



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE MECÁNICA ELÉCTRICA

“Eficiencia del proceso de lavado de autos mediante reutilización de agua residual por electrocoagulación en el centro de lavado Rivera”

TESIS PARA OBTENER TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Peche Chilcho, Davis (ORCID: 0000-0001-7016-6071)

Quispe Briceño, Manuel (ORCID: 0000-0003-2052-2140)

ASESOR:

Julca Verastegui, Luis (ORCID: 0000-0001-5158-2686)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño y Simulación de Sistemas Electromecánicos

TRUJILLO – PERÚ

2020

DEDICATORIA

La siguiente investigación va dedicada para mis padres, Quispe Jiménez, Estuardo y Briceño Vargas, Eladia por el apoyo incondicional que me han brindado durante el periodo de mi formación como profesional, sea cual sea las circunstancias y etapas vividas, ellos no me abandonaron.

Los Amo con toda mi alma...

Quispe Briceño, Manuel

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado con todo cariño y respeto a mis padres Venicio Peche y Emilia Chilcho, que mediante su comprensión y apoyo absoluto hizo posible para lograr cada objetivo que me proponga, acompañándome siempre a ello, mis héroes.

A mis hermanos Carlos, Javier, Luis y Rosario por ser inspiración de honradez y fortaleza para seguir superándome cada día.

Peche Chilcho, Davis

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios, por la vida y salud que me ha concedido para cumplir mis propósitos, metas y objetivos día con día, también agradecer infinitamente el apoyo de mis padres, hermano y las personas que siempre me impulsaron a continuar, gracias por sus consejos, apoyo moral y económico. Agradecer también a las personas que nos apoyaron durante el periodo de ejecución del proyecto y a nuestro asesor de tesis Julca Verastegui, Luis quien por su experiencia nos ayudó a hacer posible esta investigación.

Quispe Briceño, Manuel

AGRADECIMIENTO

A Dios por fortalecer nuestro espíritu y permitir que se culmine una etapa académica más en nuestra vida. Agradezco a mi familia, sobre todo a nuestros padres por colaborarnos incondicionalmente en la meta que tanto anhelamos y apoyarnos en continuar con el camino que aún falta por recorrer para ser futuros profesionales y por permitirnos continuar sus pasos como un ejemplo a seguir. Agradecemos a nuestra docente y director de nuestro trabajo de grado por su guía hacia la realización del presente trabajo

Agradecemos de manera cordial y especial a los propietarios del establecimiento de área de estudio por abrirnos las puertas y brindarnos toda la información proporcionada, sin su ayuda no hubiera sido difícil la realización de este trabajo. A mis amigos y conocidos por su amistad y confianza.

Peche Chilcho, Franklin Davis

ÍNDICE

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	10
<u>3.1.</u> Tipo y diseño de investigación:.....	10
3.2. Operacionalización de variables	10
3.3. Población, muestra y muestreo.....	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	11
3.5. Procedimiento	12
3.6. Método y análisis de datos.....	13
3.7. Aspectos éticos	13
IV. RESULTADOS.....	14
4.1. Clasificación y recopilación de datos del Car Wash Rivera.....	14
4.2. Propuesta y ejecución del sistema de electrocoagulación	15
4.3. Construcción del sistema de reutilización de aguas residuales	19
4.4. Estudio económico del sistema de electrocoagulación.	22
V. DISCUSIÓN	28
<u>5.1.</u> Desarrollo del proyecto.....	28
5.2. Desarrollo del prototipo	28
5.3. Funcionamiento del sistema general en el centro de lavado.....	29
VI. CONCLUSIONES.....	33
VII. RECOMENDACIONES	34
REFERENCIAS	35
ANEXOS	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°02 Consumo de agua anualmente en el lavadero Car Wash Rivera.	15
Tabla N°04 Dimensionamiento y distancia entre electrodos.....	21
Tabla N° 05 Dimensionamiento y parámetros de los electrodos	23
Tabla N°06 Número de automóviles a nivel Regional.....	39
Tabla N°07 Matriz de Operacionalización de variables.	42
Tabla N°08 Información obtenida de la ficha de observación	43
Tabla N°09 Información obtenida de la guía de entrevista	44
Tabla N°11 Frecuencia de unidades vehiculares al centro de lavado.....	47
Tabla N°12 Cantidad de detergente y/o champús utilizado al mes y diario	49
Tabla N°13 Mediciones de caudal a través de las mangueras de lavado.....	50
Tabla N°14 Agua residual generada en el centro de auto lavado.....	50
Tabla N°16 Volumen total de la celda de electrocoagulación	52
Tabla N°17 Resumen del diseño del electrocoagulador	57
Tabla N°18 Costo de obras civiles en la construcción de la planta de tratamiento de aguas	58
Tabla N°19 Costo del reactor	58
Tabla N°20 Materiales complementarios para el sistema de electrocoagulación .	59
Tabla N°21 Costos de maquinado	59
Tabla N°22 Costos de elementos hidráulicos	60
Tabla N°23 Costos de montaje del sistema de electrocoagulación	60
Tabla N°24 Costo directo total del proyecto	61
Tabla N°25 costos indirectos de fabricación.....	61
Tabla N°26 Gastos varios	62
Tabla N° 27 Total de costos indirectos de fabricación	62
Tabla N°28 Multas y/o sanciones	63
Tabla N°29 Comparación de sanciones vs inversión.....	63
Tabla N°30 Ingreso total generado en el año 2019	64
Tabla N°31 Egresos que incurre la propuesta de mejora	65
Tabla N°32 Ingresos y egresos.....	65
Tabla N°33 materiales y costos para la construcción del prototipo.....	67

Tabla N°34 Dimensiones para el volumen de agua contenido en la celda del prototipo 68

Tabla N°34 Balance de consumo de agua con el sistema de electrocoagulación 78

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura N°01. Sistema de electrocoagulación	9
Figura N°03 selección de celda tipo Batch en paralelo	16
Figura N°04. Disposición adecuada de electrodos.....	17
Figura N°05 ciclo de funcionamiento del centro de lavado.....	29
Figura N°06 Voltaje y amperaje ideal en las pruebas.....	30
Figura N°07 Efectos del voltaje y carga en el prototipo de aguas residuales	31
Figura N°08 Agua obtenida durante el tiempo de 90 minutos.....	31
Figura N°09 Numero de vehículos en Trujillo 2013 - 2016	38
Figura N°10 Proceso de lavado	41
Figura N°11 Gastos de la empresa en el año 2019.....	45
Figura N°12 Grafico de curvas agua vs energía eléctrica	45
Figura N°13 Cantidad de vehículos recibidos en enero - diciembre (2019	46
Figura N°14 curvas características mayor y menor frecuencia de unidades	47
Figura N°15 Plan de reutilización de aguas residuales	48
Figura N°16 Champús para vehículos empleado en el centro de lavado	49
Figura N°17 Celda de electrocoagulación.....	51
Figura N°18 Plano del centro de lavado Car Wash Rivera	69
Figura N°19 Nueva arquitectura del centro de lavado,.....	70
Figura N°20 Vista isométrica de la arquitectura.	71
Figura N° 21 Proceso de reutilización de aguas residuales	72
Figura N°22 prueba 1 conexión hierro-hierro, aluminio-hierro, aluminio-aluminio (cátodo - ánodo)	73
Figura N°23 Prueba 2 conexión hierro-hierro, aluminio-hierro, aluminio-aluminio	73
Figura N°24 prueba 3 configuración hierro-aluminio (ánodo - cátodo)	74
Figura N°25 Proceso de electrolisis durante 60 minutos.....	74
Figura N°26 Obtención de las muestras y comparación visual.....	75
Figura N°27 Diagrama y configuración de la fuente de poder	75
Figura N°28 Estructura tarifaria de agua de la empresa SEDALIB S.A.	76
Figura N°29 Gráfico de comparativa de costos con y sin tratamiento	77

RESUMEN

En la siguiente investigación de tesis, se diseñó un sistema de tratamiento de agua residual mediante el proceso de electrocoagulación, para el centro de auto lavado Rivera, el objetivo fue mejorar la eficiencia del proceso de lavado y evitar los elevados desperdicios de agua potable que se venían generando dentro del local. El tipo y diseño de esta investigación son: Aplicada y experimental, ya que se aplicó y validó este concepto de conocimiento, además se realizó experimentos mediante un prototipo a escala para determinar con mayor precisión, la efectividad del proceso de reutilización de aguas residuales, teniendo a partir de ello, varias alternativas para la ejecución de este sistema, pero consideramos la mejor y más conveniente para que la empresa pueda implementar, teniendo este sistema, un costo accesible y la efectividad deseada. Como conclusión determinamos que si es viable la implementación de este sistema de tratamiento de aguas residuales mediante electrocoagulación.

Palabras clave: Electrocoagulación, eficiencia, aguas residuales.

ABSTRACT

In the following thesis research, a wastewater treatment system was designed using the electrocoagulation process, for the Rivera self-cleaning center, the objective was to improve the efficiency of the washing process and avoid the high waste of drinking water that was they were generating within the premises. The type and design of this research are: Applied and experimental, since this concept of knowledge was applied and validated, in addition, experiments were carried out using a scale prototype to determine with greater precision, the effectiveness of the wastewater reuse process, taking based on this, various alternatives for the execution of this system, but we consider the best and most convenient for the company to implement, having this system, an accessible cost and the desired effectiveness. In conclusion, we determined that the implementation of this wastewater treatment system using electrocoagulation is feasible.

Keywords: Electrocoagulation, effectiveness, residual water.

I. INTRODUCCIÓN

La elaboración de esta investigación ejecutada, considera parámetros ambientales y económicos, en la actualidad la escasez de agua dulce es el reto más importantes siglo XXI, ya que es muy escasa en el planeta, por lo tanto, influyó directamente en la investigación realizada, la cual consta en la implementación de una pequeña planta de tratamiento de aguas residuales en un centro de auto lavado; el propósito del proyecto fue disminuir las grandes proporciones de agua potable que aplican en los centros de lavado tradicionales, así, el agua que se ahorraría pueda llegar a la población más necesitada de los entornos de la ciudad de Trujillo. Existen numerosas compañías y agrupaciones en todo el mundo con un único propósito, la conservación y cuidado de este de recurso hídrico. El agua de los ríos, lagos, quebradas, entre otros, son recursos naturales que cada vez son más escasos, debido a la alta instancia que esta genera, o por la destrucción del mismo ser humano debido a la minería, industrias, y otros factores. A pesar de que este recurso es escaso, aún no existe una conciencia global de su cuidado, por más que los medios de comunicación brinden información de su protección y preservación. En la ciudad de Trujillo, una de las formas más grandes de desperdicio de agua, Se produce al momento del lavado de los vehículos de manera tradicional, es decir, en un centro de lavado de autos, ya la mayoría de personas no lavan sus vehículos en casa, prefieren acudir en estos centros, pues es mucho más rápido, pero la falla de la mayoría de las empresas de lavado, es que no cuentan con un plan de recuperación del líquido vital. Este estudio, constó en la aplicación de un sistema de recuperación de aguas residuales en un centro de lavado, donde se rigió con las exigencias y normativas ecológicas que plantea la autoridad nacional del agua (ANA), asimismo el diseño propuesto, implica un menor costo de instalación, y buena opción tanto económica como estética para los establecimientos dedicadas al lavado de vehículos en la ciudad. La realidad problemática se basó según un estudio realizado por la Asociación de Automotriz del Perú (AAP), Elaborado en los años 2013 – 2016 donde mostró un crecimiento paulatino de vehículos dentro de la

ciudad de Trujillo, éste incremento se representó tanto en vehículos pesados, livianos, y menores especiales sin tener en cuenta con los vehículos de años previos y de los años recientes 2017 – 2019, éste crecimiento hizo que varias empresas se dediquen a la venta de repuestos, combustibles y autopartes, y lo que se resalto fue el crecimiento de más centros de lavados. Esto generó utilizar grandes proporciones de agua por cada vehículo, ya que esta es la forma tradicional y la más abundante dentro de la ciudad. La necesidad de esta investigación viéndola desde el área profesional de ingeniería mecánica eléctrica, fue el diseño y la aplicación de energía eléctrica para reciclar aguas residuales, para ello se consiguió información pertinente de varios centros de auto lavado obteniendo resultados favorables para aplicarlos al diseño que propuso la reutilización de aguas mediante el proceso de electrocoagulación.

A partir de la revisión de investigaciones y teorías relevantes para afrontar dicha problemática, se formuló el siguiente problema de tesis: ¿Cómo mejorar la eficiencia del proceso de lavado de autos, al reutilizar agua residual mediante un sistema de electrocoagulación?

Debido a esta problemática la investigación se justificó, en el diseño de un sistema de reutilización de aguas residuales mediante electrocoagulación, por consiguiente, si se tiene en estadística los procesos de reciclaje de las aguas residuales, se determina qué; según (Araujo, 2019) se puede reciclar el 50% del agua con sistemas sencillos de filtración y desinfección de aguas. Para porcentajes más elevados “de orden 80%” es obligatorio combinar varias tecnologías de tratamiento de agua; eliminación de sólidos, grasas, ósmosis, ozonización, coagulación, aplicación de líquidos floculantes, entre otros. Dentro de la aplicación de mencionadas tecnologías, se halló el proceso de electrocoagulación, este proceso consiste en la aplicación de corriente eléctrica a través de electrodos de aluminio o hierro instalados en el sistema de tratamiento de aguas residuales. El líquido sacado del centro de lavado para ser analizada, arrojó químicos

provenientes del champú, grasas y partículas de combustibles, los cuales sirven como reactantes al proceso de electrocoagulación. En algunos casos si se desea acelerar el proceso, también se puede emplear algunos químicos, aunque esto estar en manos de del propietario del lavadero ya que le generará gastos adicionales. Este diseño propuso, primero es que las aguas en su disposición final puedan ser derramadas en ríos, o en nuestro caso en las redes de alcantarillado; o dependiendo de su ubicación geográfica y con un grado de contaminación disminuido según lo permitido por la (ANA) Autoridad Nacional del Agua, ya que, si no se cumple con los requisitos, la empresa se somete a cargos judiciales donde tendrá que pagar las multas establecidas; estas se muestran en la sección anexos. Segundo; concientizar a los demás propietarios de centros de auto lavado de la ciudad y otras ciudades a optar por la reutilización de agua, de esta manera cuidar el recurso hídrico.

Como objetivo general de la investigación se consideró, mejorar la eficiencia del proceso de lavado de autos, mediante el diseño de un sistema de reutilización de agua residual por electrocoagulación, para el centro de lavado Car Wash Rivera. Y como objetivos específicos: a) Recopilar información sobre las condiciones actuales del centro de lavado. b) Diseñar y calcular el sistema de tratamiento de agua para el proceso de lavado. c) Construcción e implementación del sistema de reutilización de agua. d) Evaluar el costo beneficio del sistema implementado.

II. MARCO TEÓRICO

Trabajos previos, (Ramires & Mendoza, 2016) El sistema de tratamiento de aguas, son procesos que permiten disminuir y eliminar el grado de impurezas del agua, estas pueden ser mediante procesos físicos, químicos, etc. Su finalidad es clara, obtener agua que pueda ser nuevamente consumida para ciertos aspectos que el ser humano lo destine.

(Vásquez & Cadenillas, 2018) Realizaron una investigación para reutilizar agua en un centro de lavado en la ciudad de Chiclayo, mediante procesos de electrocoagulación, e indicaron que se puede tener varias calidades de agua mediante este proceso.

(Tavera & Torres, 2015) Realizó una investigación donde, encuentra que los establecimientos de lavado desperdician muchas cantidades de agua, lo cual es un problema ambiental, ya que se está desperdiciando el recurso hídrico, además afirma que existen varios centros de lavado que están implementando tecnologías que aporten a no desperdiciar grandes cantidades de agua.

(Palella & Martins, 2017) Afirmó que el proceso para lavar vehículos, se da mediante un ensamble de un sistema que permite la alimentación de agua mediante tuberías las cuales permiten que los vehículos sean lavados, además afirma que esta agua puede ser almacenada para ser tratada mediante tratamiento de agua, pero su aporte es que sea por filtración.

(Robles & Torres, 1015) Afirmó que, las aguas depuradas son aguas reestablecidas de procesos anteriores, las cuales deben tratarse para posteriormente ser vertidas nuevamente a los ríos o a la red de alcantarillado, o de ser el caso consumidas para otros trabajos como regadío de áreas verdes, ya que se basa en su calidad de aplicable y amigable ambientalmente.

(Condorchermevitech, 2019) Afirmó que el agua es un recurso natural que no se debe malgastar, existen alternativas sostenibles como es un tratamiento de agua, con el fin de lograr la reutilización de dicha agua, además recalco que, según normativa, las exigencias por la reutilización de agua son obligatorios para la mayoría de empresas.

(Adminmgv, 2016) Afirmó que, los procesos de coagulación y floculación son procesos químicos que funcionan de la mano para acelerar los procesos de tratamiento de aguas, estas se convierten en floculos de sedimentaciones rápidas, pero que a la larga estos procesos fueron reemplazados por otras alternativas de reutilización de agua.

(Gonzales M. , 2016) Afirmó que, los filtros percoladores, son las nuevas y populares tecnologías para tratamientos de agua residual ya sean estas domesticas o industriales, estas proporcionan excelentes resultados al tratar agua residual, y son de fácil mantenimiento y operación.

(Anapackage, 2016) Afirmó que, una de las mejoras para los nuevos tiempos es un sistema de tratamiento de aguas PTAR, estos sistemas son consideradas completos, ya que la reutilización de aguas mediante este sistema es muy eficiente y se aplica de diferentes maneras, tanto domésticas, industriales y de reciclaje de desechos sólidos. Por otra parte, afirmó que la desventaja de este sistema es su elevado costo.

(Andia, 2000) Afirmó que los procedimientos químicos son muy importantes al reutilizar agua residual, ya que pueden ser manejables mediante otros procesos químico, su alternativa fue coagulación lo cual consiste en añadir sales minerales al agua para el proceso de coagulación y floculación, lo cual consiste en añadir liquido o polvo floculante, al proceso de restauración de aguas residuales.

(Caschette, 2016) Afirmó que, los procesos de tratamiento de agua son componentes esenciales, y la necesidad de una reutilización es muy beneficiosa para cualquier empresa, ya que evita gastos innecesarios, además comprende una amplia gama para tratamientos. Sus principales objetivos para aplicar el tratamiento de agua son: Separar el agua de aceites, separar sólidos del líquido, eliminar materias orgánicas, ablandar y desalinizar el agua residual.

(John Ryan, 2015) Afirmó que, la reutilización de aguas consiste en eliminar sólidos, compuestos orgánicos, partículas de lodo, iones inorgánicos, entre otras partículas que se encuentren suspendidas en el agua. El proceso de electrocoagulación nació en los estados unidos a principios del siglo XX, este proceso consiste en aplicar corriente eléctrica a través de electrodos, unos funcionan como ánodos y otros como cátodos llamados electrodos de sacrificio, ya que se utilizarán por cierto tiempo, luego serán desechados.

(Araujo, 2019) Afirmó que por cada automóvil se pierden hasta 200 litros de agua con manguera tradicional, lavarlos en centros de auto lavado como 100 litros dependiendo al tamaño del auto y solo proceso de lavado, (no comprende enjuague), también afirmó que lavarlos con baldes se gastan entre 20 a 50 litros aproximadamente, pero que esto muy pocos lo hacen, ya que demanda mucho tiempo al propietario lavar su automóvil por voluntad propia. En vista de ello, realizó una investigación de la cual obtuvo que a partir de una planta llamada carnabuca, se puede obtener cera natural, la cual sirve para la limpieza exterior e interior del coche, dándole brillo y manteniendo la estética del vehículo.

