



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES

Análisis del porcentaje de ahorro del agua potable en una lavadora de vehículos mediante recirculación y tratamiento de la misma.

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
INGENIERA CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES

Autor:

ANA ESTEFANÍA MEJÍA CARPIO

Director:

JOSUÉ BERNARDO LARRIVA VÁSQUEZ

CUENCA - ECUADOR

2016

DEDICATORIA

A mis padres Iván Alejandro, Anita Lucía quienes con su apoyo incondicional, amor y su ejemplo de perseverancia, responsabilidad y dedicación me guiaron para cumplir siempre con todas las metas que me imponga en el camino.

A mis hermanos María Alejandra e Iván Alexander que tuvieron la paciencia y el cariño para apoyarme en todo momento durante este trayecto.

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi guía y fortaleza durante toda mi vida.

A mis padres por confiar en mí durante todo este camino y ser los guías incondicionales
para la culminación de este proyecto.

A mi Director de Tesis Ing. Josué Larriva por brindarme sus conocimientos, su paciencia
y colaboración absoluta en la realización de este proyecto.

A mis profesores que a lo largo de la carrera me han sabido brindar su sabiduría y
conocimientos que hicieron que fuera posible llegar hasta este punto.

A mis amigos y todos quienes estuvieron siempre a lo largo de este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1 LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	4
1.1 Introducción	4
1.2 Características generales de una lavadora de vehículos.....	4
1.3 Calidad del agua.....	7
1.4 Estudios realizados en las muestras con pruebas de laboratorio.....	16
1.4.1 Resultados del laboratorio.....	16
1.5 Tratamientos.....	25
1.5.1 Trampa de grasas.....	27
1.5.2 Desarenador.....	31
1.5.2.1 Especificaciones de diseño.....	34
1.5.2.2 Teoría de la sedimentación	35
CAPÍTULO 2: DIMENSIONAMIENTO DE TRATAMIENTOS Y SISTEMA DE RECIRCULACIÓN	42
2.1 Introducción	42

2.2 Diseño tratamiento de agua.....	42
2.2.1 Diagramas de flujo de los procesos de tratamiento.....	42
2.3 Diseño sistema de recirculación.....	43
2.3.1 Almacenamiento y distribución del agua.....	43
2.3.2 Caudal diario	43
2.3.3 Consumo medio diario y determinación de volúmenes de tanques de almacenamiento.....	50
2.3.4 Estación de bombeo	51
2.3.4.1 Bomba para lavado de vehículos	52
2.3.4.2 Caudal de bombeo.....	55
2.3.4.3 Niveles de arranque y parada	55
2.3.4.4 Tanque de bombeo	55
2.4 Diseño tanque para reservorio de aguas lluvias	56
2.4.1 Tanque almacenamiento aguas lluvias.....	57
2.5 Diseño tanque de almacenamiento o cisterna.	58
2.5.1 Tanque de almacenamiento.....	58
2.6 Trampa de grasa	61
2.7 Desarenador.....	63
CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE RESULTADOS	74
3.1 Introducción	74
3.2 Análisis económico y presupuesto del proyecto	74
3.2.1 Presupuesto del proyecto	74
3.3 Comparaciones de costos y ahorro.....	75
CONCLUSIONES.....	81
GLOSARIO	83
BIBLIOGRAFÍA.....	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.	8
Tabla 1. 2 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.	10
Tabla 1. 3 Distribución parroquial de lavadoras de vehículos en Cuenca.	12
Tabla 1. 4 Información Catastral de las lavadoras de vehículos de Cuenca.	13
Tabla 1. 5 Valores de análisis muestra 284Q-1.....	17
Tabla 1. 6 Valores de análisis muestra 284Q-2.....	17
Tabla 1. 7 Valores promedio del agua utilizada en el lavado de vehículos	18
Tabla 1. 8 Valores de análisis muestra AM 01	20
Tabla 1. 9 Valores de análisis muestra AM 02	20
Tabla 1. 10 Valores de análisis muestra AM 03	21
Tabla 1. 11 Valores de análisis muestra AM 04	21
Tabla 1. 12 Valores de análisis muestra AM 05	22
Tabla 1. 13 Valores de análisis muestra AM 06	22
Tabla 1. 14 Valores de análisis muestra AM 07	23
Tabla 1. 15 Valores de análisis muestra AM 08	23
Tabla 1. 16 Valores promedio del agua después del lavado de vehículos	24
Tabla 1. 17 Valores promedio del agua después de pasar por los tratamientos.....	24
Tabla 1. 18 Niveles de tratamiento de aguas residuales, descripción de cada uno de ellos y procesos unitarios para lograr el nivel de tratamiento correspondiente.....	27
Tabla 1. 19 Dimensiones recomendadas para las trampas de grasa, según el caudal de diseño.	30
Tabla 1. 20 Clasificación del material en suspensión según su tamaño.....	32
Tabla 1. 21 Valores de temperatura y viscosidad cinemática del agua.....	35
Tabla 1. 22 Condiciones para remoción.....	40
Tabla 2. 1 Día 1 lunes 23 de mayo de 2016.....	44
Tabla 2. 2 Valores día 1	44
Tabla 2. 3 Día 2 martes 24 de mayo de 2016.....	45

Tabla 2. 4 Valores día 2	45
Tabla 2. 5 Día 3 miércoles 25 de mayo de 2016.....	46
Tabla 2. 6 Valores día 3	46
Tabla 2. 7 Día 4 jueves 26 de mayo de 2016	47
Tabla 2. 8 Valores día 4	47
Tabla 2. 9 Día 5 viernes 27 de mayo de 2016.....	48
Tabla 2. 10 Valores día 5	48
Tabla 2. 11 Día 6 sábado 28 de mayo de 2016	49
Tabla 2. 12 Valores día 6	49
Tabla 2. 13 Volumen promedio diario y caudal promedio diario.....	50
Tabla 2. 14 Consumo (máximo) en la actividad de lavado de vehículos.....	51
Tabla 2. 15 Área lateral de bombeo	56
Tabla 2. 16 Área cubierta de administración	57
Tabla 2. 17 Volumen anual recuperado de cubierta de administración	57
Tabla 2. 18 Máxima capacidad de una lavadora de vehículos.....	58
Tabla 2. 19 Volumen por vehículo.....	59
Tabla 2. 20 Horario de atención de lavadora de vehículos tipo	59
Tabla 2. 21 Caudal máximo (lts/min)	59
Tabla 2. 22 Número de ciclos de lavado por día.....	60
Tabla 2. 23 Caudal máximo diario (lts/min)	60
Tabla 2. 24 Volumen máximo diario (lts).....	60
Tabla 2. 25 Valores de catálogo empresa Plastigama para tanque de almacenamiento .	61
Tabla 2. 26 Parámetros a utilizarse en una trampa de grasa	62
Tabla 2. 27 Relaciones de transformación	62
Tabla 2. 28 Dimensiones trampa de grasa	63
Tabla 2. 29 Comprobación de valores de trampa de grasa	63
Tabla 2. 30 Cálculos desarenador	64
Tabla 3. 1 Sólidos suspendidos parámetros a utilizar	75
Tabla 3. 2 Combinación de agua potable y agua tratada.....	76
Tabla 3. 3 Grasas parámetros a utilizar.....	76

Tabla 3. 4 Resultados y porcentajes de combinación de agua potable y tratada	77
Tabla 3. 5 Costo mensual de electricidad.....	77
Tabla 3. 6 Valor mensual de ahorro de agua.....	78
Tabla 3. 7 Ahorro mensual.....	78
Tabla 3. 8 Tiempo estimado de recuperación de inversión.....	78
Tabla 3. 9 Volumen de agua recuperado.....	79
Tabla 3. 10 Caudal que genera el volumen recuperado	79
Tabla 4. 1 Formato para control de actividades de mantenimiento	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Tipo de lavadora de vehículos convencional.....	5
Figura 1. 2 Tipo de lavadora de vehículos convencional vista 3D.	5
Figura 1. 3 Tipo de lavadora de vehículos convencional vista superior.	6
Figura 1. 4 Tipo de lavadora de vehículos convencional vista frontal.....	6
Figura 1. 5 Ubicación lavadora 1. Pumapungo s/n y Pancho Villa.....	14
Figura 1. 6 Ubicación lavadora 2. Pumapungo s/n y Benito Juárez.	14
Figura 1. 7 Ubicación lavadora 3. Yanahurco s/n y Río Paute.	15
Figura 1. 8 Ubicación lavadora 4. Veinte y cuatro de mayo s/n y 5 de junio	15
Figura 1. 9 Trampa de grasa simple.	31
Figura 1. 10 Desarenador vista superior	33
Figura 1. 11 Desarenador vista frontal	34
Figura 1. 12 Trayectoria de las partículas	37
Figura 2. 1 Curva y datos de prestación 4SR	54
Figura 2. 2 Tanque de almacenamiento Plastigama.....	61

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Ubicación dentro de la ciudad de Cuenca de lavadoras de vehículos existentes en el catastro de ETAPA E.P.	86
Anexo 2 Ubicación dentro de la ciudad de Cuenca de lavadoras de vehículos existentes.	87
Anexo 3 Triclorotrifluoroetano- Soluble en aceite y grasa Flotables	88
Anexo 4 Secado de los sólidos totales a 103-105 ° C	91
Anexo 5 Sólidos Disueltos Totales secados a 180 ° C.....	93
Anexo 6 Sólidos Suspendidos Totales seca a 103-105 ° C.....	96
Anexo 7 Sólidos sedimentables	99
Anexo 8 Diagrama de flujo de los tratamientos.....	101
Anexo 9 Presupuesto Construcción tratamiento	102
Anexo 10 Análisis de precios unitarios construcción tratamiento	103
Anexo 11 Planos del diseño de tratamientos de agua	109
Anexo 12 Manual de operaciones del sistema.	110
Anexo 13 Manual de mantenimiento preventivo planificado.	111

**ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE AHORRO DEL AGUA POTABLE EN UNA
LAVADORA DE VEHÍCULOS MEDIANTE RECIRCULACIÓN Y
TRATAMIENTO DE LA MISMA.**

RESUMEN

Con el fin de disminuir el consumo de agua potable de las lavadoras de vehículos para que esta pueda ser aprovechada, se plantea el análisis del agua que es utilizada en esta actividad, para así establecer qué porcentaje del agua tratada al final de esta actividad se puede reutilizar en función de la calidad del agua de salida del tratamiento y la requerida para el lavado. Se hace un análisis de las dimensiones de los tratamientos tipo para estos comercios y el porcentaje de ahorro se determina en función de análisis de laboratorio realizados a la calidad del agua de cuatro lavadoras tipo.

Palabras clave: análisis, agua potable, recirculación, tratamientos, desarenador, trampa de grasa.



Josue Bernardo Larriva Vásquez

Director del Trabajo de Titulación



Paul Cornelio Cordero Díaz

Director de Escuela



Ana Estefanía Mejía Carpio

Autora

**ANALYSIS OF THE PERCENTAGE OF WATER SAVING IN A CAR WASH
BY MEANS OF ITS RECIRCULATION AND TREATMENT**

ABSTRACT

In order to reduce the consumption of potable water in car washes so that it can be reused, an analysis of the water used in this activity is proposed to establish what percentage of treated water at the end of this activity can be reused according to the quality of the outgoing water used in the treatment and the required for the washing. An analysis of the type of treatments dimensions for these car washers is carried out, and the percentage of savings is determined by laboratory analysis to the quality of water of four types of car washes.

Keywords: Analysis, Potable Water, Recycling, Treatment, Sand Trap, Grease Trap.


Josue Bernardo Lariya Viquez
Thesis Director


Paul Cornelio Cordero Diaz
School Director


Ana Estelania Mejia Carpio
Author

Mejía Carpio Ana Estefanía

Trabajo de Graduación

Ing. Josué Bernado Larriva Vásquez

Noviembre, 2016

**ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE AHORRO DEL AGUA POTABLE EN UNA
LAVADORA DE VEHÍCULOS MEDIANTE RECIRCULACIÓN Y
TRATAMIENTO DE LA MISMA**

INTRODUCCIÓN

El uso de diversas fuentes hídricas, así como el uso de agua potable para diferentes actividades como el lavado de vehículos representa un incremento en el uso de este recurso que puede llegar a ser excesivo, cuando el primer fin del agua potable es el consumo humano. La normativa nacional prevé diferentes criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos como: riego, uso recreativo.

Las lavadoras de autos convencionales utilizan agua potable como fuente primaria de sus actividades, la cual es contaminada con arenas, grasas, aceites y detergentes por lo que para su reutilización esta agua debe pasar por algunos tratamientos, mismos que se encargarán de la remoción de las sustancias o sólidos que no se necesitan para que el agua sea reutilizada.

Con el fin de disminuir el consumo de agua potable para una actividad que no requiere de este nivel de calidad de servicio, en el presente trabajo se plantea la posibilidad de reutilizar el agua del lavado de vehículos de una lavadora de carros, mediante la realización de ensayos del agua y un diseño para la recirculación de la misma junto con la captación del agua lluvia mediante un tanque. Los análisis realizados y sus resultados se resumen en el siguiente trabajo.

Antecedentes

Aunque la captación y drenaje de aguas pluviales datan de tiempos antiguos, la recogida de aguas residuales no aparece hasta principios del siglo XIX, mientras que el tratamiento sistemático de las aguas residuales data de finales del siglo pasado y principios del presente. Hasta ese momento se había profundizado poco en la relación entre contaminación y enfermedades, y no se había aplicado al tratamiento de aguas residuales la bacteriología. A principios del siglo XIX, los daños causados y las condiciones sanitarias impulsaron una creciente demanda de mayor eficiencia en el tratamiento y gestión de las aguas residuales. (Metcalf & Eddy, 2002)

En toda sociedad existe generación de residuos tanto sólidos como líquidos, los cuales deben ser tratados de manera eficiente y correcta evitando su acumulación que conlleva a la generación de gases malolientes, presencia de microorganismos patógenos causantes de enfermedades, residuos industriales, por lo que nace la ingeniería sanitaria que aplica los principios básicos de la ingeniería a los problemas de control de aguas contaminadas. (Metcalf & Eddy, 2002)

Justificación

Existe una gran preocupación que ha ido creciendo en los últimos años debido al consumo indiscriminado de los recursos naturales y su contaminación, con especial énfasis en el consumo de agua potable, líquido vital para las personas. La ciudad de Cuenca cuenta con el apoyo de la empresa municipal ETAPA, que está en funcionamiento alrededor de 40 años; quienes cuentan con los servicios de agua y saneamiento cubriendo lo que respecta a agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.

No obstante el agua potable se utiliza en diversas actividades tal como el lavado de vehículos, que no necesita de tal calidad del agua para cumplir con dicha actividad, por lo tanto se realizará el diseño un sistema de recirculación de agua a partir del estudio y análisis del agua utilizada en una lavadora de vehículos y de salida de los tratamientos existentes para la remoción de impurezas.

Objetivo general:

Calcular el porcentaje de ahorro de agua potable que se da con un sistema de tratamiento de agua utilizada en lavadoras de vehículos a través de diversos tratamientos incluida la recolección de aguas lluvias.

Objetivos específicos:

- Analizar el consumo de una lavadora convencional y cuál es la exigencia de tratamiento de acuerdo a la normativa vigente
- Evaluar y analizar la calidad de agua que se puede obtener después de realizar el lavado de vehículos, así como después de los tratamientos exigidos
- Diseñar un sistema de tratamiento complementario, así como del sistema de recirculación para la lavadora de vehículos.

CAPÍTULO 1

LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1.1 Introducción

El uso de agua potable para diferentes actividades en la vida cotidiana llega a contaminar este recurso tan importante, existen diferentes tratamientos para su reutilización. En este capítulo se presentarán tratamientos y diferentes procesos que el agua debe recibir para la remoción de sustancias innecesarias para su reciclaje. Estos procesos se pueden combinar para mejorar la calidad del agua y así esta pueda servir nuevamente en otras actividades que no necesiten un nivel de limpieza tal como para el consumo humano, en este caso se eliminarán sólidos en suspensión y grasas del agua para que sirva en el lavado de un vehículo, lo cual se consigue con la utilización de tratamientos preliminares de aguas residuales tales como trampa de grasas y desarenador.

1.2 Características generales de una lavadora de vehículos

Una lavadora convencional de vehículos cuenta básicamente con tres áreas de trabajo:

- Un área administrativa: donde se encuentra el personal de la empresa y se realizan actividades tales como cobro de servicio de lavado, venta de artículos entre otras, también cuenta con un baño para administración.
- Un área de maniobras en el cual se realizan las actividades de prelavado, secado y espera. El área de espera cuenta con baños para los clientes y para los trabajadores.
- El área de lavado, en la cual se encuentran las fosas y los sistemas de tratamiento del agua para su posterior recirculación.



Figura 1. 1 Tipo de lavadora de vehículos convencional.

En este esquema se puede apreciar cómo está distribuida una lavadora de vehículos tipo, de la cual realizará el estudio para aplicar los tratamientos de recirculación del agua utilizada en este esbozo.

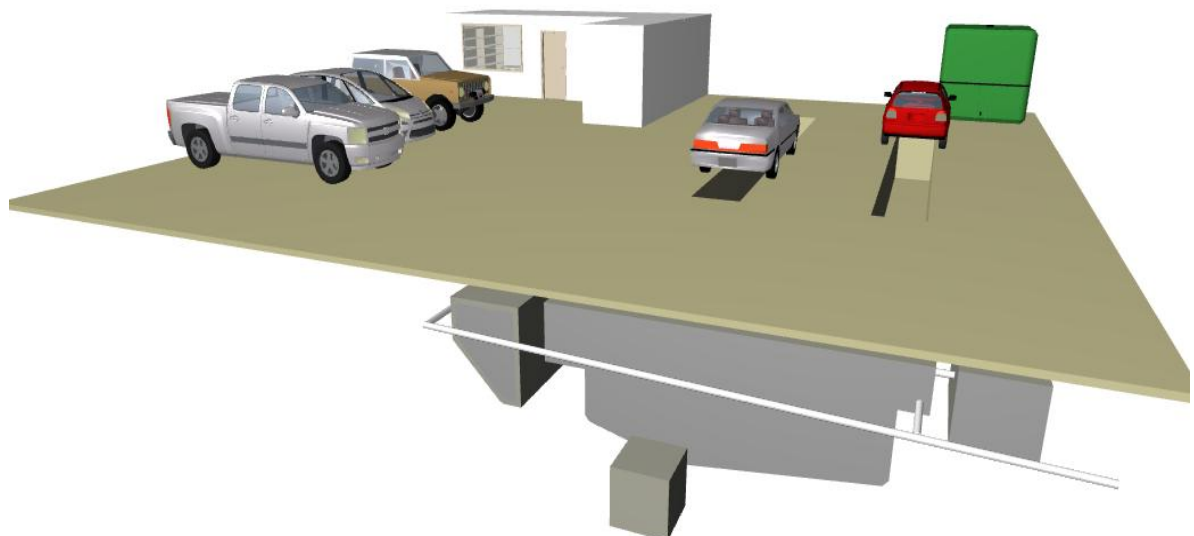


Figura 1. 2 Tipo de lavadora de vehículos convencional vista 3D.



Figura 1. 3 Tipo de lavadora de vehículos convencional vista superior.

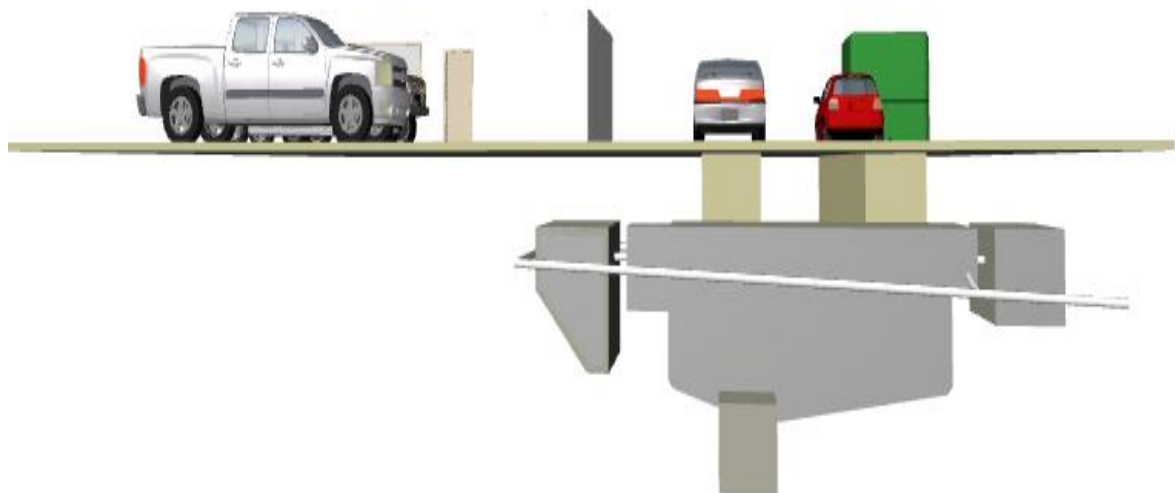


Figura 1. 4 Tipo de lavadora de vehículos convencional vista frontal.

