



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y
Geográfica
Unidad de Posgrado

“Tratamiento de agua residual procedente de lavadoras por el método de electrocoagulación para la reutilización en riego de vegetales - Ate Vitarte”

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Gestión Integrada
en Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente

AUTOR

María Vanessa CUBA TELLO

ASESOR

Mg. Mariano PACHECO ORTÍZ

Lima, Perú

2020



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Cuba, M. (2020). *Tratamiento de agua residual procedente de lavadoras por el método de electrocoagulación para la reutilización en riego de vegetales - Ate Vitarte*. Tesis para optar el título de Magíster en Gestión Integrada en Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente. Unidad de Posgrado, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

HOJA DE METADATOS COMPLEMENTARIOS

CODIGO ORCID DEL AUTOR: 0000-0002-1799-3542

CODIGO ORCID DEL ASESOR: 0000-0001-8764-7306

DNI: 41243158

GRUPO DE INVESTIGACIÓN:

INSTITUCIÓN QUE FINANCIA PARCIAL O TOTALMENTE LA INVESTIGACIÓN:

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DONDE SE DESARROLLÓ LA INVESTIGACIÓN. DEBE INCLUIR LOCALIDADES Y COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Latitud: -12.0261, Longitud: -76.9192

12° 1' 34" Sur, 76° 55' 9" Oeste

AÑO O RANGO DE AÑOS QUE LA INVESTIGACIÓN ABARCÓ:

ENERO 2017- OCTUBRE 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

UNIDAD DE POSGRADO



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Lima, a los once días del mes de febrero del 2020, siendo las 17:00 horas, se reúnen los suscritos miembros del Jurado Examinador de Tesis, nombrado mediante Dictamen N° 031/UPG-FIGMMG/2020 del 29 de enero del 2020, con la finalidad de evaluar la sustentación oral de la siguiente tesis:

TÍTULO

«TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PROCEDENTE DE LAVADORAS POR EL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA LA REUTILIZACIÓN EN RIEGO DE VEGETALES - ATE VITARTE»

Que, presenta la Bach. **MARÍA VANESSA CUBA TELLO**, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN GESTIÓN INTEGRADA EN SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE**.


El secretario del Jurado Examinador de la Tesis analiza el expediente N° 05976/FIGMMG/2011 del 31 de agosto del 2011, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento General de Estudios de Posgrado», aprobado con Resolución Rectoral N° 04790-R-18 del 08 de agosto del 2018.


Luego de la Sustentación y la calificación de la Tesis se realizará de acuerdo al procedimiento respectivo y se registra en el acta correspondiente en conformidad al Art. 100 del precitado Reglamento, correspondiéndole al graduando la siguiente calificación:


Bueno (16)


Habiendo sido aprobada la sustentación de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN GESTIÓN INTEGRADA EN SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE** a la Bach. **MARÍA VANESSA CUBA TELLO**.

Siendo las 18:00 horas, se dio por concluido al acto académico.


DR. CARLOS FRANCISCO CABRERA CARRANZA
Presidente


DR. OSCAR RAFAEL TINOCO GÓMEZ
Secretario


MG. JUAN EDMUNDO ESTRADA ALARCÓN
Miembro


MG. MARIANO PACHECO ORTÍZ
Asesor

DEDICATORIA

Por la buena formación de mis padres, por ser una persona del buen venir. A mi hija y esposo por estar siempre en la entrega de su confianza, amor y apoyo en cada momento de mis dificultades y logros.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE GRÁFICOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv

CAPÍTULO 1 : INTRODUCCIÓN

1.1 Situación Problemática	1
1.2 Formulación del Problema	3
1.2.1 Problema General	4
1.2.2 Problema Específico	4
1.3 Justificación Teórica	4
1.4 Justificación Práctica	4
1.5 Objetivos	5
1.5.1 Objetivo General	5
1.5.2 Objetivos Específicos	5

