



FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INTEGRACIÓN

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA DE
APROVECHAMIENTO DE AGUAS GRISES EN LAVADEROS DE CARROS EN
COLOMBIA

DOCUMENTO ELABORADO POR

DIANA MARCELA COHECHA PARRADO
MARIA CAMILA MONCADA DIAZ
JAIME JOSE POSADA DE LEON
JESSICA ANDREA VALDERRAMA OLARTE

PRESENTADO A

JEFFREY LEON PULIDO

BOGOTÁ. D.C., 28 DE MAYO DE 2021

TABLA DE CONTENIDO

Listado de tablas.....	4
Listado de figuras.....	5
1. PROBLEMA.....	7
2. OBJETIVO GENERAL.....	8
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
4. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS.....	8
5. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO.....	9
6. MARCO DE REFERENCIA.....	10
6.2 Antecedentes.....	11
6.3 Bases teóricas.....	12
6.3.1 Lavaderos de automóviles.....	12
6.3.2 Elementos necesarios para el servicio de autolavado.....	13
6.3.3 Sistema de tratamiento de agua residual.....	14
6.3.4 Aguas residuales.....	15
7. NORMATIVIDAD.....	20
7.1 Norma ISO 14001: 2015.....	21
7.2 NTC-ISO 5667-14:1999.....	21
7.3 Decreto 3930 de 2010.....	21
7.4 Resolución 1207 de 2014.....	21
7.5 Resolución 631 de 2015.....	21
7.6 Decreto 1076 de 2015.....	21
7.7 ISA.....	21
7.8 La NFPA.....	21
7.9 ASTM International.....	21
7.10 IEEE.....	21
7.11 CEI.....	21
7.12 ISO.....	21

7.13 ANSI.....	21
8. ANÁLISIS DE RESTRICCIONES	26
8.1 Diseño.....	26
8.2 Seguridad.....	28
8.3 Finanzas	31
9. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	32
9.1 Selección de alternativas	32
9.2 Matriz de análisis de alternativas	33
9.3 Matriz de evaluación y selección	34
10. ESPECIFICACIONES DE LA SOLUCIÓN	35
10.1 Proceso de lavado de un vehículo	35
10.2 Proceso de recirculación para tratamiento de agua	36
10.3 Maquinaria e insumos	37
10.4 Presupuesto	38
11. ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO	39
CONCLUSIONES	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

Listado de tablas

Tabla 1. Servicios prestados en un autolavado.	12
Tabla 2. Normatividad internacional.....	22
Tabla 3. Normatividad nacional.....	24
Tabla 4. Normatividad nacional para el uso del recurso hídrico.....	29
Tabla 5. Matriz de análisis de alternativas	33
Tabla 6. Escala de Likert.....	34
Tabla 7. Matriz de evaluación y selección	34
Tabla 8. Presupuesto para planta de tratamiento.....	39
Tabla 9. Capex	41
Tabla 10. Tarifa del agua	41
Tabla 11. Consumo promedio mensual de agua	42
Tabla 12. Recaudo promedio mensual	42
Tabla 13. Opex	43
Tabla 14. Financiación y tasa de descuento	44
Tabla 15. Estructura de la deuda	44
Tabla 16. Deuda desglosada por meses.....	45
Tabla 17. Tabla de resumen anual.....	45
Tabla 18. Periodo de evaluación financiera del proyecto	46
Tabla 19. Flujo de caja proyectado	47
Tabla 20. Estado de pérdidas y ganancias.....	47
Tabla 21- Flujo de caja del inversionista	48
Tabla 22. Indicadores de evaluación financiera.....	48
Tabla 23. Escenario Costo Consumo sin Planta de Tratamiento	50
Tabla 24. Escenario Costo Consumo con Planta de Tratamiento	51

Listado de figuras

Figura 1. Diagrama de tratamiento de agua	27
Figura 2. Modelo de planta de tratamiento en un atutolavado	28
Figura 3. Diagrama de procesos de lavado	35
Figura 4. Circulación del agua	37

RESUMEN

La expresión “aguas grises” designa a aquel tipo de agua que se halla contaminada por sustancias provenientes del ámbito doméstico, industrial, agua de lluvia y o infiltración de agua en los terrenos. Como consecuencia de la amenaza concreta que suponen para el medio ambiente y para la salud de los seres vivos, las aguas grises demandan especiales sistemas de tratamiento para liberarlas justamente de estas sustancias altamente contaminantes.

Este tipo de aguas deben ser cuidadosamente tratadas para proteger tanto la salud pública como el medio natural. Para lograr esto, en primer lugar, se debe conocer a ciencia cierta su composición, fase que se denomina caracterización del agua. A través de esta, conoceremos los elementos físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, y así, en función de esta información, se podrá diseñar una planta de tratamiento adecuada, cuyo objetivo final es que el agua que se usa en los lavaderos de carros sea tratada, reutilizada, y que finalmente regrese al medio ambiente de manera depurada y libre de todo agente contaminante.

También se tendrá en cuenta el tipo de contaminación que exista en el agua, enfocándonos en la materia en suspensión, para la cual el tratamiento de agua se realizará por medio de sedimentación y filtración.

Así pues, el presente proyecto busca optimizar el proceso de tratamiento de aguas grises producidas por los autolavados en Colombia, modificando los procesos de tratamiento de aguas para disminuir su carga contaminante, todo esto mediante el desarrollo, implementación y comercialización de un sistema de recuperación y aprovechamiento de aguas grises en dichos establecimientos.

Palabras clave: contaminación, estudio de factibilidad, tratamiento de aguas, vertimiento.

1. PROBLEMA

Colombia es un país rico en agua, sin embargo, la gran riqueza hídrica de Colombia no está donde se encuentran sus habitantes. De acuerdo con las cifras brindadas por el Estudio Nacional del Agua 2010 del IDEAM, las reservas de agua subterránea que existen en Colombia equivalen al 72% del total de oferta superficial y subterránea, el 28% restante, por ende, es la oferta hídrica superficial, que se ve afectada por la contaminación, las disminuciones de caudal y el cambio climático (Cañas, Jaramillo, Piñeros, Rodríguez, & Vargas, 2010).

Es claro, a partir de esta información que el agua disponible para la mayoría de los colombianos es limitada, aun así, existen casos de uso indiscriminado de las fuentes hídricas, además, los factores ambientales y las sequías, limitan el uso y producen la insuficiente cobertura y acceso a los servicios de agua potable.

Toda esta problemática del agua, conlleva a plantear estrategias de protección para el recurso hídrico; a partir de ello, se han realizado campañas de concientización y sensibilización para su uso adecuado, no obstante, en la actualidad los establecimientos que prestan servicios de lavado de carros solo están enfocados en la limpieza de los automotores sin tener en cuenta la cantidad desmedida de agua potable que se consumen y los desechos que son arrojados a los sistemas fluviales de alcantarillados sin ser tratados y procesados, como lo estipula el Decreto 1076 de 2015 (Función Pública, 2015).

Desde esta serie de problemas, es necesario y oportuno plantear estrategias que permitan tener buen manejo y uso del agua potable. Por tal razón esta investigación está enfocada en realizar un estudio de factibilidad para la implementación de un sistema de reutilización de aguas grises, manejada en el lavadero de carros en Colombia, teniendo en cuenta que esto representa un problema económico, debido a que estos establecimientos no asumen todos los costos de agua, pagando solo por el servicio del agua potable y no por el recurso natural como tal, y también representa un problema ambiental ya que la mayoría de estos locales se encuentran en zonas residenciales y no están bajo el control de una entidad competente, ocasionando así el consumo desmedido de agua potable, la contaminación de los canales residuales y el uso ilegal de alcantarillado público, arrojando aguas grises sin ningún tipo de tratamiento (León, 2019).

2. OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio de factibilidad técnica y financiera para el diseño conceptual de un sistema de aprovechamiento de aguas grises en los lavaderos de carros en Colombia.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Plantear un análisis técnico del tipo de proceso, infraestructura física y maquinaria requerida para el tratamiento de aguas grises de lavaderos de carros en Colombia.
- Establecer un normograma que permita identificar las condiciones, atributos y legislación vigente nacional e internacional en tratamiento de aguas y lavaderos.
- Proyectar un panorama económico que permita establecer las condiciones para la implementación de un sistema de reutilización de aguas grises.
- Evaluar la factibilidad para la implementación del sistema de reutilización de aguas grises en los lavaderos de carros en Colombia.

4. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

Dentro de los requerimientos previstos para la ejecución del presente estudio de factibilidad, se contempla el cumplimiento de las siguientes normas técnicas:

- **Caracterización fisicoquímica de las aguas residuales**, en cumplimiento de las resoluciones 631 de 2015 (del Ministerio de Ambiente) y 3957 de 2009 (de la Secretaría de Ambiente). Esta caracterización debe ser tomada por un laboratorio acreditado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y ser remitida para su evaluación a la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA).
- **Estándares de calidad para los vertimientos**, así como del permiso de vertimientos, de acuerdo con las normas consagradas en los artículos 36, 40 y 31, respectivamente de la Ley 1333 de 2009 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Por otra parte, se proyecta llevar a cabo un estudio de la calidad del agua requerida para operar el proceso de lavado de un vehículo, anticipando que no es la misma calidad que no se requiere el agua con el mayor grado de pureza.

Para llevar a cabo dicho estudio, se estiman las siguientes etapas:

- I. Estado del arte del agua: clasificación y estudio de la tipología del agua para delimitar la calidad del agua requerida para el lavado de vehículos de uso particular.
- II. Procesos para tratamiento de aguas: determinar cuáles son los procesos requeridos para tratar el agua dependiendo de su clasificación bien sea como agua gris o agua residual, teniendo en cuenta la sedimentación de sólidos que pueda ser necesitada dados los residuos sólidos que puede contener.
- III. Revisión de tratamientos especializados: es claro que los jabones y productos químicos empleados en el lavado de autos pueda conllevar al tratamiento de las aguas por medios químicos, térmicos, o productos especializados, etc. De este modo, se prevé establecer el método más factible.
- IV. Estudio técnico y financiero: con este estudio se determinarán los criterios, fundamentos y bases para seleccionar la alternativa más adecuada, ofreciendo una solución a la problemática actual del vertimiento de aguas grises provenientes de los lavaderos de carros.

Es necesario de igual forma conocer a profundidad la funcionalidad y metodología de trabajo que se lleva a cabo en los distintos lavaderos de autos del país, reconociendo los diferentes servicios ofrecidos, así como los insumos físicos necesarios para operar dichos establecimientos.

5. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

El resultado final será una propuesta de aprovechamiento del agua enfocada en los conceptos actuales de economía circular que permita la reutilización del agua al interior del lavadero, reduciendo la cantidad total de agua empleada en el lavado de autos, dicho propuesta contendrá aspectos relacionados con:

- A. Requerimientos técnicos.
- B. Aspecto ambiental.
- C. Aspectos de mercado.
- D. Diseño y operación.
- E. Evaluación financiera.

Se anticipa que la implementación de un método que permita la reutilización de las aguas grises que se producen como resultado del lavado de un auto debe contener los siguientes elementos:

- A. Trampa de grasas
- B. Unidad desarenadora
- C. Medidor de pH
- D. Pozos de agua
- E. Sistema de rejillas
- F. Filtros

Dichos elementos serán evaluados en función de los requerimientos y especificaciones técnicas del producto final.

6. MARCO DE REFERENCIA

Teniendo en cuenta la cuantificación del consumo promedio de agua por vehículo lavado, se encontró un estudio titulado *Water use in the Professional Car Wash Industry*, elaborado por el autor Chris Brown para la Internacional Carwash Association, en el cual se establece la diferencia entre el volumen de agua potable consumido y el volumen de agua residual vertida en los lavaderos de carros. Se destaca dentro de la investigación de Brown, la evaluación del potencial de conservación que tiene el uso de un sistema de reciclaje de agua, la cual determinó que la pérdida de agua se debe a la evaporación y arrastre, y se concluyó con el resultado obtenido, que los establecimientos que poseen un sistema de reutilización de aguas grises representan en promedio el 49.9% del agua utilizada.