Desde el punto de vista sanitario, las actividades que tienen relación con el consumo directo de agua potable en una lavadora de vehículos, son: aseo, ingesta, y atención de las necesidades biológicas del personal y clientes. Desde el punto de vista comercial el agua potable se utiliza en el lavado de vehículos y limpieza del establecimiento. De lo anteriormente señalado únicamente se tomarán en cuenta las aguas residuales que resultan de la actividad del lavado de vehículos.

Como consecuencia de las actividades anteriores se generan aguas residuales de características típicas para este tipo de comercios, con altos contenidos de sólidos, grasas y detergentes, siendo éstas dirigidas al sistema de tratamiento interno (trampa de grasas, desarenador) previo a su descarga al sistema de alcantarillado; ya que debido a la legislación existente el agua no puede ser vertida directamente al sistema de alcantarillado sin pasar por un previo tratamiento que disminuya sus contaminantes y su impacto ambiental y sanitario.

1.3 Calidad del agua

Para continuar con el presente trabajo se debe considerar que tipo de agua se utiliza en una lavadora de vehículos y los requerimientos que esta necesita para que sea reutilizable, sin dejar de lado la calidad que debe tener el agua para ser descarga al alcantarillado misma que debe cumplir con la normativa de nuestro país, para ello se especifica la calidad del agua que se utiliza en una lavadora de vehículos.

Se habla de agua para consumo humano y uso doméstico debido a que esta es la calidad de agua que utilizan normalmente las lavadoras de vehículos y solo se mencionan algunos parámetros debido a que son los más importantes para que el sistema funcione correctamente.

Se entiende por agua para consumo humano y uso doméstico aquella que se emplea en actividades como:

- Bebida y preparación de alimentos para consumo

- Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios
- Fabricación o procesamiento de alimentos en general.

Según la norma se aplica a la captación del agua y se refiere a las aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de tratamiento convencional, deberán cumplir con los siguientes criterios:

Tabla 1. 1 Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Sólidos disueltos totales		mg/l	1 000
Sólidos suspendidos		mg/l	0

Fuente: (MAE)

Mientras que las aguas residuales que resultan del lavado de vehículos tienen diferentes parámetros, en el actual proyecto se tomaron como referencia únicamente algunas de las características físicas y químicas del agua debido a que no es necesario una profundización en el tema puesto que no se realizará una purificación del agua utilizada para el consumo humano, sino solamente se utilizarán tratamientos preliminares y primarios para la reutilización del agua en una lavadora de vehículos.

Características físicas:

- Sólidos suspendidos
- Sólidos sedimentables
- Sólidos totales
- Sólidos disueltos

Características químicas:

- Grasas
- Aceites
- Detergentes

Cabe mencionar que es importante la eliminación de sólidos en suspensión del agua residual debido a que pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango (Metcalf & Eddy, 2002) que son perjudiciales para la circulación del agua debido a que pueden obstruir las tuberías y los equipos que se utilizan como bombas.

Dentro de la legislación actual se establecen los parámetros (valores máximos permisibles) de descarga lícitos hacia el sistema de alcantarillado de aguas residuales, los cuales se llegan a obtener a partir de diferentes tratamientos, únicamente se mencionará la separación de grasas y desarenador para la reutilización del agua, lo que puede llegar a valores menores a los máximos permisibles de descarga, para establecer estos valores es necesario tener presente que dichos datos vendrán dados por la bomba que se utilice para la recirculación del líquido.

Tabla 1. 2 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite permisible	máximo
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100	
Caudal Máximo		l/s	1.5 vcs el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO_5	mg/l	250	
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500	
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	20	
Materia flotante	Visible		Ausencia	
Potencial de hidrógeno	pH		5 – 9	
Sólidos Sedimentables		ml/l	20	
Sólidos Suspendedos totales		mg/l	220	
Sólidos totales		mg/l	1600	
Temperatura	°C		< 40	

Fuente: (MAE)

De los valores que constan en la Tabla 1.2 los que interesan en el presente trabajo son los de aceites-grasas y sólidos suspendidos, con el propósito de poder realizar las diferentes comparaciones y de esta forma utilizar adecuadamente el tratamiento para la recirculación del agua.

Es importante mencionar que en la ciudad de Cuenca existen varias empresas dedicadas al lavado de vehículos y que ETAPA E.P. posee diferente información de estos comercios

de los cuales existe la ubicación de 170 de estas empresas. Dentro del Anexo 1 y Anexo 2 se pueden identificar los siguientes datos:

- Ubicación de las lavadoras de vehículos en la ciudad de Cuenca,
- Distribución de lavadoras por parroquias urbanas de la ciudad de Cuenca,
- Ubicación de las lavadoras de vehículos con respecto a los ríos de la ciudad de Cuenca.

Para el presente trabajo de las lavadoras y lubricadoras de vehículos registradas en la ciudad de Cuenca según el catastro de ETAPA E.P., se tomaron cuatro muestras aleatorias de cuatro diferentes establecimientos para efectuar las diversas pruebas de laboratorio correspondientes a sólidos totales, sólidos disueltos, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, grasas y detergentes que fueron conformadas de dos muestras por empresa, haciendo un total de ocho muestras para analizar.

La primera fue utilizada hacia la obtención de la calidad del agua luego del uso directo de la misma, mientras que la segunda muestra se utilizó para determinar los parámetros a eliminar del agua, es decir el agua que ya pasa por el sistema interno de tratamiento.

Tabla 1. 3 Distribución parroquial de lavadoras de vehículos en Cuenca.

PARROQUIA	NÚMERO
Bella Vista	5
Cañaribamba	4
El Batán	15
El Sagrario	0
El Vecino	15
Gil Ramírez	0
Hermano Miguel	7
Huayna Capac	12
Machángara	6
Monay	50
San Blas	7
San Sebastián	10
Sucre	7
Totoracocha	14
Yanuncay	15
Externas	3

Debido a que la ciudad de Cuenca está favorecida por su distribución orográfica, las empresas de lavado de vehículos aprovechan esta característica para beneficio propio, situando sus negocios lo más cerca posible de los ríos y así aprovechando al máximo de esta posición.

Alrededor de 15 lavadoras de la ciudad, más todas las lavadoras ubicadas en la parroquia de Monay, aprovechan de esta particularidad de Cuenca, haciendo de su ubicación un punto estratégico para las empresas de lavadoras de vehículos.

Considerando que en el sector de Monay hay una gran concurrencia de este tipo de empresas se tomaron dos muestras del mismo lugar para optimizar los resultados de las pruebas de laboratorio.

En la siguiente tabla se encuentra la información de las empresas seleccionadas para tomar las muestras de laboratorio y hacer el análisis respectivo de las mismas.

Tabla 1. 4 Información Catastral de las lavadoras de vehículos de Cuenca.

RUC	NUMERO DE MEDIDOR, CLAVE CATRASTRAL	RAZÓN SOCIAL	DIRECCIÓN
0101326544001	A0027745	VASQUEZ MOGROVEJO MIGUEL LEONARDO	Calle: pumapungo número: s/n Intersección: Pancho Villa Referencia: tras el Consejo Provincial
0103071841001	A0027738	TIRADO MARIN VICTOR DAVID	Calle: pumapungo número: s/n Intersección: benito Juárez Referencia: a tres cuadras de Monay Shopping
0103217279001	A0025837	ARCE VASQUEZ LUZ GENOVEVA	Calle: yanahurco número: s/n Intersección: río paute Referencia: frente a la Lavadora López
0105053144001		CALDERON QUINCHE JORGE RODRIGO	Calle: veinticuatro de mayo número: s/n Intersección: 5 de Junio Referencia: a tres cuadras de la universidad del azuay

Fuente: ETAPA E.P. 2014

De las empresas seleccionadas para realizar los análisis podemos identificar su ubicación dentro de la ciudad de Cuenca en las siguientes imágenes:

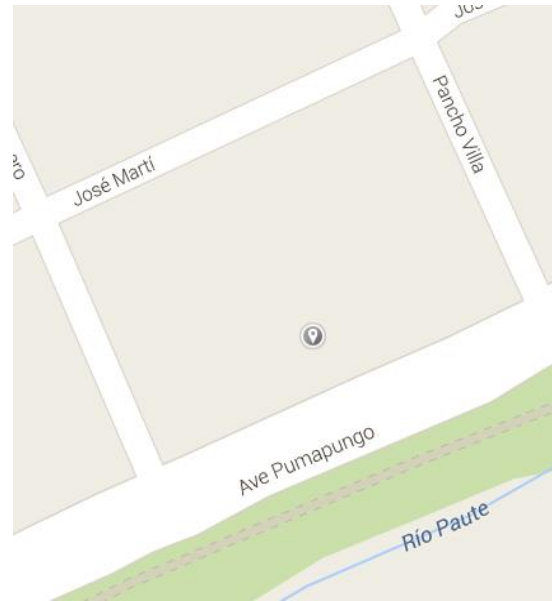


Figura 1. 5 Ubicación lavadora 1. Pumapungo s/n y Pancho Villa.

Fuente: Google Maps



Figura 1. 6 Ubicación lavadora 2. Pumapungo s/n y Benito Juárez.

Fuente: Google Maps

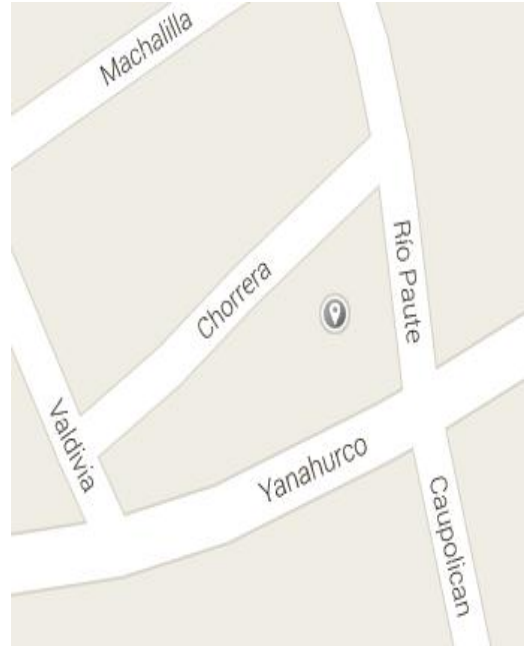
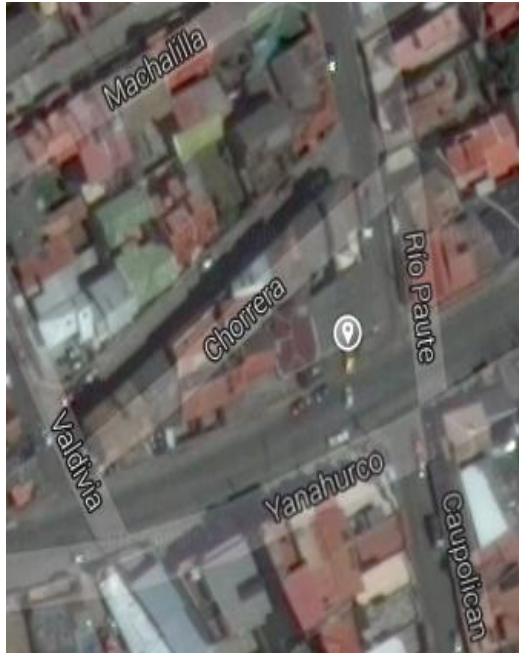


Figura 1. 7 Ubicación lavadora 3. Yanahurco s/n y Río Paute.

Fuente: Google Maps



Figura 1. 8 Ubicación lavadora 4. Veinte y cuatro de mayo s/n y 5 de junio

Fuente: Google Maps

1.4 Estudios realizados en las muestras con pruebas de laboratorio

Las características del agua a tratar afectan a los tipos de procesos a utilizar y las exigencias para su adecuada explotación. (Metcalf & Eddy, 2002)

Es por esto que se realizaron diferentes pruebas de laboratorio para determinar los valores de sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, sólidos totales, grasas-aceites y detergentes. Cada una de estas pruebas tiene su metodología de trabajo que se encuentra explicadas en los Anexos del 3 al 7.

Estas pruebas fueron realizadas por un laboratorista especializado en pruebas de laboratorio con el propósito de que los resultados obtenidos sean los más verídicos posibles.

1.4.1 Resultados del laboratorio

De todos los análisis realizados en las diferentes pruebas de laboratorio se tiene la siguiente información:

Resultados del agua utilizada en una lavadora de vehículos para cumplir con sus actividades diarias, estas actividades únicamente engloban el lavado de vehículos.

Identificación de la muestra

284Q-1	Agua utilizada Jordi
284Q-2	Agua utilizada Car Wash

Tabla 1. 5 Valores de análisis muestra 284Q-1

Análisis	Unidades	Método	Resultado	Límites de Detección
Sólidos Totales	mg/Litro	Secado	304	0.01
Sólidos Sedimentables	mg/Litro	Cono Imhoff	N/A	0.1
Sólidos Disueltos	mg/Litro	Conductimetría	265	0.1
Sólidos Suspendidos	mg/Litro	Cálculo	39.4	0.1
Grasas	mg/Litro	Extracción con Cloroformo	0.1	0.1

Fuente: UDA Laboratorios.

Tabla 1. 6 Valores de análisis muestra 284Q-2

Análisis	Unidades	Método	Resultado	Límites de Detección
Sólidos Totales	mg/Litro	Secado	306	0.01
Sólidos Sedimentables	mg/Litro	Cono Imhoff	N/A	0.1
Sólidos Disueltos	mg/Litro	Conductimetría	260	0.1
Sólidos Suspendidos	mg/Litro	Cálculo	45.5	0.1
Grasas	mg/Litro	Extracción con Cloroformo	0.09	0.1

Fuente: UDA Laboratorios.

De estos resultados se puede observar claramente que el agua utilizada en una lavadora de vehículos no es completamente limpia lo que beneficia en el estudio puesto que se pueda mantener un margen de error entre los valores utilizados para la recirculación del agua.

Se puede decir que aunque son muy parecidos los valores producidos por cada lavadora, cada una de estas cuenta con diferentes productos, lo que favorece significativamente, puesto que no se necesita de un control exhaustivo del tipo de agua que se utiliza.

Los valores promedio del agua indican que el valor de sólidos disueltos totales está por debajo de la normativa que es de 1000 mg/litro; pero el valor de sólidos suspendidos está por encima del valor permisible de la normativa que es de 0 mg/litro, mientras que el valor de grasas se encuentra muy por encima de lo permitido legalmente que es de 0.3 mg/litro, lo que estos resultados permiten identificar con claridad, es que no es necesario utilizar agua potable para el lavado de un vehículo.

Tabla 1. 7 Valores promedio del agua utilizada en el lavado de vehículos

Análisis	Unidades	Método	Resultado	Límites de Detección
Sólidos Totales	mg/Litro	Secado	305	0.01
Sólidos Sedimentables	mg/Litro	Cono Imhoff	N/A	0.1
Sólidos Disueltos	mg/Litro	Conductimetría	262.5	0.1
Sólidos Suspendidos	mg/Litro	Cálculo	42.45	0.1
Grasas	mg/Litro	Extracción con Cloroformo	0.095	0.1

Fuente: UDA Laboratorios.

Los siguientes resultados son del agua utilizada en una lavadora de vehículos, valores correspondientes antes y después de pasar por los tratamientos de agua existentes en las diferentes empresas en las cuales se tomó muestras de agua para su análisis.

En las tablas impares se encuentran los valores con los que el agua termina después de ser utilizada en el lavado de vehículos, mientras que en las tablas pares se encuentran los valores que hacen referencia a los resultados obtenidos de pasar el agua por diferentes tratamientos internos existentes, es decir antes de la descarga al sistema de alcantarillado.

Identificación de la muestra

AM 01	Antes tratamiento Vásquez
AM 02	Después tratamiento Vásquez
AM 03	Antes tratamiento Los Andes
AM 04	Después tratamiento Los Andes
AM 05	Antes tratamiento Jordi
AM 06	Después tratamiento Jordi
AM 07	Antes tratamiento Car Wash
AM 08	Después tratamiento Car Wash

Tabla 1. 8 Valores de análisis muestra AM 01

Análisis	Unidades	Método	Resultado	Límites de Detección
Sólidos Totales	mg/Litro	Secado	550	0.01
Sólidos Sedimentables	mg/Litro	Cono Imhoff	1.2	0.1
Sólidos Disueltos	mg/Litro	Conductimetría	373	0.1
Sólidos Suspendidos	mg/Litro	Cálculo	175	0.1
Grasas	mg/Litro	Extracción con Cloroformo	41.95	0.1
Detergentes	mg/Litro	MBAS	1.03	0.05

Fuente: UDA Laboratorios.

Tabla 1. 9 Valores de análisis muestra AM 02

Análisis	Unidades	Método	Resultado	Límites de Detección
Sólidos Totales	mg/Litro	Secado	574	0.01
Sólidos Sedimentables	mg/Litro	Cono Imhoff	1.9	0.1
Sólidos Disueltos	mg/Litro	Conductimetría	390	0.1
Sólidos Suspendidos	mg/Litro	Cálculo	182	0.1
Grasas	mg/Litro	Extracción con Cloroformo	5.99	0.1
Detergentes	mg/Litro	MBAS	0.4	0.05

Fuente: UDA Laboratorios.

Tabla 1. 10 Valores de análisis muestra AM 03

Análisis	Unidades	Método	Resultado	Límites de Detección
Sólidos Totales	mg/Litro	Secado	5834	0.01
Sólidos Sedimentables	mg/Litro	Cono Imhoff	12	0.1
Sólidos Disueltos	mg/Litro	Conductimetría	3963	0.1
Sólidos Suspendidos	mg/Litro	Cálculo	1859	0.1
Grasas	mg/Litro	Extracción con Cloroformo	13.83	0.1
Detergentes	mg/Litro	MBAS	1.27	0.05

Fuente: UDA Laboratorios.

Tabla 1. 11 Valores de análisis muestra AM 04

Análisis	Unidades	Método	Resultado	Límites de Detección
Sólidos Totales	mg/Litro	Secado	1327	0.01
Sólidos Sedimentables	mg/Litro	Cono Imhoff	6	0.1
Sólidos Disueltos	mg/Litro	Conductimetría	902	0.1
Sólidos Suspendidos	mg/Litro	Cálculo	420	0.1
Grasas	mg/Litro	Extracción con Cloroformo	4.48	0.1
Detergentes	mg/Litro	MBAS	0.89	0.05

Fuente: UDA Laboratorios

Tabla 1. 12 Valores de análisis muestra AM 05

Análisis	Unidades	Método	Resultado	Límites de Detección
Sólidos Totales	mg/Litro	Secado	2729	0.01
Sólidos Sedimentables	mg/Litro	Cono Imhoff	6	0.1
Sólidos Disueltos	mg/Litro	Conductimetría	1854	0.1
Sólidos Suspendidos	mg/Litro	Cálculo	869	0.1
Grasas	mg/Litro	Extracción con Cloroformo	139.79	0.1
Detergentes	mg/Litro	MBAS	0.73	0.05

Fuente: UDA Laboratorios

Tabla 1. 13 Valores de análisis muestra AM 06

Análisis	Unidades	Método	Resultado	Límites de Detección
Sólidos Totales	mg/Litro	Secado	909	0.01
Sólidos Sedimentables	mg/Litro	Cono Imhoff	3.5	0.1
Sólidos Disueltos	mg/Litro	Conductimetría	618	0.1
Sólidos Suspendidos	mg/Litro	Cálculo	288	0.1
Grasas	mg/Litro	Extracción con Cloroformo	20.18	0.1
Detergentes	mg/Litro	MBAS	0.7	0.05

Fuente: UDA Laboratorios

Tabla 1. 14 Valores de análisis muestra AM 07

Análisis	Unidades	Método	Resultado	Límites de Detección
Sólidos Totales	mg/Litro	Secado	1478	0.01
Sólidos Sedimentables	mg/Litro	Cono Imhoff	8	0.1
Sólidos Disueltos	mg/Litro	Conductimetría	474	0.1
Sólidos Suspendidos	mg/Litro	Cálculo	996	0.1
Grasas	mg/Litro	Extracción con Cloroformo	11.9	0.1
Detergentes	mg/Litro	MBAS	1.4	0.05

Fuente: UDA Laboratorios

Tabla 1. 15 Valores de análisis muestra AM 08

Análisis	Unidades	Método	Resultado	Límites de Detección
Sólidos Totales	mg/Litro	Secado	760	0.01
Sólidos Sedimentables	mg/Litro	Cono Imhoff	2	0.1
Sólidos Disueltos	mg/Litro	Conductimetría	516	0.1
Sólidos Suspendidos	mg/Litro	Cálculo	242	0.1
Grasas	mg/Litro	Extracción con Cloroformo	1.86	0.1
Detergentes	mg/Litro	MBAS	0.22	0.05

Fuente: UDA Laboratorios

De la tabla 1.15 se puede identificar que los valores que posee son muy elevados en cuanto a la contaminación de sólidos disueltos (desarenador) llegando a un promedio de 516 mg/litro lo que indica que es el valor más desfavorable y el que se debe estabilizar, a su vez el valor de grasas es sumamente elevado que debe ser correctamente tratado (trampa de grasas) para la reutilización del agua.