CAPÍTULO 2 : MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Filosófico o Epistemológico de la Investigación	6
2.2 Antecedentes de Investigación	7
2.2.1 Antecedente Internacional	7
2.2.2 Antecedente Nacional	12
2.2.3 Antecedente Local	13
2.3 Bases Teóricas	15
2.3.1 Aguas Residuales o Efluentes	21
2.3.2 Clasificación del tratamiento de aguas residuales	23

2.3.3	Factores en la coagulación	24
2.3.4	Electrolisis de oxidación y reducción	25
2.3.5	Los proceso de electrocoagulación	26
2.3.6	pH.....	26
2.3.7	Concentración de corriente	26
2.3.8	Conductividad Eléctrica.....	27
2.3.9	Temperatura.....	27
2.3.10	Tiempo.....	27
2.3.11	Reutilización del agua para el regadío.....	28
2.3.12	Calidad de agua de riego	28
2.3.13	Reutilizando las agua grises	28
2.3.14	Calidad de agua residual tratada	29
2.3.15	Otras consideraciones	29
2.3.16	Marco legal sobre uso de agua para riego de vegetales	29
2.3.17	Costo de agua para riego.....	32
2.3.18	Definición de términos básicos	33
 CAPÍTULO 3 : METODOLOGÍA		
3.1	Tipo y diseño de Investigación.....	36
3.1.1	Tipo de Investigación	36
3.1.2	Diseño de investigación	36
3.1.3	Unidad de Análisis.....	39
3.1.4	Población de Estudio.....	39
3.1.5	Tamaño de Muestra	40
3.1.6	Selección de Muestra.....	40
3.1.7	Técnicas de Recolección de Muestras.....	41
3.2	Hipótesis y Variables	42
3.2.1	Hipótesis	42

3.2.2	Variables	43
-------	-----------------	----

CAPÍTULO 4 :RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados	44
4.1.1	Instalación de la celda electroquímica.....	45
4.1.2	Fuente de Poder:.....	46
4.1.3	Instrumentos, reactivos y equipos utilizados	47
4.1.4	Ensayos preliminares para el buen funcionamiento de la celda.....	48
4.1.5	Las Reacciones Química que se muestra en una cámara electroquímica:	49
4.1.6	Caracterización de análisis físico-química y biológica del efluente.....	49
4.1.7	Ensayo a pH = 7.5 (a condiciones iniciales del efluente)	51
4.1.8	Ensayo a pH = 10 (Básico).....	52
4.1.9	Ensayo a pH = 5 (Ácido)	53
4.2	Pruebas de Hipótesis.....	54
4.3	Presentación de Resultados.....	57
4.3.1	Los experimentos para determinar los porcentajes de remoción de los contaminantes.....	57
4.3.2	Resultados a pH = 7.5.....	57
4.3.3	Experimento con pH = 5.....	60
4.3.4	Resultados a pH = 10.....	62
4.3.5	Resultados mediante el software de minitad	64
4.3.6	Análisis de Taguchi: Turbiedad vs. (Intensidad, pH, tiempo y distancia).	65
4.3.7	Análisis de Taguchi: Demanda Química de Oxígeno vs. (Intensidad, pH, Tiempo, Distancia).....	67
4.3.8	Análisis de Taguchi: Solidos totales suspendidos vs. (Intensidad, pH, tiempo y distancia).	68

4.3.9	Análisis de ANOVA	70
4.3.10	Discusión de Resultados.....	72
CAPÍTULO 5 :IMPACTOS		
5.1	Propuesta para la Solución del Problema.....	75
5.2	Costos de Implementación de la propuesta.....	76
5.3	Beneficios que Aporta la Propuesta.....	78
CONCLUSIONES		80
RECOMENDACIONES.....		82
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS		84
ANEXOS 1		
Operacionalización de las variables.....		90
ANEXOS 2		
Matriz de Consistencia.....		92
ANEXOS 3		
Informe de los análisis de las muestras parte 1		94
ANEXOS 4		
Informe de los análisis de las muestras parte 2.....		95
ANEXOS 5		
Categoría de riego de vegetales y bebida de animales		96
ANEXOS 6		
Resolución N°883-2018 Parámetros y valores máximos permisibles Microbiológicos en vertimientos puntuales de aguas residuales		97
Anexo 7		
Esquema del tratamiento de agua residual por el método de electrocoagulación procedente de lavadoras para riego de plantas		98
Anexo 8		
Encuesta del uso de agua en lavadoras, para el condominio de Jardines de Santa Clara – Ate Vitarte		99