(Eyzaguirre, 2017) Afirmó que, en su investigación encontró alternativas para un nuevo servicio de lavado de coches, la cual denominó "Dry car wash", este proceso consiste en un aerosol hecho a base de polímeros y sustancias especiales biodegradables que repelen la suciedad, permitiendo ahorrar hasta 300 litros de agua, luego de aplicarse este aerosol, la suciedad se retira mediante una microfibra especial.

(Beltran, 2016) Afirmó que, la propuesta de valor de la empresa Clean car spa autos siempre limpios, esto implica a los clientes a tener siempre sus unidades limpias, por ende, recurrirán más clientes al centro de lavado, por lo tanto, se debe contar con maquinaria y herramientas que estén a la altura de la situación, además se busca una eficiencia del lavado de vehículos, y mayor rapidez de la misma.

(greenwash, 2017) Afirmó que, existen variedades de mecanismos para lavar un vehículo, tradicionalmente; consiste en lavar un vehículo con manguera a presión, a través de un túnel, consiste en un sistema automatizado que hace que no se requiera personal, limpieza con vapor de agua, consiste en lavar el auto con vapor de agua, limpieza casera, consiste en lavar el coche manualmente el casa, y así entre otros métodos de limpieza, pero todos abarcan a una misma situación, tener los coches limpios para las salidas familiares, ejecutivas, entre otras.

(Cordova, 2015) Afirmó que, en su investigación realizó un car wash automático, el cual consiste en la llegada del cliente al establecimiento, y sin necesidad de bajarse del coche, cancele en caja vía efectivo, tarjetas de débito, crédito, y/o recargable, esto con la finalidad de obtener un bono de descuento para la siguiente vez que regrese el cliente al establecimiento, esta medida se tomó para fidelizar al cliente, y generar mejores alternativas de ingreso, por otra parte propone reutilizar las aguas suministradas en el primer lavado, mediante tratamiento por ionización.

(Pachacama, 2018) Afirmó que, las actividades de lavar los coches de manera casera, es ya menos común, la mayoría prefiere gastar su dinero para que laven su vehículo por ellos, y esto genera grandes cantidades de agua utilizadas, lo cual a la larga es menos conveniente para los centros de lavado tradicional, es por ello que tratan de automatizar la mayor cantidad de sus servicios, dejando al personal fuera e implementando maquinarias que hagan el trabajo por ellos, pero para su implementación se requieren de una fuerte cantidad de inversión.

(Hernandes, 2016) Afirmó que, el agua es recurso indispensable de la naturaleza, y un factor biótico importante, el cual debemos de tener un gran cuidado al respecto de su utilización, además su empleo en los centros de lavado de autos es muy incontrolado y hasta el momento, no se ha visto cambios grandes con respecto a una reutilización.

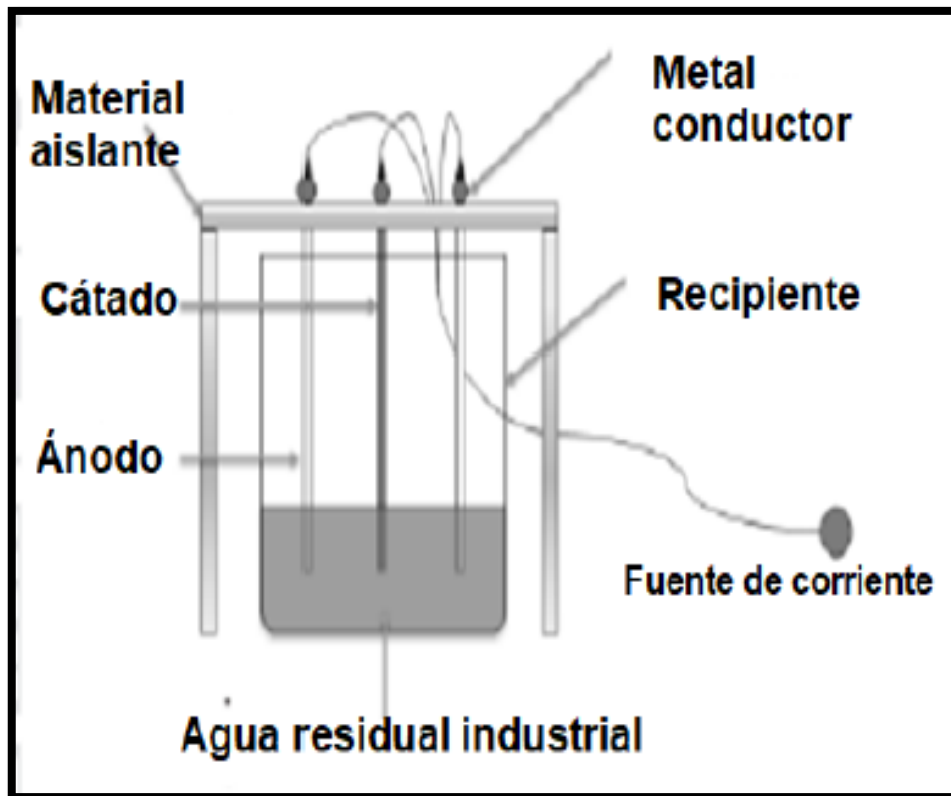
(Briones, 2018) Afirmó que, un 71% de la superficie terrestre está cubierta por agua, en sus diferentes propiedades dulce y salado, las cuales conforman solo un 3% el agua dulce y esta, está siendo malgastada por las grandes industrias, minería, y empresas que se dedican al uso de este líquido vital. Aunque se ha incentivado a su cuidado y preservación, las personas parecen estar cegadas a los cambios que se dan últimamente, donde ya no habrá agua suficiente para abastecer a toda una población. Quedan pocos efluentes de agua vírgenes que se debe preservar, lagos, lagunas, vertientes, riachuelos, entre otros.

(Nora, 2016) Afirmó que, en una entrevista realizada a la empresa master wash, le indicaron que era muy rentable tener un negocio de lavado de vehículos, ya que estos día a día suelen ensuciarse, y la mayoría de los propietarios suelen tener sus coches siempre limpios, además asegura que la empresa siempre tendrá clientela incluso en tiempos de invierno, que es cuando los coches se ensucian más al pasar por las avenidas, calles y carreteras.

Electrocoagulación, es un proceso en el cual las partículas que se encuentran suspendidas, emulsionadas o disueltas contaminando el agua, son alborotadas mediante una carga eléctrica a través de placas metálicas paralelas de diferentes tipos de materiales y tamaños, siendo el hierro y el aluminio los metales más utilizados en este proceso de electrocoagulación. También existen procesos similares, pero pertenecen a reacciones físico químicas.

Según lo indica, (Beltran, 2016), Afirmó que el sistema de electrocoagulación se compone de electrodos de hierro o aluminio, y se distribuyen como ánodos y cátodos; cuando se aplica un potencial de fuente de energía eléctrica, el ánodo sufre la oxidación, mientras que el cátodo es sujeto a la reducción o a la deposición reductora de metales elementales.

Figura N°01. Sistema de electrocoagulación



Fuente: (Beltran, 2016)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

3.1.1. Tipo de investigación:

Aplicada; según (Lozada, 2014) El tipo de investigación es aplicada; siempre y cuando se aplica y valida un nuevo concepto del conocimiento, como es la aplicación directa a los problemas de la sociedad, además se ocupa del proceso de enlace entre la teoría y producto.

3.1.2. Diseño de investigación:

Experimental; según (Palella & Martins, 2017) Definen el diseño experimental como aquel que el investigador o investigadores, pueden manipular una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su principal objetivo es describir el modo y por qué de la causa que se produce o puede producirse un fenómeno.

En nuestra investigación, consideramos que es un diseño experimental, porque se diseñara y probará en un experimento a escala mediana, con fines de corroborar que nuestros datos, cálculos y diseño sea el adecuado para la implementación de una pequeña planta de tratamiento de aguas residuales en un centro de auto lavado.

3.2. Operacionalización de variables

Variables

- Variable independiente: Volumen de agua reutilizada para lavado
- Variable dependiente: Eficiencia del lavado

La matriz de Operacionalización de variables se detalla en el anexo N° 04.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: La población está constituida por los centros de lavado de la ciudad de Trujillo.

Muestra: Para la muestra de estudio en nuestro proyecto consideramos el centro de auto lavado Rivera.

Muestreo: No probabilístico – por conveniencia.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla N° 01 Técnicas e instrumentos

TECNICAS	INTRUMENTOS
<p>Observación: Esta técnica nos permitió, ver la situación y la problemática que se presentaba en los centros de auto lavado, esto nos permitió diagnosticar y posteriormente seleccionar un centro de auto lavado que consideramos cumplió con los estándares necesarios para ejecutar el proyecto de reutilización de aguas residuales, así controlar el desperdicio innecesario del agua.</p>	<p>Ficha de observación: Nuestra ficha de observación lo ejecutamos detalladamente para verificar los pros y contras de cada centro de lavado, optando al final por el centro de auto lavado, Rivera service.</p>
<p>Entrevista: La entrevista la ejecutamos con la finalidad de obtener la información necesaria y el respaldo del propietario del centro de lavado, para ver su conformidad y su disposición acerca de la reutilización de aguas residuales en su establecimiento, obteniendo respuestas claras y precisas que ayudaron a la construcción y creación de ideas las cuales ejecutamos en esta investigación. (más detalles se observan en la sección anexos, en el anexo N°05).</p>	<p>Guía de entrevista: A través de la guía de entrevista se interactuó y dialogó directamente con los protagonistas de cada establecimiento, donde ellos plasmaron sus ideas, opiniones, los puntos necesarios indicados y proceso a seguir si optaban por utilizar un sistema de reutilización de aguas residuales.</p>
<p>Validez: La validación de la ficha de observación y guía de entrevista será ejecutada por expertos conocedores del tema.</p>	

Fuente: Elaboración propia

3.5. Procedimiento

El procedimiento a seguir para la investigación es el siguiente:

- a) Evaluación de las necesidades y requerimientos en la sociedad.
- b) Identificación de la problemática, que afronta la ciudad de Trujillo actualmente.
- c) Elaboración de instrumentos de recolección de datos.
- d) Aplicación de instrumentos de recolección de datos (entrevista y observación a los centros de auto lavado).
- e) Investigar información coherente tal como tesis, revistas, bibliografías, etc. Relacionados al tema.
- f) A partir de ello obtuvimos las variables correspondientes, dependiente e independiente.
- g) Se determinó el ambiente (car wash) donde se ejecutará el sistema de ahorro y reutilización de aguas residuales por conveniencia.
- h) Se propuso el diseño e implementación del sistema de electrocoagulación.
- i) Se realizó un prototipo a escala ya que debido a la emergencia sanitaria por el Covid – 19, se nos dificultó el contacto con el propietario del centro de lavado.
- j) Se calculó el sistema general de electrocoagulación mediante los datos obtenidos de los resultados del prototipo.
- k) Se obtuvo conclusiones favorables en la investigación.

3.6. Método y análisis de datos

Los datos se obtuvieron mediante la observación y entrevista, donde se realizó un listado de requerimientos y condiciones del centro de lavado con la finalidad de brindar solución al determinado problema.

Se muestra tablas estadísticas sobre la frecuencia de asistencia de clientes al centro de lavado, a partir de ello, se propuso el diseño para el proceso de electrocoagulación teniendo en cuenta las normas nacionales de reutilización de agua residual indicado por la autoridad nacional del agua (ANA).

3.7. Aspectos éticos

Veracidad: Se muestran total veracidad y parcialidad de los resultados

Originalidad: Se muestran los procesos realizados correspondientes a los autores, se citaron fuentes bibliográficas para evitar cualquier penalidad.

Confidencialidad: Se protege a los protagonistas y demás personas que nos ayudaron en la ejecución de esta investigación.

Responsabilidad: Se asume las responsabilidades sociales, jurídicas y/o penales.

IV. RESULTADOS

4.1. Clasificación y recopilación de datos del Car Wash Rivera.

- Mediante la información brindada por la empresa de auto lavado Rivera, se obtuvo una lista detallada de vehículos que ingresaron durante el año 2019 al centro de lavado, se detalló y graficó en Excel el consumo de agua empleada mensualmente por los vehículos que ingresaron al establecimiento en cada mes correspondiente, para verificar los meses de mayor y menor consumo de agua y gastos por el recurso hídrico, además de los gastos provenientes de energía eléctrica. (para mayor relevancia y constatación de la información, ver en la sección anexos, el anexo N° 06).
- El lavadero trabaja 26 días al mes, (sin contar los domingos) y recibe en sus instalaciones a 20 vehículos diarios en promedio. (para mayor información ver en la sección anexos, el anexo N°07 recepción de vehículos mensual durante el año 2019)
- Con esta información se pudo saber los días de mayor y menor frecuencia de vehículos que ingresaron al establecimiento, dándose que para efectos de estudio, consideramos obtener información de los tres últimos meses, ya que fueron meses de mayor y menor frecuencia de vehículos; donde se resalta que en la segunda semana del mes de octubre se reflejó una mayor cantidad de vehículos; y en la cuarta semana del mes de diciembre se reflejó la menor cantidad de vehículos que ingresaron al establecimiento. (para mayor información ver la sección anexos, el anexo N° 08)
- La cantidad de agua utilizada para lavar cada vehículo, en oscila entre 100 a 150 L de agua, estas cifras fueron brindadas por el “Car Wash Rivera” por lo que tomamos el promedio detallado en el siguiente cuadro.

Tabla N°02 Consumo de agua anualmente en el lavadero Car Wash Rivera.

N° Vehículos (autos)	Agua residual generada al año 2019
5732	
Agua utilizada para por cada vehículo	861 m3
150 en promedio	

Fuente: Centro de auto lavado Rivera

4.2. Propuesta y ejecución del sistema de electrocoagulación

4.2.1. Propuesta y ejecución del diseño

En la sección anexos se presenta mediante un diagrama de bloques la pre visualización del sistema de tratamiento de aguas mediante electrocoagulación en el (anexo N° 09), además se presenta el diseño general de la planta de tratamiento, planos en AutoCAD y AutoCAD Architectural para vista isométrica, donde se presenta el (rediseño general del centro de lavado, para tener mayor clientela, además de visualizar la planta de tratamiento, en vista general (junto con la arquitectura) y vista lateral, (donde se visualiza solo el sistema de electrocoagulación implementado), distribución eléctrica, y cálculo de demanda energética en el centro de lavado). (Estos se ubican al final en los anexos correspondientes).

A partir de los datos que se obtuvo, se propuso que el diseño para el tanque principal de aguas residuales donde se efectuará la electrocoagulación, tenga la capacidad de 4 m³; con visión a futuro, esto para prevenir visitas mayores de clientes, lo cual genere un ingreso mayor de agua, y haga rebalsar el límite de lo establecido en el tanque de tratamiento. Según los datos estudiados el centro de lavado, recauda diariamente 3 m³ de agua residual, y considerando que se debe montar el equipo de electrocoagulación primario (ánodos y cátodos) y secundarios (resto de componentes); además se debe tener en cuenta la espuma que se genera, lo que produce

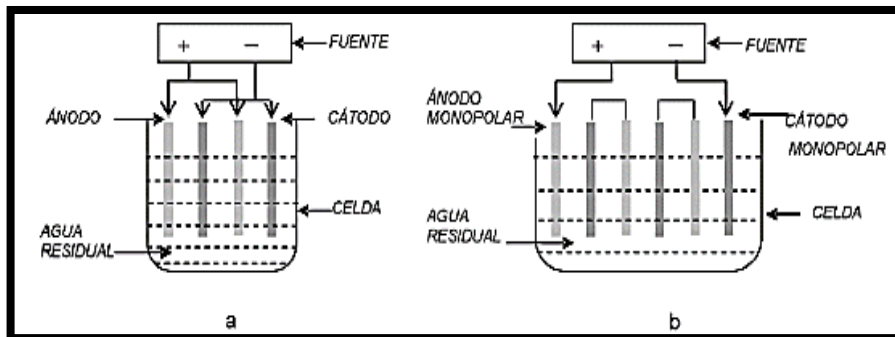
rebalse en este proceso, es por ello que se sugiere el tanque con estas características volumétricas. (La dimensión del sistema se visualiza en la sección anexos, en el anexo N°15).

4.2.2. Cálculo y selección del sistema de electrocoagulación

4.2.2.1. Dimensionamiento de la celda de electrocoagulación

Se seleccionó una conexión con electrodos monopolares conectados en paralelo, con el diseño del reactor de tipo Batch, que comprende operar con un volumen determinado de agua residual en la cámara de electrocoagulación.

Figura N°03 selección de celda tipo Batch en paralelo



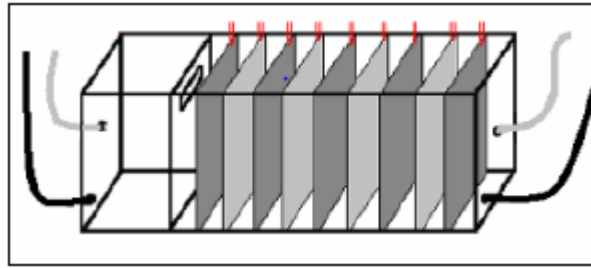
Fuente: Arango Ruiz (2005)

El Tipo de conexión eléctrica en el reactor, determina un mayor o menor gasto de energía, en este caso los electrodos están conectados en paralelo y sometidos al mismo potencial, generando una diferencia mayor de gasto de energía, pero su proceso es más eficiente.

4.2.2.2. Disposición de electrodos en el sistema Batch

La celda electrolítica tiene capacidad de tratar eficientemente la cantidad de agua para la que sea diseñada, en la cual los electrodos son sumergidos y conectados a una fuente de corriente directa por ello es importante diseñar correctamente una celda de electrocoagulación para alcanzar la máxima eficiencia posible y para lograrlo se deben considerar los siguientes factores; minimizar el sobre potencial entre electrodos causado por la resistencia, es decir debe contener la separación correcta en toda la celda de electrocoagulación. También se debe maximizar la transferencia de masa entre electrodos.

Figura N°04. Disposición adecuada de electrodos



Fuente: Arango Ruiz (2005)

- Para calcular la capacidad del reactor se debe tener en cuenta el consumo diario en el servicio de lavado, en este caso hasta el año 2019 se tuvo un consumo diario de 3 m³.
- Para calcular la capacidad total del reactor de electrocoagulación, se tienen que considerar dos variables importantes que son, el volumen total del tanque rectangular y volumen de llenado del tanque rectangular.
- Para determinar el volumen total del tanque rectangular se aplica la siguiente ecuación:

$$V_T = L * A * H \quad \text{Ecuación N° 01}$$

Donde:

L: longitud; A: ancho; H: altura

Quedando como resultado que el volumen total de la celda es:

$$V_T = 4.05 \text{ m}^3$$

Si bien es cierto el volumen aproximado diario es de 3 m³ es por ello que se aplica un diseño para 4.3 m³ por si se genera una mayor demanda de clientes. (el procedimiento se muestra en el anexo N° 10).

4.2.2.3. Variables que intervienen en el diseño del sistema de electrocoagulación

- Intensidad eléctrica, caudal de agua, variación del pH, temperatura.

4.2.2.4. Parámetros de diseño

Los parámetros considerados son: Cantidad de efluente a tratar, distancia entre electrodos, selección de electrodos de sacrificio, configuración de la celda de electrocoagulación, parámetros eléctricos (voltaje y amperaje).