Tabla 1. 16 Valores promedio del agua después del lavado de vehículos

Análisis	Unidades	Método	Resultado	Límites de Detección
Sólidos Totales	mg/Litro	Secado	2647.75	0.01
Sólidos Sedimentables	mg/Litro	Cono Imhoff	6.8	0.1
Sólidos Disueltos	mg/Litro	Conductimetría	1666	0.1
Sólidos Suspendidos	mg/Litro	Cálculo	974.75	0.1
Grasas	mg/Litro	Extracción con Cloroformo	51.8675	0.1
Detergentes	mg/Litro	MBAS	1.1075	0.05

Fuente: UDA Laboratorios

En la Tabla 1.16 se identifican los valores promedio del agua después de pasar por tratamientos, mismos que muestran una disminución significativa en cada uno de los aspectos evaluados en las pruebas de laboratorio. No obstante el valor a tomar en cuenta es el de sólidos suspendidos es mucho mayor al valor máximo permisible en la legislación, que es de 220 mg/litro lo que indica que estos tratamientos existentes no están cumpliendo con su objetivo, es decir que están subdimensionados para sus requerimientos actuales, es por esto que se recomienda el dimensionamiento presentado en este trabajo.

Tabla 1. 17 Valores promedio del agua después de pasar por los tratamientos

Análisis	Unidades	Método	Resultado	Límites de Detección
Sólidos Totales	mg/Litro	Secado	892.5	0.01
Sólidos Sedimentables	mg/Litro	Cono Imhoff	3.35	0.1
Sólidos Disueltos	mg/Litro	Conductimetría	606.5	0.1
Sólidos Suspendidos	mg/Litro	Cálculo	283	0.1
Grasas	mg/Litro	Extracción con Cloroformo	8.1275	0.1
Detergentes	mg/Litro	MBAS	0.5525	0.05

Fuente: UDA Laboratorios

En base a la identificación los valores permisibles o los valores con los que se trabaja normalmente se puede llegar a determinar el tratamiento idóneo para reciclar el agua utilizada en la actividad del lavado de vehículos en una empresa que genera mucho desperdicio de este preciado recurso.

1.5 Tratamientos

El tratamiento preliminar consiste en remover las partículas más grandes en aguas residuales que podrían causar daños a equipos como bombas, tuberías, difusores, tanques de almacenamiento, etc. Dentro del material que se pretende remover se encuentran trozos grandes de madera, telas, cabellos, plásticos, hasta partículas con altas tasas de sedimentación como semillas y arenas. El tratamiento preliminar generalmente se logra mediante la instalación de rejillas y barras que capturen sólidos grandes y a desarenadores en donde se logra la precipitación de partículas con altas tasas de sedimentación. (Ramírez & Mendoza, 2005)

Como pretratamientos se encuentran la flotación para la eliminación de grasas y aceites y el desarenado para la eliminación de la materia en suspensión gruesa que pueda causar

obstrucciones en los equipos y un desgaste excesivo de los mismos. (Metcalf & Eddy, 2002)

Mientras que en el tratamiento primario se elimina una fracción de sólidos en suspensión y de la materia orgánica del agua residual. Esta eliminación suele llevarse a cabo mediante operaciones físicas tales como el tamizado y la sedimentación. El principal papel del tratamiento primario continuará siendo el de previo al tratamiento secundario. (Metcalf & Eddy, 2002)

El tratamiento primario del agua residual consiste en la eliminación de la materia insoluble como arenas, espumas del agua. El primer paso en el tratamiento primario normalmente es la tamización o cribado. En él se eliminan los sólidos grandes que entran en el sistema de alcantarillado. Estos materiales, con excepción de las arenas y materiales similares, se interceptan en tamices y se recogen para la posterior evacuación y disposición controlada. (Manahan, 2007)

Las arenas y otras partículas sólidas en las aguas residuales que no se biodegradan bien, generalmente tienen una alta velocidad de sedimentación. Su eliminación se realiza para prevenir su acumulación en otras partes. La sedimentación primaria elimina tanto los sólidos sedimentables como los flotantes. (Manahan, 2007)

La separación de sólidos podrían ocurrir mediante flotación si el agua es más densa que la materia sólida; pero en el caso de agua potable suele ser común que los materiales sólidos sean más pesados que el agua, por lo que la sedimentación es la técnica utilizada. (Gómez, 2003)

Según algunos autores como Ramírez & Mendoza un desarenador es considerado un pretratamiento mientras que para otros como Ramalho un desarenador es un tratamiento primario, de la misma manera sucede con la trampa de grasas o flotación puede ser considerado un pretratamiento como un tratamiento primario.

Tabla 1. 18 Niveles de tratamiento de aguas residuales, descripción de cada uno de ellos y procesos unitarios para lograr el nivel de tratamiento correspondiente.

Nivel de Tratamiento	Descripción	Procesos
Preliminar	Remoción de sólidos gruesos como telas, plásticos, trozos de madera, arenas, grasas que pueden causar problemas operacionales en subsecuentes unidades de tratamiento.	Rejas y barras. Desarenadores. Trampa de grasas.
Primario	Remoción de una fracción de los sólidos suspendidos y material orgánico del agua residual.	Tanques de sedimentación primaria Flotación.

Fuente: (Ramírez & Mendoza, 2005)

1.5.1 Trampa de grasas

La trampa de grasas o interceptor de grasas es un receptáculo ubicado entre las líneas de desagüe de la fuente o punto generador del residuo líquido y las alcantarillas, esta permite la separación y recolección de grasas y aceites del agua usada y evita que estos materiales ingresen a la red de alcantarillado público. (Hydroplayas, 2016)

Las trampas de grasa son pequeños tanques de flotación natural, en donde los aceites y las grasas, con una densidad inferior a la del agua, se mantienen en la superficie del tanque para ser fácilmente retenidos y retirados. (UNAD, 2016)

Estas unidades se diseñan en función de la velocidad de flujo o el tiempo de retención hidráulica (TRH), ya que todo dispositivo que ofrezca una superficie tranquila, con entradas y salidas sumergidas (a media altura), actúa como separador de grasas y aceites. (UNAD, 2016)

Las trampas de grasa deben ubicarse lo más cerca posible de la fuente de generación de estas sustancias y antes del tanque séptico o sedimentador primario. Esta ubicación evitará

obstrucciones en las tuberías de drenaje y generación de malos olores por adherencias en los tubos o accesorios de la red. Nunca deben conectarse aguas sanitarias a las trampas de grasas. (UNAD, 2016)

El separador de aceites, permite apartar las grasas y aceites del agua, la cual será reutilizada. El principio de funcionamiento, consiste en proporcionar condiciones hidráulicas de velocidad, suficientes para que las fuerzas de empuje del agua, actúen sobre las partículas de aceite, llevándolas hasta la superficie. (UNAD, 2016)

El parámetro fundamental de diseño es la velocidad de las partículas, que en este caso es ascendente. La ecuación de STOKES, es la que permite la estimación de dicha velocidad, a partir del tamaño de las partículas y su peso específico en relación a la del agua. (UNAD, 2016)

Para estimar el caudal de diseño de la trampa de grasa, deben tenerse en cuenta las unidades de gasto de cada artefacto sanitario que se conectará a la unidad. (UNAD, 2016)

Deben asumirse las unidades de gasto, por cada grifo de cada artefacto sanitario. (UNAD, 2016)

$$Q_{\text{diseño}} = 0.3\sqrt{U} \quad (1)$$

Donde:

$Q_{\text{diseño}}$ = Caudal de diseño de la trampa de grasa (l/s).

U = Total de grifos de los artefactos sanitarios conectados a la trampa de grasa.

Nunca debe diseñarse una trampa de grasa de un volumen inferior de 300 litros. (UNATSABAR, 2016)

Características de la trampa de grasa

- La relación largo-ancho del área superficial de la trampa de grasa deberá estar comprendido entre 2:1 a 3:2.
- La profundidad no deberá ser menor a 0.80 m.
- El ingreso a la trampa de grasa se hará por medio de codo de 90° y un diámetro mínimo de 75mm. La salida será por medio de una tee con un diámetro mínimo de 75mm.
- La parte inferior del codo de entrada deberá prolongarse hasta 0.15 m por debajo del nivel del líquido.
- La diferencia de nivel entre la tubería de ingreso y de salida deberá de ser no menor a 0.05 m.
- La parte superior del dispositivo de salida deberá dejar una luz libre para ventilación de no más de 0.05 m por debajo del nivel de la losa del techo.
- La parte inferior de la tubería de salida deberá estar no menos de 0.075 m ni más de 0.15m del fondo.
- El espacio sobre el nivel del líquido y la parte inferior de la tapa deberá ser como mínimo 0.30 m.
- La trampa de grasa deberá ser de forma tronco o piramidal invertida con la pared del lado de salida vertical. El área horizontal de la base deberá ser de por lo menos 0.25 x 0.25 m por lado o de 0.25 de diámetro. Y el lado inclinado deberá tener una pendiente entre 45° a 60° con respecto a la horizontal.
- Se podrá aceptar diseños con un depósito adjunto para almacenamiento de grasas, cuando la capacidad total supere los 0,6 m³ o donde el establecimiento trabaje en forma continua por más de 16 horas diarias.

La trampa de grasa y el compartimento de almacenamiento de grasa estarán conectados a través de un vertedor de rebose, el cual deberá estar a 0.05 m por encima del nivel de agua. El volumen máximo de acumulación de grasa será de por lo menos 1/3 del volumen total de la trampa de grasa. (UNATSABAR, 2016)

En la siguiente tabla se muestra la relación largo, ancho, profundidad para el dimensionamiento de una trampa de grasas.

Tabla 1. 19 Dimensiones recomendadas para las trampas de grasa, según el caudal de diseño.

Rango de Caudales (Its./seg)	Volumen trampa de grasa (m3)	Dimensiones estimadas (m)		
		Profundidad (h)	Ancho (a)	Largo (l)
< 1	1.80	1.5	1	1.2
			1	1.8
1 a 2	3.60	1	1.1	2.2
2 a 3	5.40	1.5	1.13	2.4
3 a 4	7.20	2	1.45	2.5
4 a 5	8.10	2	1.5	2.7
5	9.12	2	1.6	2.85

Fuente: (UNAD, 2016)

El volumen de la trampa de grasas está definido por: (UNAD, 2016)

$$V = Q(TRH) \quad (2)$$

Donde:

Q = Caudal de diseño de la trampa de grasa (m³/s).

TRH = Tiempo de retención hidráulica.

A continuación se presenta un modelo de trampas de grasas simple la cual se puede diseñar a partir de lo anteriormente expuesto.

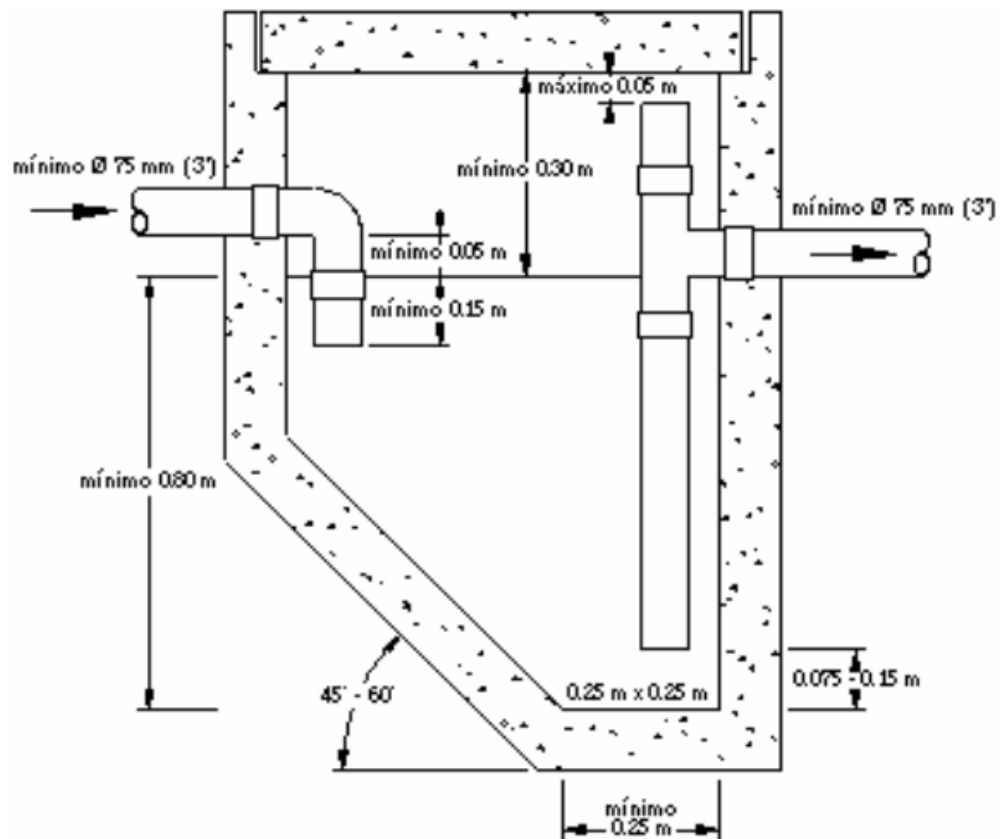


Figura 1. 9 Trampa de grasa simple.

Fuente: (UNATSABAR, 2016)

1.5.2 Desarenador

Un desarenador convencional es un tanque construido con el propósito de sedimentar partículas en suspensión por la acción de la gravedad. Este elemento constituye un tratamiento primario y en algunos casos es necesario realizar un tratamiento convencional de purificación de aguas.

El desarenador debe estar situado lo más cerca posible de la bocatoma, con el fin de evitar problemas de obstrucción en la línea de conducción. (López Cualla, 2001)

El material en suspensión transportado por el agua es básicamente arcilla, arena o grava fina. A continuación se presenta una clasificación del material de acuerdo con el tamaño de las partículas:

Tabla 1. 20 Clasificación del material en suspensión según su tamaño

Material	Diámetro (mm)	Material	Diámetro (mm)
Gravilla		Fango:	
Gruesa	>2.0	Gruesa	
Fina	2.00-1.00	y Media	0.05-0.01
Arena:		Fino	0.01-0.005
Gruesa	100-0.50	Arcilla:	
Media	0.50-0.25	Gruesa	
Fina	0.25 -0.10	y Media	0.005-0.001
Muy fina	0.10-0.05	Fina	0.001-0.0001
		Coloidal	<0.0001

Fuente: (López Cualla, 2001)

El objetivo del desarenador, como tal, es la remoción de partículas hasta el tamaño de arenas. El proceso de sedimentación puede ser ayudado mediante coagulación (empleo de químicos con el fin de remover partículas tamaño arcilla) con lo cual se logra que las partículas más pequeñas se aglomeren y sedimenten a una velocidad mayor. Un desarenador está dividido en varias zonas: (López Cualla, 2001)

Zona 1: Cámara de quietamiento: Debido a la ampliación de la sección, se disipa el exceso de energía de velocidad en la tubería de llegada. El paso del agua a la zona siguiente se puede hacer por medio de una canal de repartición con orificios sumergidos. Lateralmente se encuentra un vertedero de excesos que lleva el caudal sobrante nuevamente al río mediante una tubería que se une con la del lavado (Zona 4). (López Cualla, 2001)

Zona 2: Entrada al desarenador: Constituida entre la cámara de quietamiento y una cortina, la cual obliga a las líneas de flujo a descender rápidamente de manera que se sedimente el material más grueso inicialmente. (López Cualla, 2001)

Zona 3: Zona de sedimentación: Es la zona en donde se sedimentan todas las partículas restantes y en donde se cumple en rigor con las leyes de sedimentación. La profundidad útil de sedimentación es H . (López Cualla, 2001)

Zona 4: Salida del desarenador: Constituida por una pantalla sumergida, el vertedero de salida y el canal de recolección. Esta zona debe estar completamente tapada con el fin de evitar la posible contaminación exterior. (López Cualla, 2001)

Zona 5: Almacenamiento de lodos: Comprende el volumen entre la cota de profundidad útil en la zona 3 y el fondo del tanque. El fondo tiene pendientes longitudinales y transversales hacia la tubería de lavado. (López Cualla, 2001)

En las siguientes figuras se puede identificar las diferentes zonas que conforman un desarenador en sus diferentes vistas tanto superior como frontal.