(Tavera & Torres, 2015), realizaron en la ciudad de Bogotá una investigación para el manejo, tratamiento y reúso del agua en la estación de lavado de vehículo “Los Ángeles”, considerando que este establecimiento no contaba con las bases de orientación hacia el cumplimiento de una política de ahorro y uso eficiente del agua. Se llevó a cabo un diagnóstico y evaluación respecto a la implementación de una planta de tratamiento de agua residual (PTAR) y recirculación. La evaluación se realizó teniendo en cuenta los aspectos técnico-operativos, económicos y ambientales. En sus conclusiones se determinó que es una tecnología eficiente puesto que cuenta con un pretratamiento y tratamiento primario sin necesidad de requerir un post tratamiento, permitiendo cumplir con los valores límites permisibles normativos de calidad del agua.

Así mismo, en la ciudad de Iquitos, Perú, se realizó una investigación denominada “Lavado de vehículos automotores en la ciudad y su efecto sobre el uso del agua y el ambiente”, en cuyas conclusiones se observó que las empresas estudiadas arrojaban el agua contaminada con aceite de motor, gasolina e insumos de lavado, no solo a las alcantarillas sino también a zonas transitables de las calles, esto sin previo tratamiento, lo cual se traduce en un impacto negativo sobre el medio ambiente (Reátegui, 2016).

6.2 Antecedentes

En Colombia la acción de descargar aguas residuales a cuerpos de agua más cercanos sin previo tratamiento se ha vuelto muy común. Esta acción es realizada sin tener en cuenta las consecuencias ambientales derivadas de esta práctica. Las excusas que presentan las entidades responsables de controlar este tipo de conductas son complicadas; van desde la falta de recursos económicos, la falta de gestión de los gobiernos anteriores, y en algunos casos, la falta de conocimiento sobre el tema o la falta de conciencia ambiental de los ciudadanos. En la mayoría de los casos, el agua utilizada para el proceso de lavado de autos es potable, la misma que tuvo un costo por el tratamiento para su potabilización, lo que no justifica su uso en procesos de lavado (Münger & Schmid, 2008).

La industria del lavado de carros en Colombia está regulada por un conjunto de normas las cuales establecen parámetros y requisitos que exige el ministerio de medio ambiente y la secretaria distrital de medio ambiente para que puedan funcionar. En Colombia se estima que muchos de estos establecimientos no cumplen con los parámetros exigidos por la norma y trabajan en la ilegalidad sin hacerle algún tipo de tratamiento al agua generada en su industria, incrementando los impactos negativos ambientales a nuestras fuentes hídricas (Albarracín, 2018).

En Colombia el tratamiento de agua es una obligación, ya que el vertimiento de las aguas grises sin previo tratamiento tiene un impacto negativo sobre el medio ambiente. Las normativas que rigen en Colombia son el Código Nacional de Recursos Renovables y Protección del Medio Ambiente, el Decreto 3100 de 2003, el Decreto 1575 de 2007 - Ministerio de la Protección Social, y el Decreto 1323 de 2007 - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Según la normatividad y la autoridad ambiental se pueden multar a las empresas que no cumplan con los requisitos por generar vertimientos en la ciudad sin el debido tratamiento.

6.3 Bases teóricas

6.3.1 Lavaderos de automóviles

Un auto lavado es un espacio donde se ofrecen servicios de limpieza y cuidado automotriz, Su finalidad es mantener los vehículos libres de polvo, lodo y aceites ácidos que puedan dañar la carrocería, las vestiduras y los accesorios. El lavado es la operación de limpieza interior y exterior de la carrocería que, a pesar de no tener consecuencias directas sobre el funcionamiento del coche, es de gran importancia para la conservación de la chapa, la pintura, los revestimientos y la guarnicionería. El lavado, si se realiza periódicamente y con el debido cuidado, evita la progresión de los procesos degenerativos de la pintura y la chapa, y limita algunos desgastes y corrosiones originados por el polvo y los agentes atmosféricos. La suciedad que se acumula sobre la pintura está constituida en su mayor parte por smog atmosférico, partículas carbonosas provenientes de los escapes de otros vehículos y sal esparcida en las carreteras. Dichas sustancias tienen un comportamiento agresivo respecto a las pinturas, que corroen, aumentan su porosidad y las tornan opacas. El perjuicio que la suciedad puede acarrear depende del tiempo que permanezca depositada sobre la pintura y ello explica el que un coche lavado con frecuencia presente una pintura mucho más brillante y menos porosa que otro que se lave de tarde en tarde.

Con el fin de obtener un resultado inmejorable conviene que el lavado propiamente dicho vaya precedido de un rociado realizado exclusivamente con un chorro de agua, para eliminar el polvo y ablandar las zonas recubiertas de suciedad que, al pasar la esponja o los cepillos, podrían rayarse con facilidad (Sánchez, 2017).

Tabla 1. Servicios prestados en un autolavado.

Lavado exterior	Se realiza un enjuague con agua proveniente ya sea del acueducto o de tanques propios del establecimiento, utilizando un compresor o una manguera. Se utilizan detergentes, champú, y toallas para realizar la limpieza.
Lavado inferior	Se utilizan gatos hidráulicos en los cuales se ubica el auto para elevarlo y hacer el lavado con manguera. Se realiza con desengrasantes y cepillos para retirar la suciedad de las partes inferiores del vehículo.

Lavado de motor	Se realiza en la parte mecánica del motor. Se utilizan detergentes y desengrasantes.
Lavado de vestiduras	Para este lavado se realiza el desmontado de las sillas del vehículo. Se utilizan espumas especiales que limpian, desmanchan y desodorizan la tapicería.
Servicio en seco	Consiste en retirar la humedad del vehículo para evitar que la superficie se manche y se dañe la pintura. Se realiza manualmente; con toallas o bayetillas se humedece la superficie del auto para posteriormente, con una toalla completamente seca, proceder al secado completo del mismo.
Aspirado	Para realizar la limpieza interior del vehículo se procede a retirar manualmente la basura y luego con aspiradoras industriales se recogen las partículas y el polvo adherido a los tapetes y la cojinería (Álvarez, Bautista, & Sanz, 2009).

Fuente: Elaboración propia.

6.3.2 Elementos necesarios para el servicio de autolavado

6.3.2.1 Agua

El agua es una sustancia cuyas moléculas están compuestas por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno. Se trata de un líquido inodoro (sin olor), insípido (sin sabor) e incoloro (sin color), aunque también puede hallarse en estado sólido (cuando se conoce como hielo) o en estado gaseoso (vapor).

6.3.2.2 Energía eléctrica

Se denomina energía eléctrica a la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos cuando se los pone en contacto por medio de un conductor eléctrico. La energía eléctrica puede transformarse en muchas otras formas de energía, tales como la energía lumínica o luz, la energía mecánica y la energía térmica.

6.3.2.3 Máquina

Del latín machina, una máquina es un aparato creado para aprovechar, regular o dirigir la acción de una fuerza. Estos dispositivos pueden recibir cierta forma de energía y transformarla en otra para generar un determinado efecto.

6.3.2.4 Insumos

El insumo es todo aquello disponible para el uso y el desarrollo de la vida humana, desde lo que encontramos en la naturaleza, hasta lo que creamos nosotros mismos, es decir, la materia prima de una cosa. En general los insumos pierden sus propiedades y características para transformarse y formar parte del producto final.

6.3.2.5 Recurso humano

Se denomina recursos humanos a las personas con las que una organización (con o sin fines de lucro, y de cualquier tipo de asociación) cuenta para desarrollar y ejecutar de manera correcta las acciones, actividades, labores y tareas que deben realizarse y que han sido solicitadas a dichas personas.

6.3.3 Sistema de tratamiento de agua residual

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente, y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reúso. Es muy común llamarlo depuración de aguas residuales para distinguirlo del tratamiento de aguas potables. Éstas pueden ser tratadas dentro del sitio en el cual son generadas (por ejemplo: tanques sépticos u otros medios de depuración) o bien pueden ser recogidas y llevadas mediante una red de tuberías -y eventualmente bombas- a una planta de tratamiento municipal. Los esfuerzos para recolectar y tratar las aguas residuales domésticas de la descarga están típicamente sujetas a regulaciones, estándares y controles.

A menudo ciertos contaminantes de origen industrial presentes en las aguas residuales requieren procesos de tratamiento especializado. Típicamente, el tratamiento de aguas residuales comienza por la separación física inicial de sólidos grandes (basura) de la corriente de aguas domésticas o industriales empleando un sistema de rejillas (mallas), aunque también pueden ser triturados esos

materiales por equipo especial; posteriormente se aplica un desarenado (separación de sólidos pequeños muy densos como la arena) seguido de una sedimentación primaria (o tratamiento similar) que separe los sólidos suspendidos existentes en el agua residual.

A continuación, sigue la conversión progresiva de la materia biológica disuelta en una masa biológica sólida usando bacterias, generalmente presentes en las mismas aguas. Una vez que la masa biológica es separada o removida (sedimentación secundaria), el agua tratada puede experimentar procesos adicionales (tratamiento terciario) como desinfección, filtración, etc. El efluente final puede ser descargado o reintroducido de vuelta a un cuerpo de agua natural (corriente, río o bahía) u otro ambiente (terreno superficial, subsuelo, etc.). Los sólidos biológicos segregados experimentan un tratamiento y neutralización adicional antes de la descarga o reutilización apropiada.

6.3.4 Aguas residuales

La mezcla de residuos sólidos y líquidos que se originan en centros comerciales, instituciones públicas, instalaciones industriales, hogares y centros comerciales junto con cualquier agua que llegue al sistema de alcantarillado como agua de escorrentía, agua procedente de la red de aguas pluviales o infiltraciones del subsuelo es conocida como agua residual (Corbitt, 2003).

Los tratamientos biológicos de aguas residuales constituyen una serie de importantes procesos de tratamiento que tienen en común la utilización de microorganismos para llevar a cabo la eliminación de componentes indeseables del agua, aprovechando la actividad metabólica de los mismos sobre esos componentes. La aplicación tradicional consiste en la eliminación de materia orgánica biodegradable, tanto soluble como coloidal, así como la eliminación de compuestos que contienen nutrientes; es uno de los tratamientos más habituales, no solo en el caso de aguas residuales urbanas, sino en buena parte de las aguas industriales (Saavedra, 2017).

Las aguas residuales provenientes de cualquier actividad industrial contienen materia contaminante soluble, coloidal e insoluble. Esta materia representa una cantidad considerable de carga contaminante para el medio que la recibe, el cual puede verse alterado si el agua que se vierte previamente no es tratada.

Es indispensable la caracterización de las aguas residuales dado que la composición de estas depende del tipo de proceso industrial, de las materias primas e insumos utilizados (Letterman, 2002).

3.4.1.1 Características físicas

Los parámetros físicos dan una aproximación de la calidad de las aguas residuales, del proceso que se realiza y de los problemas que se puedan presentar durante el tratamiento de estas.

- **Color**

El color de las aguas residuales es causa del material coloidal, sustancias en solución y sólidos suspendidos. El color puede ser utilizado como un estimado de la condición general del agua residual, generalmente de la siguiente manera:

- Café claro: agua con aproximadamente 6 horas después de su descarga.
- Gris claro: agua que ha experimentado algún grado de descomposición o que ha permanecido un corto tiempo en los sistemas de recolección de la planta de tratamiento.
- Gris oscuro o negro: aguas sépticas que han sufrido una fuerte descomposición bacteriana bajo condiciones anaerobias (sin oxígeno). El color oscuro o negro se debe a la formación de sulfuros metálicos (Ramos, Sepúlveda, & Villalobos, 2002).

- **Olor**

En la mayoría de los casos los olores presentes en las aguas residuales son producto del desprendimiento de gases de la masa de agua residual existente. Una característica muy particular del olor es que cantidades o concentraciones minúsculas de un cierto compuesto puede generar niveles elevados de olor. En su mayoría, el olor es proveniente de compuestos orgánicos. Si las aguas residuales urbanas son frescas, no tienen olores intensos ni desagradables.

Con el paso del tiempo, el olor aumenta; esto debido al desprendimiento de gases tales como el gas sulfhídrico o compuestos amoniacales por descomposición anaerobia. El olor en las aguas residuales industriales está directamente relacionado a los productos presentes en los procesos (Sainz, 2005).