4.2.2.5. Materiales, equipos y reactivos

Electrodos de aluminio, electrodos de hierro, cronometro y la fuente de poder.

4.2.3. Cálculo del caudal en la hidro lavadora

Los conductos de reutilización componen el agua residual con el grado de contaminación que transportan, el champú, es uno de los contaminantes más pesados del agua en centro de lavado, el detergente y/o champú utilizado asciende a un kilogramo, (los detalles completos se muestran en la sección anexos, en el anexo N°10).

Al tener definido el proceso de lavado con sus respectivos diagramas (Flujo, operaciones y proceso), se procede a calcular el caudal del agua con la que es expulsada hacia el medio ambiente, a través de las mangueras de lavado, para ello se hicieron pruebas, en las cuales se tomaron 5 mediciones de volumen, con la ayuda de un recipiente se midió el tiempo que demora en llenarse.

$$Q = V/T \quad \text{Ecuación N° 02}$$

Este procedimiento se hizo con la finalidad de calcular con mayor precisión la cantidad de agua que se llega a utilizar por vehículo lavado. (Los detalles de esta medición se muestra en la sección anexos, en el anexo N°11).

4.2.3.1. Agua residual generada

El dato para la cantidad de agua residual que se genera se obtiene a partir del promedio de vehículos diarios que se atiende en el centro de lavado, que es de 20 unidades diarias y un promedio de 150 litros de agua empleada por cada unidad. (Los detalles completos se encuentran en la sección anexos, en el anexo N°12) Los estudios de composición del agua residual del centro de auto lavado Rivera; están encaminados a determinar:

- a. Las características físico – químicas y biológicas del agua residual, además de otras concentraciones.
- b. Realizar un adecuado tratamiento de estas aguas residuales para volverlas a emplear sin que cause daños en los vehículos. (Los parámetros analizados de los compuestos del agua se encuentran en la sección anexos, en el anexo N°13)

Según las muestras realizadas en el laboratorio estas aguas residuales exceden los límites máximos dados por el ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, es por ello que se recurre al tratamiento de dichas aguas, para así poder reutilizarlas y posteriormente arrojarlas al alcantarillado sin ningún tipo de problemas judiciales o jurídicos.

4.2.3.2. Volumen de agua residual en el tanque subterráneo

El volumen de agua residual depende del tiempo promedio de lavado de cada unidad, el tiempo brindado por el propietario para el proceso de lavado, enjabonado y enjuagado fue de 10 minutos, con un promedio de 3.6 litros por cada segundo de agua residual que viaja por una tubería de 6 pulgadas hacia el tanque subterráneo, este tanque tiene la capacidad de hasta 8m³, que cuando alcanza su capacidad, se deja reposar para que asienten los sólidos y lodos encontrados, luego viaja hacia el drenaje.

4.3. Construcción del sistema de reutilización de aguas residuales

4.3.1. Volumen de llenado de la celda de electrocoagulación

- Para los tanques rectangulares, el volumen de llenado es simplemente la misma longitud por la anchura y su altura más corta; por lo tanto, el volumen de llenado es igual a la longitud por el ancho por la altura de llenado, como se especificó anteriormente.
- Las aguas residuales obtenidas de la empresa de auto lavado Rivera, se encontraron con un grado de suciedad grave, de la categoría de suciedad e impurezas según indica la autoridad nacional del agua. Es por ello que se optó por el proceso de tratamiento de aguas mediante electrocoagulación, por su alta efectividad de la remoción de los contaminantes.
- El siguiente paso es la construcción del sistema de electrocoagulación, además el tanque subterráneo que la empresa tiene, nos beneficia en cierta manera. El proyecto exige que necesariamente antes que el agua llegue al primer tanque,

tenga una trampa se sólidos, de esta manera, dejaríamos pasar la menor cantidad de impurezas al tanque primario o de recepción.

- La celda de electrocoagulación se conforma de la siguiente manera, teniendo en cuenta que en la distribución volumétrica se contemple tres regiones: Región superior para el depósito de los lodos de flotación o lodos menos densos y las espumas, llamada zona de flotación, una región media de reacciones electroquímicas, llamada zona de reacción en donde se encuentran los electrodos en contacto total con el agua residual y una región inferior, llamada zona de sedimentación donde se depositan los lodos de precipitación o lodos más densos. (Para una mejor visualización ver el anexo N°14).

Según (Arango, 2005) La zona de flotación y la de sedimentación equivalen cada una a $\frac{1}{4}$ del volumen total de la celda, y la zona de reacción equivale a $\frac{2}{4}$ partes. Nuestro sistema comprende de 1.20m de altura. En la siguiente tabla, se muestra las 3 zonas que se debe considerar en el proceso.

Tabla N°03 Medidas de las zonas en la celda de electrocoagulación

CELDA	EQUIVALENCIAS	VALOR
Zona de flotación	$1/4^* V$	1 m3
Zona reacciones	$2/4^*V$	2 m3
Zona de sedimentación	$1/4^*V$	1 m3

Fuente: propia

4.3.2. Dimensionamiento de los electrodos

Los diseños de los electrodos son placas rectangulares puestas respectivamente en serie. Generalmente estos electrodos son de aluminio y hierro, para un mejor transporte de la electricidad. Estos metales se encuentran disponibles en el mercado, para este proyecto se utilizó electrodos con un espesor de 3mm. Se puede visualizar mejor, en la siguiente tabla.

Tabla N°04 Dimensionamiento y distancia entre electrodos

ELECTRODOS		
Largo	1.1	m
Ancho	0.60	m
Espesor	0.003	m
Distancia entre la cara lateral	0,3	m
Distancia entre electrodos	0.4	m

Fuente: propia

Por lo tanto, el electrodo será de 1.1 x 0.60 metros, ubicado a 40 centímetros desde la base, debido a las condiciones presentadas anteriormente.

4.3.2.1. Número de electrodos

El número de electrodos se calcula mediante la siguiente ecuación. Todos los valores están dados en el sistema internacional.

$$N_{\text{Elec}} = \frac{(\text{ancho de la celda}) - 2 * (\text{distancia de electrodos a cara lateral})}{(\text{distancia maxima entre electrodos} + \text{espesor placa})}$$

Ecuación N° 03

$$N_{\text{Elec}} = 6 \text{ Electrodos}$$

(Para ver el desarrollo del problema ver el anexo N° 16).

De acuerdo a la ecuación (03) se calculó que seis electrodos son suficientes para la aplicación en la planta de tratamiento de aguas. Por lo que se decidió utilizar, seis electrodos, tres electrodos de hierro para el cátodo y tres de aluminio para el ánodo.

4.3.2.2. Fuente de voltaje

El voltaje total en la celda de electrocoagulación se calcula conforme el tipo de conexión de los electrodos, en este caso, en paralelo.

$$U = 29.84 \text{ V}$$

(El cálculo se visualiza en la sección anexos, en el anexo N° 17).

4.4. Estudio económico del sistema de electrocoagulación.

El costo del proceso se realiza considerando el costo del consumo eléctrico y el costo de operación del sistema

4.4.1 Costos primarios

- Costo de consumo eléctrico

Para determinar el consumo eléctrico del reactor de electrocoagulación se utiliza la siguiente ecuación

$$CE = \frac{V * I * t}{v * 1000}$$

$$CE = 1.017 \text{ kWh/m}^3$$

(El desarrollo de esta operación se encuentra en el anexo N°18)

Ahora, el costo del consumo eléctrico se calcula considerando el valor de la electricidad en kwh (Se considera el costo que la concesionaria cobra al centro de lavado kwh, que es de 0,7040 nuevos soles). (el desarrollo de esta operación se encuentra en el anexo N°18)

- Costo de energía activa CEA (Kwh)

$$\text{Costo de consumo de energía eléctrica} = (CEA)CE$$

(El desarrollo de esta operación se encuentra en el anexo N° 19)

Sabiendo que el costo del consumo eléctrico mensual del reactor de electrocoagulación, se calcula considerando el caudal medio de descarga de las aguas servidas, entonces tendremos:

$$\text{Costo de consumo de energía eléctrica mensual} = 30.5 \frac{\text{s/}}{\text{mes}}$$

(El desarrollo de esta operación se encuentra en el anexo N° 20)

- Costos de operación del sistema

Para el costo de operación del sistema, el operario encargado debe estar encargado de (la operación, monitoreo y mantenimiento del sistema de electrocoagulación) se considera un salario de acuerdo al sueldo mínimo vital establecido en el país de: S/. 930,00. De ser el caso, si es que se desea implementar de esta manera el sistema de operario fijo.

- **Costo total de operación**

El costo total de operación se obtiene sumando el costo del consumo eléctrico y el costo de operación del sistema.

$$\text{Costo total de operacion} = 21.448 \text{ mes} + 930.00 = 1010.05 \text{ soles}$$

- **Tiempo de remoción**

Habiendo considerado en el sistema que el tiempo de remoción o proceso donde se efectúa la electrocoagulación es en promedio (3 horas, ya que es a ese tiempo lo ideal para aplicarse un amperaje donde no genere demasiado costo mensual, en este caso el amperaje es de 58 A; el voltaje a aplicarse es de 29.854 V), se procederá a calcular la potencia que utilizaría el sistema de electrocoagulación.

Tabla N° 05 Dimensionamiento y parámetros de los electrodos

Características	
Superficie de placas (electrodos)	1.1x0.60m
Separación de placas (electrodos)	0,4m
Voltaje aplicado	29.845V
Intensidad circulante	58 A

Fuente: propia

Calculando:

$$\text{Potencia total} = I * V$$

$$\text{Pt} = 1.73 \text{ W}$$

(El desarrollo de la operación se encuentra en el anexo N°21).

La potencia necesaria de acuerdo a las condiciones dadas es de 1.73 kW, y en un periodo de 3 horas (tiempo que funciona el sistema de electrocoagulación).

4.4.2. Costos de implementación del proceso de electrocoagulación.

4.4.2.1. Costos directos

Los materiales directos son la materia prima que se utiliza para la construcción del equipo.

- Construcción de tanque de almacenamiento de agua

Para determinar los costos de inversión se consideran aspectos importantes los cuales son: Principales obras de ingeniería civil y/o técnico en construcción civil, equipos y recurso humano.

(Ver el anexo N° 22 costo por obras civiles).

- Costos del reactor del sistema de electrocoagulación

Los costos del reactor se obtienen considerando el costo de los materiales.

(Estos se detallan en el anexo N° 23)

- Costos de elementos eléctricos y electrónicos

Los materiales complementarios para el buen funcionamiento del sistema de electrocoagulación, (se detallan en el anexo N° 24).

- Costo de maquinado

Es todo el costo de mano de obra que se necesita para la construcción del sistema, (estos se detallan en el anexo N° 25).

- Costos de elementos hidráulicos

Son los costos de todos los accesorios necesarios para controlar el flujo del agua de proceso; (estos se detallan en el anexo N°26)

- Costos de montaje

Son los costos relacionados con la mano de obra necesaria para el armado y ensamblado de la celda de electrocoagulación.

(ver el anexo N° 27)

- Costo directo total

La inversión total requerida para llevar a cabo el proyecto de tratamiento de aguas residuales por electrocoagulación asciende en una inversión de S/. 2955.8 (Ver el anexo N° 28).

4.4.2.2. Costos indirectos

Los costos indirectos para la fabricación del sistema, se muestran en el (anexo N° 29)

- Gastos varios

Se relaciona principalmente con el transporte de cierto tipo de materiales, análisis de laboratorios, entre otros, esta cifra asciende a S/. 650. (ver el anexo N°30).

- Costos indirectos totales

Los costos indirectos totales son la suma de los materiales indirectos más los gastos varios, esta cifra asciende a S/. 720.30. (ver el anexo N° 31)

4.4.2.3. Costo total del proyecto

El costo total del proyecto, es la suma de los costos directos e indirectos de fabricación, que asciende a S/. 3676.1 (ver el anexo N° 32)

4.4.3. Análisis Costo – Beneficio

Para este análisis se realizarán dos enfoques, en el primer enfoque solo se tomó en cuenta la inversión que se realizaría para adquirir el sistema de electrocoagulación comparándolo con las multas y/ o sanciones que se recibirían si no se realiza un sistema de tratamiento adecuado. En el segundo enfoque se realizó un flujo de caja para determinar en qué tiempo se recuperaría la inversión, en este análisis se considera los costos de implementación del área de lavado.

- Primer enfoque

Se considera el presupuesto de los costos del Sistema de tratamiento a aplicar con respecto a las multas y/o sanciones, con la finalidad de ajustarse a la normativa peruana y que la empresa no sea sancionada con multas, y a su vez que la empresa sea reconocida como una empresa amigable ambientalmente. Lo que nos lleva a que la planta de tratamiento de aguas residuales del establecimiento, debe estar reconocida por la autoridad nacional del agua (ANA) y a su vez, estas obligan a que se haga tratamiento de aguas antes de ser vertidas, o de lo contrario las sanciones para este tipo de servicio, oscila entre 2 a 5 UIT. (ver el anexo N° 33 multas y/o sanciones).

- **Estado de ganancias y pérdidas**

La instalación del sistema de tratamiento de electrocoagulación, tiene una inversión total de S/. 3676.1 Esta inversión es en proporción pequeña para la eficiencia del tratamiento de aguas residuales mediante electrocoagulación; además se alinearé a la normativa peruana, de esa manera evitar infracciones futuras. (ver el anexo N° 34)

Como se puede observar la multa excede a la inversión, es decir tan solo una (UIT) según normativa peruana tiene el valor de S/. 4200; y el costo de inversión del proyecto asciende a S/. 3676.1; por tanto, la implantación del sistema de electrocoagulación beneficiaría mucho a la empresa evitándole futuras multas.

- **Segundo Enfoque**

En este segundo enfoque se considera la inversión que trae consigo la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales por electrocoagulación, para ello se realizó un flujo de caja en el cual se calcula el retorno del dinero invertido en un determinado tiempo.

El costo del servicio a cobrar sería de un monto mínimo de 15 nuevos soles, además que el precio a cobrar por lavado vehicular está muy por debajo del que exige el mercado s/.25 soles, en casos de tener sistema de reutilización de aguas.

- **Flujo de Caja**

Para realizar el flujo de caja del proyecto primero se calculan los ingresos, que son las futuras ventas o número de vehículos a lavar, para los siguientes años, 2021 en adelante, luego los egresos para determinar en qué tiempo (años) el dinero es recuperado. En este caso se considera el tiempo de recuperación en un año, tomando la data del número de vehículos que ingresaron al establecimiento durante el año 2019.

- **Ingresos**

Para los ingresos se evaluó el número de vehículos que ingresaron al establecimiento en un lapso de 12 meses durante el año 2019. (Ver el anexo N°35).

- **Egresos**

Entre los egresos se consideró los costos de agua, costos de la maquinaria para mejoras en el servicio de lavado, costos en mejoras del techo del centro de lavado, costos en obras de construcción para la instalación del sistema de tratamiento de aguas residuales, costos de los equipos del sistema, costos de maquinado, costos de recursos humanos; adicional a ello el consumo eléctrico, los costos de mantenimiento del sistema de tratamiento y los costos de residuos a tratar (lodos). Teniendo un valor total en egresos de, S/50,283.8 nuevos soles. (El detalle general se muestra en el anexo N°36)

- **Efectividad de la aplicación del sistema**

Para demostrar que la propuesta de mejora es la adecuada y eficiente, se realizará el método de Costo- beneficio, el cual viene dado por la siguiente fórmula.

$$\text{COSTO – BENEFICIO} = \frac{\sum \text{INGRESOS}}{\sum \text{EGRESOS}}$$

De este cálculo se obtuvo el resultado de que el costo – beneficio es igual 1.70 que es > a 1, por lo tanto, es viable la implementación del sistema. (Ver el detalle del procedimiento en el anexo N° 37).

- los resultados obtenidos del lavadero Car Wash Rivera, este establecimiento pagaba mensualmente por servicio de agua y electricidad alrededor de S/5,676.5, luego de implementar el proyecto se pagara lo siguiente : Bien sabemos que se recupera 3 m³ de agua lo cual utilizaremos en el lavadero un día con agua de la red por lo contrario al siguiente día se trabajara con el agua tratada y así se efectuara aleatoriamente, por lo tanto, con la implementación tenemos un gasto de general de S/ 6042.5, lo cual permite al propietario un ahorro anual de S/1929.25 ver en el anexo N° 44)

V. DISCUSIÓN

5.1. Desarrollo del proyecto

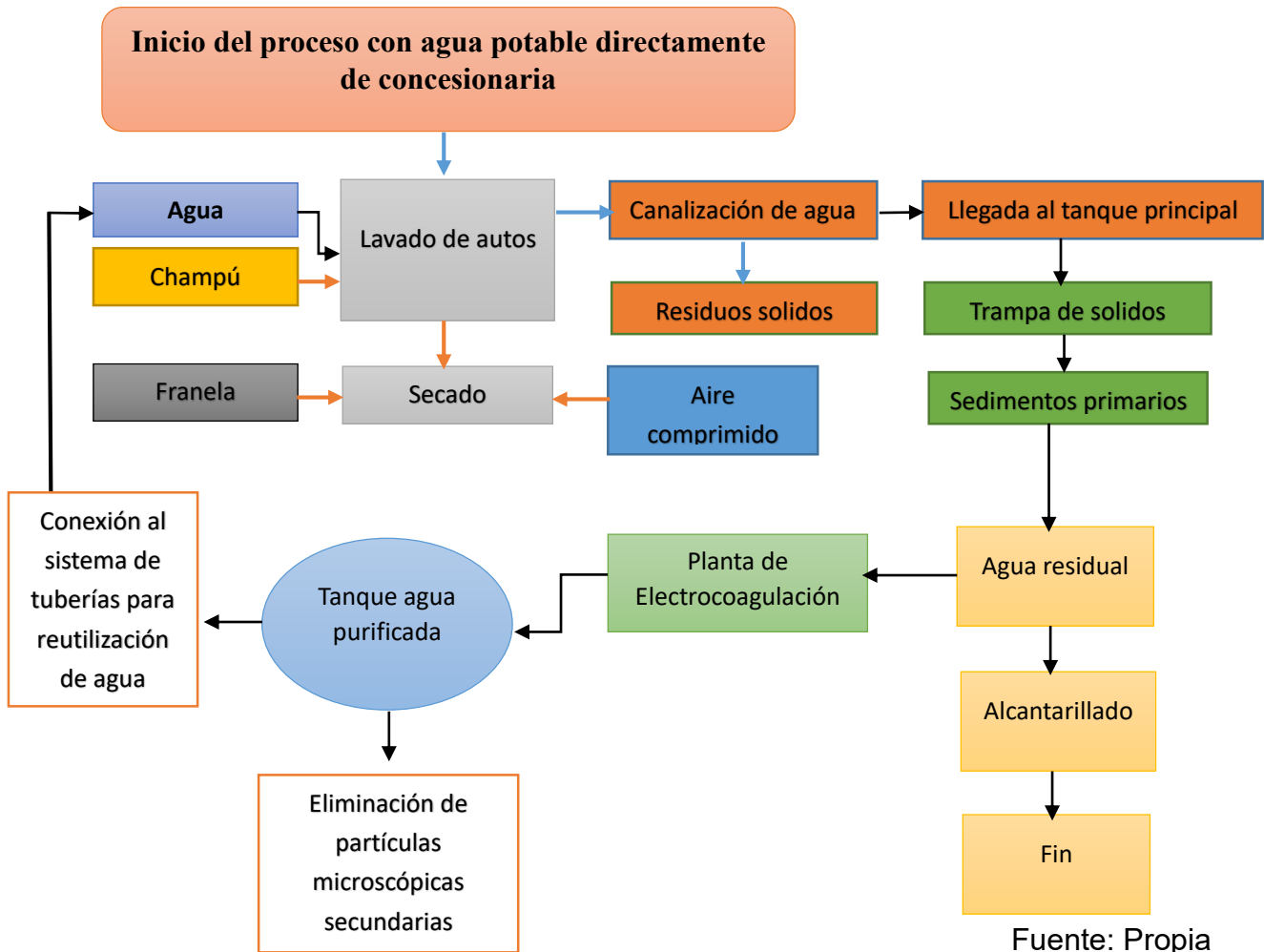
La búsqueda de información sobre sistemas de reutilización de aguas residuales, nos llevó a determinar que la implementación de un sistema de tratamiento de aguas mediante electrocoagulación era lo suficientemente efectivo para el tratamiento de aguas residuales en el centro de lavado Rivera, ya que, según teorías y antecedentes encontrados, este proceso es muy efectivo y se utiliza mayormente hasta en aguas de mayor concentración de contaminantes como grasas y/o combustibles (petróleo), es por ello que se tomó de cada investigación las partes más relevantes para el diseño y cálculo de nuestro sistema real, además se tomaron teorías relevantes para la construcción a escala del proceso de reutilización de agua. Por otra parte, mencionamos que por motivos de la pandemia que se afronta actualmente del Covid – 19, se suspendió la idea de desarrollar el sistema de reutilización de aguas en la empresa, ya que los propietarios cerraron su local y no se tenía las facilidades para poder implementarlo. Es por ello que realizamos un prototipo a escala de 1/1000 para determinar que si es factible el proceso de electrocoagulación; obteniéndose resultados favorables, la empresa reabrió sus puertas al público el día 1 de julio del 2020, permitiéndonos obtener muestras del agua que fueron empleadas en nuestro prototipo de electrocoagulación. Finalmente se desarrolló el análisis del costo beneficio para determinar que es conveniente para la empresa implementar el sistema de reutilización de aguas en su establecimiento.