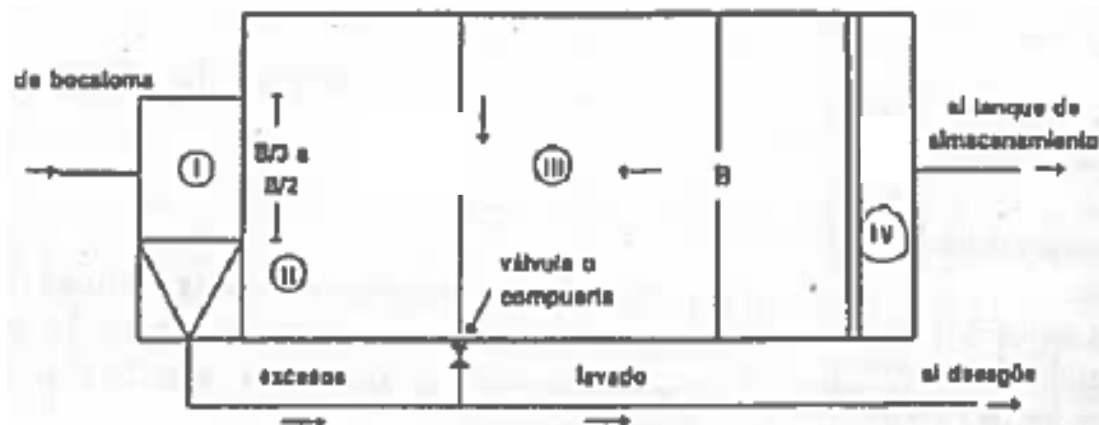


Figura 1. 10 Desarenador vista superior

Fuente: (López Cualla, 2001)

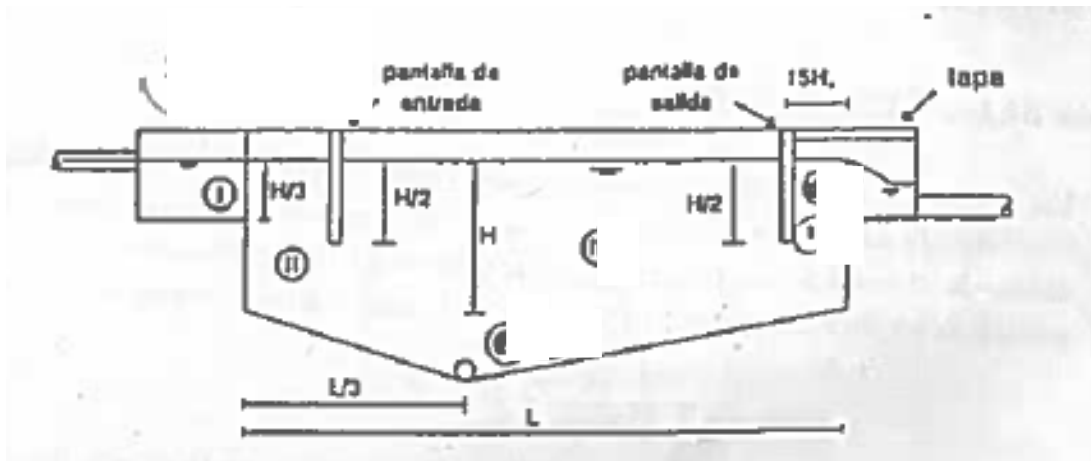


Figura 1. 11 Desarenador vista frontal

Fuente: (López Cualla, 2001)

1.5.2.1 Especificaciones de diseño

Número de unidades

Se recomienda en lo posible diseñar como mínimo dos tanques desarenadores con el fin de continuar con el tratamiento en uno de ellos mientras se realizan las labores de mantenimiento y lavado del otro. (López Cualla, 2001)

Paso directo

Debe existir de todos modos una tubería de paso directo. (López Cualla, 2001)

Relación longitud a ancho

Con el fin de aproximarse lo más posible al flujo en pistón, se recomienda un tanque rectangular con una relación de longitud a ancho (L/B) entre 3/1 y 5/1. (López Cualla, 2001)

Profundidad mínima y máxima

La profundidad mínima especificada es de 1.50 metros y la máxima de 4.50 metros. (López Cualla, 2001)

Profundidad de almacenamiento de lodos

Se adopta una profundidad máxima de 0.40 metros. Las pendientes del fondo deben estar comprendidas entre el 1% y el 8% con el fin de que los lodos rueden fácilmente hacia la tubería de desagüe y la labor de limpieza manual sea segura para los operarios. (López Cualla, 2001)

Períodos de retención hidráulicos

El tiempo que tarde una partícula de agua en entrar y salir del tanque debe estar comprendido entre 0.5 horas y 4 horas. (López Cualla, 2001)

Carga hidráulica superficial

La carga hidráulica superficial, definida como el caudal puesto por unidad de área superficial, debe estar entre 15 y 80 m³/m²*d. (López Cualla, 2001)

1.5.2.2 Teoría de la sedimentación

La teoría de la sedimentación fue desarrollada por Hazen y Stokes. Su modelo de sedimentación de partículas se resume en la siguiente ecuación, de donde se concluye que la velocidad de sedimentación de una partícula es directamente proporcional al cuadrado del diámetro de ésta. (López Cualla, 2001)

$$V_1 = \frac{g}{18} \frac{(\rho_1 - \rho)}{\mu} d^2 = Kd^2 \quad (3)$$

Donde:

V_1 = Velocidad de sedimentación de la partícula (cm/s)

g = Aceleración de la gravedad (981 cm/s²)

ρ_1 = Peso específico de la partícula (arenas = 2.65)

ρ = Peso específico del fluido (agua = 1)

μ = Viscosidad cinemática del fluido (cm²/s) el valor de viscosidad viene expresado en la siguiente tabla y depende de la temperatura del fluido

Tabla 1. 21 Valores de temperatura y viscosidad cinemática del agua

Temperatura (°C)	Viscosidad cinemática	Temperatura (°C)	Viscosidad cinemática
0	0.01792	18	0.01059
2	0.01703	20	0.01007
4	0.01567	22	0.00960
6	0.01473	24	0.00917
8	0.01386	26	0.00876
10	0.01308	28	0.00833
12	0.01237	30	0.00790
14	0.01172	32	0.00747
15	0.01146	34	0.00711
16	0.01112	30	0.00713

Fuente: (López Cualla, 2001)

En el estudio de sedimentación se hacen las siguientes suposiciones teóricas

- El flujo se reparte uniformemente a través de la selección transversal.
- El agua se desplaza con velocidad uniforme a lo largo del tanque.
- Toda partícula que toque el fondo antes de llegar a la salida, será removida.

Adicionalmente se desarrolla el estudio suponiendo que se ha de remover una partícula cuyo diámetro es d y para ello se analizará la trayectoria de dicha partícula a lo largo del tanque.

Como se observa en la figura, la partícula de diámetro d más crítica es aquella que entra por la parte superior del tanque, debido a que tendrá q recorrer una altura, H , y una longitud, L , más desfavorable antes de ser removida. (López Cualla, 2001)

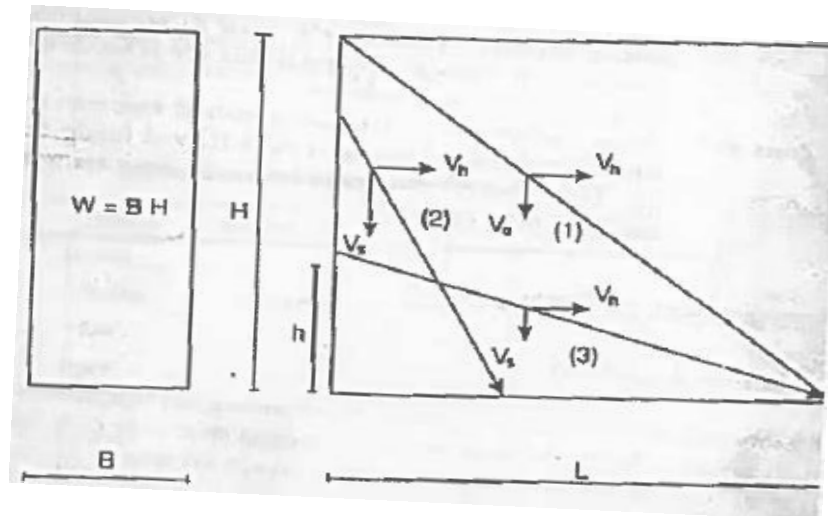


Figura 1. 12 Trayectoria de las partículas

Fuente: (López Cualla, 2001)

Esta trayectoria crítica se indica en la figura (trayectoria (1)). Dicha partícula tiene una componente de velocidad horizontal, V_h y velocidad vertical, V_o haciendo su recorrido en un tiempo, t .

En primer lugar, todas las partículas con igual componente de velocidad vertical, V_o , serán removidas sin importar su punto de entrada. Igualmente, todas las partículas con velocidad de sedimentación, V_s mayor que V_o serán removidas, Las partículas con V_s menor que V_o podrán ser removidas dependiendo de su nivel de entrada al tanque, h .

Por semejanza de triángulos se tiene:

$$\frac{L}{V_h} = \frac{H}{V_o} \Rightarrow \frac{LW}{V_h W} = \frac{H}{V_o} \Rightarrow \frac{V}{Q} = \frac{H}{V_o} \quad (4)$$

Donde:

V = Volumen del tanque

Q = Caudal

La velocidad de la partícula crítica será:

$$V_o = \frac{HQ}{V} \Rightarrow V_o = \frac{Q}{A} \quad (5)$$

Donde:

$$A = \text{Área superficial} = B * L$$

Según la ecuación de Stokes

$$V_s = V_o \quad (6)$$

Reemplazando la velocidad de la partícula crítica en la ecuación de Stokes, se tiene:

$$Kd^2 = \frac{Q}{A}$$

$$d = \sqrt{\frac{Q}{KA}} \quad (7)$$

Analizando la ecuación anterior se encuentra que para un caudal dado, el diámetro de la partícula que ha de removerse es función del área superficial del tanque.

La remoción de partículas es también función de la profundidad del tanque, ya que si ésta se disminuye se retendrá la partícula con diámetro d en un tiempo menor, lo que equivale a decir que se retendrá un número mayor de partículas con V_s menor que V_o .

La relación Q/A es llamada "carga hidráulica superficial (q)" y es igual a la velocidad de sedimentación de la partícula crítica, V_o .

Por otra parte, la relación V/Q es llamada "períodos de retención hidráulicos, " y H/V_0 es el tiempo que tarda la partícula crítica en ser removida (t). En teoría, para remover esta partícula se debe cumplir que:

$$\frac{V}{\frac{Q}{H}} = 1$$

$$\theta = \frac{V}{Q} \quad (8)$$

$$t = \frac{H}{V_0} \quad (9)$$

En la realidad, el flujo no se distribuye uniformemente debido a la limitación de las pantallas difusoras, a que las velocidades no son constantes porque existen corrientes térmicas y zonas muertas, el viento crea contracorrientes en la superficie y, finalmente, existe la resuspensión de partículas que han llegado al fondo. Debido a que no se cumplen las suposiciones iniciales del desarrollo de la teoría, habrá partículas removidas con V_s menores que V_0 .

Se adopta entonces un factor de seguridad en función de:

- 1) Porcentaje de remoción de partículas con $V_s < V_0$:

$$\% \text{ Remoción} = \frac{\text{No. partículas con } V_s < V_0}{\text{No. partículas con } V_s \geq V_0} * 100 \quad (10)$$

- 2) Grado del desarenador (n):

La calificación de la eficiencia de las pantallas deflectoras se hace a través del grado n del desarenador.

$n = 1$: Deflectores deficientes o sin ellos.

$n = 2$: Deflectores regulares.

n = 3:	Deflectores buenos.
n = 5 a 8:	Deflectores muy buenos.
n -> ∞:	Caso teórico

La igualdad anterior queda así:

$$\frac{\theta}{t} = \frac{\frac{V}{Q}}{\frac{H}{V_s}} = \frac{V_s V}{HQ} = V_s \frac{A}{Q} = \frac{V_s}{\frac{Q}{A}} = \frac{V_s}{V_o}$$

$$\frac{\theta}{t} = \frac{V_s}{V_o} \quad (11)$$

Donde:

V_s = Velocidad de sedimentación efectiva

V_o = Velocidad de sedimentación teórica = Q/A

$\frac{V_s}{V_o}$ = Número de Hazen

El factor θ/t o del número de Hazen se determina por medio de la Tabla 8. Con el fin de operar adecuadamente el desarenador, se hacen las siguientes recomendaciones:

Tabla 1. 22 Condiciones para remoción

Condiciones	Remoción (%)							
	87.5	80	75	70	65	50	55	50
n = 1	7	4	3	2.3	1.8	1.5	1.3	1
n = 3	2.75		1.66					0.76
n = 4	3.37		1.52					0.73
Máximo teórico	0.88		0.75					0.5

Fuente: (López Cualla, 2001)

1. $V_h < 20V_s$

2. $9 < \frac{V_h}{V_o} < 15$
3. La velocidad horizontal debe ser menor que la velocidad de arrastre de las partículas con el fin de evitar la resuspensión del sedimento.

$$V_h < V_s = \sqrt{\frac{8k}{f} g(\rho_1 - \rho)d} \quad (12)$$

Para el caso de sedimentación de arenas, el valor de k es igual a 0.04 y para sedimentación por la simple acción de la gravedad (no hay coagulación) el valor f es igual a 0.03 (todos los demás términos como se definieron en la ecuación de Stokes). (López Cualla, 2001)

CAPÍTULO 2

DIMENSIONAMIENTO DE TRATAMIENTOS Y SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

2.1 Introducción

El análisis y elección de los procesos de tratamiento que permitan cumplir con los rendimientos de eliminación establecidos en los permisos de vertido es uno de los aspectos más interesantes y sugestivos del proyecto de una planta de tratamiento. (Metcalf & Eddy, 2002). Es importante tener en cuenta la capacidad del método a utilizarse para eliminar sustancias no deseadas del agua para su reutilización, para el presente caso se realizarán los diversos dimensionamientos de: trampa de grasas como pretratamiento, desarenador como tratamiento primario y un sistema de recirculación que permita la eficiencia del sistema para un óptimo rendimiento y aprovechamiento del recurso, el sistema contará con un sistema de bombeo.

2.2 Diseño tratamiento de agua

Para el diseño del tratamiento que debe recibir el agua para su reutilización tendremos que tomar en cuenta ciertos parámetros muy importantes para su correcto funcionamiento y larga duración, mismos que vienen dados por las características de la bomba de recirculación que se utilizará en el diseño.

2.2.1 Diagramas de flujo de los procesos de tratamiento

Los diagramas de flujo de procesos son representaciones gráficas de las diferentes combinaciones de operaciones y procesos de tratamiento. En función de los constituyentes que se desee eliminar. (Metcalf & Eddy, 2002) Anexo 8. Para un mejor manejo de espacios el presente diagrama está pensado para que los tratamientos estén ubicados lo más cerca posible tanto a las rejillas de recolección de agua utilizada y al alcantarillado para descargar de manera rápida y fácil.

2.3 Diseño sistema de recirculación

El sistema de recirculación es una parte fundamental para el ahorro de agua potable en las empresas de lavado de vehículos, pues así se minimizará el consumo del líquido vital en una actividad que no necesita de este nivel de limpieza para cumplir con su propósito.

La conducción del agua es el transporte del agua por una tubería o un canal desde la fuente de abastecimiento a un tanque de almacenamiento. No es muy recomendable el uso de canales abiertos por los altos riesgos de contaminación y las pérdidas por infiltración. (Pongutá Hurtado, 2003) Es por esto que todo se diseñará con tuberías para la conducción del agua.

2.3.1 Almacenamiento y distribución del agua

El almacenamiento del agua tiene varios propósitos:

- Regular entradas y salidas
- Tratar el agua
- Distribuir

El volumen del tanque se diseña de acuerdo con la capacidad de regulación; esto es, qué caudal entra al tanque y qué caudal sale manteniendo un nivel mínimo para garantizar la presión en todos los puntos de consumo. Se recomienda usar un factor de seguridad del 20 al 30% del volumen calculado. (Pongutá Hurtado, 2003)

Para el cálculo del tanque de almacenamiento es necesario conocer el caudal medio diario y así abastecer a la empresa en sus labores diarias.

2.3.2 Caudal diario

Para determinar el valor del caudal diario se realizó un levantamiento de información en el cual se contabilizó desde la hora 7:00 que comenzaban las actividades hasta la hora de cierre 16:00 el número de vehículos lavados por fosa durante una hora para así establecer el valor del volumen en litros que se utiliza para cada vehículo, cabe recalcar que estos

valores son tomados de una lavadora de vehículos ubicada en la ciudad de Cuenca misma que cumple con las condiciones semejantes que la lavadora tipo indicada anteriormente en el Capítulo I de este trabajo.

Tabla 2. 1 Día 1 lunes 23 de mayo de 2016

	HORA	FOSA 1	TIEMPO	
			PROMEDIO POR CARRO	PROMEDIO POR CARRO
1	7:00	1	17	15
2	8:00	3	22	20
3	9:00	2	19	19
4	10:00	1	20	17
5	11:00	2	22	15
6	12:00	5	20	15
7	13:00	2	19	20
8	14:00	1	17	15
9	15:00	4	15	22
10	16:00	2	16	18
		23	18.7	17.6

Tabla 2. 2 Valores día 1

VOLUMEN 1	VOLUMEN 2	DIFERENCIA	NÚMERO VEHÍCULOS	TIEMPO LAVADO POR VEHÍCULO	VOLUMEN POR VEHÍCULO
(Its)	(Its)	(Its)	(u)	(min)	(Its)
7000	4744	2256	47	20	48.00

Tabla 2. 3 Día 2 martes 24 de mayo de 2016

	HORA	FOSA 1	TIEMPO		FOSA 2	TIEMPO	
			PROMEDIO POR CARRO	PROMEDIO POR CARRO			
1	7:00	3	21	6	16		
2	8:00	1	18	3	15		
3	9:00	6	18	5	18		
4	10:00	4	15	4	20		
5	11:00	4	17	6	20		
6	12:00	6	21	2	16		
7	13:00	3	16	2	16		
8	14:00	1	22	4	22		
9	15:00	1	21	5	15		
10	16:00	6	20	4	18		
		35	18.9	41	17.6		

Tabla 2. 4 Valores día 2

VOLUMEN 1	VOLUMEN 2	DIFERENCIA	NÚMERO VEHÍCULOS	TIEMPO LAVADO POR VEHÍCULO	VOLUMEN POR VEHÍCULO
(lts)	(lts)	(lts)	(u)	(min)	(lts)
7000	3238	3762	76	20	49.5

Tabla 2. 5 Día 3 miércoles 25 de mayo de 2016

	HORA	FOSA 1	TIEMPO		FOSA 2	TIEMPO	
			PROMEDIO POR CARRO	PROMEDIO POR CARRO			
1	7:00	5	19	4	22		
2	8:00	2	22	2	22		
3	9:00	2	18	1	19		
4	10:00	1	19	2	20		
5	11:00	4	22	5	22		
6	12:00	5	22	5	20		
7	13:00	4	20	3	22		
8	14:00	6	19	1	18		
9	15:00	1	19	3	21		
10	16:00	6	21	2	21		
		36	20.1	28	20.7		

Tabla 2. 6 Valores día 3

VOLUMEN 1	VOLUMEN 2	DIFERENCIA	NÚMERO VEHÍCULOS	TIEMPO LAVADO POR VEHÍCULO	VOLUMEN POR VEHÍCULO
(Its)	(Its)	(Its)	(u)	(min)	(Its)
7000	4056	2944	64	20	46.00

Tabla 2. 7 Día 4 jueves 26 de mayo de 2016

	HORA	FOSA 1	TIEMPO	
			PROMEDIO POR CARRO	PROMEDIO POR CARRO
1	7:00	3	22	20
2	8:00	5	17	17
3	9:00	3	19	29
4	10:00	2	18	21
5	11:00	4	20	17
6	12:00	4	22	22
7	13:00	5	19	19
8	14:00	1	17	18
9	15:00	2	15	22
10	16:00	3	15	18
		32	18.4	20.3

Tabla 2. 8 Valores día 4

VOLUMEN 1	VOLUMEN 2	DIFERENCIA	NÚMERO VEHÍCULOS	TIEMPO LAVADO POR VEHÍCULO	VOLUMEN POR VEHÍCULO
(lts)	(lts)	(lts)	(u)	(min)	(lts)
7000	3898	3102	66	20	47

Tabla 2. 9 Día 5 viernes 27 de mayo de 2016

	HORA	FOSA 1	TIEMPO	FOSA 2	TIEMPO
			PROMEDIO POR CARRO		PROMEDIO POR CARRO
1	7:00	1	22	3	18
2	8:00	6	15	3	18
3	9:00	2	22	4	17
4	10:00	5	18	4	19
5	11:00	4	16	4	20
6	12:00	3	16	5	20
7	13:00	5	20	5	19
8	14:00	3	18	2	17
9	15:00	5	16	5	16
10	16:00	4	21	4	18
		38	18.4	39	18.2

Tabla 2. 10 Valores día 5

VOLUMEN 1	VOLUMEN 2	DIFERENCIA	NÚMERO VEHÍCULOS	TIEMPO LAVADO POR VEHÍCULO	VOLUMEN POR VEHÍCULO
(Its)	(Its)	(Its)	(u)	(min)	(Its)
7000	3535	3465	77	20	45

Tabla 2. 11 Día 6 sábado 28 de mayo de 2016

	HORA	FOSA 1	TIEMPO PROMEDIO POR CARRO		TIEMPO PROMEDIO POR CARRO	
			FOSA 1	FOSA 2	FOSA 1	FOSA 2
1	7:00		1	22	3	18
2	8:00		4	19	5	20
3	9:00		4	19	6	19
4	10:00		6	18	2	22
5	11:00		1	22	4	21
6	12:00		3	19	5	21
7	13:00		1	20	6	19
8	14:00		6	16	1	22
9	15:00		2	22	4	16
10	16:00		3	22	6	18
			31	19.9	42	19.6

Tabla 2. 12 Valores día 6

VOLUMEN 1 (Its)	VOLUMEN 2 (Its)	DIFERENCIA (Its)	NÚMERO VEHÍCULOS (u)	TIEMPO LAVADO POR VEHÍCULO	
				(min)	VOLUMEN POR VEHÍCULO (Its)
7000	3496	3504	73	20	48

En las tablas anteriores se determinaron valores promedio de volumen de agua en litros utilizada para cada lavado de vehículos, también se estimó un tiempo de lavado por vehículo en minutos, estos datos sirven para determinar el valor del consumo medio diario.

