calidad del agua residual de la industria láctea el Ordeño y la Corpabe*. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8646>
- Alvarez Da Costa, A. A. (2009). PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES INDUSTRIALES. Sartenejas: Universidad Simón Bolívar.
- Alviz, A., & Cueto, D. (2012). *Diseño de un sistema de aireación para una planta de lodos activados en zofranca Mamonal*. Universidad de Cartagena.
- Cheremisnoff, N. P., & Davletshin, A. (2015). *Hydraulic Fracturing Operations (1a ed.)*. New Jersey: Scrivener.
- Compra Total. (2019). *Niple con rosca hembra de 1/4" para acople rápido*. Obtenido de Compra Total: https://www.compratotal.com/products/niple-rosca-hembra-de-1_4-plg-para-acople-rapido?variant=21532008391
- Disensa. (2018). *Kalipega 0500 cc - Plastigama*. Obtenido de Disensa: <https://www.disensa.com.ec/kalipega-0500-cc-plastigama/p>
- Disensa. (2018). *Neplo R/R PP 1 1/2 con Tuerca - Plastigama*. Obtenido de Disensa: <https://www.disensa.com.ec/neplo-r-r-pp-1--1-2--con-tuerca-plastigama/p>
- ELECTROPUERTO. (2019). *Varilla Roscada 3/8 Bsw16 Accinc 838420*. Obtenido de Mercado Libre: https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-735465717-varilla-roscada-38-bsw16-accinc-838420-_JM
- Forero, E. J., Ortiz, O. P., & Duque, J. J. (2007). Designed and Application of Flotation Systems for the Treatment of Reinjected Water in a Colombian Petroleum Field. *Ciencia, Tecnología y Futuro*, 147-158.
- Forero, J. E., Díaz, J., & Blandón, V. (1999). Diseño de un nuevo sistema de flotación para tratamiento de aguas industriales. *Ciencia, Tecnología y Futuro*, 67-75.
- Grifesa Ltda. (2019). *Niple 3/8" x 1/2" He - He*. Obtenido de Grifesa: <https://www.grifesa.cl/producto/niple-38-x-12-he-he/>

- Iglesias, D., Carreño, F., & Carrillo, A. N. (2015). *Sustentabilidad Productiva Sectorial. Algunas evidencias de aplicación (1a ed.)*. México: UAEMex.
- JELELECTRONICA. (2019). *Balero Rodamiento Lineal Lm8uu 8x15x24mm*. Obtenido de Mercado Libre: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-557691905-balero-rodamiento-lineal-lm8uu-8x15x24mm-_JM?quantity=1#reco_item_pos=1&reco_backend=combos-fbm-v5&reco_backend_type=low_level&reco_client=vip_combo&reco_id=c1a519f0-5697-4801-b688-8b85e91caa3a
- JELELECTRONICA. (2019). *Varilla Eje Riel Lineal 300 Mm, Diametro 8 Mm, Cnc, 3d Print*. Obtenido de Mercado Libre: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-571351983-varilla-eje-riel-lineal-300-mm-diametro-8-mm-cnc-3d-print-_JM?quantity=1
- Jiménez, S. (2012). *Estudio teórico para el control de la contaminación por grasas y aceites generada por la actividad industrial, doméstica y de servicios*. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Ludepa. (2017). *Neplo PVC Para Agua Caliente o Fría*. Obtenido de Ludepa: <http://www.ludepa.ec/productos/tuberia/neplo-pvc-para-agua-caliente-o-fria/>
- Marchas & Rutas. (24 de julio de 2019). *Roldanas, su importancia en la transmisión de la bicicleta*. Obtenido de Marchas & Rutas: <https://www.marchasyrutas.es/blog/roldanas-transmision-mantenimiento/>
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Registro Oficial (N° 378)*. Ecuador. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>
- Monge, V. E. (2015). *Evaluación Técnica del Separador API para las Aguas Oleaginosas del Área de Producto Negro del Plantel de RECOPE en El Alto de Ochomogo*. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Petrovskava, N. (2007). *FUNDAMENTALS OF THE THEORY OF FLOTATION*. Ekaterimburgo: Ajur.
- Prakash, R., Majumder, S. K., & Singh, A. (2010). Flotation Technique: Its Mechanisms and Design Parameters. *Chemical Engineering & Processing: Process Intensification*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.cep.2018.03.029>