5.2. Desarrollo del prototipo

Para el desarrollo del prototipo se tomó la información más relevante de los siguientes autores: (Caschette, 2016); (Beltran, 2016); (Cadenillas, 2018); (Arango, 2005); los cuales sirvieron para el diseño y construcción de nuestro prototipo, para poder realizar las pruebas pertinentes.

5.3. Funcionamiento del sistema general en el centro de lavado

Figura N°05 ciclo de funcionamiento del centro de lavado



LEYENDA:

Flecha azul →	Proceso primario, el agua se obtiene directamente de concesionaria, después del lavado el agua viaja por una canalización hacia el tanque de aguas residuales primario.
Flecha negra →	Procesos realizados para la reutilización de agua residual, sistema de reutilización por electrocoagulación.
Flecha naranja →	Procesos repetidos tanto en el lavado inicial como en el lavado con agua de reutilización.

De esta forma quedaría constituido el centro de auto lavado Rivera, con el sistema de electrocoagulación implementado.

5.4. Validación de resultados

La validación de resultados se efectuó mediante la construcción de un prototipo a escala, con las siguientes especificaciones; para la celda se empleó acrílico de 2mm de espesor con las dimensiones de 30x12x12 cm. Esto se realizó con la finalidad de observar el proceso. También se utilizó electrodos de hierro y aluminio de 10x10 y 3mm de espesor. También se empleó una fuente de poder en un circuito variable de voltaje y amperaje, para determinar cuál es el voltaje y amperaje ideal que debe aplicarse al proceso de electrocoagulación, teniendo como resultados que el tiempo del proceso, se ve afectado por la carga aplicada, es decir si se le aplica mayor carga, el tiempo del proceso de reciclaje de agua disminuye, pero ascienden los costos de energía empleada. Es por ello que se realizaron dichas pruebas, teniendo como resultado que: que el voltaje y amperaje ideal para que el sistema trabaje con normalidad y sin generar gastos excesivos de consumo eléctrico es de 11 V. y 1.72 A. en un tiempo de trabajo de una hora y media, tal como se muestra en las siguientes figuras:

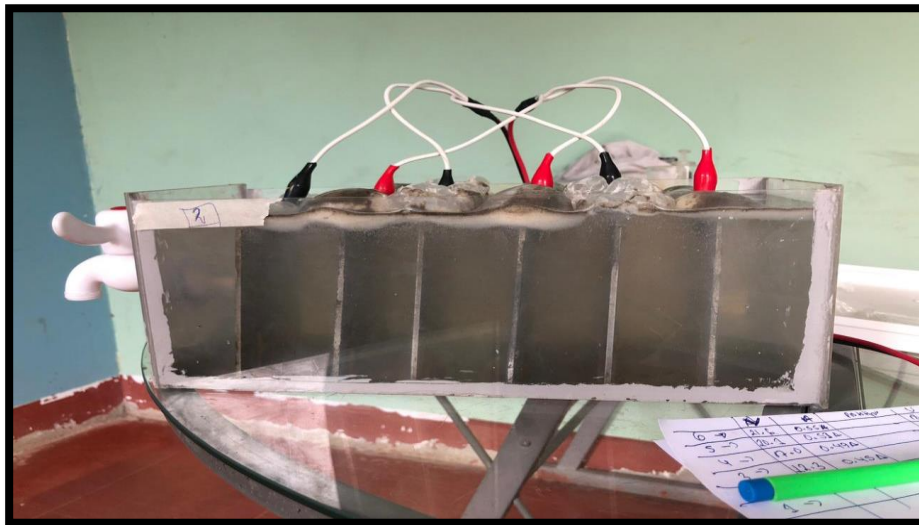
Figura N°06 Voltaje y amperaje ideal en las pruebas



Fuente: propia

- Se muestran la captura del V. y A. ideal para el proceso de electrocoagulación a escala realizados, ya que es a esta capacidad en la que nuestro sistema trabajó sin consumir demasiada carga energética, la cual si se aplica en lo real también generaría un costo mayor por consumo eléctrico.

Figura N°07 Efectos del voltaje y carga en el prototipo de aguas residuales



Fuente: propia

En la figura se muestra la reacción del agua residual al contacto con los electrodos y la carga eléctrica, el tiempo del proceso total fue de una hora y media, dando los resultados siguientes:

Figura N°08 Agua obtenida durante el tiempo de 90 minutos



Fuente: propia

En la figura se muestra el agua una vez obtenida del proceso, donde, el primer vaso contiene agua totalmente impura obtenida del centro de auto lavado, el segundo vaso se obtuvo del proceso en un tiempo de 60 minutos con una

configuración hierro - aluminio; cátodo - ánodo sucesivamente, tercer y cuarto vaso contienen agua obtenida del proceso en un tiempo de 60 minutos, y el quinto y último vaso contiene agua obtenida a los 90 minutos respectivamente. (Las demás imágenes de las pruebas efectuadas se encuentran en la sección anexos, a partir del anexo.

Materiales utilizados

Los materiales empleados se muestran detalladamente en la sección anexos, (en el anexo N° 38)

Volumen total de agua contenido en la celda de electrocoagulación del prototipo

El volumen total en la celda es 4320 cm³ de agua, pero restándole los componentes se tendría 4092 cm³ de agua, convirtiendo estos cm³ a Litros, tendríamos 4.09L que sería igual a 4L de agua residual, simulando la capacidad total del tanque de electrocoagulación real que está previsto para 4 m³, de los cuales por la cantidad de vehículos se estaría utilizando solo 3 m³ que es según los datos obtenidos, el aproximado de agua que se recoge diariamente en el tanque subterráneo. (Ver el anexo N°39)

VI. CONCLUSIONES

Como primera conclusión tenemos que el sistema de electrocoagulación es muy beneficioso para el centro de auto lavado Rivera, ya que el desperdicio de agua asciende a los 4 m³ diarios de agua, y esta es una cifra considerada totalmente grande.

Segundo, el tratamiento de aguas residuales se da muy poco dentro de la ciudad, y es en otro tipo de empresas; por lo tanto, hacer esta pequeña planta de aguas residuales, causará gran impacto hacia la sociedad, y al ver la eficiencia que ejerce el reciclaje de aguas, los demás centros de auto lavado y otros, querrán implementar dentro de sus instalaciones.

Tercero, es viable el montaje del sistema de tratamiento de aguas residuales para centros de auto lavado, mediante el proceso de electrocoagulación, ya que las aguas a reutilizar contienen químicos del champú, lodos y/o aceites y grasas desprendidas de los vehículos, y estos al pasar por el sistema de electrocoagulación son separados en gran manera del agua.

Cuarto, el análisis económico efectuado determinó que la rentabilidad de tener una planta de tratamiento de aguas residuales, reduciría el costo pagado por agua al mes al concesionario, lo cual en proporción es también muy elevada.

Quinto, según los resultados obtenidos del prototipo, determinaron que se el sistema de tratamiento de aguas por electrocoagulación, pueden ser empleados para procesos donde el agua contenga un mayor grado de contaminación.

Sexto, los electrodos empleados en el proceso de electrocoagulación, deben ser sacrificados, es decir se debe cambiar cada cierto periodo, teniendo en consideración que por cada proceso de reutilización se debe aplicar un determinado mantenimiento donde implique principalmente la limpieza de electrodos y limpieza general del sistema.

Por último, se concluyó que el proceso de reutilización de aguas sería una novedad dentro de la ciudad y concientizaría a que más centros de lavado opten por este sistema dentro de sus establecimientos.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda no utilizar electrodos de cobre, ya que estos son deficientes para el proceso de electrocoagulación, en su caso se debe utilizar electrodos de hierro, aluminio o combinados hierro y aluminio ya que estos alcanzan altos grados de remoción tal como se muestra en la ejecución del prototipo de esta investigación.
- Se recomienda reemplazar los electrodos cada cierto tiempo, ya que estos por el trabajo que realizan tienden a desgastarse, lo ideal (3 meses) es decir con el tipo de electrodos de las especificaciones mostradas en esta investigación.
- Se recomienda utilizar los electrodos hierro – aluminio o aluminio – hierro en una distribución de igual dimensión dentro de la celda de electrocoagulación para abarcar las áreas totales del sistema, tener eficiencia en el proceso y para que la remoción sea más rápida y adecuada.
- Se recomienda la implementación de las nuevas arquitecturas, para un funcionamiento adecuado del sistema de electrocoagulación y para brindarle al cliente el mayor grado de confort, ya que de esta manera se fidelizará a los clientes, los cuales influyen directamente para los beneficios económicos que la empresa necesita.
- Se recomienda la construcción de la celda sea de concreto, para evitar el deterioro con una compuerta para eliminación de sedimentos y mantenimiento necesario que necesite la planta de tratamiento de agua.
- Se sugiere mantener el voltaje y amperaje adecuados para tener una eficiencia en la remoción de las partículas del agua y para evitar en proporción los costos excesivos por energía eléctrica.
- Se recomienda que, en los procesos de electrocoagulación, remoción y/o mantenimiento del sistema, seas inspeccionados por personal capacitado, para evitar accidentes innecesarios.
- Por ultimo recomendamos aplicar energías renovables como los paneles fotovoltaicos así de este modo poder reducir los costos de consumo de energía eléctrica.

REFERENCIAS

- (Tavera & Torres, 2015) Manejo, tratamiento y rehúso del agua en la estación de lavado de vehículos “los ángeles” kennedy, bogotá d.c.
- (Vásquez & Cadenillas, 2018) Diseño de un centro de lavado de autos con reutilización de agua.
- (Cañizares, 2018) La electrocoagulación, una alternativa al proceso convencional de coagulación de aguas residuales
- (Caschette, 2016) Development of an electrocoagulation-based treatment train for produced water with high concentrations of organic matter.
- (Beyazit, 2014) “Copper (II), Chromium (VI) and Nickel (II) Removal from Metal Plating Effluent by Electrocoagulation”.
- (John Ryan, 2015) A comparison of electrocoagulation and chemical coagulation treatment effectiveness on frac flowback and produced water.
- (Ulambayar, Oyuntsetseg, Tsiregzen, & Bayaraa, 2017) “Removal of Cr³⁺ by electrocoagulation from simulated wastewater”.
- (Etchepare & Rubio, 2013) “Car wash wastewater reclamation. Full-scale application and upcoming features”.
- (Holt, Barton, & Cynthia, 2005) “The future for electrocoagulation as a localised water treatment technology”.
- (Chen X. &, 2014) “Electrochemical technologies in wastewater treatment. Separation and Purification Technology”.
- (Chen G. , 2014) Electrocoagulation and electroflotation of restaurant wastewater.
- (Davis, 2009) Use advanced Method to treat wastewater.
- (Chaturvedi, 2013) Mercury Removal Using Al-Al Electrodes by Electrocoagulation.
- (Harif & Khai, 2015) Electrocoagulation versus chemical coagulation; Coagulation/flocculation mechanisms and resulting floc
- (Araujo, 2019) En su revista de investigación de agro exportación en Tambo grande.

(Eyzaguirre, 2017) Sistema de lavado “Dry Car Wash”, lavado de autos sin agua.

(Beltran, 2016) Centro de lavado de vehículos en la ciudad de Antofagasta.

(Cordova, 2015) Tecno lavado, cadena de lavado automotriz; parte II.

(Nuñez, 2015) Estudio de pre-factibilidad de un centro de lavado de automóviles en la comuna de tome. Tesis para obtención de título de ingeniero industrial.

(Pachacama, 2018) Construcción de un sistema automático para el lavado de vehículos con reutilización de agua para la empresa Eco wash.

(Hernandes, 2016) Agua como facilidad de uso doméstico, industrial y agraria.

(Nora, 2016) Revista, abre tu auto lavado.

<https://www.entrepreneur.com/article/262728>

(greenwash, 2017) Revista, tipos de lavado de autos.

<http://greenwash.es/es/tipos-de-lavado-de-coche/>

(Ramires & Mendoza, 2016) Revista, Tratamiento de aguas residuales.

(Robles & Torres, 1015) Revista, Aguas depuradas.

(CondorchermEvitech, 2019) Página web Tratamiento de aguas de lavado.

<https://condorchem.com/es/tratamiento-de-aguas-de-lavado/>

(Sunarp, 2016) Parque automotor nacional por clase de vehículo, según departamento, 2002-2015

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1375/cap19/cap19026.xls

(Lozada, 2014) <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6163749.pdf>

(Sanchez, 2018) Manual de términos en investigación científica, tecnológica, y humanística.

(Palella & Martins, 2017)

<http://www.riuc.bc.uc.edu.ve/handle/123456789/1985>

(Geraldino, 2017) “Efficiency and operating cost of electrocoagulation system applied to the treatment of dairy industry wastewater”.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303241163012>

(Valente, Mendoca, & Pereira, 2015) "The efficiency of electrocoagulation using aluminum electrodes in treating wastewater from a dairy industry".

<https://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20141172>.

(Jissel, 2016) "Contaminación y purificación del agua".

<https://www.monografias.com>

(Sumit, 2019) Coagulantes para tratamiento del agua

<https://www.tratamientodelagua.com.mx/coagulantes-para-tratamiento-de-agua/>

(Gonzales M. , 2016) <http://www.tratamientodelagua.com.mx/filtros-percoladores-1/>

(Adminmgv, 2016) Tratamiento de aguas residuales añadiendo floculación

<http://www.tratamientodelagua.com.mx/floculantes-o-ayudantes-de-coagulacion/>

(Sumit, 2019) Filtro percolador anaeróbico.

<https://www.riuvvert.es/Content/documentos/20160406100605-ANAPACKAGE.pdf>

(Tratamiento de agua, coagulación – floculación)

https://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154

(Philips, 2017) Electrocoagulation EC as Pretreatment to Reverse Osmosis.

<https://youtu.be/hMBt259oxXA>

(Watertechniek, 2016) Electrocoagulation system REDBOX

<https://youtu.be/3CB5XrwUqEM>

ANEXOS

Anexo N° 01 Crecimiento de vehículos en Trujillo en los últimos cinco años

Figura N°09 Numero de vehículos en Trujillo 2013 - 2016

Tabla 1: NÚMERO DE PLACAS POR TIPO DE VEHICULOS MENORES, LIVIANOS, PESADOS Y ESPECIAL EN TRUJILLO

TIPO DE VEHICULOS	TIPO DE USO	2013	2014	2015	2016	TOTAL GENERAL
VEHICULOS MENORES	MOTO PARTICULAR	10,690	8,902	7,995	7,778	35,365
VEHICULOS MENORES	MOTO TAXI	2,519	2,208	2,259	2,155	9,141
VEHICULOS LIVIANOS	PARTICULAR	10,038	11,438	9,899	7,807	39,182
VEHICULOS LIVIANOS	TAXI	3,007	7,804	5,567	2,620	18,998
VEHICULOS PESADOS	URBANO/INTERURBANO	577	968	512	273	2,330
VEHICULOS PESADOS	INTERPROVINCIAL	610	410	283	196	1,499
VEHICULOS PESADOS	CAMION	5,209	5,909	3,462	2,489	17,069
VEHICULOS PESADOS	REMOLQUE	1,581	1,454	925	940	4,900
VEHICULOS ESPECIALES	EMERGENCIA	53	128	14	45	240
VEHICULOS ESPECIALES	AUTO GUBERNAMENTAL	167	130	120	105	522
VEHICULOS ESPECIALES	MOTO GUBERNAMENTAL	72	102	61	65	300
	TOTAL GENERAL	34,523	39,453	31,097	24,473	129,546

Fuente: asociación automotriz del Perú.

Anexo N° 02

Parque automotor nacional por clase de vehículo, según departamento, 2002-2015, donde en la capital, Trujillo, se encuentra el 80% de la población automotriz

Tabla N°06 Número de automóviles a nivel Regional

(Unidades).