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1</i>	22
<i>Tabla 2</i>	23
<i>Tabla 3</i>	30
<i>Tabla 4</i>	31
<i>Tabla 5</i>	32
<i>Tabla 6</i>	32
<i>Tabla 7</i>	33
<i>Tabla 8</i>	38
<i>Tabla 9</i>	38
<i>Tabla 10</i>	39
<i>Tabla 11</i>	41
<i>Tabla 12</i>	49
<i>Tabla 13</i>	52
<i>Tabla 14</i>	52
<i>Tabla 15</i>	53
<i>Tabla 16</i>	53
<i>Tabla 17</i>	54
<i>Tabla 18</i>	54
<i>Tabla 19</i>	58
<i>Tabla 20</i>	59
<i>Tabla 21</i>	60
<i>Tabla 22</i>	61
<i>Tabla 23</i>	62
<i>Tabla 24</i>	63
<i>Tabla 25</i>	64
<i>Tabla 26</i>	65
<i>Tabla 27</i>	67
<i>Tabla 28</i>	68
<i>Tabla 29</i>	70
<i>Tabla 30</i>	70
<i>Tabla 31</i>	71
<i>Tabla 32</i>	74

<i>Tabla 33</i>	76
<i>Tabla 34</i>	77
<i>Tabla 35</i>	77

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Distribución de tamaños de las partículas en el agua. Fuente: De Vargas, Lidia. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de Filtración rápida. Manual I: Teoría tomo I (2004)	16
<i>Figura 2.</i> Celda Electrolítica. Fuente: Elaborado por el tesista	17
<i>Figura 3.</i> Celda de electrocoagulación con electrodos de aluminio y cátodo de Acero Inoxidable. Fuente. Elaboración del tesista	18
<i>Figura 4.</i> Gases de hidrogeno y oxígeno. Fuente. Elaboración del tesista ..	19
<i>Figura 5.</i> Proceso de Electrocoagulación. Fuente: Elaboración del tesista.	20
<i>Figura 6.</i> Ciclo de Manejo de las aguas residuales municipales. Fuente. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). Fiscalización Ambiental del efluente	21
<i>Figura 7.</i> Coagulación. Fuente. (Andía, 2000)	24
<i>Figura 8.</i> Diagrama de diseño de investigación. Elaboración del tesista.	37
<i>Figura 9.</i> Los Electrodos de Acero Inoxidable y de Aluminio. Fuente. Elaboración Propia.....	45
<i>Figura 10.</i> Dimensiones de la celda de electrocoagulación. Elaborado por el tesista.	45
<i>Figura 11.</i> La instalación de los electrodos de aluminio y acero inoxidable de una celda de electrocoagulación. Fuente. Elaboración por el tesista.	46
<i>Figura 12.</i> Equipo Instalado para el tratamiento de electrocoagulación. Elaboración por el tesista.....	46
<i>Figura 13.</i> Proceso de electrocoagulación con formación de gases. Elaboración por el tesista.....	48
<i>Figura 14.</i> Equipo instalado para el proceso de electrocoagulación. Elaboración por el tesista.....	48
<i>Figura 15.</i> Confrontación de la muestra inicial y la muestra final después del proceso de electrocoagulación. Elaboración del tesista	50
<i>Figura 16.</i> Medición el pH de las muestras. <i>Elaboración del tesista</i>	50
<i>Figura 17.</i> Celda de electrocoagulación a una distancia de 1cm entre los electrodos. Elaboración del Tesista	55
<i>Figura 18.</i> Celda de electrocoagulación a una distancia de 1.5 cm entre los electrodos. Elaboración del Tesista	56