- Romero, J. A. (2004). *Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y principios de diseño (3a ed.)*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Rubio, J., Souza, M. L., & Smith, R. W. (2002). Overview of flotation as a wastewater treatment technique. *Minerals Engineering*, 139-155.
- Sánchez, J. I. (2011). *Uso de trampas de grasa para disminuir la carga contaminante de grasas y aceites emitida a la red municipal de drenaje*. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Shammas, N., Wang, L., Selke, W., & Aulenbach, D. (2014). *Separation of Oil from Wastewater by Air Flotation (12a ed.)*. New York: Humana Press.
- SODIMAC. (2019). *Tubo PVC Agua 1/2" x 5 m c/r*. Obtenido de SODIMAC: <https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/1202529/tubo-pvc-agua-1-2-x-5-m-c-r>
- Tiendatec. (2019). *Módulo Rele 4 Canales 5V para Arduino*. Obtenido de Tiendatec: <https://www.tiendatec.es/arduino/reles/523-modulo-rele-4-canales-5v-para-arduino-8405231430008.html>
- Vidales, M. P., Leos, M. Y., & Campos, M. G. (2010). Extracción de grasas y aceites en los efluentes de una Industria Automotriz. *Ciencia Tecnológica*, 29-34.
- Vidri. (2019). *Adaptador rosca macho de pvc, 1/2"*. Obtenido de Vidri: <https://www.vidri.com.sv/producto/267/Adaptador-rosca-macho-de-pvc-1-2%27%27.html>

ANEXOS

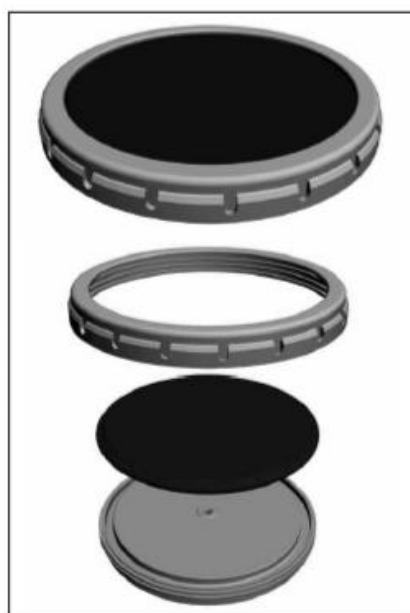
Anexo 1

Ficha técnica difusor de burbuja fina diámetro 9" proporcionado por aquagroup

SSI™ FINE BUBBLE DIFFUSERS

AFD270 9" DISC

- Highest possible quality and technology means years of trouble-free efficient operation.
- Highest possible SOTE independently tested per ASCE, and lowest possible headloss.
- Industry Standard Size and Shape. Membranes are interchangeable with (3) other manufacturers.
- Experienced Engineering and Drafting staff with years of practice to assist you.
- Simple and quick installation with QC Saddle or Grommet.
- 212° F (100° C) temperature resistance and environmentally-friendly polypropylene body.
- Compression-molded membranes with individual thermocouples in each cavity = 100% quality control.
- Each membrane checked for even perforation depth to ensure uniform air release.
- Low membrane plasticizer content to reduce shrinkage and hardening, but enough to avoid creep.
- Multiple integral check valves keep your aeration piping system clean.
- 21st century-special materials, such as PTFE, fEPDM, as well as reinforced and coated ultra fine bubble membranes for outstanding chemical or fouling resistance, or for the highest oxygen transfer efficiency at a headloss you can live with.
- In stock on 3 continents in 4 locations.