- **Sólidos**

Se puede definir como sólidos todos aquellos elementos o compuestos que se encuentran presentes en el agua residual que no son agua. Existen varios tipos de sólidos, tales como:

- Sólidos totales: se obtienen a partir de un procedimiento sencillo de laboratorio, el cual consiste en evaporar el agua y pesar el residuo seco resultante. De esta forma se obtienen los sólidos totales contenidos en el agua inicial. Debido al procedimiento, esta medida nos da como resultado la cantidad total de sólidos presentes, independientemente de su naturaleza y de la forma en la que se encuentren en el agua.
- Sólidos disueltos: son aquellos que al tomar una muestra de agua residual y ser pasada por un filtro, atraviesan las membranas de este.
- Sólidos filtrables o en suspensión: son los sólidos que quedan retenidos en las membranas de filtro.
- Sólidos sedimentables: es la porción de sólidos en suspensión capaz de ser separada del agua residual por sedimentación. Es importante esta medida al realizar el cálculo de los sedimentadores.
- Sólidos no sedimentables: es el resto de los sólidos en suspensión que no pueden ser separados por el proceso de sedimentación. La diferencia primordial entre los sólidos sedimentables y no sedimentables radica en el peso, tamaño y forma de las partículas. Por lo tanto, la suma de sólidos sedimentables y no sedimentables da como resultado el total de sólidos en suspensión. La suma de sólidos en suspensión y sólidos disueltos son los sólidos totales presentes en el agua residual (Tchobanoglous, Burton, & Stensel, 2002).

- ***Temperatura***

La temperatura del agua residual generalmente es un poco menor que la del agua utilizada en procesos o el agua de consumo humano. La temperatura tiene efectos directos e indirectos sobre la mayoría de las reacciones químicas y bioquímicas que ocurren en el agua, así como en la solubilidad de los gases presentes en esta (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010).

3.4.1.2 Características químicas

Los parámetros químicos se encuentran estrechamente relacionados con la capacidad de solvencia del agua, por lo que resultan sencillos de determinar en comparación con los parámetros físicos.

- ***Alcalinidad***

Se define como la capacidad que tiene el agua de mantener su pH a pesar de recibir una solución alcalina o ácida. Esta se da por la presencia de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos de elementos como amoníaco, calcio o magnesio. La alcalinidad de las aguas residuales ayuda a regular los cambios de pH causados por la adición de ácidos. Normalmente, el agua residual es alcalina, propiedad adquirida de las aguas de abastecimiento, aguas subterráneas y materiales adicionados durante los usos domésticos (Sigler & Burden, 2012).

El pH y la alcalinidad están muy relacionados y a menudo son medidos conjuntamente.

- ***Grasas y Aceites***

Las grasas y los aceites son compuestos orgánicos constituidos, en su mayoría, por ácidos grasos de origen vegetal y animal, así como de hidrocarburos del petróleo. Las principales fuentes de aporte de grasas y aceites son: talleres automotrices, motores de lancha y barcos, procesadoras de carne y embutidos, uso doméstico e industrias de cosméticos.

Este parámetro considera todas aquellas sustancias poco solubles que al ser inmiscibles con el agua flotan, formando natas, espumas y capas iridiscentes sobre el agua. Los aceites, grasas y ceras son los principales lípidos de importancia ya que pueden dificultar cualquier tipo de tratamiento físico o químico en las aguas residuales.

El hecho de que sean menos densos que el agua e inmiscibles en ella, hace que se difundan por la superficie, de modo que pequeñas cantidades de grasas y aceites pueden cubrir grandes superficies de agua. Además de generar un impacto estético, disminuyen la re-oxigenación a través del contacto aire-agua, absorbiendo la radiación solar, afectando la actividad fotosintética y, consecuentemente, la producción interna de oxígeno disuelto (Marín & Osés, 2013).

- ***Oxígeno disuelto***

El oxígeno disuelto es de suma importancia para el correcto funcionamiento de una planta de tratamiento de agua. Los microorganismos responsables de la depuración son distintos dependiendo de si el medio contiene o no oxígeno disuelto. Cuando el consumo excede el aporte de oxígeno, el agua pasa a estar en condiciones anaerobias y se pueden producir problemas de olores; el proceso de depuración transcurre más lentamente y, como resultado, la depuradora deja de funcionar de forma correcta (Centro de investigación y desarrollo tecnológico, 2009).

- ***pH***

El pH es un parámetro de suma importancia, tanto para aguas naturales como residuales. El agua residual, con concentraciones de ion hidrógeno no adecuadas, presenta dificultades para el tratamiento con procesos biológicos. El efluente puede modificar la concentración de ion hidrógeno en las aguas naturales si esta no se modifica antes de la evacuación del agua. El rango en el cual se desarrollan los procesos de tratamiento biológicos del agua corresponde a un intervalo estrecho y crítico (5,5 – 9,5), aunque determinados microorganismos pueden sobrevivir a valores más extremos de los indicados.

El pH es un parámetro regulado por límites máximos permisibles, en descargas de aguas residuales al alcantarillado o a cuerpos receptores (Marín & Osés, 2013).

Las aguas naturales y residuales se pueden clasificar como neutrales, alcalinas o ácidas según los siguientes rangos:

- pH = 7 Neutral
- pH > 7 Alcalino
- pH < 7 Ácido

- ***Gases***

Los gases que se encuentran con mayor frecuencia en aguas residuales sin tratamiento son el nitrógeno (N₂), el oxígeno (O₂), el dióxido de carbono (CO₂), el sulfuro de hidrógeno (H₂S), el amoníaco (NH₃) y el metano (CH₄). Los tres primeros son gases comunes presentes en la atmósfera y se encuentran en toda masa de agua que se encuentre en contacto con la misma. Los tres últimos gases mencionados proceden de la descomposición de materia orgánica presente en las aguas residuales. En las aguas residuales sin tratamiento el amoníaco se encuentra presente como ion amonio en la mayoría de los casos (Aguamarket, 2014).

3.4.1.3 Características biológicas

En el tratamiento de aguas residuales, es de suma importancia tener un conocimiento exhaustivo sobre las características biológicas del agua. El agua residual urbana contiene microorganismos de muchas clases, algunos de ellos muy perjudiciales para la salud. Los tipos de microorganismos más abundantes en aguas residuales son bacterias, protozoos y virus.

7. NORMATIVIDAD

En general, los impactos ambientales pueden ser ocasionados por cualquier actividad humana en mayor o menor grado. En este sentido, un impacto ambiental se define como la alteración que puede generar en su entorno el ser humano. Por lo tanto, el impacto ambiental se origina en una acción humana y se manifiesta según tres facetas sucesivas que pueden ser: primero, los cambios que se pueden presentar en algún factor ambiental o en la totalidad del sistema ambiental; segundo, una transformación en el valor del factor que ha sido objeto de cambio o del sistema que se ha modificado; y tercero, el significado que pueden plantear tales alteraciones que puede llegar a incidir en el bienestar humano y, concretamente, en su salud. Como se aprecia, son diversas las maneras en que el ser humano puede crear problemas para el medio ambiente como, por ejemplo, con las aguas residuales que, si no se tratan adecuadamente, pueden afectar las condiciones de salud y ambientales para la población de una ciudad. Es decir que, si no se manejan adecuadamente, puede derivar en impactos ambientales para el área cercana al origen de estas e, incluso, llegar a través de los flujos acuíferos como los ríos y mares, a generar afectaciones en zonas muy apartadas de donde se generaron.

Los Sistemas de Gestión Ambiental sirven como garantía de que se cumplirá con las normas ambientales presentes y futuras, el mejoramiento de la eco-eficiencia en cuanto al ahorro de recursos como la energía y las aguas entre otros, la acción preventiva frente a la producción de residuos sólidos y líquidos, y finalmente, una mayor facilidad para el trámite de licencias, permisos y contrataciones al tener al día el cumplimiento legal de los requisitos ambientales.

7.1 Norma ISO 14001: 2015

7.2 NTC-ISO 5667-14:1999

7.3 Decreto 3930 de 2010

7.4 Resolución 1207 de 2014

7.5 Resolución 631 de 2015

7.6 Decreto 1076 de 2015

Normatividad Internacional

7.7 ISA

7.8 La NFPA

7.9 ASTM International

7.10 IEEE

7.11 CEI

7.12 ISO

7.13 ANSI

Tabla 2. Normatividad internacional

NORMA INTERNACIONAL	DEFINICIÓN
ISA	<p>Es una sociedad de ingenieros, técnicos, comerciantes, educadores y estudiantes, creada como «Instrument Society of America» el 28 de abril de 1945, en Pittsburgh, EE. UU. En ese momento la instrumentación industrial recibía un gran impulso en razón de las aplicaciones desarrolladas durante la Segunda Guerra Mundial. A Richard Rimbach se lo reconoce como el fundador de ISA, por su iniciativa de reunir a las 18 sociedades regionales existentes en una sola organización nacional. (International Society of Automation, 1920)</p>
NFPA	<p>Se formó en 1896 por la iniciativa de un grupo de representantes de compañías de seguros, con el propósito de normalizar el nuevo y creciente mercado de sistemas de extinción de incendio basado en rociadores automáticos (sprinklers en inglés).</p> <p>NFPA 25, <i>Norma para la Inspección, Prueba, y Mantenimiento de Sistemas de Protección contra Incendios a Base de Agua</i>, es utilizada a nivel mundial y ofrece requisitos exhaustivos para ayudar a garantizar que los sistemas de supresión estén listos para responder en el evento de una emergencia.</p> <p>Obtenga el absolutamente esencial recurso para ayudar a propietarios de edificios, gerentes de instalaciones, inspectores, y prestadores de servicios a colaborar para mejorar la supresión de incendios en instalaciones comerciales y residenciales. Compre hoy su ejemplar de NFPA 25, <i>Norma para la Inspección, Prueba, y Mantenimiento de Sistemas de Protección contra Incendios a Base de Agua</i>. (NFPA, 1986)</p>
ASTM	<p>Se usan en investigaciones y proyectos de desarrollo, sistemas de calidad, comprobación y aceptación de productos y transacciones comerciales por todo el mundo. Son unos de los componentes integrales de las estrategias comerciales competitivas de hoy en día.</p> <p>Desde su fundación en 1898, ASTM International es una de las organizaciones internacionales de desarrollo de normas más grandes del mundo. Alrededor de</p>

	<p>12,000+normas de consenso voluntario de ASTM, definidas y establecidas por nosotros, están vigentes a nivel mundial. Nuestro trabajo, que se aplica a casi todas las áreas, desde el acero hasta la sustentabilidad, mejora las vidas de millones de personas a diario.</p> <p>NORMAS ASTM DE APLICACION DE TUBERIAS Y ACCESORIOS: Algunos elementos de uso común, tales como los que conectan el contador de agua potable a la tubería, probablemente están elaborados con un procedimiento de forjado conforme a ASTM A 105, en la práctica, un acero de buena calidad, mientras que los tubos quizás respondan a la norma ASTM A 589. (ASTM, 1898)</p>
<p>IEEE</p>	<p>El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (conocido por sus siglas IEEE, leído <i>i-triple-e</i> en Hispanoamérica o <i>i-e-cubo</i> en España; en inglés <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>) es una asociación mundial de ingenieros dedicada a la normalización y el desarrollo en áreas técnicas.</p> <p>Aquí podemos resaltar que podemos encontrar varios artículos sobre el Agua que es el principal tema para este trabajo en el lavadero de Carros. (IEEE, 1963)</p>
<p>CEI</p>	<p>La Comisión Electrotécnica Internacional (CEI), también conocida por su sigla en inglés IEC (International Electrotechnical Commission), es una organización de normalización en los campos: eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas.</p> <p>La misión de la CEI es promover entre sus miembros la cooperación internacional en todas las áreas de la normalización electrotécnica. Para lograrlo, han sido formulados los siguientes objetivos: (IEC, 1906)</p>
<p>ISO</p>	<p>La Organización Internacional de Normalización (llamada en ocasiones: Organización Internacional de Estandarización; conocida por el</p>