Año y región	Total	Clase de vehículo								
		Automóvil	Station Wagon	Camioneta			Omnibus	Camión	Remolcador	Remolque Semi-Remolque
				Pick Up	Rural	Panel				
2002	1 248 512	610 270	173 315	144 454	118 934	21 729	44 337	102 714	15 312	17 447
2003	1 342 288	643 848	197 700	155 251	126 391	23 515	46 198	109 862	17 107	22 416
2004	1 361 403	646 497	209 908	155 951	129 077	24 930	45 851	109 019	17 282	22 888
2005	1 440 017	673 647	227 338	165 875	137 941	26 850	47 788	115 576	17 602	27 400
2006	1 473 530	681 538	237 562	168 756	146 434	28 177	47 873	116 485	18 319	28 386
2007	1 534 303	696 897	250 979	176 111	159 829	29 684	48 542	120 661	20 872	30 728
2008	1 640 970	735 314	261 441	187 940	184 328	32 498	49 882	129 295	24 890	35 382
2009	1 732 834	766 742	274 566	196 833	207 067	34 172	51 563	137 407	26 457	38 027
2010	1 849 690	809 967	285 300	210 988	235 889	36 184	54 389	147 293	28 679	41 001
2011	1 979 865	860 366	289 649	228 321	272 596	37 847	56 704	158 939	30 779	44 664
2012	2 137 837	927 698	292 840	246 205	318 484	39 476	59 088	171 407	33 722	48 917
2013	2 223 092	963 776	288 694	257 137	348 522	40 227	59 987	177 723	35 368	51 658
2014	2 423 696	1 058 075	340 009	266 305	342 645	41 976	77 773	203 180	39 482	54 251
2015	2 544 133	1 116 226	369 554	274 153	354 858	42 892	78 579	208 216	41 514	58 141
Amazonas	2 275	261	698	423	338	26	64	307	58	100
Ancash	31 213	13 531	4 318	3 884	5 492	227	940	2 404	184	233
Apurímac	4 192	744	1 495	369	729	58	152	616	15	14
Arequipa	176 315	83 827	12 034	20 266	25 984	1 943	4 886	16 338	4 627	6 410
Ayacucho	6 022	1 944	996	736	831	64	266	1 070	55	60
Cajamarca	23 740	5 915	4 146	4 412	5 175	370	662	2 141	193	726
Cusco	69 213	26 105	11 706	8 773	10 854	548	2 812	8 130	219	66
Huancavelica	1 286	215	412	161	159	21	93	188	33	4
Huánuco	15 648	7 068	1 196	2 789	1 642	75	394	1 976	103	405
Ica	26 715	13 414	3 608	3 033	2 348	280	1 032	2 304	363	333
Junín	64 576	21 148	11 932	8 508	9 051	285	2 170	9 248	839	1 395
La Libertad	183 931	74 100	20 416	24 633	18 152	1 358	6 996	20 928	4 402	12 946
Lambayeque	65 160	28 868	5 396	8 992	9 116	1 038	1 351	8 045	511	1 843

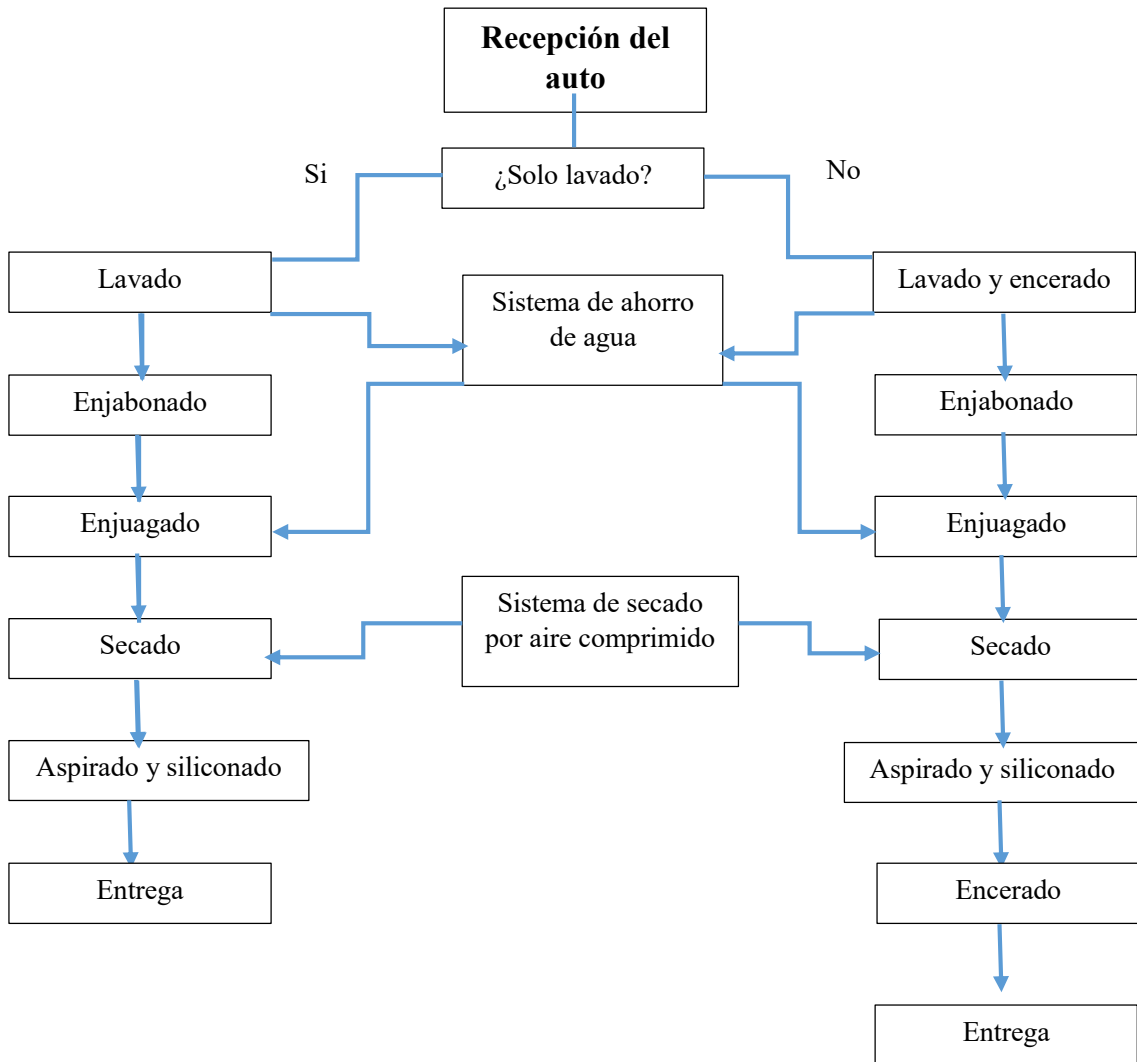
Lima	1 674 145	777 513	258 131	157 741	229 701	30 576	49 470	112 548	28 062	30 403
Loreto	5 501	2 028	438	957	879	73	350	750	12	14
Madre de Dios	1 161	195	320	223	171	23	30	185	11	3
Moquegua	14 931	4 808	3 498	1 917	2 606	417	532	979	99	75
Pasco	6 804	1 167	1 995	331	791	87	451	1 599	175	208
Piura	52 390	22 346	4 286	10 087	7 750	392	1 257	5 427	467	378
Puno	46 200	7 882	8 597	4 616	13 808	3 298	2 495	4 873	266	365
San Martín	12 047	2 352	1 023	4 204	1 874	65	232	1 967	148	182
Tacna	48 201	17 172	11 332	4 676	5 567	1 577	1 642	4 746	603	886
Tumbes	3 415	1 170	488	498	571	61	86	471	24	46
Ucayali	9 052	2 453	1 093	1 924	1 269	30	216	976	45	1 046

Nota: Lima incluye a la Provincia Constitucional del Callao.

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones - Oficina General de Planeamiento y Presupuesto.

Diagrama de flujo del proceso de lavado de vehículos

Figura N°10 Proceso de lavado



Fuente: Car wash River

Anexo N° 04

Tabla N°07 Matriz de Operacionalización de variables.

VARIABLE	Tipo	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Instrumentos de medición
Volumen de agua reutilizada para lavado	Independiente	Volumen de agua: Se utiliza un grupo de instrumentos, calibres, operaciones estándar, métodos, software, medio ambiente, cálculo e instrumentos utilizados para cuantificar el volumen de agua. Reyes (2007).	Este proceso ocurrirá cuando el volumen de agua en el tanque sea el indicado, empezará el proceso de restauración de aguas residuales.	Capacidad	m3	Flujometro, litros de agua/vehículo
Eficiencia del lavado	Dependiente	Eficiencia del lavado: Se refleja en la cantidad agua empleada en cierta cantidad de vehículos que ingresen a la cámara de lavado con agua reutilizada. Cadenillas (2018)	Se determina el caudal “Q” necesario para el proceso de lavado de autos con agua residual.	“Q”	m3/s	Fórmulas de cálculo

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 05 Información rescatada de técnicas de recolección de datos

Tabla N°08 Información obtenida de la ficha de observación

Objetivo	Diagnosticar el estado actual del proceso de lavado de vehículos en el Car Wash Rivera.
Área de lavado	En estado promedio a deterioro.
Equipamiento	Cuenta con los equipos y accesorios necesarios para el proceso de lavado de autos.
Estado del equipamiento	Se encuentran en 80% de su capacidad total.
Tiempo de lavado	Tiempo promedio 10 minutos por unidad
Conductos de evacuación de aguas	Si tiene, pero no toda el agua es evacuada, lo cual queda acumulada en pequeños charcos.
N° de unidades lavadas diariamente	Días de mayor recurrencia de 18 a 21. Días de menor recurrencia de 6 a 10
Uso del agua	Se genera hasta 3m ³ de agua en días de mayor demanda de unidades.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°09 Información obtenida de la guía de entrevista

Ventajas de reutilizar aguas residuales	Contribución con el cuidado medioambiental. Reducción de costos. El recurso hídrico puede llegar a familias con mayor necesidad.
Litros de agua empleado por cada unidad	Alrededor de 150 litros de agua por unidad vehicular.
Promedio de consumo de agua a diario	Oscila entre 3 m ³ a 3.5 m ³ de agua, depende de la recurrencia de vehículos.
Reutilización de agua	Es una idea innovadora y creo me beneficiara con respecto a los gastos de pago por agua mensuales.
Reutilización de agua como método de protección al medio ambiente	Efectivamente cuidar del medio ambiente es lo principal, y la reutilización es un proceso de purificación del agua de partículas dañinas como aceites o champús.
Filtración de aguas	Proceso por el cual se logra una clarificación o pureza de aguas residuales.
Beneficio de la reutilización de agua en la empresa	Generaría mayor ingreso mensual Vender agua para regadíos de áreas verdes.
Opinión sobre el tratamiento de aguas mediante electrocoagulación	Es una de las mejores propuestas que he tenido en mi vida, siempre me ha gustado innovar.

Fuente: Elaboración propia
Entrevistado: Alberto Rivera

Anexo N° 06

Montos facturados de agua y energía eléctrica. Enero-diciembre 2019

Figura N°11 Gastos de la empresa en el año 2019

MES	COSTO DE AGUA	COSTO DE ENERGIA ELECTRICA
ENERO	S/246.24	S/91.23
FEBRERO	S/246.75	S/88.19
MARZO	S/248.29	S/92.17
ABRIL	S/245.21	S/91.19
MAYO	S/247.78	S/92.12
JUNIO	S/247.27	S/87.68
JULIO	S/245.73	S/91.43
AGOSTO	S/249.32	S/89.81
SETIEMBRE	S/240.60	S/87.32
OCTUBRE	S/248.81	S/91.78
NOVIEMBRE	S/247.78	S/89.73
DICIEMBRE	S/226.75	S/93.36
TOTAL	S/2,940.52	S/1,085.97

Fuente: Car wash Rivera

Figura N°12 Grafico de curvas agua vs energía eléctrica

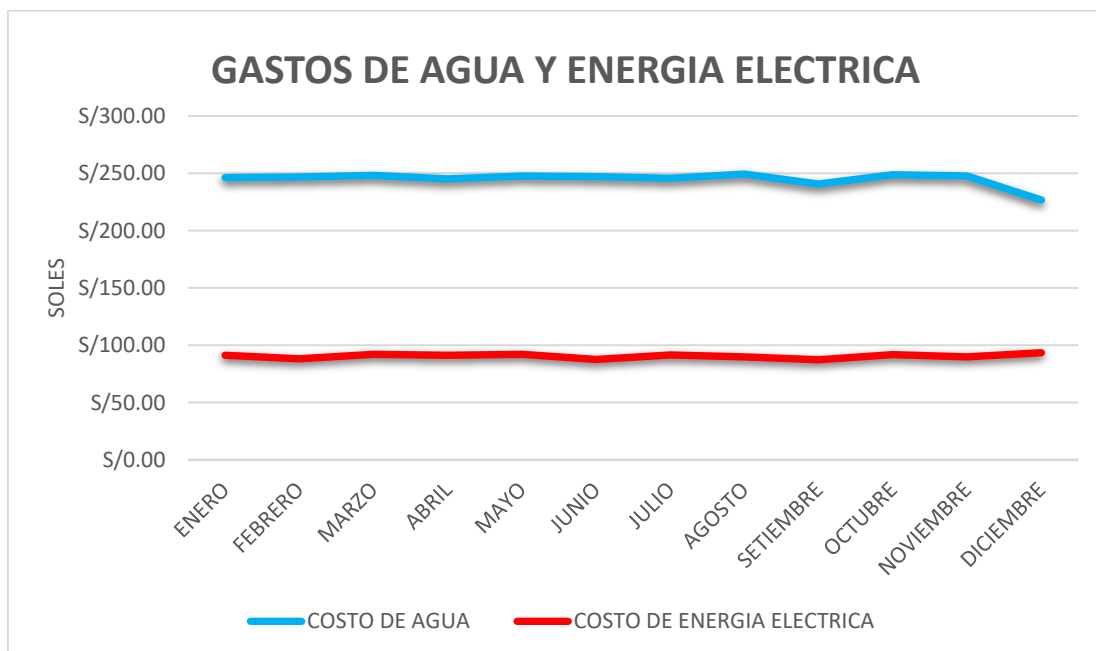


Gráfico de curvas agua vs energía eléctrica

FUENTE: Propia

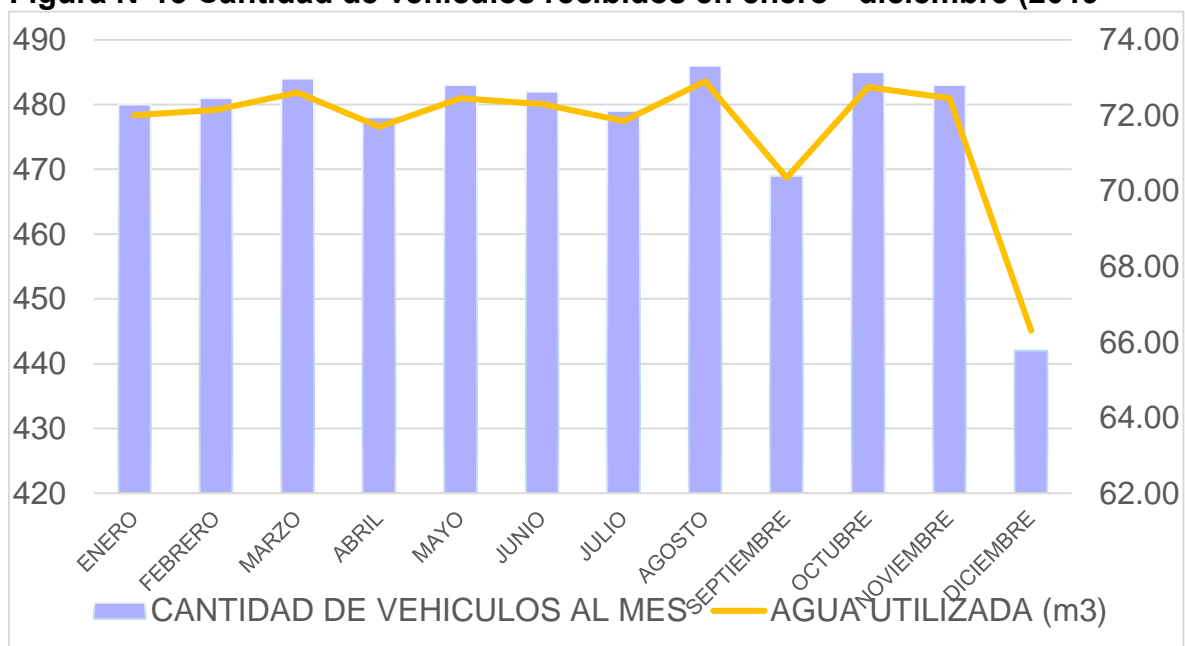
Anexo N° 07

Tabla N°10 Número de vehículos mensuales recibidos en el periodo Enero – diciembre 2019.

MES	VEHICULO S (mes)	AGUA UTILIZADA (m3)	AGUA UTILIZADA (Litros)
ENERO	480	72	72000
FEBRERO	481	72.15	72150
MARZO	484	72.6	72600
ABRIL	478	71.7	71700
MAYO	483	72.45	72450
JUNIO	482	72.3	72300
JULIO	479	71.85	71850
AGOSTO	486	72.9	72900
SEPTIEMBRE	469	70.35	70350
OCTUBRE	485	72.75	72750
NOVIEMBRE	483	72.45	72450
DICIEMBRE	442	67.5	67500
TOTAL	5732	861	861000

FUENTE: Car wash Rivera

Figura N°13 Cantidad de vehículos recibidos en enero - diciembre (2019)



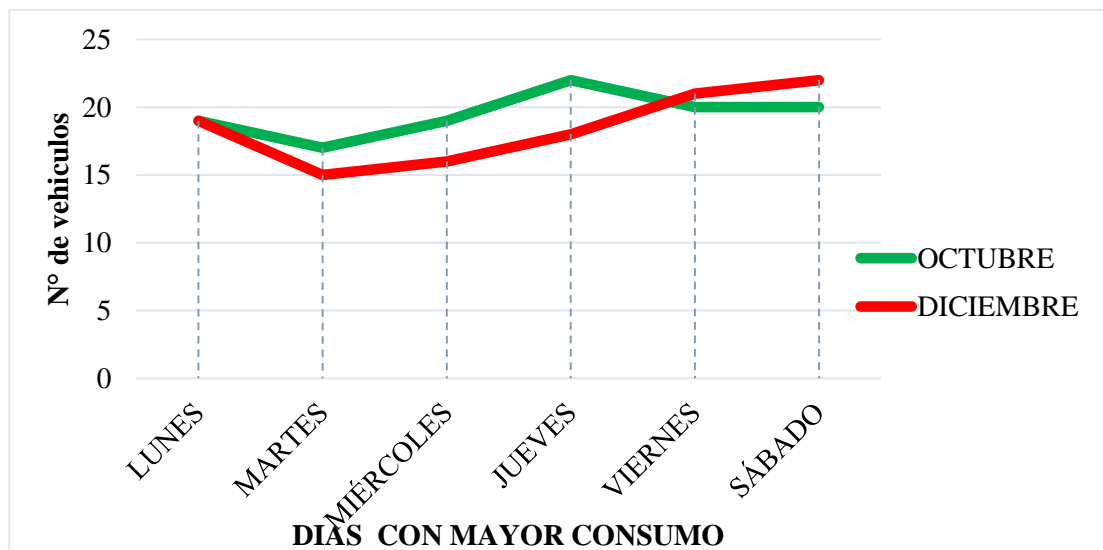
Anexo N° 08

Tabla N°11 Frecuencia de unidades vehiculares al centro de lavado

DIAS	OCTUBRE	DICIEMBRE
Lunes	20	18
Martes	18	15
Miércoles	19	16
Jueves	22	18
Viernes	21	21
Sábado	22	20