<i>Figura 19.</i> Celda de electrocoagulación a una distancia de 1.2 cm entre los electrodos. Elaboración del Tesista	56
<i>Figura 20.</i> Celda de electrocoagulación terminada, lista para su utilización. Elaboración del Tesista.....	57

LISTA DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1.</i> Efluente tratado de los parámetros de DQO, Turb. y SST a pH = 7.5.....	59
<i>Gráfico 2.</i> % de remoción de los parámetros de DQO, Turb y SST a pH = 7.5	59
<i>Gráfico 3.</i> Efluente tratado de los parámetros de DQO, Turb. y SST a pH = 5	61
<i>Gráfico 4.</i> % de remoción de los parámetros de DQO, Turb y SST a pH = 5	61
<i>Gráfico 5.</i> Efluente tratado de los parámetros de DQO, Turb. y SST a pH = 10.....	63
<i>Gráfico 6.</i> % de remoción de los parámetros de DQO, Turb. y SST a pH = 10	63
<i>Gráfico 7.</i> Los Efectos principales para medias de las variables de intensidad, pH, tiempo y distancia	65
<i>Gráfico 8.</i> Gráfica de efectos principales para las medias de la variable de Turbiedad.....	66
<i>Gráfico 9.</i> Gráfica de efectos principales para las medias de la variable de la demanda química de oxígeno	67
<i>Gráfico 10.</i> Gráfica de efectos principales para las medias de la variable del parámetro de sólidos totales suspendidos.....	69

RESUMEN

La electrocoagulación (EC) está llamando la creciente atención para la eliminación de diferentes contaminantes presentes en los diversos efluentes, en estos últimos años. Por medio de este trabajo, se comprobó la viabilidad de usar la técnica de electrocoagulación como una opción ante los procesos químicos convencionales en el tratamiento del agua residual originario de lavadoras para ser reutilizado en riego de vegetales. Cuatro factores se analizaron: la intensidad, tiempo, distancia y pH; con tres niveles para cada factor. Para mejorar el proceso de electrocoagulación sobre los factores de diseño, se diseñaron los experimentos de acuerdo al método de Taguchi. Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para ver el efecto de los variables sobre la remoción de la turbiedad y otros parámetros fisicoquímicos. Los resultados de los parámetros de mayor influencia en la remoción de la turbiedad fueron el tiempo y la intensidad a diferencia de los demás. La optimización de los factores sobre la alta remoción de los parámetros fisicoquímicos se adquirió a los niveles de intensidad 5 Amperios, tiempo de 15 minutos, distancia de 2 centímetros y a pH 7.5, con una remoción de 99.02% en turbiedad, 90.83% en Demanda Química de Oxígeno y 95.93% en Sólidos suspendidos Totales, por lo cual el efluente tratado está por debajo del valor de la normativa del D.S. N° 004-2017-MINAM para la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales (Estándares de Calidad Ambiental) y el D.S.N°021-2009 VIVIENDA (Valores Máximos Admisibles) para su uso en riego de vegetales.

Palabras claves: Electrocoagulación, aguas residuales grises, método de Taguchi.

ABSTRACT

Electrocoagulation (EC) is calling the increasing attention for the elimination of different pollutants present in the various effluents, in recent years. Through this work, the viability of using the electrocoagulation technique was proven as an option in the face of conventional chemical processes in the treatment of wastewater from washing machines to be reused in vegetable irrigation. Four factors were analyzed: intensity, time, distance and pH; With three levels for each factor. To improve the electrocoagulation process on the design factors, the experiments were designed according to the Taguchi method. The analysis of variance (ANOVA) was performed to see the effect of the variables on turbidity removal and other physicochemical parameters. The results of the parameters with the greatest influence on the removal of turbidity were time and intensity, unlike the others. The optimization of the factors on the high removal of the physicochemical parameters was acquired at intensity levels 5 Amps, time of 15 minutes, distance of 2 centimeters and at pH 7.5, with a removal of 99.02% in turbidity, 90.83% in Chemical Demand of Oxygen and 95.93% in Total Suspended Solids, so the treated effluent is below the value of the DS regulation N ° 004-2017-MINAM for category 3: Irrigation of vegetables and animal drink (Environmental Quality Standards) and the D.S. No. 021-2009 HOUSING (Maximum Valid Values) for use in vegetable irrigation.