	<p>acrónimo ISO) es una organización para la creación de estándares internacionales compuesta por diversas organizaciones nacionales de normalización.</p> <p>Fundada el 23 de febrero de 1947, la organización promueve el uso de estándares privativos, industriales y comerciales a nivel mundial. Su sede está en Ginebra (Suiza)³ y hasta 2015 trabajaba en 196 países.</p>
ANSI	<p>El Instituto Nacional Estadounidense de Estándares, más conocido como ANSI (por sus siglas en inglés: <i>American National Standards Institute</i>), es una organización sin fines de lucro que supervisa el desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas en los Estados Unidos.</p> <p>La organización también coordina estándares del país estadounidense con estándares internacionales, de tal modo que los productos de dicho país puedan usarse en todo el mundo. (ANSI, 1918).</p>

Tabla 3. Normatividad nacional

NORMA NACIONAL	DEFINICIÓN
Norma ISO 14001: 2015	<p>La Norma ISO 14001: ISO 14001 es un estándar internacionalmente aceptado que indica cómo poner un sistema de gestión medioambiental efectivo en su sitio. Está diseñado para ayudar a las organizaciones a mantenerse comercialmente exitosas sin pasar por alto sus responsabilidades medioambientales.</p> <p>Esta norma se fundamenta en la mejora continua, para lo cual tiene como referencia en los procedimientos a seguir el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar). (NORMA ISO, 2015)</p>
NTC-ISO 5667-14:1999	<p>Esta norma plantea una guía para aplicar en el diseño de programas de muestreo para</p>

	<p>determinar la calidad del agua, sus técnicas, manejo y administración. También suministra una guía para la selección de las técnicas más adecuadas para el aseguramiento de la calidad del muestreo de aguas superficiales, agua potable, aguas negras, aguas marinas y aguas subterráneas (ICONTEC, 2021).</p>
<p>Decreto 3930 de 2010</p>	<p>Esta norma define una serie de disposiciones acerca del uso del agua, el Ordenamiento del Recurso Hídrico, así como el vertido a los cuerpos de agua, al suelo y a los sistemas de alcantarillado. Establece una serie de prohibiciones referente a las destinaciones de los vertimientos, señalando que el Ministerio será la autoridad encargada de fijar los parámetros y los volúmenes que se permiten realizar en los vertidos (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).</p>
<p>Resolución 1207 de 2014</p>	<p>Por medio de esta norma se definen las disposiciones acerca de la utilización de aguas residuales que se hayan sometido a algún tratamiento. Regula lo referente al reúso de aguas residuales, incluyendo los límites y destinos de su utilización y los requerimientos de permisos para desarrollar este proceso (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).</p>
<p>Resolución 631 de 2015</p>	<p>Esta norma expide el Decreto único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Se define el marco institucional que</p>

	conforma todo lo referente a la estructura institucional de las autoridades ambientales en el país. También establece las bases para el permiso de vertimientos de aguas residuales a cuerpos de agua superficiales (Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).
--	--

8. ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

En todo proyecto existen muchas restricciones que obstaculizan la viabilidad del proyecto, para este caso en especial consideramos tres tipos de restricciones, el cual nos permitirá analizar y evaluar las variables para la toma de decisiones en cuanto a la selección de la alternativa apropiada para el desarrollo de este proyecto. Estas restricciones son las siguientes:

8.1 Diseño

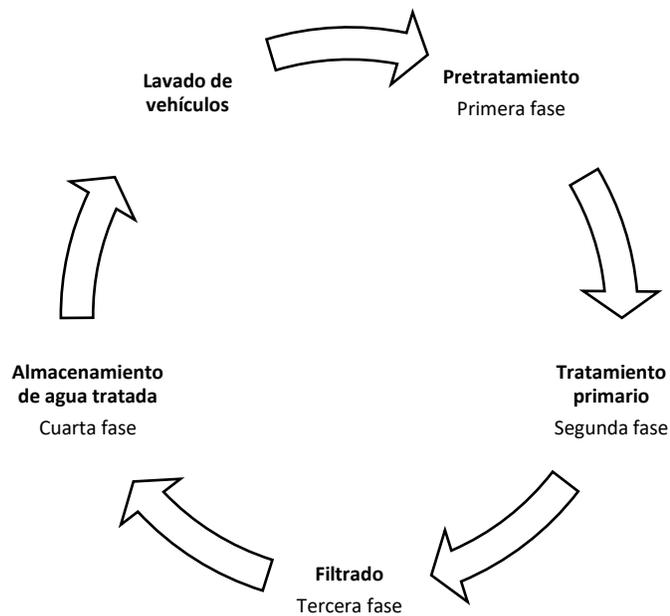
Para definir el diseño de la construcción de una planta de tratamiento de agua en el interior de un lavadero de vehículos, debemos analizar el proceso de tratamiento del agua y los requerimientos para su construcción, entendiendo que la finalidad de la planta es la reutilización del agua o en su defecto devolverlo a la naturaleza en las condiciones adecuadas para su posterior uso o reutilización en diferentes actividades económicas. Estas plantas de tratamiento poseen sistemas propios que garantizan la disponibilidad del agua en las condiciones ideales. A continuación, se mencionan los requerimientos a tener en cuenta para el diseño.

- Procesos de tratamiento de aguas residuales:

Estos sistemas se pueden clasificar en los siguientes procesos de tratamiento: tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento parcial, tratamiento secundario y tratamiento terciario (IDEAM, 2002).

El tratamiento preliminar es el tratamiento básico que tiene como fin remover residuos grandes que impidan el funcionamiento de los equipos. El tratamiento primario consiste en la remoción de sólidos sedimentables. El tratamiento parcial es el proceso que sirve como ayuda en la forma de procesos físicos o químicos en el tratamiento primario para remover los sólidos sedimentables. El tratamiento secundario reduce la carga orgánica por métodos bioquímicos. Por último, el tratamiento terciario contempla las características especiales para el vertimiento o reutilización del agua (IDEAM, 2002).

Figura 1. Diagrama de tratamiento de agua



Fuente: (Cardozo, 2017)

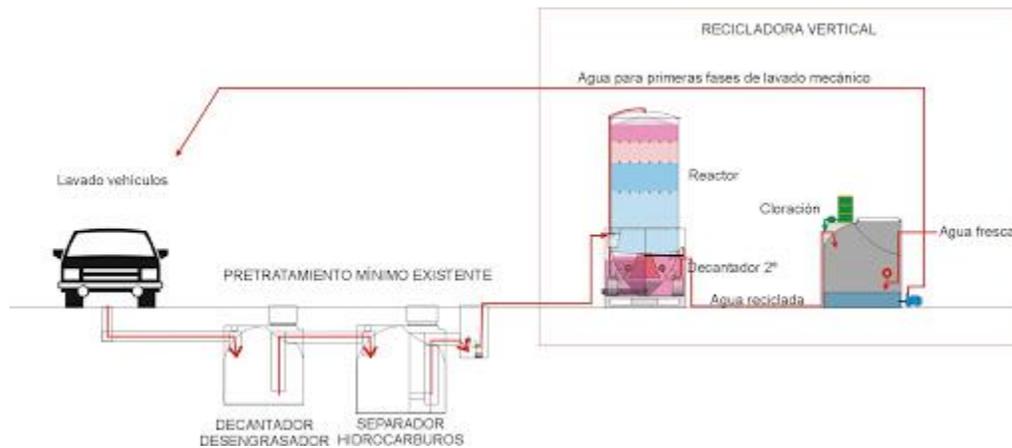
- Capacidad de la planta:

Este requerimiento se determina al multiplicar el caudal por el tiempo promedio de lavado. Con este cálculo se obtiene la capacidad del equipo encargado de la reutilización del agua.

- Proceso de reutilización:

Los procesos de tratamiento a seleccionar deben tener en cuenta el flujo discontinuo del agua, teniendo en cuenta que el flujo está regulado por el operador dependiendo de la necesidad para la utilización de esta.

Figura 2. Modelo de planta de tratamiento en un autolavado



Fuente: (Desatascos Cubacas, s.f.)

Este proceso tiene en cuenta las siguientes fases:

- Pretratamiento: cuya principal función es la retención de sólidos de gran tamaño.
- Tratamiento primario: donde se realiza la sedimentación.
- Tratamiento secundario: que es el proceso biológico para remoción de sólidos.
- Tratamiento terciario: para la remoción de partículas finas.

8.2 Seguridad

Esta restricción tiene como objetivo garantizar la confiabilidad de la construcción de la planta de tratamiento de agua y con ello mitigar los riesgos asociados a los procesos operativos e impactos ambientales.

En la tabla a continuación se muestran las principales normas respecto al uso del recurso hídrico:

Tabla 4. Normatividad nacional para el uso del recurso hídrico

Norma	Objeto	Norma derogada y modificada
Decreto 1076 de 2015 Capítulo 4: registro de usuarios del recurso hídrico.	Establece todo lo relativo a permiso para aprovechamiento o concesión de aguas, normas específicas para los diferentes usos dados al recurso hídrico.	Deroga el decreto 1541 de 1978. Igualmente se deroga el decreto 303 de 2012 que reglamento parcialmente el artículo 64 del Decreto - Ley 2811 de 1974., en relación con el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico.
Decreto 1076 de 2015 Capítulo 6: tasas por utilización del agua.	Por el cual se reglamentó el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones.	Deroga el decreto 155 de 2004
Ley 373 de 1997	Fija obligaciones sobre ahorro y uso eficiente de agua a quienes administran y/o usan el recurso hídrico.	
Decreto 1076 de 2015 Capítulo 3 ordenamiento del recurso hídrico y vertimientos.	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.	Deroga el decreto 3930 de 2010. Deroga partes del decreto 1594 de 1984 que no había sido derogados por el 3930.

Resolución 631 de 2015	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.	
Decreto 1076 de 2015 Capítulo 7: tasas retributivas por vertimientos puntuales al agua.	Por el cual se reglamentó la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones.	Deroga el Decreto 2667 de 2012
Resolución 1207 de 2014	Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas.	
Decreto 605 del 27 de marzo de 1996	Por el cual se reglamenta la ley 142 de 1994 en relación con la prestación Del servicio público domiciliario de aseo.	
Decreto 1713 de 2002	Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la	

	Gestión Integral de Residuos Sólidos.	
Decreto 2981 de 2013	Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo.	
Ley 430 de 1996	Reglamenta en materia ambiental lo referente a desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.	
Decreto 1076 de 2015 Título 6 - residuos peligrosos, capítulos 1 y 2, anexos 1 y 2 y 3.	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.	Deroga el Decreto 4741 de 2005

Fuente: (CORANTIOQUIA, 2016)

Otras restricciones a considerar son:

- Permiso de vertimiento: Resolución 1080 del 2005
- Concesión para aprovechar las aguas de uso público
- Tasas por el uso del agua: Decreto 155 de 2014
- Evaluación ambiental del vertimiento: Artículo 43 del Decreto 3930 de 2010

8.3 Finanzas

La restricción financiera se refiere al costo presupuestado para el proyecto, ya sea como costo a incurrir o costo de oportunidad a considerar, disponer de poco presupuesto puede derivar de errores previos de cálculo o de salidas inesperadas de caja, o de retrasos inesperados en cobros presupuestados. En este punto se hará un análisis de costo beneficio respecto a dos de las alternativas encontradas en cuanto al costo de inversión del diseño, construcción y operación de una planta para el tratamiento de agua. Por lo anterior se debe considerar lo siguiente:

- Inversión fija total
- Inversión diferida
- Capital de trabajo

9. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

El diseño de la planta de tratamiento de agua se realizará teniendo en cuenta el flujo de procesos de la reutilización del agua. Inicialmente se realizará el planteamiento de alternativas pertenecientes a un proceso específico de la planta de tratamiento, para posteriormente analizar las alternativas y determinar la opción más adecuada, teniendo en cuenta los factores que han sido analizados anteriormente.