FUENTE: Propia

Figura N°14 curvas características mayor y menor frecuencia de unidades



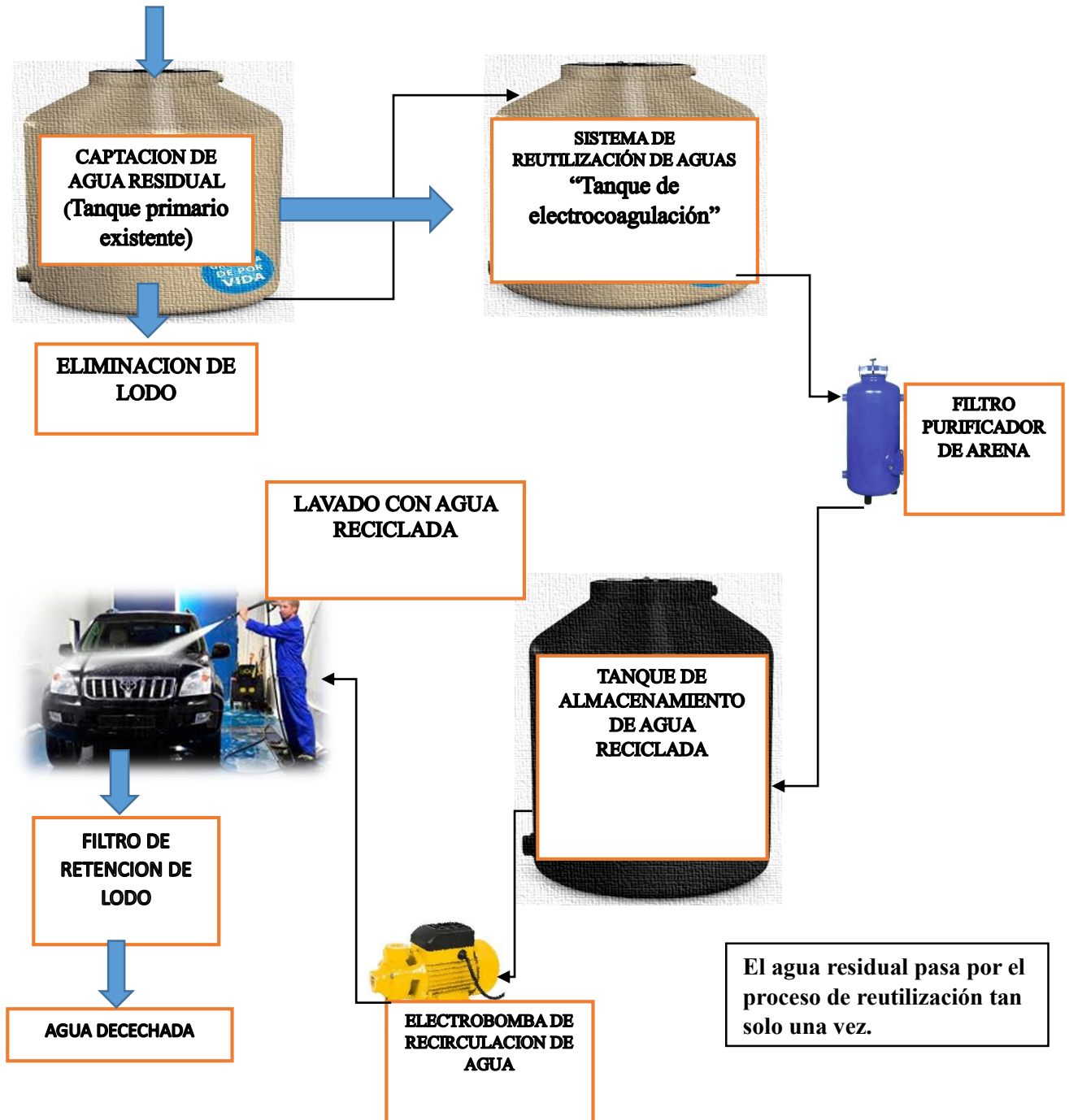
FUENTE: Propia

Anexo N° 09

Diagrama de bloques del proceso de reutilización de aguas residuales

Figura N°15 Plan de reutilización de aguas residuales

Ingreso de agua residual después del primer lavado con agua directamente de concesionaria.



Fuente: Propia

Anexo N° 10

Tabla N°12 Cantidad de detergente y/o champús utilizado al mes y diario

Tipo de unidad	N.º de unidades	Detergente utilizado por unidad (kg)	Detergente utilizado(kg)
AUTOS	485 mensuales	0,1	48.5
AUTOS	20 diarios	0.1	2

Fuente: Car wash Rivera

Figura N°16 Champús para vehículos empleado en el centro de lavado



Fuente: Inversiones la garantía

Anexo N° 11

Tabla N°13 Mediciones de caudal a través de las mangueras de lavado

Medición	Volumen(l)	Promedio(s)	Tiempo (s)	Tiempo prom(s)	Caudal(l/s)
1	2.8	1.83	5.1	5.5	0.33
	2.7		6.4		
	2.7		5.1		
2	3	3.03	5.7	5.8	0.52
	3.2		5.6		
	2.9		6.2		
3	3.2	3.23	5.9	5.9	0.54
	3.4		6.1		
	3.1		5.8		
4	2.9	3.13	5.9	5.8	0.54
	3.4		5.9		
	3.1		5.7		
5	3.4	3.00	5.9	5.8	0.51
	2.7		5.7		
	2.9		5.9		
PROMEDIO		2.85		5.8	0.49

Fuente: Propia

Anexo N° 12

Tabla N°14 Agua residual generada en el centro de auto lavado

AGUA RESIDUAL GENERADA		
Vehículos Lavados (UNID)	20	Vehículos/día
Tiempo de lavado (operaciones: lavado + enjuague)- min	10	Min/vehículo
Espacios para el lavado	2	Dos carriles
Caudal promedio de las mangueras	0.49	L/s
Agua residual generada (L)	3000	L/día

FUENTE: Propia

Anexo N° 13

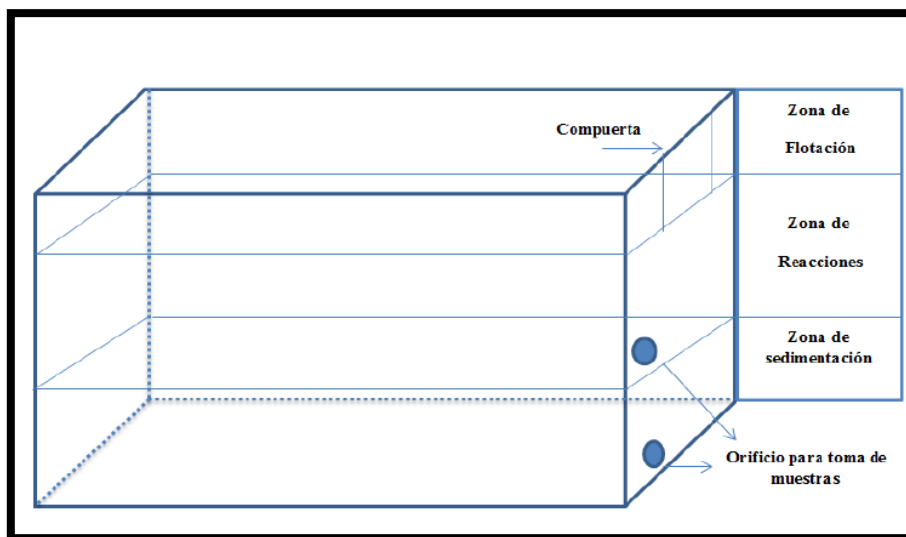
Tabla N°15 Parámetros del análisis del agua residual

Análisis de Laboratorio
6. pH
7. Temperatura
8. Sólidos suspendidos totales
9. DQO
10. DQO5
11. DBO
12. Turbidez
13. Aceites
14. Grasas

FUENTE: Propia

Anexo N° 14

Figura N°17 Celda de electrocoagulación



Fuente: Arango Ruiz 2005

Anexo N° 15

Tabla N°16 Volumen total de la celda de electrocoagulación

VOLUMEN TOTAL DE LA CELDA DE ELECTROCOAGULACIÓN		
ALTURA	1.2	m
ANCHO	1.2	m
LARGO	3	m
CAPACIDAD TOTAL	4.32	m3

FUENTE: Propia

Reemplazando en la ecuación (01) se tiene que el volumen total de celda de electrocoagulación es de:

$$V_{T=} L * A * H$$

$$V_{T=} 1.2 * 1.2 * 3$$

$$V_{T=} 4.32m3$$

Anexo N° 16

Cálculo del número de electrodos para el sistema de reutilización de agua residual

$$N_{Elec} = \frac{(\text{largo de la celda}) - (2 * \text{distancia de electrodos a cara lateral})}{(\text{distancia maxima entre electrodos} + \text{espesor placa})}$$

$$N_{Elec} = \frac{(3) - (2 * 0.3)}{(0.4 + 0.03)}$$

$$N_{Elec} = 5.95533$$

$$N_{Elec} = 6 \text{ Electrds}$$

Área de los electrodos sumergidos en la celda (prototipo)

se utilizaron 3 electrodos de hierro y aluminio un total de 6 electrodos.

$$A_{electrodo \text{ total}} = A_e * L_e * N_e$$

Dónde:

A_e : ancho de los electrodos (m)

L_e : largo de los electrodos (m)

N_e : número de electrodos

$$A_{\text{electrodo total}} = 0.145 * 0.135 * 6$$

$$A_{\text{electrodo total}} = 0.019575 \text{ m}^2$$

Densidad de corriente experimental A/m²

La densidad de corriente es igual a la intensidad aplicada en los electrodos de la celda

$$J_{\text{Prototipo}} = \frac{I}{A}$$

Dónde:

I: intensidad aplicada a la celda A

A: área de los electrodos sumergidos en la celda m²

$$J_{\text{Prototipo}} = \frac{1.72}{0.019575}$$

$$J_{\text{Prototipo}} = 14.6444 \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$$

Volumen de los electrodos sumergidos en la celda, m³

El volumen de los electrodos es igual al área de los electrodos sumergidos en la celda multiplicada por el espesor de los mismos.

$$V_{\text{electrodos}} = A_e * E$$

Dónde:

A_e : área de los electrodos sumergidos en la celda m²

E: espesor de los electrodos m

$$V_{\text{electrodos}} = 0.019575 * 0.003$$

$$V_{\text{electrodos}} = 0.587 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

DATOS REALES DEL SISTEMA DE ELECTROCUAGULACION

Intensidad de corriente para el electrocoagulador, (I, A)

Conociendo la densidad de corriente y el área de los electrodos se determina la intensidad consumida por electrocoagulador haciendo uso de la siguiente ecuación.

$$I = J_{\text{Prototipo}} * A_{eR}$$

Dónde:

Ix: densidad de corriente experimental A/m²

AeR: área de los electrodos del electrocoagulador m²

$$I = 14.644 * 3.96$$

$$I = 58 \text{ A}$$

Anexo N° 17

Cálculo del voltaje utilizado en la celda de electrocoagulación

La ley de ohm establece una ecuación matemática que permite relacionar la intensidad, voltaje y resistencia de un circuito eléctrico cerrado (Hermosa, 2000. p 35).

$$I = \frac{V}{R}$$

La intensidad y el voltaje son directamente proporcionales, esto quiere decir que al incrementar la intensidad también va existir un incremento en la tensión dándose el cumplimiento de la ley de ohm. Se obtiene la ecuación de la recta con coeficiente de determinación (R²) de 0,999.

$$I_y = 0,4958x + 1,0933$$

Sustituyendo las variables (y) por V y (x) por I, se obtiene la ecuación siguiente.

Reemplazando el valor de 924 A. En la ecuación anterior se calcula el valor de voltaje requerido para el sistema de electrocoagulación.

$$V = 0.4958 * 58 + 1.0933$$

$$V = 29.845 \text{ V}$$

El voltaje total utilizado por la celda de electrocoagulación es de 86.37 V.

Anexo N° 18

Calculo del tiempo de electrolisis.

Cálculo de consumo eléctrico

$$CE = \frac{V * I * t}{v * 1000}$$

Donde

CE: Energía consumida por volumen de agua residual tratada Kw.h/m³

V: Potencial aplicado, en V.

I: Corriente desarrollada, en A.

t: Tiempo de tratamiento, en h.

v: Volumen de lixiviado tratado, en m³

$$CE = \frac{29.845 * 58 * 5}{3 * 1000} \text{ kWh/m}^3$$

$$CE = 2.885 \text{ kWh/m}^3$$

Anexo N° 19

Cálculo de energía activa CEA en Kwh

$$\text{Costo de consumo de energia electrica} = (CEA)CE$$

$$\text{Costo de consumo de energia electrica} = 0.7040 * 2.885$$

$$\text{Costo de consumo de energia electrica} = 2.031 \frac{\text{s}}{\text{m}^3}$$

Anexo N° 20

Cálculo del costo de energía eléctrica mensual

Costo de consumo de energía eléctrica mensual

$$= 2.031 \frac{\text{s/}}{\text{m}^3} * \frac{15 \text{ días} - \text{m}^3}{\text{mes}}$$

$$\text{Costo de consumo de energía eléctrica mensual} = 30.465 \frac{\text{s/}}{\text{mes}}$$

Anexo N°21

Cálculo de la potencia total kW

La Potencia requerida por el electrocoagulador se calcula utilizando la ecuación siguiente

$$P = I * \frac{V}{1000}$$

Dónde: P:

potencia para el electrocoagulador, (kW)

I: intensidad de electrocoagulador, (A)

V: tención del electrocoagulador, (V)

$$P = 58 * \frac{29.845}{1000}$$

$$P = 1.731 \text{ kW}$$

Anexo N°22

Tabla N°17 Resumen del diseño del electrocoagulador

Dimensionamiento del sistema de electrocuagulación			
Descripción	Simbología	Unidad	Valor
Electrodos			
Altura	He	m	1.1
Ancho	Ae	m	0.60
Espesor	Ee	mm	3
Numero de electrodos	Ne	-----	6
Area	Ae	m ²	3.96
Celda			
Largo	L	m	3
Ancho	A	M	1.2
Altura	H	m	1.2
Parámetros de funcionamiento			
Tiempo de electrolisis	Ts	h	3
Caudal	Q	m ³ /h	1
Densidad de corriente	ix	A/m ²	14.64
Intensidad de corriente	I	A	58
Voltaje	V	V	29.84
Potencia consumida	P	kW	1.73

FUENTE: Propia

Anexo N°23

Tabla N°18 Costo de obras civiles en la construcción de la planta de tratamiento de aguas

Descripción	Metrados	Costo unitario S/.	Total, s/.
Obras de concreto			
Construcción de Tanque Receptor 1	4 m3	S/. 70	S/. 210
Construcción de Tanque Receptor 2	4 m3	S/. 70	S/. 210
Construcción de Tanque Receptor 3	4m3	S/. 70	S/. 210
Gastos hidráulicos			
Válvulas de bola 1 pulg	5 unidades	S/. 5.90	S/. 29.90
Tuberías 1 pulg	4 unidades	S/. 24.90	S/. 99.60
Otros	-	-	S/. 76.80
TOTAL			S/. 836.30

Fuente: Propia

Anexo N° 24

Tabla N°19 Costo del reactor

Descripción	Cantidad	Valor total (s/)
Planchas de acrílico (2,6mx3,2m) espesor 12 mm	4	S/. 300.00
Planchas de aluminio (0.6mx0.95m) espesor 3mm	3	S/. 500.00
Planchas de hierro (0.6mx0.95m espesor 3mm)	3	S/. 400.00
TOTAL		S/. 1200.00

Fuente: Propia

Anexo N° 25

Tabla N°20 Materiales complementarios para el sistema de electrocoagulación

Elemento	unidad	Valor unitario S/.	Valor total S/.
Cable flexible #16 (cobre)	100 m	S/. 1.206	S/. 82.90
Fuente de poder	1 unida	S/. 1500	S/. 1500.0
Otros		S/. 40.00	S/. 300.0
TOTAL			S/. 1882.9

Fuente: Propia

Anexo N° 26

Tabla N°21 Costos de maquinado

COSTOS DE MAQUINADO			
Material	Costo por máquina incluido mano de obra (S/./h)	Tiempo aproximado de uso	Valor total
Soldadora	21	2	S/ 42.00
Taladro	5	3	S/ 15.00
Amoladora	3	2	S/ 6.00
TOTAL			S/ 63.00

Fuente: Propia

Anexo N° 27

Tabla N°22 Costos de elementos hidráulicos

Costos de elementos hidráulicos			
Elemento	Cantidad	Valor unitario S/.	Valor total S/.
Tubería ½ "	2	S/. 12.90	S/. 25.80
Tubería 1"	2	S/. 24.90	S/. 49.80
Válvula check 1/2"	1	S/. 34.90	S/. 34.90
Válvula check 1"	1	S/. 29.90	S/. 29.90
Tubería plástica 1/2"	1	S/. 28.90	S/. 28.90
Llave de globo 1"	1	S/. 14.90	S/. 14.90
Llave de globo 1/2"	1	S/. 8.50	S/. 8.50
Llave plástica 1/2"	2	S/. 5.50	S/. 11.00
Codos 1/2" y ½ "	4	S/. 8.90	S/. 35.60
SUBTOTAL			S/. 239.3

Fuente: Propia

Anexo N° 28

Tabla N°23 Costos de montaje del sistema de electrocoagulación

Costos de montaje			
Trabajadores	Costo por día S/.	Días	Valor total S/.
2	50	2	S/. 200.00
SUBTOTAL			S/. 200.00

Fuente: Propia

Anexo N° 29

Tabla N°24 Costo directo total del proyecto

Costo directo total	
Componente del costo	Valor S/.
Costos de obras civiles	S/. 836.30
Costo del reactor	S/. 1200.00
Costos de elementos eléctricos y fuente de poder	S/. 1882.9
Costos de maquinado	S/. 63.00
Costos de elementos hidráulicos	S/. 239.30
Costos de montaje	S/. 200.0
TOTAL	S/. 4421.5

FUENTE: Propia

Anexo N° 30

Tabla N°25 costos indirectos de fabricación

Costos de materiales indirectos			
Material	Cantidad	Valor unitario S/.]	Valor total S/.
Disco de pulir	1	S/. 4.90	S/. 4.90
Disco de corte 4.5"	2	S/. 3.90	S/. 7.8
Electrodos 6011-1/8"(lb)	1	S/. 6.40	S/. 6.40
Electrodo 6013-1/8"(lb)	1	S/. 6.40	6 S/.40
Pintura anticorrosiva	1	S/. 17.80	S/. 17.80
Tinner	1	S/. 7.20	S/. 7.20
Silicona	2	S/. 9.90	S/. 19.80
TOTAL			S/. 70.3

Fuente: Propia

Anexo N° 31

Tabla N°26 Gastos varios

Gastos varios	
Descripción	Valor total S/.
Ingeniería	S/. 3000
Alimentación	S/. 300
Transporte	S/. 400
Análisis de laboratorio	S/. 1400
SUBTOTAL	S/. 5100

FUENTE: Propia

Anexo N° 32

Tabla N° 27 Total de costos indirectos de fabricación

Costo total del proyecto	
Componente del costo	Valor S/.
COSTOS DIRECTOS	S/. 4421.5
COSTOS INDIRECTOS	S/. 5170.3
TOTAL	S/. 9591.8

FUENTE: Propia

Anexo N° 33

SANCIONES Y MULTAS

Sanciones y multas por contaminar los recursos hídricos.

Entre las autoridades que resguardan el buen consumo del agua y que penalizan la contaminación de la misma están: ANA (Autoridad Nacional del Agua) y la SUNASS (Súper Intendencia Nacional de Servicios de Saneamiento).