Class words: Electrocoagulation, gray wastewater, Taguchi method.

CAPÍTULO 1 : INTRODUCCIÓN

1.1 Situación Problemática

Los elementos de la naturaleza que se encuentra en el planeta, entre ellos es el agua, por la escasez no existiría la vida ni mucho menos las industrias. El recurso del agua se aplica en las diversas actividades del hombre, donde vienen a ser primordial en el crecimiento de la población, tal vez es necesario fijar el suministro a la comunidad asignada permanente (Ramos, Sepúlveda, & Villalobos, 2003).

El empleo de artículos en el hogar como las lavadoras, en nuestros tiempos es de la vida cotidiana, donde poseen cada familia y la utilización del agua por lavado esta entre los 42 a 62 litros de agua (una lavadora de una capacidad de 7 kilos de ropa) (Catálogo de Equipos de Lavandería Industrial)

Utilizan las lavadoras en mayor escala todas las familias para el proceso de lavandería, debido a su rapidez y menor tiempo, son construidos para lavar en abundancia, las ropas de cada familia que son conocidas como lavadoras domésticas, pero el inconveniente es que usa demasiada cantidad de agua.

En Lima, los procesos de tratamiento de agua, se realizan con instrumentos usuales en el proceso del análisis físico químico; haciendo uso de reactivos de coagulantes primarios de Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$ o las Sales de Hierro (Fe). En el desarrollo de la técnica de coagulación y polímeros artificiales, que son infectados mediante el procedimiento de la elaboración de otras reactivos nocivos para la salud entre ellas encontramos; la acrilamida o monómeros, que pueden producir una reacción con los productos químicos adicionadas al líquido mientras el proceso, tal como el

ozono (O_3) y el cloro, originando componentes tóxicos en la salud (Perez, 1992)

La humanidad en estas épocas enfrenta uno de las mayores dificultades del siglo XXI, una de esas dificultades es la necesidad de obtener el agua de buena calidad para su consumo. Debido al desarrollo rápido de las industrias, al desarrollo rápido de la población y la descarga del agua residual de los procesos industriales y domésticos, a los ríos y sistemas de agua corriente (Carlos, 2014).

En el año 2006 que 1,1 billones de personas, el equivalente a una sexta parte de la población mundial, no han afianzado el acceso al agua potable y 2.2 billones no cuentan con servicios básicos de saneamiento (Mejía, Ruiz, & Giraldo, 2006)

Existen una serie de tecnologías emergentes en estos años, basadas en la electroquímica (electrocoagulación, electroflotación y electrodecantación) y que se presentan como opciones para ofrecer ventajas competitivas frente a las tecnologías tradicionales. (Mejía, Ruiz, & Giraldo, 2006)

El más difundido es el proceso de lodos activos, siendo un eficiente y de bajo precio en la ejecución y mantenimiento, siendo susceptible en la purificación de los efluentes que contiene microorganismos y que a los requisitos de pH y la cantidad de materia.

Es una obligación del hombre en explorar novedades o las primicias de la ciencia, buscando de cómo aplicar el proceso de los efluentes líquidos procedentes de las industrias, que deben estar dentro de lo que exige la norma de los "Valores Máximos Admisibles" D.S. N° 010-2019-VIVIENDA de los distintos tipos de efluentes industriales, donde se encuentra el reglamento y la sanción a las empresas industrias que infringen la norma.

Se determinó en esta investigación el proceso del método de electrocoagulación usando los electrodos de aluminio (Al) y acero inoxidable, con la finalidad de eliminar los sólidos que viene a ser los contaminantes del agua procedente de lavadoras para ser reusada para riego de vegetales, cumpliendo con las normativas vigentes peruanas que solicitan.