9.1 Selección de alternativas

El análisis de alternativas consiste en identificar las posibles soluciones para el proyecto. Tiene como fin identificar los medios posibles para la solución del tratamiento de aguas residuales del lavadero de vehículos y seleccionar aquellos que resulten más adecuados para el logro del objetivo del proyecto. La alternativa seleccionada determinará las características de la intervención y, para todo efecto práctico, se constituirá en el proyecto mismo. Este paso comprende dos procesos estrechamente relacionados: el análisis de objetivos y la selección de alternativas. Las alternativas de diseño a considerar son las relacionadas con la etapa final del tratamiento de agua, donde se generan dos opciones:

- **Lámparas UV para desinfección por medios físicos:** Garantizan la eliminación de entre el 99,9% y el 99,99% de agentes patógenos. Para lograr este grado de efectividad casi absoluta mediante este procedimiento físico, es totalmente imprescindible que los procesos previos del agua eliminen de forma casi total cualquier turbiedad de la misma, ya que la Luz Ultravioleta debe poder atravesar perfectamente el flujo de agua a tratar. Las lámparas UV son de mayor inversión, pero no hay costos de operación por el uso de desinfectantes como el cloro (CORANTIOQUIA, 2016). La solarización y la impregnación de mercurio conducen

a una pérdida gradual de la transmitancia UV de la cubierta de la lámpara con el tiempo. Se espera que, con una operación normal, las lámparas de arco de mercurio de baja presión tengan una vida útil entre 7.000 y 14.000 horas (Wright & Cairns, s.f.).

- **Cloro como desinfectante químico:** El cloro es un gas tóxico de olor penetrante más pesado que el aire y no combustible ni explosivo, su poder desinfectante radica en la capacidad de oxidación, destruyendo la célula tras provocar la rotura de la pared celular; en general, puede decirse que las reacciones redox del cloro con las sustancias inorgánicas son muy rápidas (Reyes López, 2016).

9.2 Matriz de análisis de alternativas

Tabla 5. Matriz de análisis de alternativas

Alternativas	Restricciones		
	Diseño	Seguridad	Financiero
Lámparas UV para desinfección por medios físicos	El diseño de la planta de tratamiento teniendo en cuenta esta alternativa debe garantizar la remoción de turbiedad previa al uso de las lámparas.	Su uso en la desinfección de agua residual depurada es limitada, especialmente por su eficiencia baja cuando se utilizan aguas residuales de composición físico-química.	Con un valor estimado de 1000 a 400.000 USD para una vida útil de aproximadamente 7000 horas de uso, las lámparas UV son de mayor inversión, pero no hay costos de operación por el uso de desinfectantes como el cloro.
Cloro como desinfectante químico	En el diseño de la planta de tratamiento se debe optimizar el proceso de cloración para minimizar el gasto en cloro y contar con una cloración constante.	Realizar un seguimiento del agua tratada desinfectada para conocer si los subproductos de la cloración son arrastrados a los campos de cultivo y que efectos pueden ocasionar en el suelo.	Con valor mensual estimado de 70.000 COP, presentan una menor inversión a corto plazo.

Fuente: Elaboración propia

9.3 Matriz de evaluación y selección

Para la evaluación de las alternativas propuestas anteriormente teniendo en cuenta las restricciones, nos basamos en la utilización de la escala de Likert como una herramienta de medición de la percepción de las alternativas propuestas para determinar la preferencia de alguna. La calificación para la evaluación y selección:

Tabla 6. Escala de Likert

Calificación numérica	Descripción
1	Muy bajo
2	Bajo
3	Medio
4	Alto
5	Muy alto

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la información antes mencionada, se presenta la matriz de evaluación y selección:

Tabla 7. Matriz de evaluación y selección

Alternativas	Restricciones			Resultado
	Diseño	Seguridad	Financiera	
Peso %	33%	33%	33%	
Alternativa A Lámparas UV	3	4	3	 3.3
Alternativa B Cloro	4	5	4	 4.3

Fuente: Elaboración propia

Con base en esta matriz hemos determinado que la solución más viable en términos de diseño, seguridad y costos es la desinfección química por medio de cloro.

10. ESPECIFICACIONES DE LA SOLUCIÓN

10.1 Proceso de lavado de un vehículo

Para la elaboración de las especificaciones técnicas es necesario comprender la operacionalización de la prestación del servicio de un lavadero de carros, en el siguiente diagrama se presenta el proceso de un macro-lavado de vehículos donde se detalla el proceso de limpieza, el tiempo aplicado, insumos, equipos a utilizar y los residuos generados a través del diagrama de flujo de proceso de lavado de carros a continuación:

Figura 3. Diagrama de procesos de lavado



Fuente: (Gómez & Marín, 2019)

- Recepción del vehículo: El operador designado se encarga de recibir el vehículo y pregunta al cliente el tipo de servicio a utilizar.
- Ubicación del vehículo: El dueño del vehículo es dirigido al lugar donde permanecerá el carro para su posterior lavado.
- Lavado del vehículo: Se procede a hacer la limpieza del vehículo utilizando un gato hidráulico con las siguientes características: peso de 800 kg, altura de 1,87 m, capacidad 5/7 toneladas.
- El agua para utilizar en el lavado proviene del acueducto de la ciudad. Dentro de los insumos se utiliza el shampoo para carro, desengrasantes, ambientador, detergente líquido y en polvo.

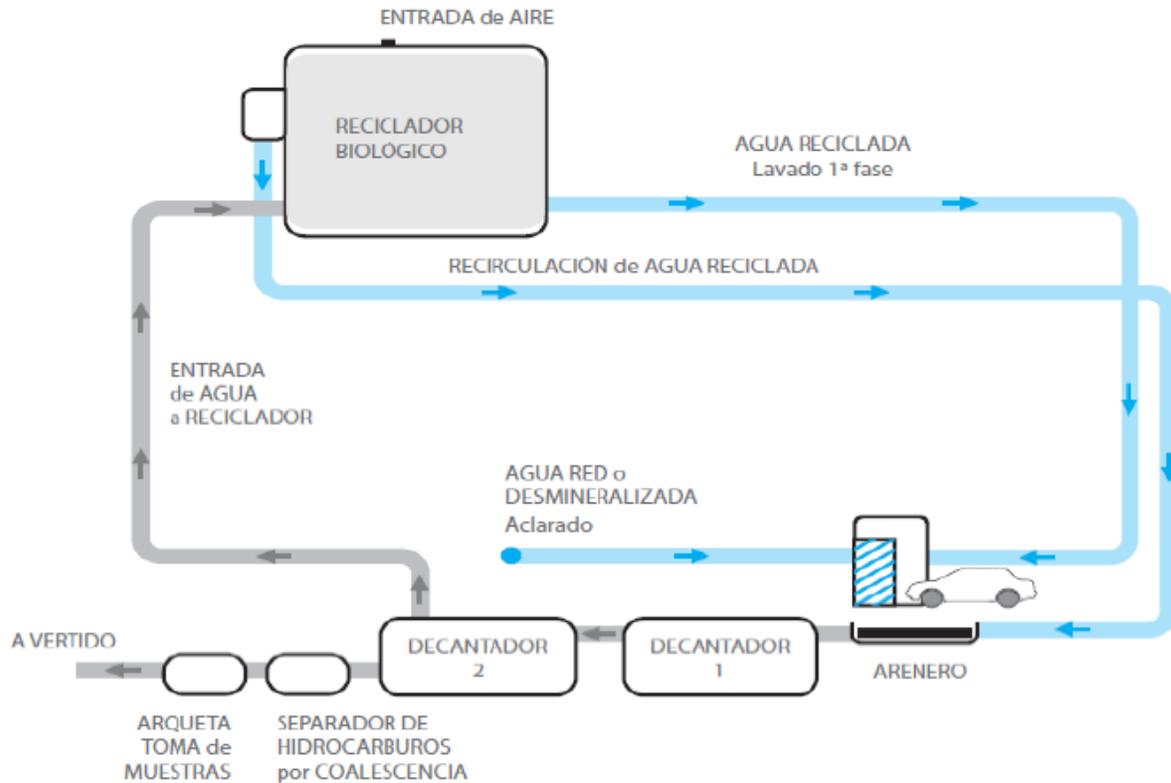
- Aspirado del vehículo: Se realiza por medio de una aspiradora con una capacidad de 60 – 80 litros, para aspirar en seco y húmedo con dos motores.
- Secado del vehículo: Luego del lavado, se utiliza el secado manual con toallas.
- Polichado del vehículo: Este proceso se realiza manual por el personal del lavadero y se utiliza cera y toallas.
- Inspección del vehículo: Luego de realizar la limpieza escogida por el dueño del vehículo, éste es avisado para que inspeccione el servicio prestado por el lavadero (Gómez & Marín, 2019).

10.2 Proceso de recirculación para tratamiento de agua

Para realizar el lavado de automóviles, el agua es el recurso más importante. De acuerdo con la información consultada se encontró que una persona a diario estima un consumo de agua de 0.2 metros cúbicos (EPM, s.f.), en comparación con el agua consumida en un lavadero de carros, un vehículo gasta 1,07 metros cúbicos, es decir, el consumo es cinco veces mayor que el de una persona. Considerando esta cifra, es indispensable reducir el consumo de este recurso y además se puede disminuir el desperdicio, por lo que se propone una recirculación de agua de lavado y previo tratamiento antes de su nuevo uso, esto teniendo en cuenta la reducción del recurso para una actividad que no exige agua de calidad (Gómez & Marín, 2019).

Para mostrar el concepto de las operaciones que abarcan el proceso de recirculación de agua, destacando el tanque sedimentador, la trampa de aceite y grasa, el reciclador de agua se muestra la figura a continuación:

Figura 4. Circulación del agua



Fuente: (Pineda, 2017)

10.3 Maquinaria e insumos

- Tanques de almacenamiento: Almacena el agua tratada para su posterior distribución. Tanque de almacenamiento principal está hecho de cemento. Tanques de almacenamiento secundario están hecho de plástico.
- Desarenador: Retiene los sólidos de mayor tamaño que son arrastrados en el flujo de las aguas grises.
- Trampas de grasas y lodos: Separa y recolecta fluidos como grasas y aceites del agua, los sólidos son atrapados al depositarse en el fondo de la trampa. Su material es de cemento
- Bomba de impulsión inicial: Impulsa y desplaza el agua residual.
- Registro de agua.

- Dosificador químico.
- Sistema eléctrico para dispositivos de dosificación y las bombas
- Cono de mezcla rápida: Se mezcla los químicos adicionados al agua residual.
- Tanque clarificador o de sedimentación: Permite que el lodo se decante en la parte inferior del tanque. Su material es de cemento.
- Canaleta conductora.
- Módulos sedimentadores: Son módulos tubulares de sedimentación para remoción acelerada de sólidos.
- Bomba de impulsión a filtros: Incrementa la velocidad del agua mediante un elemento rotante, se utiliza una bomba centrífuga tipo caracol para que el flujo del agua aumente progresivamente hacia la tubería de descarga. Bomba de tipo centrífuga.
- Filtro pulidor: Detiene los sólidos o impurezas pequeñas. Son hechos de plástico.
- Filtro desodorizador: Retiene los compuestos presentes que generan mal olor, los contaminantes son absorbidos por la superficie interna del carbón activo.
- Registros expulsión de lodos y floc.
- Tubería de conducción. Su material es PVC.