2.3.3 Consumo medio diario y determinación de volúmenes de tanques de almacenamiento

Para el cálculo del consumo de agua potable, ante la falta de normativa nacional que permita el establecimiento de las dotaciones correspondientes a las actividades de este tipo de servicio, se han asumido recomendaciones técnicas de diseño de las Normas Brasileñas. La determinación de los volúmenes de almacenamiento de las cisternas obedece a cubrir los consumos de un día. (Macintyre, 1988)

En la siguiente Tabla se presentan los valores de consumo diario de agua en una lavadora tipo, utilizada para este proyecto en la cual se utilizan dos rampas, con una máxima capacidad de cuatro vehículos por lavado, es decir que se pueden lavar dos vehículos por rampa; para una semana de trabajo normal se obtienen los siguientes datos:

Tabla 2. 13 Volumen promedio diario y caudal promedio diario

	DÍA	# VEHÍCULOS	VOLUMEN	V. DIARIO	TIEMPO	CAUDAL
		(u)	(lts)	(lts)	(min)	(lts/min)
LUNES	1	47	48.00	2256	20	112.8
MARTES	2	76	49.5	3762	20	188.1
MIÉRCOLES	3	64	46.00	2944	20	147.20
JUEVES	4	66	47	3102	20	155.1
VIERNES	5	77	45	3465	20	173.25
SÁBADO	6	73	48	3504	20	175.2
		V PROM	47.25		Q PROM	158.61
		V PROM	50	Lt	Q PROM	160

Como es un valor promedio de 47.25 litros por lavado de auto para justificar cualquier valor excedente se usarán 50 litros diarios como valor promedio.

Tabla 2. 14 Consumo (máximo) en la actividad de lavado de vehículos

Máxima capacidad	Volumen promedio	Tiempo promedio	Caudal máximo
[unid]	[lts]	[minutos]	[lts/min]
4	50	20	10.00
SUBTOTAL			10.00

Se necesita un caudal máximo de 10 lts/min cuando la lavadora de vehículos esté en funcionamiento a máxima capacidad.

Los valores de estas tablas vienen dados del cálculo del caudal diario.

Una vez determinados los valores del caudal máximo y del volumen promedio diario es necesario establecer la bomba y la estación de bombeo que se utilizará junto con los parámetros que estas tienen para seguir diseñando el tratamiento de recirculación de agua en una lavadora de vehículos.

2.3.4 Estación de bombeo

Cuando la energía hidráulica de que se dispone en un conducto a presión no es suficiente para cumplir con los requerimientos del diseño se instalan estaciones de bombeo en las cuales se incrementa la energía existente mediante la aplicación de una energía externa. La estación de bombeo consta de una o varias bombas con sus correspondientes pozos de bombeo. (Lozano García, gisperu, 2013)

Las estaciones de bombeo son estructuras diseñadas para la impulsión de aguas residuales domesticas crudas, aguas pluviales, aguas residuales industriales, aguas residuales de redes de alcantarillado sanitario, lodos producidos en las plantas de tratamiento, efluentes tratados o redes de agua en las plantas de tratamiento. Son necesarias, además de las instalaciones típicas en las plantas de tratamiento, cuando la cota de la zona a servir es demasiado baja para que sus aguas residuales puedan ser evacuadas por gravedad a los

colectores existentes o cuando se requiere dar servicio a zonas situadas en el exterior de la cuenca vertiente, pero perteneciente al término a sanear o cuando la omisión de bombeo supone un costo de construcción excesivo debido a la necesidad de efectuar grandes excavaciones para la construcción de la alcantarilla que dé servicio a la zona (Metcalf & Eddy, 2002)

Existen toda una serie de elementos destinados a complementar y mejorar las condiciones del suministro, como son, entre otros; equipos de bombeo o también llamados de presurización, dispositivos anti-ariete, puntos de toma de muestras, y sobre todo las estaciones de control central. Uno de los equipos más significativos de la red, es el equipo de bombeo, las bombas para presurización localizada general. (Soriano Rull & Pancorbo Floristán, 2012)

Las características de las bombas, se establecen en base a consultas a catálogos de los modelos que cumplen con mayor eficiencia las condiciones hidráulicas de diseño indicadas; un cálculo teórico, únicamente proporciona una idea de la potencia del motor, sin establecerse las características de los impulsores de las bombas.

2.3.4.1 Bomba para lavado de vehículos

4SR Electrobombas sumergidas de 4"

Se aconsejan para bombear agua limpia con contenido de arena no superior a 150 g/m³ (150 mg/l)

Debido al alto rendimiento y fiabilidad, son aptas para usos en el campo doméstico, civil e industrial, para la distribución del agua en acoplamiento con autoclaves, riegos, instalaciones de lavado, aumento de presión para instalaciones antincendios, etc.

Líquido bombeado: agua limpia con arena máx. 150 g/m³

Utilización: doméstico, civil, industrial

Tipología: sumergida

Familia: para pozos de 4”

Potencia: 1/2 HP

Consumo watts: 373w

Campo de las prestaciones

Caudal: hasta 375 l/min (22.5 m³/h)

Altura manométrica: hasta 405 m

Límites de empleo

Temperatura: máxima del fluido hasta +35 °C

Contenido de arena: máximo 150 g/m³

Profundidad: hasta 100 m bajo el nivel del agua

Funcionamiento:

– en vertical

– en horizontal con los siguientes límites:

4SR1 - 4SR1.5 - 4SR2 - 4SR4 hasta 27 etapas

4SR6 - 4SR8 - 4SR10 - 4SR12 - 4SR15 hasta 17 etapas

Arranques/hora: 20 con intervalos regulares

Flujo de enfriamiento: motor mínimo 8 cm/s

Funcionamiento continuo S1

Las bombas 4SR pueden instalarse dentro de pozos de diámetro no inferior a 4 pulgadas. La electrobomba se baja dentro del pozo mediante la tubería de impulsión, hasta una profundidad que garantice la inmersión completa (min. 0.60 m, y por lo menos a 1 m del fondo del pozo) incluso durante el funcionamiento, el cual puede bajar el nivel del líquido en el interior del pozo. La bomba puede instalarse tanto en posición vertical como horizontal; cuando se instala en un pozo en posición vertical, es aconsejable fijarla

mediante un cable de acero o nylon, el cual tiene que conectarse a los orificios que se hallan en el cuerpo de impulsión.



Fig. 1 Bomba 4SR (Solar, 2016)

Curvas y datos de prestación Altura manométrica (metros)

Caudal en litros / minuto – metros cúbicos / hora



Figura 2. 1 Curva y datos de prestación 4SR

Fuente: (Solar, 2016)

2.3.4.2 Caudal de bombeo.

El caudal de una línea de impulsión será el correspondiente al consumo del caudal máximo diario para el período de diseño. Tomando en cuenta que no resulta aconsejable ni práctico mantener períodos de bombeo de 24 horas diarias, habrá que incrementar el caudal de acuerdo a la relación de horas de bombeo, satisfaciendo así las necesidades de la población para el día completo. (Lozano García, gisperu, 2013)

$$Q_b = \frac{24}{N} * Q_{md} \quad (13)$$

Donde:

Q_b = Caudal de bombeo.

Q_{md} = Caudal de máximo diario.

N = Número de horas de bombeo.

2.3.4.3 Niveles de arranque y parada

Los niveles de arranque y de parada se presentan en el pozo húmedo para determinar el comienzo y fin del ciclo de bombeo. Estos niveles generalmente se delimitan con sensores o flotadores conectados al encendido y apagado de las bombas.

2.3.4.4 Tanque de bombeo

Para poder recircular el agua es necesario colocar una estación de bombeo la cual está compuesta de un tanque de bombeo para poder bombear el agua hasta el tanque de almacenamiento, este tanque viene dado por los valores de la bomba que se utilice para cumplir con las condiciones de trabajo de la misma.

Tabla 2. 15 Área lateral de bombeo

Largo mínimo según catálogo de la bomba	Lb =	1.00	m
Profundidad mínima según catálogo de la bomba	Hb =	0.6	m
		Alb =	0.6000 m²

El ancho del tanque para bombeo será asumido igual al valor del ancho del desarenador 2m.

2.4 Diseño tanque para reservorio de aguas lluvias

La abundancia de lluvias se almacena para ser aprovechadas en las épocas secas. Los aportes de agua lluvia ingresarán al sistema desde la cubierta de la edificación y de las áreas de parqueo exterior, a través de una rejilla longitudinal.

Sistemas de captación de agua lluvia de los techos y de los pisos

Los cuatro factores importantes para el diseño de sistemas de captación de agua lluvia en cisternas, son los siguientes:

- Precipitación pluvial (cantidad, frecuencia y distribución)
- Área de captación
- Capacidad de almacenamiento
- Demanda de agua

De estos factores solamente la precipitación pluvial queda fuera de control por parte del hombre. (Mola Morales, 2011)

El sistema de conducción será a través de una canaleta la cual capta y conduce el agua de lluvia a la cisterna. El área de captación está conformado por el techo (A_c), el sistema de

conducción de la canaleta de lámina galvanizada que se encuentra colocada sobre el borde del techo (Sc) y la cisterna (C) que se encuentra conectada al área de captación a través de la canaleta. (Mola Morales, 2011)

Se estima que en la Cuenca del Paute existe un valor de precipitación anual promedio de 1200 mm/año (Padrón Flasher, 2013) valor que se utilizará para el diseño de la cisterna de aguas lluvias.

2.4.1 Tanque almacenamiento aguas lluvias

Tabla 2. 16 Área cubierta de administración

Longitud cubierta administración	Lc =	7.00 M
Ancho cubierta administración	Ac =	3.00 M

A =	21.0000 m ²
------------	------------------------

Tabla 2. 17 Volumen anual recuperado de cubierta de administración

Precipitación anual promedio	P =	1,200.00 mm/año
Área cubierta administración	A =	21.00 m ²

Vp =	25.2000 m ³ /año
-------------	-----------------------------

El volumen necesario para un día de funcionamiento normal de una lavadora de vehículos es de 6000 litros de agua mientras que al año apenas se recupera 25200 litros de agua lluvia, lo cual no es representativo para realizar una captación de la misma, por lo que no se tomará en consideración este valor para el sistema de recirculación del agua. No es necesaria la implementación de un tanque de almacenamiento para aguas lluvias.

2.5 Diseño tanque de almacenamiento o cisterna.

La cisterna tiene básicamente dos funciones: liberar de golpe el agua contenida en la cisterna, y permitir el paso de más agua para rellenar la que se ha gastado. Habitualmente, el sistema funciona perfectamente cortando la entrada de agua en cuanto la cisterna se llena. (Mola Morales, 2011)

2.5.1 Tanque de almacenamiento

Para el diseño del tanque de almacenamiento de agua es necesario estimar el valor máximo del volumen utilizada en una lavadora de vehículos tipo, considerando que está funcionando a su máxima capacidad, para así poder solventar todas las demandas que esta empresa tenga durante un día; es por esta razón que las fosas poseen 6 vehículos debido a que se lava un vehículo en 20 min como valor promedio y cada fosa puede lavar máximo dos vehículos lo que hace un total de 6 por fosa.

Tabla 2. 18 Máxima capacidad de una lavadora de vehículos

	HORA	FOSA 1	TIEMPO	
			PROMEDIO POR CARRO	PROMEDIO POR CARRO
1	7:00	6	20	20
2	8:00	6	20	20
3	9:00	6	20	20
4	10:00	6	20	20
5	11:00	6	20	20
6	12:00	6	20	20
7	13:00	6	20	20
8	14:00	6	20	20
9	15:00	6	20	20
10	16:00	6	20	20
		60	20	20

En la lavadora tipo se inicia con un volumen de 7000 litros, este valor es un dato real y se termina el día con un valor de 1000 litros, para una demanda de 120 vehículos diarios da un volumen de 50 litros por vehículo.

Tabla 2. 19 Volumen por vehículo

VOLUMEN 1	VOLUME N 2	DIFERENCI A	NÚMERO VEHÍCULO S	TIEMPO LAVADO POR VEHÍCULO	VOLUMEN POR VEHÍCULO
(Its)	(Its)	(Its)	(u)	(min)	(Its)
7000	1000	6000	120	20	50

En esta lavadora de vehículos las actividades comienzan a las 7:00 y se terminan a las 17:00 dando un total de 10 horas laborables.

Tabla 2. 20 Horario de atención de lavadora de vehículos tipo

Inicio	Final
7:00:00	17:00:00
	10

Con los valores antes señalados se determina el caudal máximo con el que se trabajará el resto del proyecto.

Tabla 2. 21 Caudal máximo (Its/min)

Máxima capacidad	Volumen promedio	Tiempo promedio	Caudal máximo
[unid]	[Its]	[minutos]	[Its/min]
4	50	20	10.00
		SUBTOTAL	10.00

Un ciclo equivale al número de veces que se lava un vehículo en una fosa pero se debe considerar que se lava un solo vehículo por fosa.

Tabla 2. 22 Número de ciclos de lavado por día

Horas laborales	Tiempo promedio	Total ciclos por día
[H]	[minutos]	[ves]
10	20	30

Con los valores anteriores se puede determinar el caudal máximo a utilizarse.

Tabla 2. 23 Caudal máximo diario (lts/min)

Máxima capacidad diaria	Volumen promedio	Tiempo promedio	Caudal máximo
[unid]	[lts]	[minutos]	[lts/min]
120	50	20	300.00
		SUBTOTAL	300.00

Dando un volumen máximo en litros:

Tabla 2. 24 Volumen máximo diario (lts)

USOS	VOLUMEN MÁX [lts]
Consumo en la actividad de lavado de vehículos	6000.00
Previsión de incendios (solo extintores)	0
TOTAL	6000.00
TOTAL	6 m ³

Es recomendable utilizar un tanque plástico para grandes volúmenes puesto que se necesita almacenar un valor alto de agua para el correcto funcionamiento de la lavadora de vehículos. Debido a sus características prácticas en cuanto a manejo, transporte y su bajo costo es lo más recomendable para este diseño.

Tabla 2. 25 Valores de catálogo empresa Plastigama para tanque de almacenamiento

CAPACIDAD LITROS	A cm	B cm	H Cm	USO ESTÁNDAR	USO INDUSTRIAL		
				Peso Kg	Peso con agua Kg	Peso Kg	Peso con agua kg
5000	50	230	160	105.55	5106.55	111.88	5111.88
10000	50	250	245	265	10265	275	10275
15000	50	250	350	370	15370	385	15385
20000	50	250	455	475	20475	500	205000



Figura 2. 2 Tanque de almacenamiento Plastigama

A continuación se presentan los cálculos realizados para los tratamientos empleados en el sistema de recirculación de agua en una lavadora de vehículos. Los planos del diseño se encuentran dentro del Anexo 11

2.6 Trampa de grasa

Para el diseño de la trampa de grasas se usaron los siguientes parámetros

Tabla 2. 26 Parámetros a utilizarse en una trampa de grasa

$$\mathbf{V_{min}= 300 \text{ lt}}$$

$$\mathbf{TRH= 30 \text{ Min}}$$

Las relaciones más importantes para las transformaciones son:

Tabla 2. 27 Relaciones de transformación

$$1 \qquad \qquad \mathbf{m^3} \qquad \qquad 1000 \text{ lt}$$

$$1 \qquad \qquad \mathbf{min} \qquad \qquad 60 \text{ s}$$

El volumen en litros es el mínimo debido a que no se puede diseñar una trampa de grasas para volúmenes inferiores a 300 litros.

Volumen en litros

$$\mathbf{V= 300 \text{ lt}}$$

Valores calculados

$$\mathbf{Q= 30 \text{ lt/min}}$$

$$\mathbf{V= 1 \text{ Lt}}$$

Valores según tablas (Tabla 9)

$$\mathbf{Q= 0.5 \text{ lt/s}}$$

$$\mathbf{V= 1.8 \text{ m}^3}$$

Se recomienda usar los valores para un volumen de 5.4 m³ por seguridad y permitir mayor remoción de grasas al ser un tanque más grande.

Las dimensiones presentadas para la trampa de grasas vienen dadas en la tabla 9 en la cual se encuentran los valores que debe cumplir para un determinado caudal y volumen.

Tabla 2. 28 Dimensiones trampa de grasa

h=	1.5 M
a=	1.13 m
l=	2.4 m

Tabla 2. 29 Comprobación de valores de trampa de grasa

l=	2.4 m
a=	1.15 m

l/a=	2.09 VERDADERO
-------------	-----------------------

Por motivos constructivos se recomienda utilizar el ancho de la trampa de grasas de 1.15m.

2.7 Desarenador

Se recomienda diseñar el desarenador de la siguiente manera basándose en toda la teoría expuesta en el Capítulo I literal 1.5.2

Tabla 2. 30 Cálculos desarenador

Velocidad de sedimentación de la partícula según Stokes

Diámetro de la partícula	d =	0.005	Cm
Viscosidad absoluta agua (T=14)	m =	0.01172	cm²/s
Peso específico del líquido	pl=	1	g/cm³
Peso específico de las partículas	ps=	2.65	g/cm³
Gravedad	g =	981	cm/s²
	Vs =	0.192	cm/s

Tiempo que tarda la partícula en llegar al fondo

Profundidad (mínima 150cm)	H=	150	cm
Velocidad de sedimentación	Vs =	0.19182	cm/s
	t =	781.98	s

Período de retención hidráulica

Condición (grado del desarenador)	n=	1	
Condición (remoción %)	remoción =	75%	
Número de Hazen (tabla)	θ/t =	3	
Tiempo que tarda la partícula en llegar al fondo	t =	781.98	s
	θ =	2345.95	s
	θ =	0.65	horas

Volumen del tanque

Caudal	Q =	0.005	m³/s
Período de retención	θ =	2345.95	s
V = 11.73 m³			

Área superficial del tanque

Volumen	V =	11.73	m³
Profundidad	H =	1.50	m
As = 7.82 m²			

Dimensiones del tanque L:B = 3:1

Área superficial	As =	7.82	m²
B = 1.61 m			
B = 2.00 m			
L = 4.84 m			
L = 5.00 m			

Carga hidráulica

Caudal	Q =	0.005	m³/s
Área superficial	As =	7.82	m²

q =	0.00064	m³/m²*s
------------	---------	--------------------------------------

V_o = q =	0.00064	m/s
V_o =	0.064	cm/s

Diámetro d_o

Velocidad de sedimentación teórica	V_o =	0.064	cm/s
Viscosidad absoluta agua (T=14)	μ =	0.01172	cm²/s
Peso específico del líquido	ρ_l =	1	
Peso específico de las partículas	ρ_s =	2.65	
Gravedad	g =	981	cm/s²

d_o =	0.00289	cm
d_o =	0.03	mm

Comprobación

Velocidad de sedimentación efectiva	V_s =	0.19	cm/s
Velocidad de sedimentación teórica	V_o =	0.06	

θ/t = V_s/V_o=	3.00	cm/s
---	------	-------------

Velocidad horizontal

Caudal	Q =	0.005	m³/s
Lado	B =	2	m
Profundidad	H =	1.50	m

V_h =	0.167	cm/s
------------------------	-------	-------------

Velocidad horizontal máxima

Velocidad de sedimentación efectiva	V_s =	0.192	cm/s
-------------------------------------	------------------------	-------	-------------

V_{h max} =	3.836	cm/s
----------------------------	-------	-------------

Velocidad de resuspensión máxima

Sedimentación de arenas	k =	0.04	
Simple acción de la gravedad	f =	0.03	
Peso específico del líquido	pl =	1	g/cm³
Peso específico de las partículas	ps =	2.65	g/cm³
Gravedad	g =	981	cm/s²
Díámetro	d =	0.005	cm

V_r =	9.29	cm/s
------------------------	------	-------------

Cálculo de los elementos del desarenador
--

Vertedero de salida

Atura del vertedero

Caudal	Q =	0.005	m³/s
Lado	B =	2	m

H_v =	0.01	m
------------------------	------	----------

Velocidad del vertedero

Caudal	Q =	0.005	m³/s
Lado	B =	2	m
Altura vertedero	H_v =	0.01	m

V_v =	0.20	m/s
------------------------	------	------------

V_v =	0.30	m/s
------------------------	------	------------

Velocidad del vertedero	V_v =	0.20	m/s
Altura vertedero	H_v =	0.01	m

X =	0.17	m
------------	------	----------

L_r =	0.35	m
------------------------	------	----------

Pantalla de salida

Profundidad	$H/2 =$	0.75	m
Distancia al vertedero de salida	$15 H_v =$	0.18	m

Pantalla de entrada

Profundidad	$H/2 =$	0.75	m
Distancia a la cámara de aquietamiento	$L/4 =$	1.25	m

Almacenamiento de lodos

Profundidad máxima		0.4	m
Dist. Pto. De salida a la cámara de aquietamiento	$L/3 =$	1.67	m
Dist. Pto. De salida al vertedero de salida	$2L/3 =$	3.33	m
Pendiente transversal	$0.4/B =$	20.00%	
Pendiente longitudinal (en $L/3$)	$0.4/(L/3) =$	24.00%	
Pendiente longitudinal (en $2L/3$)	$0.4/(2L/3) =$	12.00%	

Cámara de aquietamiento

Profundidad	$H/3 =$	0.5	m
Ancho	$B/3 =$	0.67	m
Largo (adoptado)		1.00	m

Rebose de la cámara de quietamiento

Caudal extra	Q_e =	0.007	m³/s
Caudal de excesos	Q_{excesos}=	0.002	m³/s
Altura de excesos	H_e =	0.01	m
Velocidad de excesos	V_e =	0.18	m/s

X =	0.16	m
L_r =	0.35	m
(B-ancho)/2	0.67	m

L =	0.67	m
------------	------	----------

Perfil hidráulico

Velocidad tubería de entrada	V₁ =	1.09	m/s
------------------------------	------------------------	------	------------

V₂ =	0.02	m/s
------------------------	------	------------

Gravedad	g =	9.81	m/s²
----------	------------	------	------------------------

h_{vr} =	0.01	m
-------------------------	------	----------

Pérdidas a la entrada de la zona de sedimentación

Velocidad tubería de entrada	V₁ =	0.02	m/s
------------------------------	------------------------	------	------------

V₂ = V_h =	0.00167	m/s
--	---------	------------

Gravedad $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

$h_{vr} = 0.00000 \text{ m}$

Pérdidas por las pantallas inicial y final

Valores despreciables debido a la magnitud del caudal y del área

Cálculo de los diámetros de la tubería de excesos y lavado

Tubería de excesos

$d = 15.0000 \text{ cm}$

Se utilizará un valor constructivo para la tubería de 160 mm de diámetro.