Pero, tomamos la normatividad de la Autoridad Nacional del Agua, donde se estipula que:

Esta entidad sancionara cualquier infracción a las disposiciones contenidas en el Reglamento de recursos hídricos – Ley 29338, Quien ejerza autoridad en

representación de la Autoridad Nacional de Agua (ANA), puede ingresar a cualquier lugar de propiedad pública o privada para cumplir con las funciones de control del uso sostenible del recurso y cumplir las acciones inherentes a su función es decir emitir sanciones y multas que se muestran en la tabla N° 104, dadas según el artículo N° 122 de la ley

Tabla N°28 Multas y/o sanciones

MULTAS		
Leve	Contaminar las fuentes naturales de agua, superficiales o subterráneas.	0,5 – 2 UIT
Grave	Efectuar vertimiento de aguas residuales en los cuerpos de agua o efectuar reúso de aguas, sin autorización de la Autoridad Nacional del Agua.	2 – 5 UIT
Muy grave	Arrojar residuos sólidos o cuerpos de agua natural o artificial.	5 – 10 000 UIT

FUENTE: Reglamento de recursos hídricos

Anexo N° 34

Tabla N°29 Comparación de sanciones vs inversión

	Sanción S/.	Inversión S/.
Máximo a pagar	S/. 8600	S/. 9591.8

Fuente: Propia

Anexo N° 35**Tabla N°30 Ingreso total generado en el año 2019**

ventas por lavado vehicular			
Meses	Unidades a lavar	Costo por lavado	Ingresos anuales
Enero	480		S/. 7,200.00
Febrero	481		S/ 7,215.00
Marzo	484		S/ 7,260.00
Abril	478		S/ 7,170.00
Mayo	483		S/ 7,245.00
Junio	482		S/ 7,230.00
Julio	479	S/. 15 por cada vehículo	S/ 7,185.00
Agosto	486		S/ 7,290.00
Septiembre	469		S/ 7,035.00
Octubre	485		S/ 7,275.00
Noviembre	483		S/ 7,245.00
Diciembre	442		S/ 6,630.00
Total	5732		S/ 85,980.00

Fuente: Propia

Anexo N° 36

Tabla N°31 Egresos que incurre la propuesta de mejora

Egresos	costo (S/.)
Consumo de agua	S/ 4,590.5
Tratamiento de aguas residuales	
Costos de Inversión	
Inversión sistema electrocoagulación	S/. 9591.8
Costos de Operación	
Consumo eléctrico sistema(año)	336.0
Consumo eléctrico car wash	1,086.0
Trabajadores (año)	33,480
Mantenimiento (año)	1 200
Total	50,283.8

Fuente: Propia

I

$$\text{INGRESO LIQUIDO} = \text{INGRESOS BRUTO} - \text{EGRESOS}$$

$$\text{INGRESO NETO} = 85980 - 50,283.8$$

$$\text{INGRESO NETO} = 35,696.2 \text{ S/}$$

Anexo N° 37 Cálculo de costo – beneficio

$$\text{COSTO} - \text{BENEFICIO} = \frac{\sum \text{INGRESOS}}{\sum \text{EGRESOS}}$$

Tabla N°32 Ingresos y egresos

INGRESOS Y EGRESO AÑO 2019	
Ingresos	S/. 85 980
Egresos	S/. 50,283.8

$$\text{COSTO} - \text{BENEFICIO} = \frac{\text{S/. 85,980}}{\text{S/. 50,283.8}}$$

$$\text{COSTO} - \text{BENEFICIO} = 1.70 > 1$$

Retorno a la inversión (ROI):

$$\text{ROI} = \frac{\text{INGESO NETO} - \text{INVERSION}}{\text{INVERSION}} * 100$$

$$\text{ROI} = \frac{35696 - 9591.8}{9591.8} * 100$$

$$\text{ROI} = 272.15$$

La recuperación de la inversión de da al 100 %

$$\text{Recuperacion de invercion} = \frac{100}{272.15}$$

$$\text{Recuperacion de invercion} = 0.3674 \text{ años}$$

$$\text{Recuperacion de invercion} = 4.40 = 5 \text{ meses}$$

Anexo N° 38

Tabla N°33 materiales y costos para la construcción del prototipo

MATERIALES Y COSTOS		
Cantidad	Componente	Precio S/
01	Transformador de poder 220V a 12V C.C	80.00
01	Resistencia de 2.2k/10watts	2.00
02	Capacitores de 47 uf/200v	6.00
01	Regulador AN7806V	1.50
01	Capacitor de 47uf/25V	0.80
01	Porta fusible Alco	2.00
01	Fusible de 10Amp	1.00
01	Display de Voltaje y Amperaje	10.00
01	Barniz industrial	8.00
08	Tornillos de fijar y disipador	3.00
02	Plush hembra y macho rojo y negro	3.00
01	Silicona automotriz gris 999(Rusa) x3	11.00
05	Planchas de acrílico de 30x12x12cm de 2 mm de espesor	35.00
03	Platinas de aluminio de 3mm para electrodo, de (10x10cm)	15.00
03	Planchas de acero inox 304 de 3mm para electrodo, de (10x10cm)	20.00
01	Porta fusible para empotrado grande de fusible de 5Amp	1.50
02	Metros de cable vulcanizado #16	6.00
01	Switch cuadrado con doble piloto	2.00
12	Juego de cocodrilos rojo y negro	6.00
02	Metros de cables de conexión rojo y negro	3.00
01	Soldadura en estaño y pasta de soldar	3.00
01	Regulador KIA 7806 Vol/Amp	3.00
01	Diodo puente de 50 Amp	7.00
01	Tomacorriente monofásico con punto a tierra de 10 – 15 Amp/ 220V	2.50
02	Fuente de 2200 uf/25V	4.00
01	Caja plástica de 25x16	15.00
04	Terminales de conexión o borneras de (1.5 m bipolar #18 rojo y negro)	4.00
01	Selector	19.00
TOTAL		277.30

Fuente: Propia

Anexo N° 39

Tabla N°34 Dimensiones para el volumen de agua contenido en la celda del prototipo

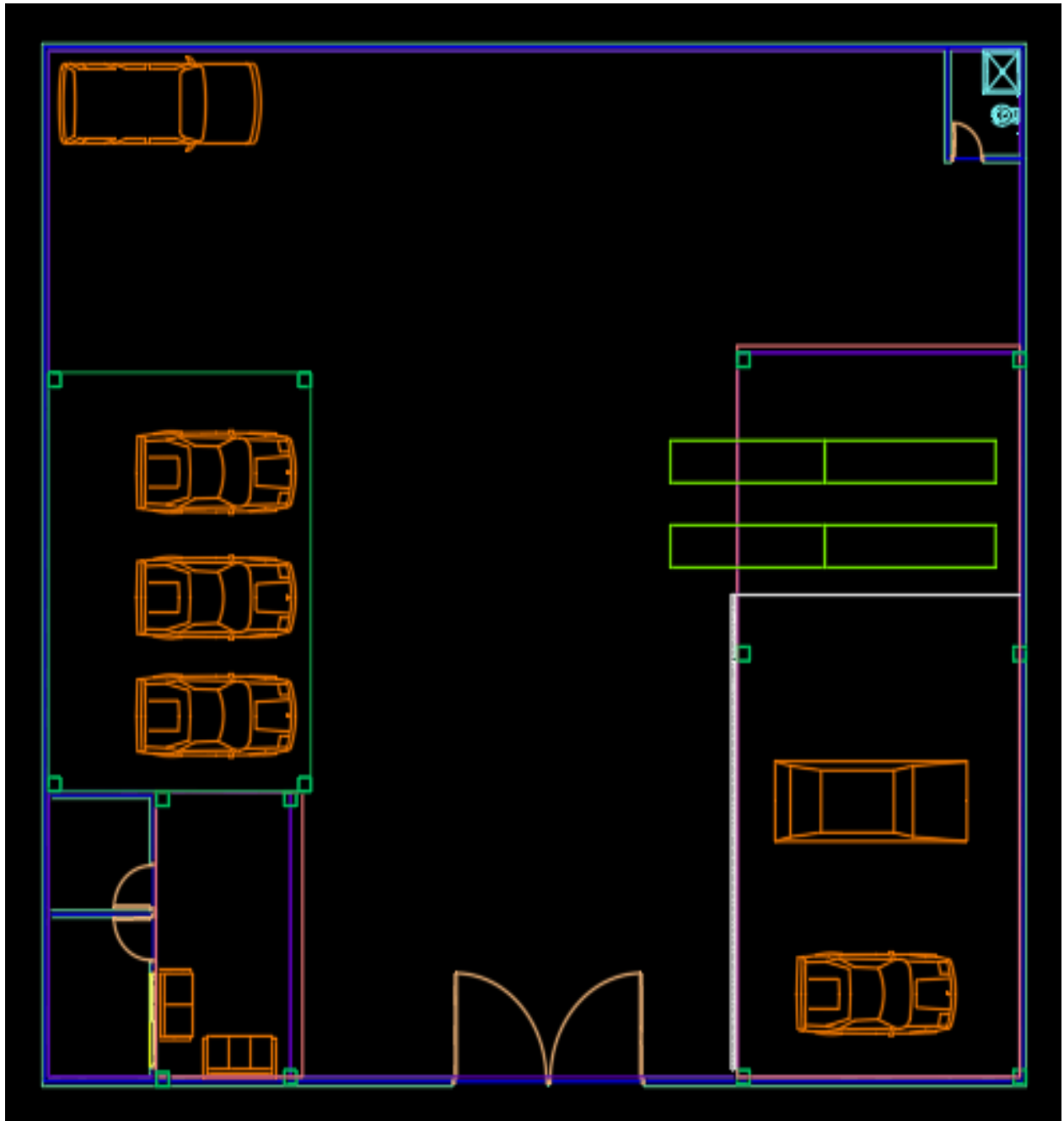
Componente	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm ³)	Cantidad	Total
Celda	30	12	12	4320	1	4320
Electrodo de aluminio	10	10	0.3	30	3	90
Electrodo de acero	10	10	0.3	30	3	90
Soporte de electrodos	5	4	0.2	4	12	48
						4092

FUENTE: Propia

Anexo N° 40 Planos del car wash (planos actuales)

Arquitectura del terreno, áreas construidas y áreas para construir el sistema de reutilización de aguas. Área total del terreno, 552m²

Figura N°18 Plano del centro de lavado Car Wash Rivera

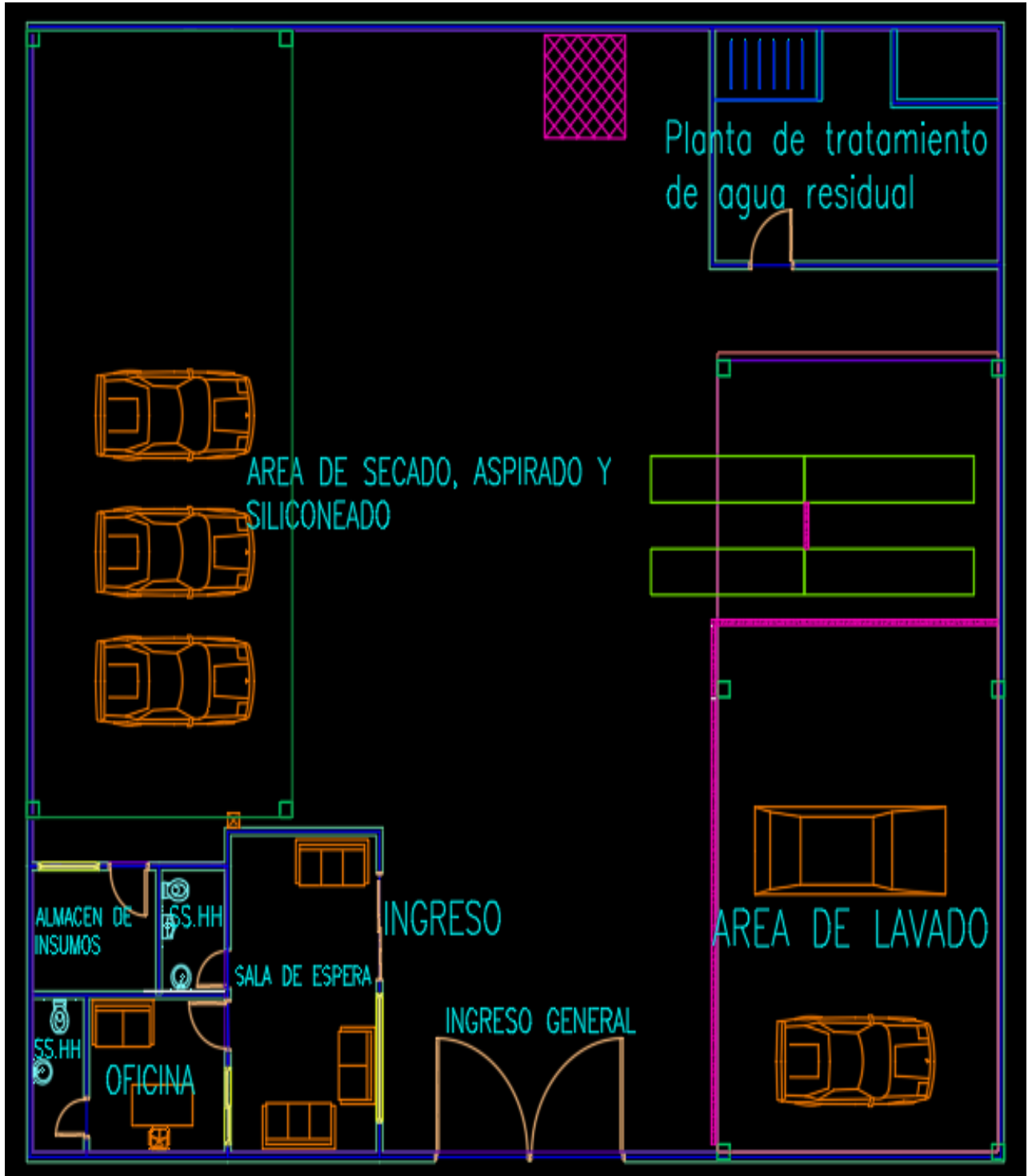


Fuente: Propia

Anexo N° 41

Planos de la arquitectura deseada en el centro de lavado

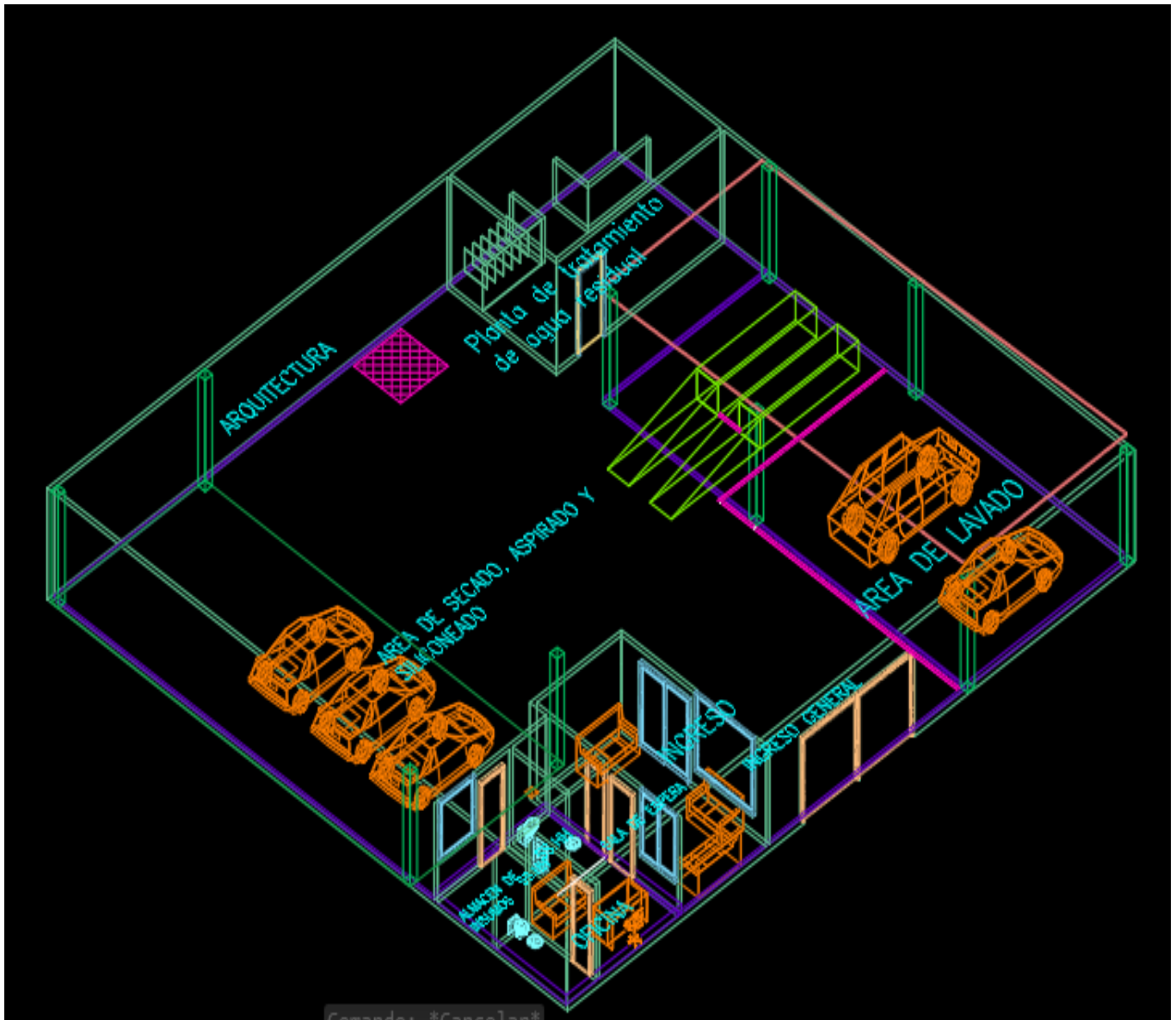
Figura N°19 Nueva arquitectura del centro de lavado,



Anexo N° 41

Vista isométrica de la arquitectura en programa AutoCAD Architecture

Figura N°20 Vista isométrica de la arquitectura.

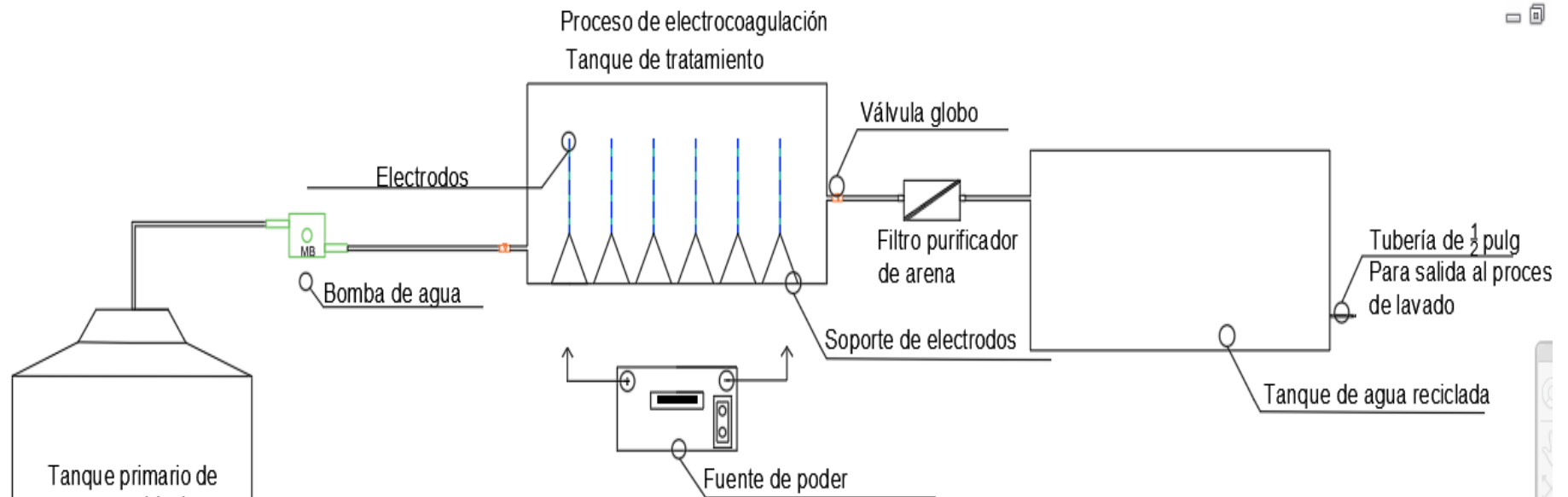


Fuente: Propia

“La Arquitectura y diseño ejecutados, fueron hechos en el programa AutoCAD Architecture, por los autores, con la finalidad de implementar este sistema en el centro de auto lavado Rivera”. Se anexaran los planos electricos, voz y data, y mas detalles acerca de la construcción de este sistema, en pdf, para una mejor visualización.