10.4 Presupuesto

A continuación, se muestra presupuesto detallado que contempla la adquisición de activos para la construcción y puesta en marcha de la planta de tratamiento de aguas residuales, teniendo en cuenta que la vida útil de estos activos es mayor a un año y cuya finalidad es proveer las condiciones necesarias para la operación del lavadero de vehículos. El costo estimado es el siguiente:

Tabla 8. Presupuesto para planta de tratamiento

Ítem	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	Valor Total
1. Suministro de Maquinaria y Equipos					\$ 58,546,460.00
1.1	Tanques				\$ 8,323,000.00
1.1.1	Tanque de Almacenamiento de Agua tratada 3000 Lt	Unidad	\$ 2,465,000.00	1.0	\$ 2,465,000.00
1.1.2	Tanque de Almacenamiento Secundario 2000 Lt	Unidad	\$ 1,879,000.00	2.0	\$ 3,758,000.00
1.1.3	Tanque Clarificador	Unidad	\$ 2,100,000.00	1.0	\$ 2,100,000.00
1.2	Base Estructural de la Planta				\$ 27,438,498.00
1.2.1	Estructura Desarenadora	Unidad	\$ 15,092,709.00	1.0	\$ 15,092,709.00
1.2.2	Torre Cono de Mezcla Rápida	Unidad	\$ 12,345,789.00	1.0	\$ 12,345,789.00
1.3	Tubería				\$ 2,059,000.00
1.3.1	Tubería 3 x 6 Presión 21-200 PSI + Accesorios	Unidad	\$ 205,900.00	10.0	\$ 2,059,000.00
1.4	Bombas				\$ 4,169,962.00
1.4.1	Electrobombas Acero	Unidad	\$ 899,000.00	2.0	\$ 1,798,000.00
1.4.2	Bomba Dosificador Químico	Unidad	\$ 790,654.00	3.0	\$ 2,371,962.00
1.5	Filtros y Módulos				\$ 16,556,000.00
1.5.1	Filtro Desionizador De Agua	Unidad	\$ 978,000.00	1.0	\$ 978,000.00
1.5.2	Módulos Sedimentadores	Unidad	\$ 878,000.00	1.0	\$ 878,000.00
1.5.3	Trampa de grasa y lodos	Unidad	\$ 14,700,000.00	1.0	\$ 14,700,000.00
2. Servicio de Instalación					\$ 3,200,000.00
2.1	Mano de Obra	GLB	\$ 3,200,000	1.0	\$ 3,200,000.00
3. Imprevistos					\$ 3,087,323.00
3.1	Imprevistos			5%	\$ 3,087,323.00
Total					\$ 64,833,783

Fuente: Elaboración propia

11. ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO

El análisis Financiero recolecta la información que suministra los estudios técnico permitiendo identificar elementos tales como: costos de inversión, costos de operación e ingresos. Se debe realizar asignaciones importantes de recursos, para recuperar en un futuro una cantidad mayor a la erogación realizada. Los objetivos propuestos para el desarrollo de este capítulo son los siguientes:

- Determinar el monto de inversión total requerida y el tiempo en que será realizada.
- Determinar el cálculo de la tarifa del agua tratada.
- Determinar la Estructura operativa de ingresos y egresos en que incurrirá el Proyecto.
- Determinar la Estructura de financiación del Proyecto.
- Realizar la evaluación financiera del Proyecto, determinando el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa interna de Retorno (TIR) y otros indicadores de evaluación financiera de Proyecto.

- Análisis de Beneficio del Cliente.

La implementación de un sistema de tratamiento y reutilización de aguas grises permite a las empresas de lavaderos de carros obtener una solución a la posible sanción ambiental por el no cumplimiento por la norma de vertimiento al alcantarillado público. Además, se estima la disminución del consumo de agua potable para el uso de lavado de carros, si se implementa el sistema de reutilización propuesto.

En el análisis técnico se estimó la maquinaria necesaria para el sistema de reutilización de aguas grises para dichas empresas, la cual nos permite para determinar la inversión fija de este sistema.

- **Determinación de la Inversión Total Requerida**

Las inversiones están constituidas por el conjunto de aportaciones que tendrán que hacerse para adquirir todos los bienes y sus servicios necesarios para la implementación del proyecto o para dotarlo de su capacidad operativa. Las inversiones están compuesta en dos grupos que permitan abarcar toda la necesidad de capital o de recurso de una compañía, estas son:

- Inversión Fija: Se refiere a todo tipo de activos cuya vida útil es mayor a un año y cuya finalidad es proveer las condiciones necesarias para que la empresa lleve a cabo sus actividades, para este proyecto la inversión se considera el costo de Suministro de Maquinaria y Equipos para la construcción de la planta de tratamiento.
- Capital de Trabajo: Hace referencia a todos los recursos necesarios para poner en marcha el primer día de trabajo de la compañía, es decir, el capital de trabajo necesario para poner en marcha el proyecto. En cuanto al capital del trabajo del proyecto se consideró la instalación y la puesta en marcha de la planta con todos los recursos necesarios para el arranque de la operación del primer día el sistema de reutilización de aguas grises.

Tabla 9. Capex

CAPEX	
Inversion Fija	\$ 60.090.121,50
Capital de Trabajo	\$ 4.743.661,50
(+) Inversion Total	\$ 64.833.783,00

Fuente: Elaboración propia

- **Determinación de la Tarifa de Agua Tratada.**

Para el cálculo de la tarifa de agua trata se tuvo en cuenta todos los costos de producción asociados a los insumos para requeridos para tratar 1 m³ de Agua, adicional se contempló un margen de utilidad del 40% dentro de la tarifa el cual permita contribuir a los gastos operativos del proyecto y a su vez generar ganancias netas de la operación. Por lo anterior a continuación se muestra el cálculo de la tarifa de agua tratada:

Tabla 10. Tarifa del agua

Calculo Tarifa Agua Tratada	Costo (Lt)	Cant. Requerida (1000Lt)	Costo Total
Costo de Coagulante y Floculante (ASPRE) x M3	\$ 9.333,33	0,132	\$ 1.228,07
Hipoclorito de Sodio (CLOROX) x M3	\$ 9.333,33	0,132	\$ 1.228,07
Agente Antiespumante (SILICONA) x M3	\$ 6.613,76	0,066	\$ 438,60
Costo de Produccion de M3	\$ 2.894,74		
Margen de Utilidad	40%		
Tarifa de Agua Trata x M3	\$ 4.824,56		

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que esta tarifa será de utilidad para determinar los ingresos operativos del proyecto y a su vez el porcentaje de ahorro en los costos fijos de los lavaderos de carro en cuanto al consumo de agua, ya que la tarifa calculada es menor un 30% que la tarifa convencional comercial, sin incluir los cargos fijos adicionales.

- **Estructura operativa de ingresos y egresos en que incurrirá el Proyecto.**

- **Estructura de Ingreso:**

Para determinar los ingresos operativos del proyecto se tuvo en cuenta el consumo promedio de agua de un lavadero de carro, teniendo en cuenta la rotación diaria de vehículos y el consumo de agua por cada tipo de vehículos.

Tabla 11. Consumo promedio mensual de agua

Pronostico de Consumo de Agua Lavadero	Cant. Agua Requerida (M3)	Cant. Promedio Lavada (Dia)	Consumo Agua Diario (M3)
Lavado de Automoviles	2,2	5,00	10,86
Lavado de Camionetas	2,53	2,00	5,07
Lavado de Buses	2,53	2,00	5,07
Lavado de Camiones	3,62	4,00	14,48
Consumo Promedio Mensual Lavadero	1064	M3	

Fuente: Elaboración propia

A su vez se teniendo en cuenta las condiciones de la planta de tratamiento, esta permite ahorrar un 52% el consumo de agua, ya que este porcentaje es tratado y reutilizado para la prestación del servicio de lavado, por lo anterior ya teniendo la tarifa de agua tratada (\$ 4.824) y el consumo mensual estimado del lavadero se procede a determinar el recaudo promedio mensual operativo.

Tabla 12. Recaudo promedio mensual

Consumo Promedio Mensual Lavadero	1064	M3
% Ahorro Promedio PTAR	52%	
Ahorro Consumo Promedio Mensual Lavadero	553	M3
Costo Promedio Consumo Mensual Lavadero	\$ 7.353.765,71	
Recaudo Promedio Consumo Mensual Lavadero	\$ 2.670.035,79	
Recaudo Promedio Consumo Anual Lavadero	\$ 32.040.429,47	

Fuente: Elaboración propia

- Estructura de Costos :

Para determinar los costos y gastos operativos del proyecto se tuvo en cuenta el costo de la mano de obra directa el cual es de característica técnica y que mensualmente presta servicio de revisión y mantenimiento de la planta, adicional se encuentra la aplicación de insumos correspondientes el cual permita operar la planta en condiciones óptimas y confiables. Por otro lado se considera unos gastos de venta y administración del 12% de la ganancia bruta y unos gastos fijos del 5% del mismo, correspondiente a servicios de oficina tipo wework, conexión a internet, telefonía y dominio corporativo y consumible de papelería.

Tabla 13. Opex

OPEX (O&M)

Descripcion Mano de Obra	Valor Unitario	Gasto Anual	
Costo Mensual Tecnico O&M	\$ 117.333,33	\$ 1.408.000,00	<i>*Tecnico Realiza inspeccion y cambio de insumos una vez al mes</i>
(+) Costo Mensual Mano de Obra	\$ 117.333,33	\$ 1.408.000,00	
Descripcion Insumos de Operación	Valor Unitario	Gasto Anual	
Coagulante y Floculante (ASPRE) 15 Lt	\$ 140.000,00	\$ 1.680.000,00	<i>*Duracion una vez al mes</i>
Hipoclorito de Sodio 15 Lt (CLOROX)	\$ 140.000,00	\$ 1.680.000,00	<i>*Duracion una vez al mes</i>
Agente Antiespumante (SILICONA) 7,56 Lt	\$ 50.000,00	\$ 600.000,00	<i>*Duracion una vez al mes</i>
(+) Costo Mensual Insumos de Operación	\$ 330.000,00	\$ 3.960.000,00	
Descripcion Mantenimiento	Valor Unitario	Gasto Anual	
Cambio de Gravas de Filtro	\$ 250.000,00	\$ 500.000,00	<i>*Cambio cada seis meses</i>
(+) Costo Mensual	\$ 250.000,00	\$ 500.000,00	
Gastos Administrativos	12%		
Gastos Fijos	5%		

Fuente: Elaboración propia

- Otras Consideraciones :

Dentro de las consideraciones que se tuvieron en cuenta para la estructura operativa de ingresos y costos se encuentra el porcentaje de crecimiento anual equivalente al 3,75% producto del promedio de la proyección del PIB (5,1%) y el IPC (2,1%) 2021, cabe mencionar que este porcentaje de crecimiento afecta tanto a los ingreso y costos de la operación y son claves para el cálculo de las proyecciones financieras. Otra consideración es la depreciación de propiedad planta y equipo la cual se encuentra relacionada con la vida útil de la planta, la cual es equivalente a 10 años. Anqué esta solo parezca afectar al gasto, será fundamental a la hora de calcular el flujo de caja ya que esta última para afectos de disposición de caja no representa una salida de efectivo, lo que implica que los recursos se mantengan en el proyecto.

• Estructura de financiación del Proyecto

Para determinar la estructura de financiación y cálculo de la tasa de descuento se determinaron las siguientes consideraciones:

Tabla 14. Financiación y tasa de descuento

Tasa de Descuento	
Financiación de los inversionistas (%)	10%
Financiación Bancos	90%
Tasa de Interés Nominal (AV)	8,0%
Plazo del Préstamo (Meses)	24
Prima de Riesgo Inversionistas	17%
Inversión Total	\$ 64.833.783,00
Inversión Socios	\$ 6.483.378,30
Préstamo Bancarios	\$ 58.350.404,70
Tasa Efectiva Anual	8,0%
Tasa EA mínima de rentabilidad Socios (TMR)	25%
Costo promedio ponderado de capital EA (WACC)	9,7%

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que la tasa mínima requerida de los socios es mayor en comparación a la de los acreedores ya que al momento de cumplir con las obligaciones bancarias estas se les da mayor prioridad puesto que son más exigibles y menos tolerantes, mientras que los socios o accionistas son más tolerantes ya que son los propietarios de la empresa. Por lo anterior la inversión de estos últimos la hace más riesgosa lo que implica exigir una mayor rentabilidad.

Teniendo todos los parámetros ilustrados en la estructura de financiación se concluye con que la tasa de descuento para la evaluación del proyecto es del 9,7%

- **Financiación del Préstamo :**

Para financiar el préstamo al cual se va a recurrir para la construcción de la planta de tratamiento de agua residual. Teniendo ya los parámetros definidos se procedo a la elaboración de la estructura de la deuda.