Tubería de lavado

Cota de entrega del desagüe de lavado		97.05	
Cota de lámina de agua sobre la tubería	99.05	99.03	
Suponiendo el diámetro mínimo	D =	0.152	m
Longitud de la conducción		6	m
Altura disponible		1.98	

$J = H/L = 0.3300 \text{ m/m}$

Pérdidas en la conducción

Entrada normal	2.5	m
Válvula	1.1	m
Tubería	6	m
L.E. total =	9.6	m

J = H/L =	0.2063	m/m
------------------	--------	------------

Pérdidas en la conducción

	C =	100	
Suponiendo el diámetro mínimo	D =	0.152	m
	J =	0.2063	m/m

Q inicial =	0.0837	m³/s
--------------------	--------	------------------------

V =	0.7013	m/s
------------	--------	------------

CD =	0.7403	
-------------	--------	--

CD=	0.74	
T vaciado =	262.85	seg
T vaciado =	4.38	min

Para evitar el deterioro de los tratamientos se presenta un manual de operaciones del sistema que se puede encontrar en el Anexo 12, y un manual de mantenimiento en el

Anexo 13, que servirán como referencia de las actividades más importantes que se deben realizar para un adecuado uso y mantenimiento del sistema de recirculación del agua en una lavadora de vehículos.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 Introducción

Un factor importante para la elección y proyecto de tratamiento de aguas es el coste no solo para la construcción inicial del proyecto sino también los costes de mantenimiento. En el presente capítulo se realizará un análisis económico del proyecto, el cual no se debe pasar por alto puesto que es de suma importancia en un proyecto pues se generará la visión necesaria para poder interpretar el beneficio de los tratamientos a largo plazo. Los costos estarán en función de los materiales de construcción para todo el sistema. Al igual que dejará una visión clara de lo que se necesita para llevar a cabo este plan de recirculación de agua en una lavadora de vehículos. Para este proyecto se realizará el análisis del presupuesto con la ayuda de una herramienta de precios unitarios.

3.2 Análisis económico y presupuesto del proyecto

A la hora de hacer una previsión de los precios de construcción, todas las alternativas y costes futuros deben analizarse usando el mismo sistema de referencia y el mismo sistema de evaluación. (Metcalf & Eddy, 2002).

Los costos estarán en función de los materiales de construcción para todo el sistema. Con la herramienta de precios unitarios se puede hacer un estudio más detallado, puesto que esta herramienta detalla con precisión el valor de cada rubro utilizado en la construcción del tratamiento.

3.2.1 Presupuesto del proyecto

Para este proyecto se realizó el estudio del presupuesto realizado con la herramienta de precios unitarios mismo que se encuentra dentro de Anexo 9, que nos permitió realizar un análisis de precios unitarios, presentado en el Anexo 10 y se estimó un período de tiempo en el cual se pueda recuperar la inversión inicial, lo cual genera grandes ventajas para el

proyecto, porque a partir de esta fecha no se tomará como un valor negativo si no como un aumento del capital y generará ganancias para él o la inversionista.

3.3 Comparaciones de costos y ahorro

En cuanto a las comparaciones de costos y ahorros se presentan diferentes tablas que contienen la información relevante del proyecto, es decir desde cuando el proyecto comienza a generar rentabilidad para los inversionistas, que valores de agua se llegan a ahorrar, entre otros valores.

Se utilizaron los siguientes valores para determinar el ahorro de agua potable después de implantar los diferentes tratamientos y la estación de bombeo en una empresa tipo de lavado de vehículos.

Tabla 3. 1 Sólidos suspendidos parámetros a utilizar

Agua potable valor máximo permisible (Normado)	Ss =	0.00 mg/Litro
Agua utilizada en una lavadora valor promedio	Ss =	42.45 mg/Litro
Agua pasada por tratamientos valor promedio	Ss =	283.00 mg/Litro
Bomba para agua valor máximo permisible (catálogo)	Ss =	150.00 mg/Litro

Fuente: (Laboratorio UDA)

Se tienen los valores según la normativa y los parámetros que la bomba permite como valor máximo permisible, a partir de estos datos se obtienen los siguientes valores.

Tabla 3. 2 Combinación de agua potable y agua tratada

	Litros	Concentración
Agua Potable	2.77	0
Agua Tratada	1	283.00
Combinación	3.77	283
		75.00 mg/Litro

Como medida de seguridad se colocó un valor máximo permisible de 75 mg/litro de concentración de sólidos suspendidos para que la bomba funcione con mayor facilidad.

Para el caso de las grasas tenemos valores de la normativa, y para poder manejar mejor la calidad del agua se pretende llegar a un valor de 2.5 mg/litro de concentración de grasas como máximo luego de haber pasado por los tratamientos correctamente dimensionados.

Tabla 3. 3 Grasas parámetros a utilizar

Agua potable valor máximo permisible (Normado)	Gn =	0.30 mg/Litro
Agua utilizada en una lavadora valor promedio	G =	0.095 mg/Litro
Agua pasada por tratamientos valor promedio	G =	8.128 mg/Litro
Valor asumido para trabajar	G =	2.50 mg/Litro

Fuente: (Laboratorio UDA)

Se recupera un litro de agua tratada por cada 2.77 litros de agua potable.

	Litros	Concentración	
Agua Potable	2.77	0	
Agua Tratada	1	8.13	
Combinación	3.77	8.13	
		2.15	mg/Litro

Como resultado de estos cálculos realizados se consiguen los siguientes valores:

Tabla 3. 4 Resultados y porcentajes de combinación de agua potable y tratada

			PORCENTAJES
Agua potable	Litros	4409.90	73.50%
Agua Tratada	Litros	1590.10	26.50%
Combinación	Litros/día	6000.00	100%

Se llega a recuperar un valor del 26.50% de agua potable aplicando este sistema de tratamientos y recirculación del agua que equivale a 1590.10 litros de agua de los 6000 litros de agua diarios que se necesitan para el funcionamiento correcto de este tipo de industrias.

Tabla 3. 5 Costo mensual de electricidad

VALOR		
BOMBEADO	1590.10	Litros
Tiempo =	0.07	Horas
Costo Kwh	9.33	Ctvs.
Valor kwh	0.026	Kwh
Costo diario	0.25 \$	Ctvs.
Costo mensual	6.39 \$	Dólares

De esta tabla se puede identificar el costo horario del uso de la bomba para un funcionamiento normal en la lavadora de vehículos y así poder recircular el agua. El costo mensual en consumo eléctrico para este tipo de empresas es de \$6.39

Tabla 3. 6 Valor mensual de ahorro de agua

Volumen diario	1590.10	Litros
Volumen mensual	41.34	m ³ / mes
Costo agua	0.80 \$	\$/m ³
Costo mensual	33.07 \$	Dólares

El volumen diario de ahorro de agua potable es de 1590.10 litros que equivale a un ahorro de \$33.07, mismos que equivalen al 26.50% de agua potable ahorrada diariamente.

Tabla 3. 7 Ahorro mensual

Valor eléctrico	6.39 \$	Dólares
Valor agua	33.07 \$	Dólares
Ahorro mensual	26.68 \$	Dólares

De estos valores se calcula el ahorro mensual que es de \$26.68

Tabla 3. 8 Tiempo estimado de recuperación de inversión

Inversión inicial	403.02 \$	Dólares
-------------------	-----------	---------

Ahorro mensual	26.68 \$	Dólares
----------------	----------	---------

Tiempo estimado	16.00 Meses
-----------------	-------------

En apenas 16 meses que equivalen a 1.33 años se recupera la inversión inicial a partir de esta fecha los valores recaudados serán de ahorro para el inversionista.

Tabla 3. 9 Volumen de agua recuperado

Número de lavadoras	200 Lavadoras
Volumen mensual	41.34 m ³ / mes

Volumen recuperado	8268.54 m ³ /mes
--------------------	-----------------------------

Es importante saber cuál es el volumen que se recupera en toda la ciudad con alrededor de 200 empresas de lavado de vehículos mismas que representan un valor de 8268.54 m³/mes.

Tabla 3. 10 Caudal que genera el volumen recuperado

Volumen recuperado	8268.54 m ³ /mes
Días	30.00 días

Caudal	3.19 m ³ /min
--------	--------------------------

generado

Con este caudal generado del volumen recuperado se podría abastecer de agua potable a pequeñas comunidades como Kayamas que necesita de 12.64 m³/mes que equivaldría al valor de 0.005 m³/min o a la comunidad de Nayamak que requiere de 33.5 m³/mes que es igual a 0.013 m³/min estas dos comunidades pertenecen al Cantón Gualaquiza.

CONCLUSIONES

- La Normativa vigente del MAE establece criterios claros sobre la deposición de aguas residuales al sistema de alcantarillado público, haciendo uso de estos criterios y haciendo la consideración de que cada empresa de lavado de vehículos cuenta con un sistema bien diseñado para cumplir con dicha normativa se puede asegurar un porcentaje del 26.50% del agua utilizada en esta actividad es recuperable, mismo que para el caso de una lavadora tipo con 2 rampas de 2 carros simultáneamente en intervalos de 20 minutos, la cual equivale a 1590.10 litros de 6000 litros diarios que se consumen en estas empresas, generando un ahorro no solo de recursos económicos sino un mejoramiento sanitario y ambiental.
- Llegando a la conclusión de que implementando un sistema de recirculación del agua a base de una estación de bombeo, la inversión inicial del proyecto sería de \$403.02, mismo valor que será recuperado en un período de 16 meses, debido a que existe un ahorro monetario de \$26.68 mensual. Este es un sistema recomendado para reducir los costos en el consumo de agua potable, debido a que los diferentes tratamientos de agua funcionan a gravedad, lo que significa que no existe un valor adicional por remoción de sustancias contaminantes al líquido vital.
- Para valorar este porcentaje se realizó la caracterización de cuatro lavadoras de vehículos y se evaluó la calidad de entrada del agua, salida de la lavadora y salida de los tratamientos existentes con el fin de determinar el porcentaje de remoción de contaminantes y sumado a la calidad del agua que puede soportar la bomba para lavado en cuanto a sólidos suspendidos y grasas, se obtuvo el porcentaje de recirculación.
- Después de analizar los resultados de laboratorio, y observar que las características después del tratamiento no cumplen en todos los casos con la normativa exigida por el MAE, se propone unas dimensiones típicas de desarenador y trampa de

grasas para el tamaño de la lavadora utilizada, los cuales resultan ligeramente mayores a los que se encuentran en la realidad como se vio en el capítulo 2.

- También se valoró el costo del sistema de recirculación, obteniéndose que si consideramos el volumen mensual promedio de ahorro de agua en las lavadoras de vehículos de la ciudad de Cuenca que equivale a un valor de 8268540.50 litros, esta cantidad llegaría a cubrir las necesidades de pequeñas poblaciones que necesitan un caudal menor a 3 lt/min por su baja demanda de consumo diario del líquido vital, demostrando que este 26.50% de ahorro de agua es importante no solo en ahorro monetario, sino también en brindar este servicio básico a comunidades que si necesitan del líquido debidamente tratado para su diario vivir y mejorando la calidad de vida de estas comunidades.

GLOSARIO

Coalescencia: Propiedad de las cosas de unirse o fundirse. (DLE, 2016)

Esfericidad: es el cociente entre el área superficial de una esfera que tenga el mismo volumen que la partícula y el área superficial de dicha partícula. (Ramalho, 2003)

Sólidos totales: analíticamente, se define como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación a entre 103 y 105°C. (Metcalf & Eddy, 2002)

Sólidos sedimentables: son aquellos que sedimentan en el fondo de un recipiente en el transcurso de un periodo de 60 minutos. (Metcalf & Eddy, 2002)

Presostato: Dispositivo que permite mantener constante la presión de un fluido en un circuito. (DLE, 2016)

BIBLIOGRAFÍA

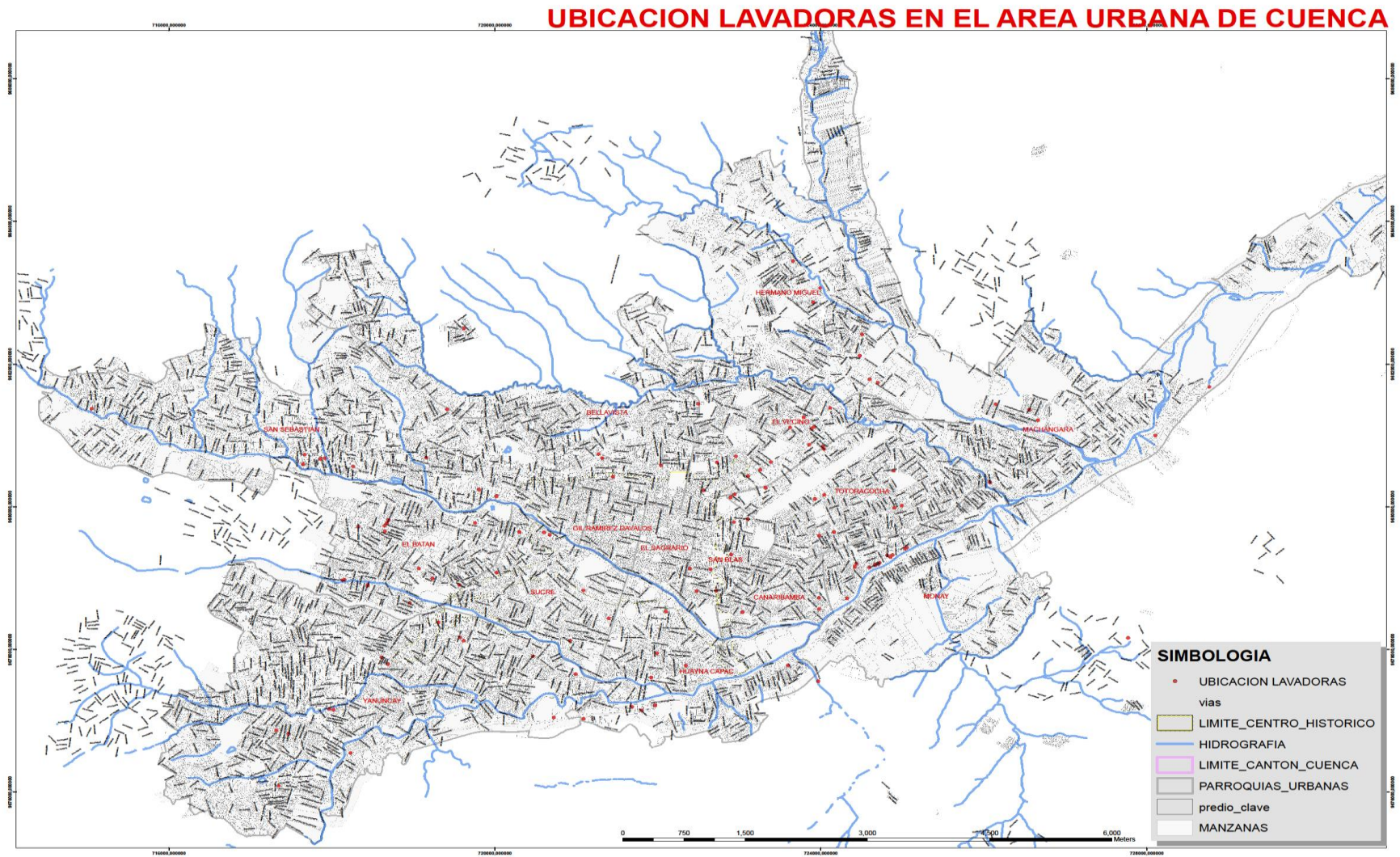
- American Public Health Association. (2012). *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. Washington DC: Eugene W. Rice, APHA, Chair.
- Black, & Decker. (n.d.). *La guía completa de la plomería*. Minesota: Creative Publishing Internacional.
- DLE. (2016, Mayo 5). *Real Academia Española*. Retrieved from Real Academia Española: <http://dle.rae.es/?w=diccionario>
- Gómez, I. C. (2003). *Saneamiento Ambiental*. San José, Costa Rica: Universida Estatal a Distancia.
- Hidroplayas. (2016, 04 20). *Trampa de grasa*. Retrieved from <http://hidroplayas.gob.ec/leydetransparencia/trampasdegrasa.pdf>
- Hydroplayas. (2016, 04 1). *Hydroplayas*. Retrieved from Hydroplayas: <http://hidroplayas.gob.ec/leydetransparencia/trampasdegrasa.pdf>
- Lengen, J. (2002). *Manual del arquitecto descalzo Cómo construir casas y otros edificios*. México, D.F.: Paxx México.
- López Cualla, R. A. (2001). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de ingeniería.
- Lozano García, E. E. (2013, Mayo). *gisperu*. Retrieved from <http://www.gisperu.com/edu/curso%20ing%20sanitaria/Ing.San-Mod.pdf>
- Lozano García, E. E. (2013). *Módulo Ingeniería Sanitaria*. Perú: Universidad César Vallejo.
- Macintyre, A. J. (1988). *Instalacoes hidráulicas industriais e predais*. Sao Paulo.
- MAE. (n.d.). Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. In MAE, *LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA* (pp. 22-23). Quito.
- Manahan, S. (2007). *Introducción a la química ambiental*. México D.F.: Reverté S.A.
- Metcalf, & Eddy. (2002). *Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización*. Zaragoza: Acribia.
- Mola Morales, F. J. (2011). *Instalaciones y mantenimiento de aparatos sanitarios para uso doméstico*. IC Editorial.
- Padrón Flasher, R. S. (2013). *Análisis de la estructura de la lluvia del páramo*. Cuenca.

- Pomeroy, R. (1953). *Flotabilidad de aceite y grasa en las aguas residuales, Aguas Residuales Residuos Ind.*
- Pongutá Hurtado, J. J. (2003). *Guía para el almacenamiento, manejo y conducción del agua.* Bogotá: Convenio Andrés Bello.
- Radulovich, R., Rodríguez, R., & Moncada. (2000). *Captación de agua lluvia en el hogar rural.* Turrialba: Centro Agrónomo Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Ramallo, R. S. (2003). *Tratamiento de aguas residuales.* Bogotá, Colombia: Editorial Reverté.
- Ramírez, R. d., & Mendoza, L. G. (2005). *Economía del agua en Baja California Reúso de aguas residuales tratadas bajo mecanismos de mercado.* Baja California: Universidad Autónoma de Baja California.
- Solar, C. C. (2016). *www.codesolar.org.* Retrieved from www.codesolar.org:
<http://www.codesolar.org/Energia-Solar/Energias-Renovables/Bombas-Agua/Pedrollo-Bomba-4SR-4SR7G.html>
- Soriano Rull, A., & Pancorbo Floristán, F. J. (2012). *Suministro distribución y evacuación interior de agua sanitaria.* Barcelona: Marcombo.
- Symons, G., & B, M. (1941). *El efecto del tiempo de secado en la determinación de sólidos en suspensión y lodos de depuradora.*
- Torrealba, B. (2016, 04 1). *Gestión de tecnología.* Retrieved from Innovación Tecnológica, Transferencia Tecnológica y Paquete Tecnológico:
http://bqto.unesr.edu.ve/pregrado/Gestion%20de%20Tecnologia/gtr_unid2/desagregacin_tecnologica.html
- UNAD. (2016, 4 1). *Universidad Nacional Abierta y a Distancia.* Retrieved from Universidad Nacional Abierta y a Distancia:
http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion_37_trampa_de_grasas.html
- UNATSABAR. (2016, 4 1). *UNIDAD DE APOYO TÉCNICO PARA EL SANEAMIENTO BÁSICO DEL ÁREA RURAL .* Retrieved from ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE TRAMPA DE GRASA:
http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/sanea/etTrampa_grasa.pdf

Anexo 1 Ubicación dentro de la ciudad de Cuenca de lavadoras de vehículos existentes en el catastro de ETAPA E.P.