Permanecen en el ambiente los colorantes contenidos en las aguas grises, para lograr su eliminación es costoso y difícil, porque generan

productos muy tóxicos en el método de oxidación y reducción (Agencia de Protección Ambiental (EPA); (Mansilla, 2015). Provocan mayores impactos en el ambiente las aguas grises provenientes de industrias, esto debido a la diversidad de sus procesos y a la cantidad de sustancias que se manejan para la fabricación y procesamiento de productos (Nemerow & Dasgupta, 1998). El 90% de los productos químicos son utilizados para el tratamiento en las industria, que son eliminados sin hacer el previo tratamiento (Paredes, 2013). Conocidos como aguas grises estos efluentes, (Pavas, 2005), se describen sus propiedades físicas de la ocurrencia de los detergentes, como las sales de que contiene de carbón, peróxidos y colores (Hoag, 2008).

1.2 Formulación del Problema

En los sucesos negativos originados consecutivamente sobre la contaminación, podemos tomar la solución aplicando el método de electrocoagulación, ya que viene a ser una tecnología de muy poca aplicación en nuestro país. Los beneficios para administrar en el proceso de tratamiento de Electrocoagulación son los siguientes:

- El precio de la ejecución es un costo pequeño a comparación del tratamiento usual.
- Se produce barro macizos y de menor cantidad que implica mínima preocupación en descartar los residuos sólidos formados.
- Se genera cantidades grandes de grumos en la coagulación química, de mejor rendimiento en la eliminación de mayor cantidad de contaminantes.

Se hace inevitable el uso del proceso del efluente e irremplazable de acuerdo a nuestras necesidades socioeconómicas para nuestra ciudad.

La reciente exploración científica se aspira en usar el método de electrolisis de oxidación y reducción como una ciencia técnica del proceso del efluente o llamado aguas grises originados de la lavadora, minimizando el uso excesivo del agua, el empleo de coagulantes sintéticos, aminorando el costo por el uso del agua potable, alcanzando cumplir con los requisitos de la normativa ambiental, para poder reusar en lavados y riegos de jardines.

1.2.1 Problema General

¿En qué medida el tratamiento de agua residual proveniente de lavadoras por el método de electrocoagulación influye para la reutilización en riego de vegetales – Ate Vitarte?

1.2.2 Problema Específico

- ¿Cuáles serán los componentes fisicoquímicos y biológicos del agua residual proveniente de lavadoras antes de su tratamiento por la electrocoagulación?
- ¿Cuáles serán los parámetros óptimos (tiempo, intensidad, distancia y pH) más adecuados en el proceso del tratamiento del efluente por medio de la electrocoagulación?
- ¿Cuál será la eficacia del método de electrocoagulación en el proceso de agua residual proveniente de lavadoras?

1.3 Justificación Teórica

En esta investigación sobre el proceso de agua residual nativos de lavadoras, se utiliza el método de electrocoagulación, proceso que aplica los principios de la coagulación–floculación en un reactor electrolítico que no emplea coagulantes químicos y utilizaremos cargas eléctricas para desestabilizar las partículas, los separa por medio de un proceso electrolítico facilitando su aglomeración y su respectiva precipitación alcanzando un alto porcentaje de remoción de los contaminantes concurrentes en el efluente.

1.4 Justificación Práctica

Se tiene la necesidad de poder utilizar un método de electrocoagulación, que es un método para desestabilizar la gran variedad de contaminantes que se encuentran en forma de partículas dispersas en el agua residual para lograr los niveles permitidos según las normativas del estado para el agua.

Así aminorar el precio del método del tratamiento del agua residual y poder realizar en riego de vegetales, debido que se desperdicia mayor cantidad el agua.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Evaluar el método de electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales procedentes de lavadoras para la reutilización en riego de vegetales del condominio Jardines de Santa Clara de Ate Vitarte.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar cualitativamente las aguas residuales provenientes de lavadoras para fijar los variables de operación en el tratamiento de electrocoagulación.
- Determinar los principales parámetros más adecuados (pH, Intensidad de corriente, tiempo y distancia de electrodos) para el tratamiento del agua residual proveniente de lavadoras en el proceso de electrocoagulación.
- Determinar la eficiencia del tratamiento en el módulo de electrocoagulación en aguas provenientes de lavadoras.