Tabla 15. Estructura de la deuda

Financiación Préstamo

Deuda	\$ 58.350.404,70
Plazo del Préstamo (Meses)	24
Tasa de Interés Nominal (AV)	8%
Tasa de Interés Nominal (MV)	0,33%
Cuota	\$ 2.533.861,78

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Deuda desglosada por meses

Mes	Cuota	Intereses	Amortizacion	Saldo
0				\$ 58.350.404,70
1	\$ 2.533.861,78	\$ 194.501,35	\$ 2.339.360,43	\$ 56.011.044,27
2	\$ 2.533.861,78	\$ 186.703,48	\$ 2.347.158,30	\$ 53.663.885,96
3	\$ 2.533.861,78	\$ 178.879,62	\$ 2.354.982,16	\$ 51.308.903,80
4	\$ 2.533.861,78	\$ 171.029,68	\$ 2.362.832,10	\$ 48.946.071,70
5	\$ 2.533.861,78	\$ 163.153,57	\$ 2.370.708,21	\$ 46.575.363,49
6	\$ 2.533.861,78	\$ 155.251,21	\$ 2.378.610,57	\$ 44.196.752,92
7	\$ 2.533.861,78	\$ 147.322,51	\$ 2.386.539,27	\$ 41.810.213,64
8	\$ 2.533.861,78	\$ 139.367,38	\$ 2.394.494,40	\$ 39.415.719,24
9	\$ 2.533.861,78	\$ 131.385,73	\$ 2.402.476,05	\$ 37.013.243,19
10	\$ 2.533.861,78	\$ 123.377,48	\$ 2.410.484,31	\$ 34.602.758,88
11	\$ 2.533.861,78	\$ 115.342,53	\$ 2.418.519,25	\$ 32.184.239,63
12	\$ 2.533.861,78	\$ 107.280,80	\$ 2.426.580,98	\$ 29.757.658,65
13	\$ 2.533.861,78	\$ 99.192,20	\$ 2.434.669,59	\$ 27.322.989,06
14	\$ 2.533.861,78	\$ 91.076,63	\$ 2.442.785,15	\$ 24.880.203,91
15	\$ 2.533.861,78	\$ 82.934,01	\$ 2.450.927,77	\$ 22.429.276,14
16	\$ 2.533.861,78	\$ 74.764,25	\$ 2.459.097,53	\$ 19.970.178,61
17	\$ 2.533.861,78	\$ 66.567,26	\$ 2.467.294,52	\$ 17.502.884,09
18	\$ 2.533.861,78	\$ 58.342,95	\$ 2.475.518,84	\$ 15.027.365,25
19	\$ 2.533.861,78	\$ 50.091,22	\$ 2.483.770,57	\$ 12.543.594,69
20	\$ 2.533.861,78	\$ 41.811,98	\$ 2.492.049,80	\$ 10.051.544,88
21	\$ 2.533.861,78	\$ 33.505,15	\$ 2.500.356,63	\$ 7.551.188,25
22	\$ 2.533.861,78	\$ 25.170,63	\$ 2.508.691,16	\$ 5.042.497,10
23	\$ 2.533.861,78	\$ 16.808,32	\$ 2.517.053,46	\$ 2.525.443,64
24	\$ 2.533.861,78	\$ 8.418,15	\$ 2.525.443,64	\$ 0,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla Resume Anual:

Tabla 17. Tabla de resumen anual

Pagos Anuales	Intereses	Amortizacion	Total Cuota
1	\$ 1.813.595,34	\$ 28.592.746,05	\$ 30.406.341,39
2	\$ 1.718.286,18	\$ 28.688.055,21	\$ 30.406.341,39

Fuente: Elaboración propia

- **Criterios del Periodo para evaluar el Proyecto**

Para determinar el periodo para evaluar el proyecto se deben tener en cuenta dos tipos de criterios, unos criterios cualitativos y unos criterios cuantitativos y cada uno se les debe calificar para su elección.

En el siguiente cuadro se muestra el detalle de calificación por cada justificación del criterio específico:

Tabla 18. Periodo de evaluación financiera del proyecto

Criterio	Justificación para este Proyecto	Valor Posible de N (años)
1. Criterios cualitativos		
1.1 Ítem dentro de la inversión fija que debe ser renovada posteriormente para una empresa en marcha	En este proyecto es la maquinaria y equipo. Vida útil inicialmente establecida:	10
1.2 Factores externos que afectan la vida útil (salinidad, humedad, rigurosidad del proceso, avances tecnológicos, etc.)	En este proyecto los equipos están sometidos a factores externos que reducen su vida útil. Por ello los ingenieros consideran que su vida útil se ve reducida a:	5
Por criterio cualitativo el n del proyecto debería ser (mínimo):		5
2. Criterios cuantitativos		
2.1 Plazo del préstamo bancario	Las entidades financieras que financian proyectos exigen que el proyecto sea evaluado mínimo al plazo solicitado para el crédito. En este caso el proyecto solicito crédito a un plazo de	2
2.3 Periodo de recuperación de la inversión (PRI o Payback)	Este es uno de los criterios para la evaluación financiera de proyectos junto a otros (VPN, TIR, Otros). Indica el numero de años requerido para recuperar la inversión lo. El plazo para evaluar el proyecto (n) debe ser siempre superior al payback, porque de lo contrario se incurriría en un error técnico. En este proyecto el payback es de:	3
Por criterio cuantitativo el n del proyecto debería ser (máximo):		3
*Combinando los dos criterios anteriores(Cualitativos y Cuantitativos), el periodo adecuado para la evaluación de este proyecto es el máximo de los dos anteriormente elegidos. N debería ser de		5

Fuente: Elaboración propia

Por lo anterior se define que el periodo ideal para evaluar financieramente el proyecto es un periodo equivalente a 5 años.

- **Evaluación financiera del Proyecto**

La evaluación puede considerarse como aquel ejercicio teórico mediante el cual se intentan identificar, valorar y comparar entre sí los costos y beneficios asociados a determinadas alternativas de proyecto con la finalidad de coadyuvar a decidir la más conveniente. Para se debe estructurar un Estado de Perdidas y Ganancia como base para el cálculo de los indicadores de evaluación financiera, que permitirá decir si el proyecto es económicamente viable o no.

Tabla 19. Flujo de caja proyectado

Flujo de Caja Proyectado									
(+) Inversión Total Proyecto	-\$ 64.833.783,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
(+) Ingreso por Préstamo Bancario	\$ 58.350.404,70	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
(+) Depreciación de la inversión fija	\$ -	\$ 6.009.012,15	\$ 6.009.012,15	\$ 6.009.012,15	\$ 6.009.012,15	\$ 6.009.012,15	\$ 6.009.012,15	\$ 6.009.012,15	\$ 6.009.012,15
(-) Amortización de la Inversión	\$ -	\$ 28.592.746,05	\$ 28.688.055,21	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
(=) Flujo de Caja Neto	-\$ 6.483.378,30	-\$ 13.270.392,89	-\$ 12.756.051,61	\$ 17.649.515,89	\$ 18.237.011,21	\$ 18.846.537,61			
(=) Flujo de Caja Descontado	-\$ 6.483.378,30	-\$ 12.096.985,32	-\$ 10.599.930,37	\$ 13.369.430,71	\$ 12.592.940,60	\$ 11.863.106,73			
(=) Flujo de Caja Neto Acumulado	-\$ 6.483.378,30	-\$ 19.753.771,19	-\$ 32.509.822,80	-\$ 14.860.306,91	\$ 3.376.704,30	\$ 22.223.241,91			

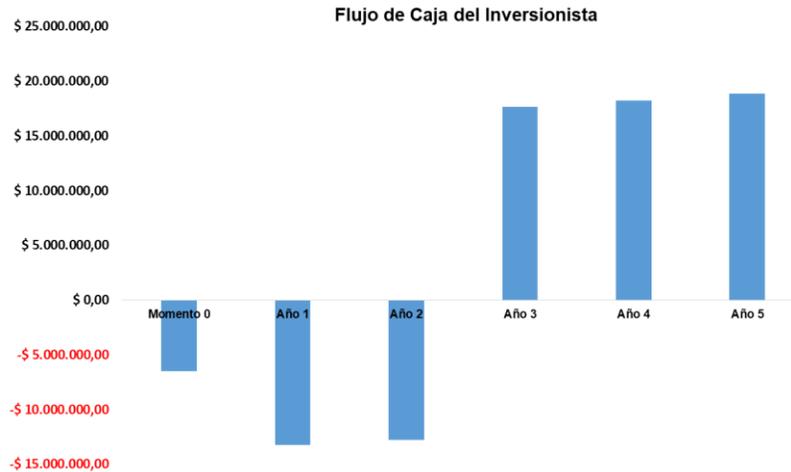
Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Estado de pérdidas y ganancias

Estado de Perdidas & Ganancias							
Concepto	Momento 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
(+) Ingresos Operativos	\$ -	\$ 32.040.429,47	\$ 33.241.945,58	\$ 34.488.518,54	\$ 35.781.837,98	\$ 37.123.656,91	
(-) Costos Operativos	\$ -	\$ 5.868.000,00	\$ 6.088.050,00	\$ 6.316.351,88	\$ 6.553.215,07	\$ 6.798.960,64	
(=) Utilidad Bruta		\$ 26.172.429,47	\$ 27.153.895,58	\$ 28.172.166,66	\$ 29.228.622,91	\$ 30.324.696,27	
(-) Gastos Administrativos	\$ -	\$ 3.140.691,54	\$ 3.258.467,47	\$ 3.380.660,00	\$ 3.507.434,75	\$ 3.638.963,55	
(-) Gastos Fijos	\$ -	\$ 1.308.621,47	\$ 1.357.694,78	\$ 1.408.608,33	\$ 1.461.431,15	\$ 1.516.234,81	
(-) Depreciación	\$ -	\$ 6.009.012,15	\$ 6.009.012,15	\$ 6.009.012,15	\$ 6.009.012,15	\$ 6.009.012,15	
(=) Utilidad Operativa		\$ 15.714.104,31	\$ 16.528.721,18	\$ 17.373.886,18	\$ 18.250.744,87	\$ 19.160.485,76	
(-) Intereses préstamo bancario	\$ -	\$ 1.813.595,34	\$ 1.718.286,18	\$ -	\$ -	\$ -	
(=) EBITDA		\$ 23.536.711,80	\$ 24.256.019,52	\$ 23.382.898,33	\$ 24.259.757,02	\$ 25.169.497,91	
(=) Utilidad Antes De Impuestos		\$ 13.900.508,98	\$ 14.810.435,00	\$ 17.373.886,18	\$ 18.250.744,87	\$ 19.160.485,76	
(-) Impuesto a la Renta	\$ -	\$ 4.587.167,96	\$ 4.887.443,55	\$ 5.733.382,44	\$ 6.022.745,81	\$ 6.322.960,30	
(=) Utilidad Neta		\$ 9.313.341,01	\$ 9.922.991,45	\$ 11.640.503,74	\$ 12.227.999,06	\$ 12.837.525,46	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21- Flujo de caja del inversionista



Fuente: Elaboración propia

- **Indicadores Evaluación financiera del Proyecto**

Ya habiendo construido el flujo de caja proyectado del inversionista donde se refleja la diferencia entre los ingresos y los egresos de la operación del proyecto, se procede a calcular los indicadores de evaluación financiera que son los siguientes:

Tabla 22. Indicadores de evaluación financiera

Indicadores de Evaluación Financiera de Proyecto	
Costo promedio ponderado de capital EA (WACC)	9,7%
Valor Presente Neto (VPN)	\$ 8.645.184,05
Tasa Interna de Retorno (TIR%)	20,3%
PayBack (PRI)	Año 5
Retorno de la Inversión (ROI%)	30%
Relacion Beneficio/Costo	1,30

Fuente: Elaboración propia

- **Valor Presente Neto :**

El valor presente Neto o por sus siglas resumidas VPN se considera como la expresión en pesos actuales de todos los flujos que se esperan en un proyecto financiero, descontados

a una tasa. La tasa utilizada para descontar el flujo de caja fue de la del costo promedio ponderado de capital, equivalente al 9,7% ya que esta es la tasa de rentabilidad mínima exigida para evaluar el proyecto ya que incluye el costo de la deuda financiada por los socios y los acreedores. El valor presente del proyecto en este caso es de \$8.645.184, es decir que el proyecto cuenta con un VPN positivo lo que nos dice que los ingresos superaron los egresos a costo de hoy, es decir que los recursos invertidos en el proyecto rentan más que la tasa de descuento. Por lo anterior bajo este indicador se puede concluir que el proyecto es económicamente viable.