Anexo 2 Ubicación dentro de la ciudad de Cuenca de lavadoras de vehículos existentes.



Anexo 3 Triclorotrifluoroetano- Soluble en aceite y grasa Flotables

Discusión general:

La prueba de aceites y grasas flotantes no mide una clase precisa de sustancias; más bien, los resultados se determinan por las condiciones de la prueba. La fracción medida incluye aceite y grasa, ambas flotando y adhiriéndose a los lados del recipiente de ensayo. La adherencia y las porciones flotantes son de similar importancia práctica porque se asume que la mayor parte de la porción adherida flotaría bajo las condiciones de recepción del agua. Los resultados se han encontrado para representar bien la cantidad de aceite eliminado en los separadores que tienen velocidades de desbordamiento equivalentes a las condiciones de prueba.

Aparatos:

- Tubo de aceite Flotable: Antes de su uso, el tubo se debe limpiar cuidadosamente mediante cepillado con un fregado suave de arenilla. El agua debe formar una película lisa en el interior del vidrio limpio. No utilice lubricante en la llave de paso.
- Matraz cónico de 300 ml.

Reactivos:

- 1, 1,2 – tricloro
- 1, 2,2 - trifluoroetano (Freon o equivalente)
- Ácido clorhídrico, HCl, 6N.
- Papel de filtro (Whatman No. 40 o equivalente)

Procedimiento:

Flotación: Coloque el tubo en una posición vertical. Comience el período de flotación en el sitio de muestreo inmediatamente después del llenado del tubo. El tiempo de flotación estándar es de 30 min. Si un tiempo diferente es utilizado, manifestar esta variación en el reporte de los resultados. Al final del período de flotación, descargue los primeros 900 ml de agua cuidadosamente a través de la llave de paso inferior, deteniéndose antes de que cualquier aceite superficial u otro material flotante se escapen. Girar el tubo ligeramente hacia atrás y hacia adelante sobre su eje vertical para desalojar los lodos procedentes de los lados, y dejar reposar durante 5 minutos. Descargue completamente lodo

que se ha depositado en el fondo o que desciende de los lados con el líquido. La espuma en la parte superior del líquido puede mezclarse con el agua a medida que se mueve hacia abajo del tubo. Si se produce la mezcla, parar la extracción de agua antes que algún flotante se pierda. Dejar reposar durante 5 minutos antes de retirar el resto de agua. Después de eliminar el agua, regreso el tubo al laboratorio para completar la prueba.

Extracción: Se acidifica a pH 2 o inferior con unas gotas de HCl 6N, añadir de 50 a 100 ml triclorotrifluoroetano, y agitar enérgicamente. Dejar reposar y vaciar el disolvente en un vaso limpio y seco. Filtrar el disolvente a través de un filtro de papel seco en un matraz cónico de 300 ml, teniendo cuidado de no obtener agua sobre papel de filtro. Agregar una segunda porción de 50 ml de triclorotrifluoroetano y repetir la extracción, sedimentación, filtración y en el mismo matraz de 300 ml. Una tercera extracción puede ser necesaria si la cantidad de elementos flotantes en la muestra es superior a 4 mg / L. Lave el filtro de papel cuidadosamente con solvente fresco descargado desde un frasco de lavado con punta fina.

Para cada lote disolvente, determinar el peso del residuo que queda después de la evaporación del mismo volumen como se usa en el análisis.

Cálculos:

Los resultados como "soluble en aceite flotante y grasa, 30 minutos (u otro especificado) tiempo de establecimiento, mg / l."

Triclorotrifluoroetano solubles en aceite flotante y la grasa, 30 min tiempo de establecimiento, mg / l
=

$$\frac{(A - B) * 1000}{\text{ml muestra}}$$

Dónde:

A = Ganancia total en peso del matraz tarado, mg.

B = residuo Calculado a partir de blanco de disolvente del mismo volumen que la utilizada en la prueba, mg.

Precisión y Bias:

No hay una tendencia determinada para esta prueba. La variabilidad de repeticiones se ve influenciada por la heterogeneidad de la muestra. Si las grandes partículas de grasa están presentes, el elemento de muestreo de azar puede ser un mayor factor. (American Public Health Association, 2012)

Anexo 4 Secado de los sólidos totales a 103-105 ° C

Discusión general:

Principio: Una muestra bien mezclada se evaporó en una placa pesada y secada a una temperatura constante en un horno a 103-105 ° C. El aumento de peso de la cápsula vacía representan los sólidos totales. Los resultados pueden no representar el peso de los sólidos disueltos y suspendidos reales en muestras de aguas residuales (véase más arriba).

Interferencias: agua altamente mineralizado con una concentración significativa de calcio, magnesio, cloruro y / o sulfato puede ser higroscópicos y requieren de secado prolongado, desecación apropiado, y rápido pesaje. Excluir partículas grandes, flotantes o sumergidos aglomerados de materiales no homogéneos de la muestra si se determina que su inclusión no se desea en el resultado final. Dispersar el aceite flotante visible y la grasa con un mezclador antes de retirar una porción de la muestra para el análisis. Debido a que el residuo excesivo en el plato puede formar una costra que atrapa el agua, limitar la muestra a residuos no mayores de 200 mg.

Control de calidad (QC). Se resumen las prácticas de control de calidad que se consideran una parte integral de cada método

Aparato:

- Cápsulas de evaporación. Platos de capacidad de 100 ml hecho de uno de los siguientes materiales:
 - I. Porcelana, de 90 mm de diámetro.
 - II. Platinum -Generalmente satisfactoria para todos los propósitos.
 - III. Vidrio de alta sílice. (Vycor, producto de Corning Glass Works, Corning, Nueva York, o equivalente).
- Horno de mufla para operar a ⁵⁵⁰ C
- Baño de vapor.
- Desecador, provisto de un desecante que contiene un indicador de color de la concentración de humedad o un indicador instrumental.
- Estufa de secado, para el funcionamiento a 103 a 105 ° C.
- Balanza analítica, capaz de pesar a 0,1 mg.
- Agitador magnético con barra de agitación TFE.
- Pipetas de gran calibre (Kimble Nos. 37005 y 37034B, o equivalente)

- Cilindro graduado.
- Vaso de precipitados. (Clase B o superior)

Procedimiento:

Preparación de cápsula de evaporación: Si los sólidos volátiles se van a medir encender plato de evaporación limpio a 550 ° C durante 1 h en un horno de mufla. Si sólo el total de sólidos se van a medir, se aplica de 103 a 105 ° C durante 1 h. Tienda y el plato fresco en el desecador hasta que se necesite. Pesar inmediatamente antes de su uso.

Análisis de la muestra: Elija un volumen de muestra que va a producir un residuo entre 2,5 y 200 mg. Medir un volumen medido de muestra bien mezclada, durante la mezcla, en un plato pesado previamente. Para muestras homogéneas, medir desde el punto medio aproximado del recipiente, pero no en el vórtice. Elegir un punto tanto a media profundidad y a mitad de camino entre la pared y el vórtice. Se evapora en seco a baño de vapor o en un horno de secado. Agitar la muestra con un agitador magnético durante la transferencia. Si es necesario, añadir porciones de muestra sucesivas para el mismo plato después de la evaporación. Cuando se evapora en un horno de secado, la temperatura más baja a aproximadamente 2 ° C por debajo de la ebullición para evitar salpicaduras. Evaporado en seco de la muestra durante al menos 1 h en un horno a 103-105 ° C, plato fresco en un desecador para equilibrar la temperatura, y pesar. Se obtiene Repetir el ciclo de secado, enfriamiento, desecación, y un peso de hasta un peso constante, o hasta que el cambio de peso es menor que 4% del peso anterior o 0,5 mg, el que sea menor. Cuando se pesa la muestra seca, estar alerta a los cambios en el peso debido a la exposición al aire y / o degradación de la muestra. Analizar al menos 10% de todas las muestras por duplicado. Las determinaciones por duplicado deberían ponerse de acuerdo dentro del 5% de su peso medio. (American Public Health Association, 2012)

Anexo 5 Sólidos Disueltos Totales secados a 180 ° C

Discusión General:

Principio: Una muestra bien mezclada se filtra a través de un filtro de fibra de vidrio estándar, y el filtrado es evaporado a sequedad en un plato pesado y se seca hasta peso constante a 180 ° C. El aumento en el peso del plato representa los sólidos disueltos totales. Este procedimiento se puede usar para secar a otras temperaturas.

Los resultados pueden no estar de acuerdo con el valor teórico de sólidos calculados a partir de los análisis químicos de las muestras. Métodos aproximados para correlacionar el análisis químico con sólidos disueltos son válidos. El filtrado de la determinación total de sólidos en suspensión puede usarse para la determinación de sólidos totales disueltos.

Interferencias: aguas altamente mineralizada con un considerable calcio, magnesio, cloruro y / o sulfato de contenido pueden ser higroscópicos y requieren secado prolongado, adecuada desecación, y rápido pesaje. Las muestras con alto contenido de bicarbonato requieren un cuidadoso secado y posiblemente prolongado a 180 ° C para asegurar la conversión completa de bicarbonato a carbonato. Debido al residuo excesivo en el plato puede formar una costra que atrapa el agua, limitar la muestra a no más de 200 mg de residuo.

Control de calidad (QC). Se resumen las prácticas de control de calidad que se consideran una parte integral de cada método

Aparato:

- Cápsulas de evaporación. Platos de capacidad de 100 ml hecho de uno de los siguientes materiales:
 - I. Porcelana, de 90 mm de diámetro.
 - II. Platinum -Generalmente satisfactoria para todos los propósitos.
 - III. Vidrio de alta sílice. (Vycor, producto de Corning Glass Works, Corning, Nueva York, o equivalente).
- Horno de mufla para operar a 550°C
- Baño de vapor.

- Desecador, provisto de un desecante que contiene un indicador de color de la concentración de humedad o un indicador instrumental.
- Estufa de secado, para el funcionamiento a 103 a 105 ° C.
- Balanza analítica, capaz de pesar a 0,1 mg.
- Agitador magnético con barra de agitación TFE.
- Pipetas de gran calibre (Kimble Nos. 37005 y 37034B, o equivalente)
- Discos de filtro de fibra de vidrio sin aglutinante orgánico.
- Un aparato de filtración.
- Matraz de succión, con capacidad suficiente para el tamaño de la muestra seleccionada.
- Estufa de secado, para operar a 180 ± 2 ° C.

Procedimiento:

Preparación de un disco de filtro de fibra de vidrio: Si previamente preparados discos de filtro de fibra de vidrio se utilizan, eliminar este pasó. Inserte el disco con la cara arrugada en el aparato de filtración. Aplicar vacío y lavar el disco con tres sucesivos volúmenes de 20 ml de agua de grado reactivo. Continuar succión para eliminar todos los rastros de agua, descarte lavarlos.

Preparación de cápsula de evaporación: Si los sólidos volátiles se van a medir, encender cápsula de evaporación limpia a 550 ° C durante 1 h en un horno de mufla. Si los sólidos disueltos totales solamente se van a medir, poner el calor de cocina a 180 ± 2 ° C durante 1 h en un horno. Almacenar en un desecador hasta que se necesite. Pesar inmediatamente antes de su uso.

Selección de filtros de muestra y tamaños: Elegir volumen de muestra para producir entre 2,5 y 200 mg de residuo seco, Si se requiere más de 10 minutos para completar la filtración, aumentar el tamaño del filtro o disminuir el volumen de la muestra.

Análisis de la muestra: remover muestra con un agitador magnético y pipetear un volumen medido sobre un filtro de fibra de vidrio aplicando vacío. Lavar con tres sucesivos volúmenes de 10 ml de agua de grado reactivo, lo que permite un drenaje completo entre los lavados, y continuar la succión durante aproximadamente 3 minutos después de completada la filtración. Transferir el filtrado total (con lavados) a un plato de evaporación pesado y evaporar en seco en un baño de vapor o en un horno de secado. Si es necesario, añadir porciones sucesivas para el mismo plato después de la evaporación. Evaporar en seco la muestra durante al menos 1 h en un horno a 180 ± 2 ° C, enfriar en un desecador

para equilibrar la temperatura, y pesar. Repetir el ciclo de secado de secado, enfriamiento, desecación, y un peso de hasta un peso constante se obtiene o hasta que el cambio de peso es inferior al 4% del peso anterior o 0,5 mg, lo que sea menor. Analizar al menos 10 % de todas las muestras por duplicado. Las determinaciones por duplicado deberían ponerse de acuerdo dentro del 5% de su peso medio. Si los sólidos volátiles se han de determinar. (American Public Health Association, 2012)

Anexo 6 Sólidos Suspendedos Totales seca a 103-105 ° C

Discusión General:

Principio: Una muestra bien mezclada se filtró a través de un filtro de fibra de vidrio estándar pesado y el residuo retenido en el filtro se seca hasta un peso constante a 103 a 105 ° C. El aumento en peso del filtro representa el total de sólidos en suspensión. Si el material en suspensión obstruye el filtro de filtración y prolonga la filtración, puede ser necesario aumentar el diámetro del filtro o disminuir el volumen de la muestra. Para obtener una estimación del total de sólidos en suspensión, calcular la diferencia entre el total de sólidos disueltos y sólidos totales.

Interferencias: Excluir partículas flotantes grandes o aglomerados sumergidos de materiales no homogéneos de la muestra si se determina que su inclusión no es representativa. Debido a excesivos residuos en el filtro se puede formar una costra que atrapa agua, limitar el tamaño de la muestra para que no se produzcan residuos mayores de 200 mg. Por muestras con alto contenido de sólidos disueltos se debe lavar bien el filtro para asegurar la eliminación de material disuelto. Tiempos de filtración prolongada son resultado de la obstrucción del filtro debido al aumento de materiales coloidales capturados en el filtro obstruido.

Control de calidad (QC). Se resumen las prácticas de control de calidad que se consideran una parte integral de cada método.

Aparato:

- Cápsulas de evaporación. Platos de capacidad de 100 ml hecho de uno de los siguientes materiales:
 - I. Porcelana, de 90 mm de diámetro.
 - II. Platinum -Generalmente satisfactoria para todos los propósitos.
 - III. Vidrio de alta sílice.
- Horno de mufla para operar a 550°C
- Baño de vapor.
- Desecador, provisto de un desecante que contiene un indicador de color de la concentración de humedad o un indicador instrumental.
- Estufa de secado, para el funcionamiento a 103 a 105 ° C.
- Balanza analítica, capaz de pesar a 0,1 mg.

- Agitador magnético con barra de agitación TFE.
- Pipetas de gran calibre (Kimble Nos. 37005 y 37034B, o equivalente)
- Discos de filtro de fibra de vidrio sin aglutinante orgánico.
- Un aparato de filtración.
- Matraz de succión, con capacidad suficiente para el tamaño de la muestra seleccionada.
- Estufa de secado, para operar a 180 ± 2 ° C.
- Platos de pesaje de Aluminio

Procedimiento:

Preparación de disco de filtro de fibra de vidrio: Si se utilizan discos de filtro de fibra de vidrio pre-preparadas, eliminar este pasó. Inserte el disco con la cara arrugada en un aparato de filtración. Aplicar vacío y lavar el disco con tres porciones sucesivas de 20 ml de agua de grado reactivo. Continuar succión para eliminar todas las trazas de agua, sin aplicar vacío, y descartar los lavados. Quite el filtro de aparatos de filtración y la transferencia a un plato de pesaje de aluminio inerte. Secar en un horno a 103 a 105 ° C durante 1 h. Si los sólidos volátiles se van a medir, encender a 550 ° C durante 15 min en un horno de mufla. Enfriar en desecador para equilibrar la temperatura y pesan. Repetir el ciclo de secado o la ignición, la refrigeración, desecante, y con un peso hasta que se obtiene un peso constante o hasta que el cambio de peso sea menor que 4% del pesaje anterior o 0,5 mg, el que sea menor. Tienda en un desecador hasta que se necesite.

La selección de filtros de muestra y tamaños: Permite seleccionar el volumen de la muestra para producir entre 2,5 y 200 mg de residuo seco. Si volumen filtrado no cumple con rendimiento mínimo, aumentar el volumen de la muestra hasta 1 l. Si la filtración completa tarda más de 10 minutos, aumentar el diámetro de filtro o disminuir el volumen de la muestra.

Análisis de la muestra: Montar el aparato de filtración y el filtro, y comenzar de succión. Mojar el filtro con un pequeño volumen de agua de grado reactivo para asentar el filtro. Agitar la muestra con un agitador magnético a una velocidad para cizallar las partículas más grandes, si es práctico para obtener más uniforme el tamaño de las partículas (preferiblemente homogénea). La fuerza centrífuga puede separar las partículas por tamaño y densidad, lo que resulta en una pobre precisión cuando se varía el punto de toma de muestras. Mientras se agita, pipetear un volumen medido en el filtro de fibra de vidrio sentado. Para muestras homogéneas, pipetear desde el punto medio aproximado del contenedor, pero no en el vórtice. Elegir un punto tanto a media profundidad y a mitad de camino entre la pared y el vórtice. Lavar el filtro con tres sucesivos volúmenes de 10 ml de agua de grado

reactivo, lo que permite un drenaje completo entre los lavados, y continuar la succión durante aproximadamente 3 minutos después de que la filtración este completa. Las muestras con alto contenido de sólidos disueltos pueden requerir lavados adicionales. Retirar con cuidado el filtro de aparatos de filtración y la transferir a un plato de pesaje de aluminio como soporte. Alternativamente, retire la crisol y la combinación de filtro desde el adaptador de crisol si se usa un crisol Gooch. Secar durante al menos 1 hora a 103 a 105°C en un horno, enfriar en un desecador para equilibrar la temperatura, y pesar. Repetir el ciclo de secado, enfriamiento, desecación, y pesar hasta que se obtiene un peso constante o hasta que el cambio de peso sea menor que 4% del peso anterior o 0,5 mg, el que sea menor. Analizar al menos 10% de todas las muestras por duplicado. Las determinaciones por duplicado deberían ser de acuerdo dentro del 5% de su peso medio. Si los sólidos volátiles se han de determinar, tratar los residuos de acuerdo a 2540 E. (American Public Health Association, 2012)

Anexo 7 Sólidos sedimentables

Discusión General:

Los sólidos sedimentables en las aguas superficiales y salinas, así como los desechos domésticos e industriales pueden determinarse e indicarse ya sea en un volumen (ml / l) o un peso base (mg / l).

Aparatos:

- La prueba volumétrica requiere sólo un cono de Imhoff.
- Recipiente de vidrio con un diámetro mínimo de 9 cm.
- Cápsulas planas de evaporación. a: Platos de la capacidad de 100 ml hecho de uno de los siguientes materiales:
 - Porcelana, de 90 mm de diámetro.
 - Platinum -Generalmente satisfactoria para todos los propósitos.
 - Vidrio de alta sílice. (Vycor, producto de Corning Glass Works, Corning, Nueva York, o equivalente).
- Horno de mufla para operar a 550⁰ C
- Baño de vapor.
- Desecador, provisto de un desecante que contiene un indicador de color de la concentración de humedad o un indicador instrumental.
- Estufa de secado, para el funcionamiento de 103 a 105 ° C.
- Balanza analítica, capaz de pesar a 0,1 mg.
- agitador magnético con barra de agitación TFE.
- pipetas de gran calibre (Kimble Nos. 37005 y 37034B, o equivalente)
- Discos de filtro de fibra de vidrio (
- Aparato de filtración . Uno de los siguientes, adecuado para el disco de filtro seleccionado:
 - Memb Rane nnel fu filtro.
 - G ooch cru cible, de 25 m l a 40 m l de capacidad, con Gooch adaptar a la placa.
 - Un aparato de filtración con depósito y grueso (de 40 a 60 micras) de disco tted fri como soporte del filtro. (Gelman N° 4201 o equivalente)
- matraz de succión, con capacidad suficiente para el tamaño de la muestra seleccionada.
- Estufa de secado, para operar a 180 ± 2 ° C.