Anexo N°42 Diseño del sistema de tratamiento de agua residual

Figura N° 21 Proceso de reutilización de aguas residuales



SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (Vista lateral)

Fuente: Propia

Anexo N°43 Evidencias de pruebas del prototipo

Figura N°22 prueba 1 conexión hierro-hierro, aluminio-hierro, aluminio-aluminio (cátodo - ánodo)

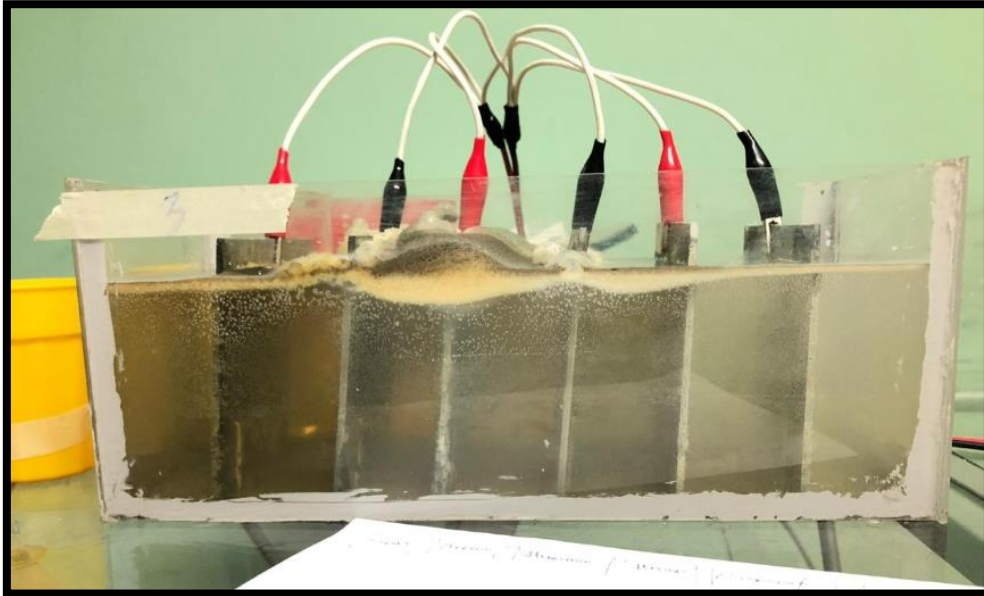


Figura N°23 Prueba 2 conexión hierro-hierro, aluminio-hierro, aluminio-aluminio

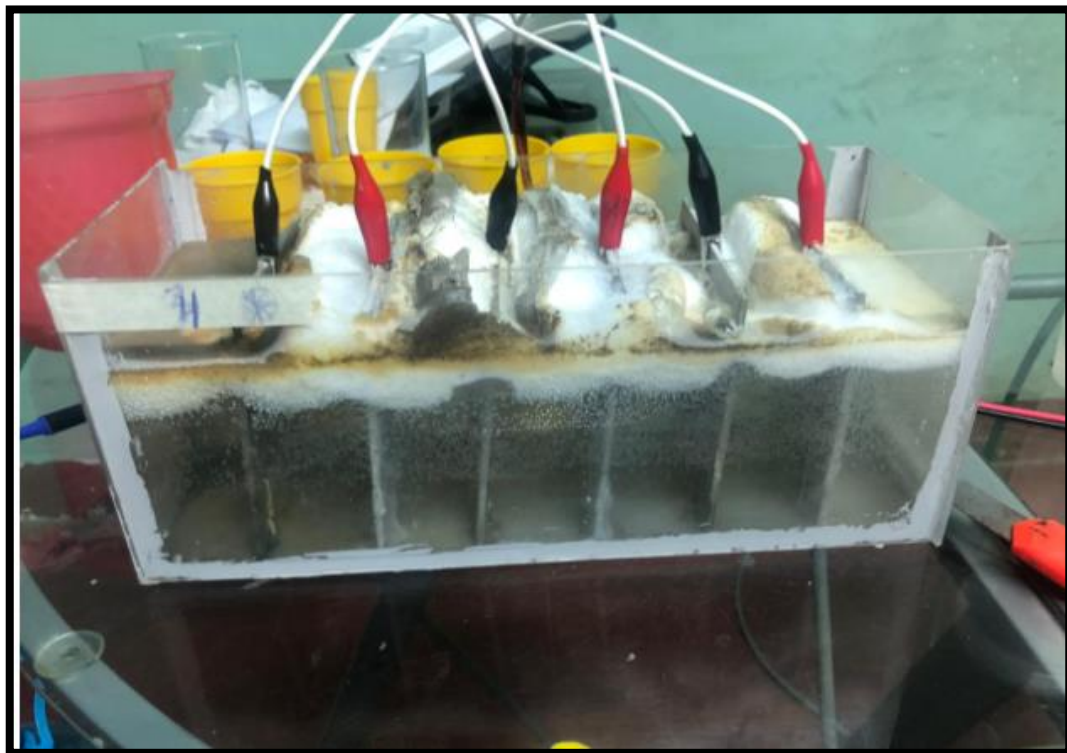


Figura N°24 prueba 3 configuración hierro-aluminio (ánodo - cátodo)



Figura N°25 Proceso de electrolisis durante 60 minutos



Figura N°26 Obtención de las muestras y comparación visual



(de izquierda a derecha muestra de agua residual obtenida del lavadero, prueba 2 y prueba 3 ambas muestras estuvieron sometidos a un tiempo de 1 h)

Figura N°27 Diagrama y configuración de la fuente de poder

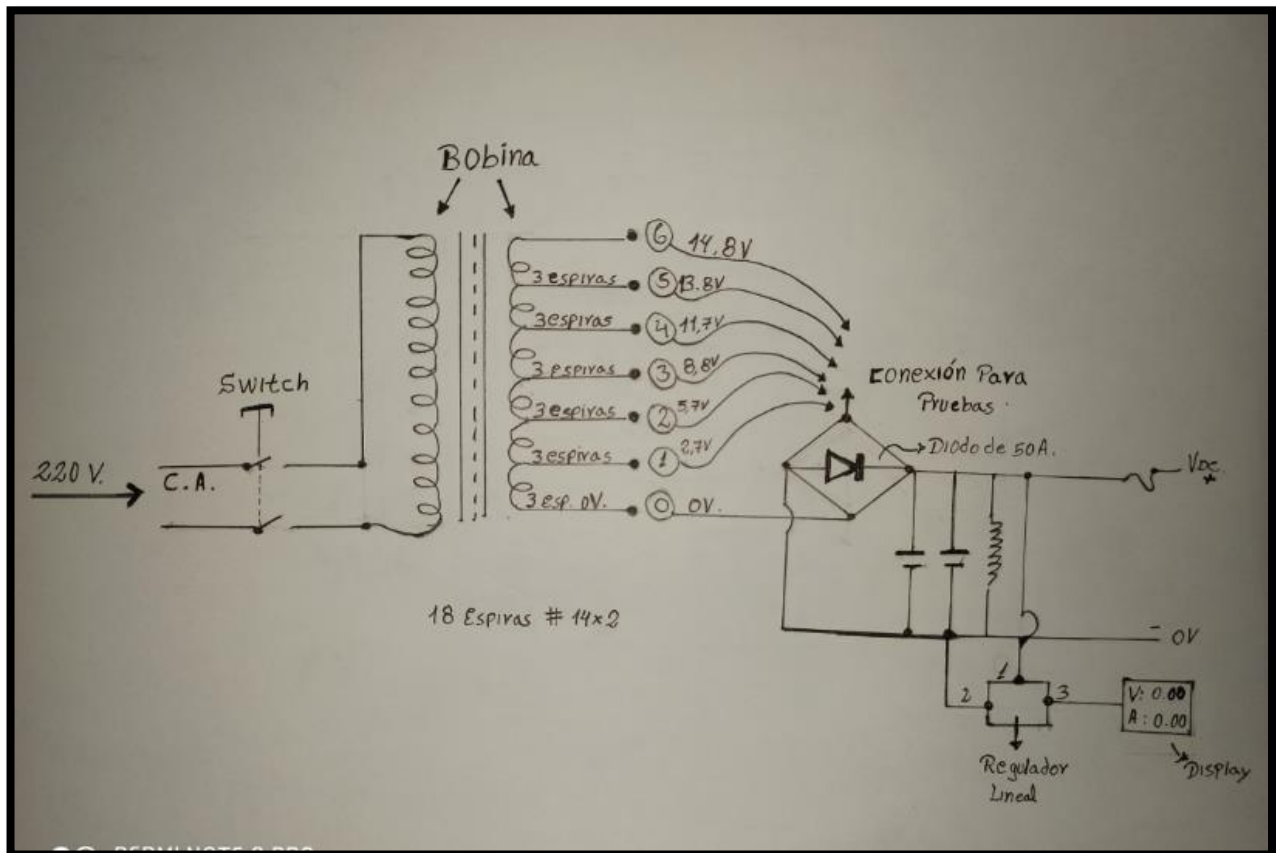


Figura N°28 Estructura tarifaria de agua de la empresa SEDALIB S.A.



"Comprometidos con la Vida y el Bienestar Humano"

ESTRUCTURA TARIFARIA VIGENTE A PARTIR DE AGOSTO 2018

Resolución de Consejo Directivo N° 009-2007-SUNASS-CD

Resolución de Consejo Directivo N° 006-2013-SUNASS-CD

Resolución de Consejo Directivo N° 017-2014-SUNASS-CD

Decreto Legislativo N° 1280 - Artículo 73°

Resolución N° 368-2018-SEDALIB S.A.-40000-GG

Localidades :Trujillo, La Esperanza, Florencia de Mora, El Porvenir, Victor Larco, Huanchaco y Salaverry

ESTRUCTURA TARIFARIA						
Categoría	Rangos m3/mes	Tarifa (S./m3)		Cargo Fijo (S./Mes)	Asignación de consumo (m3/mes)	Código Tarifario
		Agua	Alcantarillado			
Social	0 a más	0.745	0.427	3.788	15	S01
Doméstico	0 a 8	1.942	1.110	3.788	(*)	D01
	8 a 20	2.122	1.212			
	20 a más	4.992	2.854			
Estatal	0 a 20	2.837	1.622	3.788	19	E01
	20 a más	4.992	2.854			
Comercial	0 a 20	4.381	2.503	3.788	28	C01
	20 a más	6.571	3.755			
Industrial	0 a 100	6.939	3.966	3.788	90	I01
	100 a más	7.994	4.569			

(*) Categoría	Continuidad semanal (días/semana)	Continuidad diaria (horas/día)	Volumen asignado (m3/mes)
Doméstico	continuidad semanal <= 4	continuidad diaria < 5	8
Doméstico	continuidad semanal <= 4	5 <= continuidad diaria <= 10	10
Doméstico	continuidad semanal <= 4	continuidad diaria > 10	12
Doméstico	continuidad semanal > 4	continuidad diaria < 5	10
Doméstico	continuidad semanal > 4	5 <= continuidad diaria <= 10	12
Doméstico	continuidad semanal > 4	continuidad diaria > 10	19

NOTA:

* Uso exclusivo de alcantarillado se factura por rangos de consumo

* Fuente propia se factura por rangos de consumo aplicando el 20% del precio según categoría.

Fuente: SEDALIB S.A

Anexo N°44 Ahorro económico con la implementación del sistema de electrocoagulación.

Figura N°29 Gráfico de comparativa de costos con y sin tratamiento

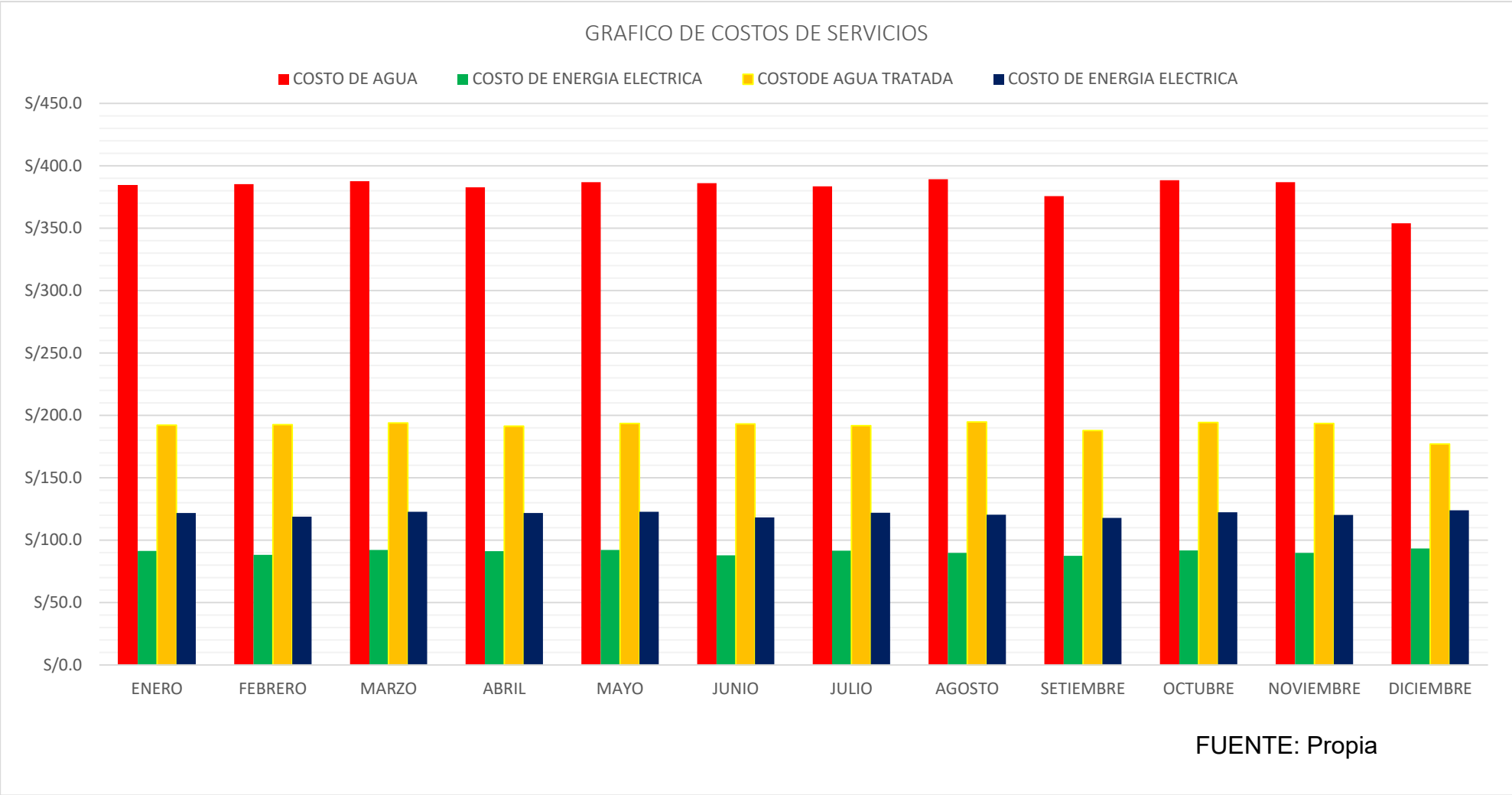


Tabla N°34 Balance de consumo de agua con el sistema de electrocoagulación

SIN SISTEMA DE ELECTROCUAGULACION				CON SISTEMA DE ELECTROCUAGULACION		
MES	Costo De Agua	Costo De Energía Eléctrica	Agua Utilizada (M3)	Costo de Agua Tratada	Costo De Energía Eléctrica Tratada (15 Días Al Mes)	Agua Utilizada Tratada (M3)
ENERO	S/384.41	S/91.23	72	S/192.2	S/30.5	36
FEBRERO	S/385.21	S/88.19	72.15	S/192.6	S/30.5	36.075
MARZO	S/387.61	S/92.17	72.6	S/193.8	S/30.5	36.3
ABRIL	S/382.81	S/91.19	71.7	S/191.4	S/30.5	35.85
MAYO	S/386.81	S/92.12	72.45	S/193.4	S/30.5	36.225
JUNIO	S/386.01	S/87.68	72.3	S/193.0	S/30.5	36.15
JULIO	S/383.61	S/91.43	71.85	S/191.8	S/30.5	35.925
AGOSTO	S/389.21	S/89.81	72.9	S/194.6	S/30.5	36.45
SETIEMBRE	S/375.60	S/87.32	70.35	S/187.8	S/30.5	35.175
OCTUBRE	S/388.41	S/91.78	72.75	S/194.2	S/30.5	36.375
NOVIEMBRE	S/386.81	S/89.73	72.45	S/193.4	S/30.5	36.225
DICIEMBRE	S/353.98	S/93.36	66.3	S/177.0	S/30.5	33.15
TOTAL	S/4,590.5	S/1,086.0	859.8	S/2,295.2	S/366.0	429.9

FUENTE: Propia

- Costos se servicios antes de implementar el sistema de electrocoagulación

Donde:

A: agua

At: agua tratada

E: energía eléctrica

Et: energía eléctrica utilizada en el proceso

$$\text{Pago de servicios} = A + E$$

$$\text{Pago de servicios} = S/4,590.5 + S/1,086.0$$

$$P_{\text{sin elec}} = S/5,676.5$$

- Total, a pagar utilizando el proceso de electrocoagulación:

$$\text{Pago de servicios} = [(A - A_t) + E + E_t]$$

$$\text{Pago de servicios} = [(S/4,590.5 - S/2,295.2) + S/1,086.0 + S/ 366.0]$$

$$P_{\text{con elec}} = S/3,747.25$$

- Ahorro mediante el proceso de electrocoagulación

$$\text{Ahorro} = P_{\text{sin elec}} - P_{\text{con elec}}$$

$$\text{Ahorro} = S/5,676.5 - S/3,747.25$$

$$\mathbf{\text{Ahorro} = S/1929.25}$$

- Eficiencia, se calcula mediante la siguiente ecuación.

Antes del proceso de lavado:

$$E_{\text{sin recuperacion}} = \frac{\text{Costo}_{\text{Agua}} + \text{Costo}_{\text{Electricidad}}}{\text{Agua utilizada}}$$

$$E_{\text{sin recuperacion}} = \frac{S/4,590.5 + S/1,086.0}{859.8}$$

$$E_{\text{sin recuperacion}} = 6.60$$

Con el proceso de lavado:

$$E_{\text{con recuperacion}} = \frac{\text{Costo Electricidad}}{\text{Agua utilizada}}$$

$$E_{\text{con recuperacion}} = \frac{S/366.0}{429.9}$$

$$E_{\text{con recuperacion}} = 0.85$$

Eficiencia:

$$E_{\text{eficiencia}} = \frac{E_{\text{con recuperacion}} - E_{\text{sin recuperacion}}}{E_{\text{sin recuperacion}}} * 100$$

$$E_{\text{eficiencia}} = \left| \frac{0.85 - 6.60}{6.60} \right| * 100$$

$$E_{\text{eficiencia}} = \mathbf{87 \%}$$