- **Tasa Interna de Retorno :**

La tasa interna de retorno o por sus siglas TIR se interpreta como la tasa de retorno que el proyecto paga por los recursos que se mantienen invertidos en él. Matemáticamente es la tasa que hace que los egresos sean iguales a los ingresos, es decir la TIR hace que el VPN sea igual a 0. La TIR del proyecto en este caso es del 20,3% lo que nos dice que esa es la tasa a la que está rentando el proyecto , y que la TIR es mayor que la Tasa de Descuento lo que se puede interpretar que el proyecto puede cumplir con el servicio a la deuda. Es decir cumplir con sus obligaciones financieras a sus acreedores y a sus socios. Por lo anterior bajo este indicador se puede concluir que el proyecto es económicamente viable.

- **Periodo de Repago (PRI) :**

El periodo de repago o de recuperación de la inversión es el punto donde los ingresos se igualan a los egresos, evaluando en cuanto tiempo se puede recuperar la inversión. Para este caso en particular analizando el flujo de caja acumulado se puede concluir que el periodo de recuperación es de 5 años.

- **Retorno de la Inversión (ROI) :**

El retorno de la inversión o por sus siglas en ingles Return of Investment es la razón financiera que compara el beneficio o utilidad obtenida en la relación con la inversión realizada. Para este caso el ROI del proyecto es del 30%.

- **Relación Beneficio Costo (B/C) :**

La relación beneficio costo es un indicador que relaciona el VPN de los ingresos con el VPN de los egresos, cuando la relación B/C es superior a 1 quiere decir que el proyecto es conveniente. Para este caso la relación B/C del proyecto es del 1.30, lo que se puede interpretar como por cada peso invertido obtengo 3 pesos adicionales de rendimiento.

• **Análisis Beneficio Cliente**

En este punto se determina en que se beneficia el cliente con el proyecto y la respuesta está soportada en la disminución de la tarifa en un 30%, equivalente al 15% de sus costos directos por consumo de agua para la prestación del servicio de lavado. A continuación se muestra análisis detallado:

- **Escenario Costo Consumo sin Planta de Tratamiento :**

Tabla 23. Escenario Costo Consumo sin Planta de Tratamiento

Tarifa Comercial	\$	6.860,53	
Consumo Promedio Mensual		1064,28	M3
Cargos Fijos Usuarios Comerciales	\$	52.240,84	
Costo Total (Sin PTAR)	\$	7.353.765,71	

Fuente: Elaboración propia

- **Escenario Costo Consumo con Planta de Tratamiento :**

Tabla 24. Escenario Costo Consumo con Planta de Tratamiento

Tarifa Agua Tratada	\$	4.824,56	
Consumo Tratado M3		553,4	M3
Costo Consumo Agua Tratada	\$	2.670.035,79	
Tarifa Comercial	\$	6.860,53	
Consumo Promedio Mensual		510,9	M3
Cargos Fijos Usuarios Comerciales	\$	52.240,84	
Costo Consumo Comercial	\$	3.556.972,78	
Costo Total (Con PTAR)	\$	6.227.008,57	

Fuente: Elaboración propia

Por lo anterior se tiene el siguiente resultado, donde:

\$ 7,353,765.71

CONCLUSIONES

- Gracias a la información hallada como parte de un análisis de antecedentes se puede determinar que es esencial contar con una política de ahorro y uso eficiente del agua al interior de cada autolavado.
- El tratamiento de aguas residuales procedentes de las acciones de lavado de vehículos deben contemplar cada uno de los contaminantes que se encuentran en dichas aguas, pasando por una sedimentación, filtración y purificación.
- La normatividad nacional contempla estándares de calidad, uso apropiado del recurso hídrico y reglamentación jurídica, que deben cumplirse a cabalidad por parte de un autolavado y a su vez una planta de tratamiento de aguas.
- La normatividad internacional sirve como guía y ejemplo de mejores prácticas a nivel global.
- La planta de tratamiento a implementar debe asegurar un apropiado tratamiento del agua contemplando las fases de tratamiento definidas en el presente proyecto y garantizando el nivel de pureza óptimo para el vertimiento de aguas no utilizadas.
- La desinfección del agua por medios físicos, como lámparas UV, implica mayores costos de implementación que la desinfección por medios químicos con cloro.
- Se puede afirmar que el proyecto es financieramente viable ya que los indicadores analizados demuestran que los ingresos superan los egresos, y que los recursos invertidos en el proyecto rentan a un porcentaje mayor que el del costo de la deuda.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguamarket. (2014). *Gases en aguas residuales*. Recuperado de <http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=3774>.
- Albarracín, E. O. (2018). *Sistema de tratamiento de agua residual: Autolavado Samiwall*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Álvarez, J. R., Bautista, A., & Sanz, E. (2009). *Plan de negocio para el montaje de un autolavado con servicio V.I.P. en el noroccidente de Bogotá*. Bogotá: Universidad de la Sabana.
- ANSI. (1918). *ANSI*. Obtenido de <https://www.ansi.org/>
- ASTM. (1898). Obtenido de https://www.astm.org/toolkit/images/ASTM%20Information/DL_Flyer_022212_Spanish.pdf
- Cañas, H., Jaramillo, O., Piñeros, A., Rodríguez, C., & Vargas, N. (2010). Capítulo 4. Oferta y uso de agua subterránea en Colombia. En *Estudio Nacional del Agua 2010*. Recuperado el 31 de Marzo de 2021, de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021888/CAP4.pdf>
- Cardozo, J. (2017). DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS, PARA LAVADO AUTOMOTOR PARA LA EMPRESA TRANSLOGAM SAS. Recuperado el 01 de Mayo de 2021, de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6496/1/4121501-2017-2-IM.pdf>
- Centro de investigación y desarrollo tecnológico. (2009). *Aguas Residuales*. Recuperado de <https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/libros/residuales.pdf>.
- CORANTIOQUIA. (2016). Manual de Producción y Consumo Sostenible: Gestión del Recurso Hídrico. Lavadero de camiones. Recuperado el 25 de Abril de 2021, de https://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Gesti%C3%B3n%20ambiental/Producci%C3%B3n%20y%20Consumo%20Sostenible/Manuales_GIRH/Lavadero_Camiones.pdf
- Corbitt, R. A. (2003). *Tratamiento de las Aguas Residuales*. Madrid: Mc-Graw Hill.

- Delgadillo, Ó., Camacho, A., Pérez, L., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedades artificiales*. Cochabamba: Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua.
- Desatascos Cubacas. (s.f.). Reciclado y tratamiento del agua residual en lavaderos de coches. Boxes de lavado. Recuperado el 01 de Mayo de 2021, de <https://www.desatascoscubacas.es/noticias-desatascos/reciclado-y-tratamiento-del-agua-residual-en-lavaderos-de-coches-boxes-de-lavado>
- EPM. (s.f.). Tips para el uso inteligente. Mis consumos en el hogar. Recuperado el 02 de Mayo de 2021, de https://www.epm.com.co/site/clientes_usuarios/clientes-y-usuarios/hogares-y-personas/agua/tips-para-el-uso-inteligente#:~:text=Una%20persona%20consume%20en%20promedio,15.4%20metros%20c%C3%BAAbicos%20de%20agua.
- Función Pública. (26 de Mayo de 2015). Decreto 1076 de 2015 Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado el 11 de Marzo de 2021, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>
- Gómez, Y., & Marín, B. (2019). ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES DEL LAVADERO DE CARROS LUBRISERVICIOS SAN JOSÉ. Cartagena de Indias.
- ICONTEC. (2021). Calidad del agua muestreo. Parte 14: Guía para el control de la calidad en el muestreo y el manejo ambiental del agua. En *NTC-ISO 5667-14:1999*. Recuperado el 31 de Marzo de 2021, de <https://www.icontec.org/rules/calidad-del-agua-muestreo-parte-14-guia-para-el-control-de-la-calidad-en-el-muestreo-y-el-manejo-ambiental-del-agua/>
- IDEAM. (2002). Formulación de planes de pretratamiento de efluentes industriales. Recuperado el 01 de Mayo de 2021, de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005574/cartillas/efluentesindustriales/Efluentesindustriales1.pdf>
- IEC. (1906). *International Electrotechnical*. Obtenido de <https://www.iec.ch/homepage>
- IEEE. (1963). Obtenido de <https://www.ieee.org/>
- International Society of Automation*. (1920). Obtenido de <https://www.isa.org/>

- León, M. (5 de Febrero de 2019). ¿Quién regula los lavaderos de vehículos en Bogotá? *El Tiempo*. Recuperado el 11 de Marzo de 2021, de <https://www.eltiempo.com/bogota/quien-regula-los-lavaderos-de-carro-en-bogota-322934>
- Letterman, R. (2002). *Calidad y tratamiento del agua: manual de suministros de agua comunitaria*. Madrid: Mc-Graw Hill Interamericana de España.
- Marín, A., & Osés, M. (2013). *Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales con el proceso de lodos activados*. Jalisco: Comisión Estatal del Agua de Jalisco.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). Resolución 1207 de 2014. Recuperado el 31 de Marzo de 2021, de https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_1207_2014.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Resolución 631 de 2015. Recuperado el 31 de Marzo de 2021, de <https://www.aguasdemanizales.com.co/Portals/Aguas2016/NuestraEmpresa/Documentos/LeyesDecretos/R631de2015MADS.pdf?ver=2015-12-23-170225-850#:~:text=MINISTERIO%20DE%20AMBIENTE%20Y%20DESARROLLO,y%20se%20dictan%20otras%20disposiciones>.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). Ley 1333 de 2009. Recuperado el 31 de Marzo de 2021, de <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/404-plantilla-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos-9#:~:text=La%20ley%201333%20del%202021,sancionatorias%20que%20necesita%20el%20pa%C3%ADs>.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Decreto 3930 de 2010. Recuperado el 31 de Marzo de 2021, de https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2010/dec_3930_2010.pdf
- Münster, F., & Schmid, R. (2008). *El prefacio del agua*. Suiza: Confederación Suiza.
- NFPA. (1986). Obtenido de <https://www.nfpajla.org/nfpa-en-lationoamerica/nfpa-en-espanol>
- Pineda, C. (2017). Propuesta de implementación de uso de energía alternativa y tecnologías limpias para autolavadoras ubicadas en la Parroquia de Sangolquí, Cantón Rumiñahui.

- Quito. Recuperado el 02 de Mayo de 2021, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17250>
- Ramos, R., Sepúlveda, R., & Villalobos, F. (2002). *El agua en el medio ambiente: Muestreo y análisis*. Mexicali: Plaza y Valdés.
- Reátegui, K. L. (2016). *Lavado de vehículos automotores en la ciudad y su efecto sobre el uso del agua y el ambiente*. Iquitos: Escuela Profesional de Ingeniería en Gestión Ambiental.
- Reyes López, M. G. (2016). USO DEL CLORO EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS. Recuperado el 02 de Mayo de 2021, de <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/23350/1/Tesis%20Gpe%20Reyes%20.pdf>
- Sainz, J. A. (2005). *Tecnologías para la sostenibilidad. Procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales*. Madrid: Fundación EOI Gregorio del Amo.
- Sánchez, A. (2017). *Creación de un Autolavado Ecológico Autospa*. Pitalito: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Decreto 1076 de 2015. Recuperado el 31 de Marzo de 2021, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>
- Semana. (22 de Marzo de 2016). Las 10 claves para proteger el agua. Recuperado el 11 de Marzo de 2021, de Revista Semana: <https://www.semana.com/on-line/vida-moderna/articulo/diamundial-del-agua-como-proteger-el-agua-en-colombia/466402/>
- Sigler, A., & Burden, J. (2012). *Nitrato y Nitrito*. Bozeman: Universidad Estatal de Montana.
- Tavera, J. A., & Torres, Y. A. (2015). *Manejo, tratamiento y reuso del agua en la estación de lavado de vehículos "Los Ángeles" Kennedy, Bogotá, D.C.* Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Tchobanoglous, G., Burton, F., & Stensel, D. (2002). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Londres: Mc-Graw Hill.
- Wright, H. B., & Cairns, W. L. (s.f.). LUZ ULTRAVIOLETA. Recuperado el 02 de Mayo de 2021, de http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/agua/LUZ_ULTRAVIOLETA.pdf