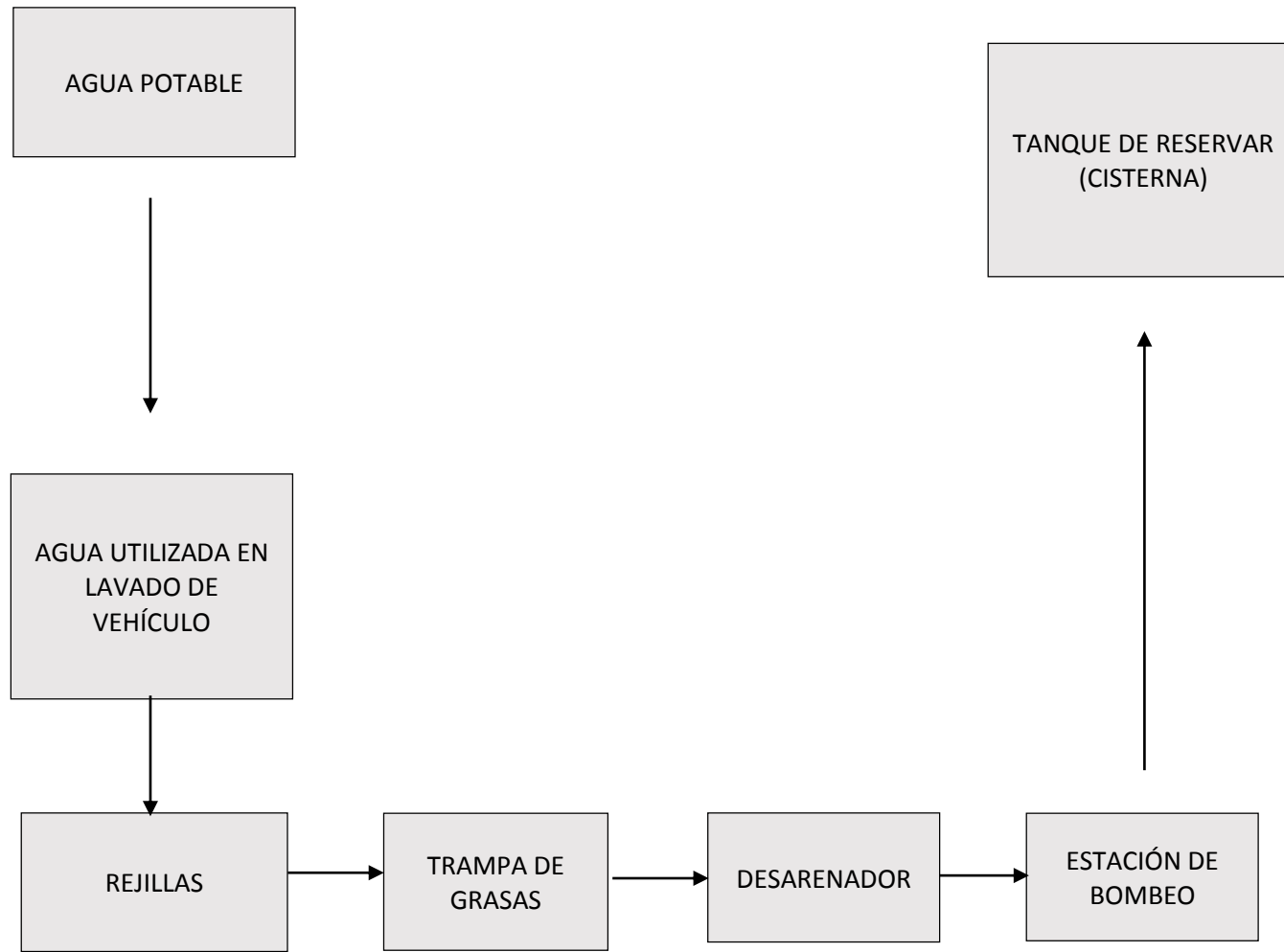
Procedimiento:

Volumétrico: Llenar un cono Imhoff hasta la marca de 1 litro con una muestra bien mezclada. Dejar reposar durante 45 min, agitar suavemente la muestra cerca de los lados del cono con una varilla o al girar, se deja reposar 15 min más, y el registro del volumen de sólidos sedimentables en el cono son en mililitros por litro. Si el material sedimentado contiene bolsas de líquido entre las grandes partículas sedimentadas, se estima el volumen de éstos y se resta del volumen de sólidos sedimentados. El límite inferior práctico de la medición depende de la composición de la muestra y, en general está en el intervalo de 0,1 lo 1,0 ml/l. Cuando se produzca una separación de material sedimentable y flotando, no se estima el material flotante como materia sedimentable. Donde floculo biológico o químico está presente, se prefiere el método gravimétrico (3b).

Gravimétrico.

- Determinar los sólidos suspendidos totales.
- Verter una muestra bien mezclada en un recipiente de vidrio de no menos de 9 cm de diámetro. no utilizando menos de 1litro y suficiente muestra para dar una profundidad de 20 cm. Alternativamente utilizar un recipiente de vidrio de mayor diámetro y un volumen mayor de muestra. Dejar reposar en reposo durante 1 hora y, sin perturbar el instalaron o flotando materiales, sifón de 250 ml desde el centro del recipiente en un punto a medio camino entre la superficie del material sedimentado y la superficie del líquido. Determinar el total de sólidos en suspensión (miligramos por litro) de este líquido sobrenadante. Estos son los sólidos no sedimentados. (American Public Health Association, 2012)

Anexo 8 Diagrama de flujo de los tratamientos



Anexo 9 Presupuesto Construcción tratamiento

PRESUPUESTO						
Item	Codigo	Descripcion	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
001		ESTACIÓN DE BOMBEO				138.22
1,001	515007	Tubería PVC d= 110 mm	m	0.30	5.66	1.70
1,002	511001	Enlucido con mortero 1:3	m2	6.40	6.87	43.97
1,003	510026	Mampostería de bloque ancho 10 cm con mortero 1:3	m2	8.46	10.94	92.55
2		TANQUE DE ALMACENAMIENTO				104.71
2,001	515007	Tubería PVC d= 110 mm	m	18.50	5.66	104.71
3		SISTEMA DE CIRCULACIÓN				116.91
3,001	515007	Tubería PVC d= 110 mm	m	9.80	5.66	55.47
3,002	515014	Codo de PVC 110mm x 90°	u	1.00	3.24	3.24
3,003	521033	Válvula de compuerta d=110	u	1.00	58.20	58.20
SUBTOTAL						359.84
					12%	43.18
TOTAL						403.02

Anexo 10 Análisis de precios unitarios construcción tratamiento**Item:** 1,001**Código:** 515007**Descrip.:** Tubería PVC d= 110 mm**Unidad:** m**COSTOS DIRECTOS****Equipo y herramienta**

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
112001	Herramientas varias	Hora	1.0000	0.40	0.1000	0.04
Subtotal de Equipo:						0.04

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
2A0007	Tubería PVC d=110mm	m	1.0500	3.84		4.03
2EI005	Arena puesta en obra	m3	0.0300	17.00		0.51
2EA096	Polipega (200cc)	u	0.0020	2.96		0.01
Subtotal de Materiales:						4.55

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
402015	Peón		1.0000	3.26	0.1000	0.33
Subtotal de Mano de Obra:						0.33

Costo Directo Total: 4.92

COSTOS INDIRECTOS

15 % 0.74

Precio Unitario Total 5.66

Item: 1,002
Código: 511001
Descrip.: Enlucido con mortero 1:3
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
112001	Herramientas varias	Hora	1.0000	0.40	0.8000	0.32
Subtotal de Equipo:						0.32

Materiales						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
508003	Mortero de cemento 1:3	m3	0.0300	101.38		3.04
Subtotal de Materiales:						3.04

Transporte						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra						
Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
402015	Peón		1.0000	3.26	0.8000	2.61
Subtotal de Mano de Obra:						2.61

Costo Directo Total: 5.97

COSTOS INDIRECTOS

15 % 0.90

Precio Unitario Total	6.87
------------------------------------	-------------

Item: RUB. AUX. 001.002

Código: 508003

Descrip.: Mortero de cemento 1:3

Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
112001	Herramientas varias	Hora	4.0000	0.40	0.9100	1.46
Subtotal de Equipo:						1.46

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
223002	Cemento Portland Tipo I puesto en obra	saco	10.0000	6.47		64.70
2EI005	Arena puesta en obra	m3	1.1500	17.00		19.55
2EA073	Agua	lt	250.0000	0.01		2.50
Subtotal de Materiales:						86.75

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra

Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
402015	Peón	3.0000	3.26	0.9100	8.90
403001	Albañil	1.0000	3.30	0.9100	3.00
405006	Técnico obras civiles	1.0000	3.48	0.3640	1.27
Subtotal de Mano de Obra:					13.17

Costo Directo Total: 101.38

COSTOS INDIRECTOS

15 % 15.21

Precio Unitario Total	116.59
------------------------------------	---------------

Item: RUB. AUX. 001.002

Código: 510026

Descripción: Mampostería de bloque ancho 10 cm con mortero 1:3

Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
112001	Herramientas varias	Hora	1.0000	0.40	0.8000	0.32
Subtotal de Equipo:						0.32

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
2EU014	Bloques alivianados 40 x 20 x 10 cm.	u	13.0000	0.35		4.55
508003	Mortero de cemento 1:3	m3	0.0200	101.38		2.03
Subtotal de Materiales:						6.58

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
402015	Peón		1.0000	3.26	0.8000	2.61
Subtotal de Mano de Obra:						2.61

Costo Directo Total: 9.51

COSTOS INDIRECTOS

15 % 1.43

Precio Unitario Total	10.94
------------------------------------	--------------

Item: 1,003
Código: 515014
Descrip.: Codo de PVC 110mm x 90°
Unidad: u

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
112001	Herramientas varias	Hora	1.0000	0.40	0.1000	0.04
Subtotal de Equipo:						0.04

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
2EA096	Polipega (200cc)	u	0.0020	2.96		0.01
2A2002	Codo PVC 110 mm x 90°	u	1.0000	2.44		2.44
Subtotal de Materiales:						2.45

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
402015	Peón		1.0000	3.26	0.1000	0.33
Subtotal de Mano de Obra:						0.33

Costo Directo Total: 2.82

COSTOS INDIRECTOS

15 % 0.42

Precio Unitario Total	3.24
------------------------------------	-------------

Item: RUB. AUX. 001.003

Código: 521033

Descrip.: Válvula de compuerta d=110

Unidad: u

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
-----------------------------	--	--	--	--	--	--

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
112001	Herramientas varias	Hora	1.0000	0.40	0.1667	0.07
Subtotal de Equipo:						0.07

Materiales						
-------------------	--	--	--	--	--	--

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
245048	Válvula de compuerta d = 110 mm	u	1.0000	50.00		50.00
Subtotal de Materiales:						50.00

Transporte						
-------------------	--	--	--	--	--	--

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra						
---------------------	--	--	--	--	--	--

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
402015	Peón		1.0000	3.26	0.1667	0.54
Subtotal de Mano de Obra:						0.54

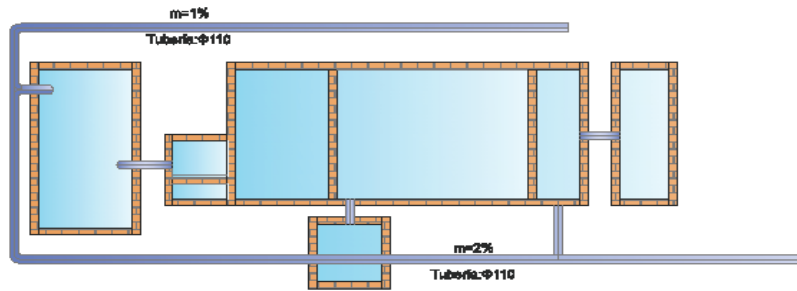
Costo Directo Total: 50.61

COSTOS INDIRECTOS

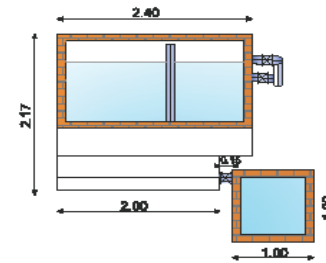
15 % 7.59

Precio Unitario Total	58.20
------------------------------------	--------------

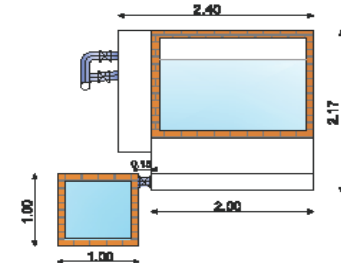
Anexo 11 Planos del diseño de tratamientos de agua



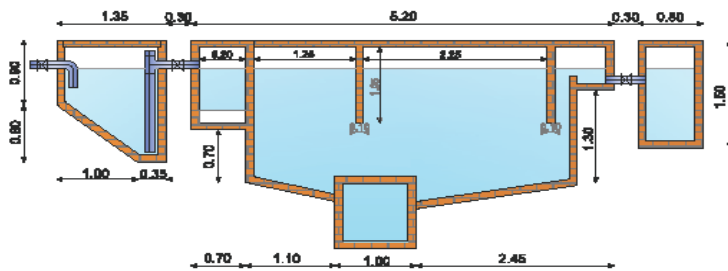
PLANTA UNICA
ESCALA 1:50



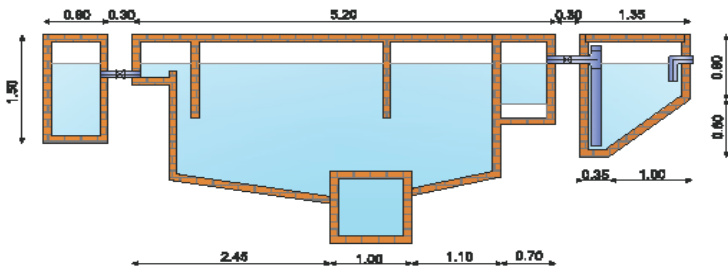
VISTA LATERAL IZQUIERDA
ESCALA 1:50



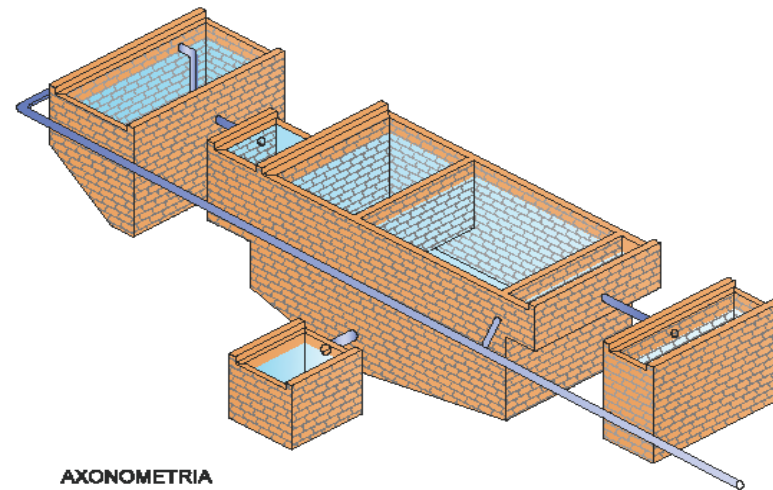
VISTA LATERAL DERECHA
ESCALA 1:50





VISTA FRONTAL
ESCALA 1:50



VISTA POSTERIOR
ESCALA 1:50



AXONOMETRIA

		CONTIENE	FECHA	LAMINA
		PLANTA, ALZADOS Y AXONOMETRIA	23/08/18	1/1

Anexo 12 Manual de operaciones del sistema.

Este manual tiene como objetivo detallar una guía de operaciones detallada para el funcionamiento adecuado del sistema de tratamiento de agua utilizada en una lavadora de vehículos convencional.

El sistema de tratamientos de agua consta de las siguientes partes:

- Trampa de grasas
- Desarenador
- Estación de bombeo
- Tanque para almacenamiento

Descripción de las funciones de cada parte del sistema.

- **Trampa de grasas:** separa grasas y aceites del agua usada, mediante flotación natural.
- **Desarenador:** sedimenta partículas en suspensión por acción de la gravedad.
- **Estación de bombeo:** cuando la energía hidráulica no es suficiente para cumplir con los requerimientos, esta estación incrementa la energía existente mediante la aplicación de una energía externa.
- **Tanque para almacenamiento:** sirve para preservar líquidos a presión ambiente, en este caso para preservar el agua que se utilizará en el sistema.

Necesidades mínimas de personal, sus funciones y requisitos.

El sistema necesita del mínimo de personal para su correcto funcionamiento debido a que los diferentes tratamientos que se utilizan en este sistema funcionan por efectos de la gravedad, la única parte que necesita de operarios es la estación de bombeo.

Se necesita de una persona que realice el encendido y apagado de la bomba tomando en cuenta de que debe alternar su funcionamiento con la otra bomba existente para evitar daños en la bomba. Esto lo realizará dependiendo de las necesidades diarias de la lavadora. Este trabajador tendrá que tomar en cuenta los niveles de la estación de bombeo para el encendido y apagado de la bomba.

Anexo 13 Manual de mantenimiento preventivo planificado.

Según la Real Academia Española el mantenimiento se define como el conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente.

Los diferentes tratamientos para mejorar la calidad del agua requieren de un mantenimiento mínimo debido a su diseño, aunque este debe ser periódico, puesto que un fallo en las instalaciones puede tener consecuencias importantes para el correcto funcionamiento de las mismas.

El sistema de tratamientos de agua consta de las siguientes partes:

- Trampa de grasas
- Desarenador
- Estación de bombeo
- Tanques para almacenamiento

Beneficios del mantenimiento preventivo planificado.

- Previene fallas en las instalaciones, evitando paros innecesarios en las actividades y por lo mismo gastos recargados.
- Reduce la cantidad de repuestos utilizados al dar un mantenimiento periódico y efectivo.
- Garantiza el buen estado de los sistemas durante su vida útil.

Pasos para un correcto mantenimiento.

Debido a los beneficios antes mencionados se recomiendan las siguientes actividades para una labor óptima de cada sistema.

- Limpieza externa:
- Limpieza interna:
- Inspección interna:

Limpieza externa: se recomienda mantener las instalaciones limpias para evitar contaminaciones de los diferentes tratamientos.

- Trampa de grasas: remover la capa superior de grasa que se forma por la acumulación de la misma en el sistema.
- Desarenador: Una vez por semana remover la mayor cantidad de sedimentos posibles.
- Estación de bombeo: no es necesario.
- Tanques para almacenamiento: no es necesario.

Limpieza interna: esta limpieza hace referencia al vaciado de cada uno de los sistemas y su limpieza interna. Este paso se recomienda hacerlo una vez cada 3 meses.

- Trampa de grasas: limpieza interna necesaria.
- Desarenador: limpieza interna necesaria.
- Estación de bombeo: limpieza interna necesaria.
- Tanques para almacenamiento: limpieza interna necesaria.

Inspección interna: se verificará que no existan obstrucciones en las instalaciones, entiéndase por obstrucción cualquier objeto que impida el correcto funcionamiento del sistema, puede considerarse fundas plásticas como uno de estos objetos. Esta actividad se la puede realizar una vez por semana conjuntamente con la limpieza externa.

- Trampa de grasas: tener cuidado en la tubería de ingreso al tratamiento
- Desarenador: revisar las pantallas de entrada y salida.
- Estación de bombeo: revisar la cámara. Revisar el correcto funcionamiento de las bombas, utilizar las bombas alternadamente para evitar un recalentamiento de las mismas, apagar la bomba cuando llegue al nivel mínimo para que no se sobre esfuerce.
- Tanques para almacenamiento: revisión necesaria.

Tablas de control de actividades.

Para llevar un correcto control de las actividades preventivas se utilizarán tablas que podrían tener el siguiente formato.

Tabla 4. 1 Formato para control de actividades de mantenimiento

MES	FECHA	SISTEMA	ACTIVIDAD	RESPONSABLE