MEMBRANES



EPDM

- Excellent conventional material
- No encapsulation



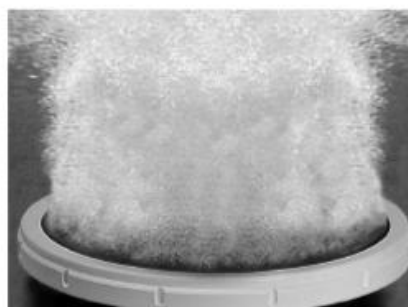
fEPDM

- Superior chemical resistance
- Complete surface and slit encapsulation



PTFE

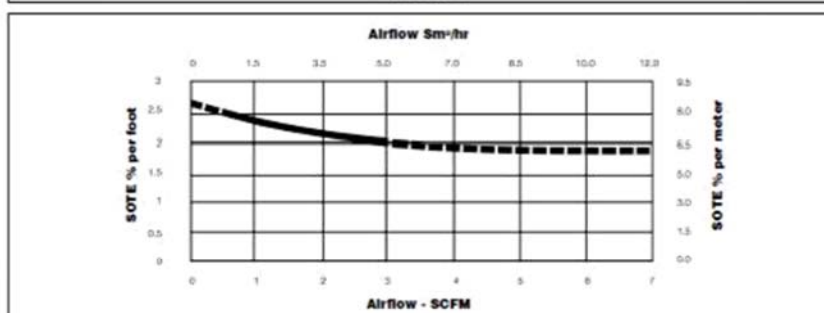
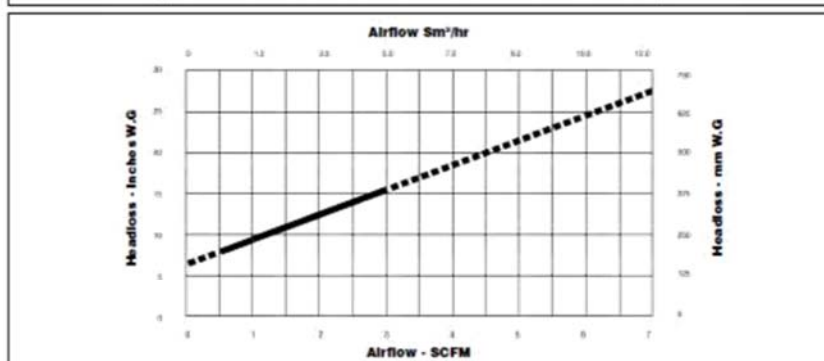
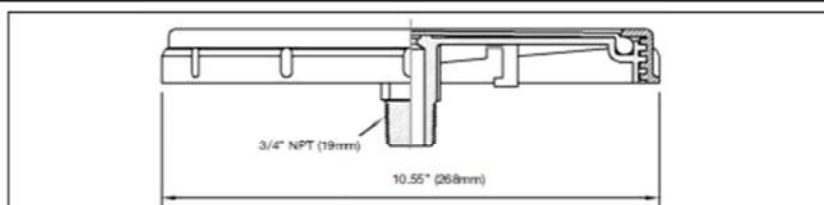
- Best fouling resistance
- Non-stick coating
- Surface encapsulation



Please see reverse for additional technical data



STAMFORD SCIENTIFIC
INTERNATIONAL
INCORPORATED

SSI[®] FINE BUBBLE DIFFUSERS *continued***AFD270 9" DISC**

DESIGN FLOW	FLOW RANGE	ACTIVE SURFACE AREA	SLIT QUANTITY	WEIGHT
1.5 - 3.0 SCFM (2.5-5.0 Sm³/hr)	0-7 SCFM (0-12 Sm³/hr)	0.41 ft² (0.0375 m²)	6,600	1.5 lbs (680 g)



STAMFORD SCIENTIFIC
INTERNATIONAL
INCORPORATED