CAPÍTULO 2 : MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Filosófico o Epistemológico de la Investigación

Está concurrente a la filosofía de la ciencia la definición de epistemología, donde lo comprendemos como la “Teoría de la Ciencia”, sustentada y citada por el filósofo (Olivé Morret, 2011), al definir la epistemología. Que nos lleva a caracterizar el trabajo de investigación, sobre la aplicación de una tecnología para resolver un problema ambiental para promover en nuestro entorno, tal como nos indica el autor en su obra:

El beneficio de la humanidad, es la ciencia y la tecnología, que son empleados para generar la intensificación de la comodidad social y definir la variedad de los dilemas económicos, culturales, ambientales y cuidar los bienes naturales (Olivé Morret, 2011, p38)

Significa la autonomía epistémica, del entendimiento de investigación y uso; originando en el interior de una sociedad de investigadores de acciones de difícil que posee los valores y por reglamento para finalizar un trabajo de investigación, se debe cumplir para aprobar o rechazar las hipótesis, teorías, modelos, técnicas y tecnologías.

Es la matriz del desarrollo en la comunidad del entendimiento de la ciencia técnica; donde tienen una ideología histórica de aplicar todos los países, las normas establecidas y especialmente referidas a la conducta social humana. Tal como dice en el párrafo de la página 76 de la obra de (Olivé Morret, 2011):

Meditar para sostener las restricciones del privilegio, que suele sostener a los medidas didácticas, investigaciones y técnicas para ejercer un mayor conocimiento, sobre todo para su mejor aprovechamiento, significa no

dejar desamparado otras dilemas como el atraso de la economía, insalubridad, injusticia, repartición de la fortuna, el desgaste del medio ambiente y la falta de educación y de desarrollo cultural.

Para mejorar nuestras condiciones en nuestra realidad es implantar las prioridades, mediante el desarrollo de la ciencia, ambiental, social y cultural afianzando el bienestar y una vida decente a toda la población y a sus futuras generaciones.

2.2 Antecedentes de Investigación

2.2.1 Antecedente Internacional

➤ (Arboleda Camacho & Herrera López, 2015), la tesis "Evaluación de un proceso de electrocoagulación en un reactor tipo batch para la remoción del elemento de Cr^{+6} utilizando los electrodos de Al-Al y de Fe-Al para la capacidad de un laboratorio". Para optar el título de Ingeniero Ambiental, con el **objetivo** de Evaluar el tratamiento de electrolisis de oxidación y reducción en un reactor tipo Batch para la eliminación del Cromo hexavalente (Cr^{6+}) que se encuentra en la composición de Cromatos, utilizando electrodo de Aluminio (Al) que está en el ánodo y en cátodo el Aluminio y el Hierro en el ánodo- Aluminio para su eliminación (cátodo) en la capacidad de un ambiente de investigación.

Resumen: Como nuevas alternativas para la remoción de contaminantes, los sistemas de electrocoagulación admitir que tal vez del flujo de corriente y el complemento del electrolítica de los iones metálicos por el método de electrocoagulación claramente del ánodo de padecimiento, que se disuelve por la diferencia de potencial, por 60 minutos generando iones que consienten la acumulación de los contaminante, se usaran el compuesto, y que más tarde accede. Se realizó en la investigación en el ambiente de investigación de la Universidad Autónoma de Colombia. Empleando una celda cuyo volumen es 1936 mililitros; consistió en

el plan empírico para ejecutar las pruebas de los diferentes electrodos con determinadas distancias de 5 mm, 10 mm, 15 mm y la variación de pH inicial (4, 6 y 8); se llevaron a cabo todos estos experimentos, con un periodo de 30 minutos Al estimar la capacidad del porcentaje de remoción en el proceso de electrocoagulación utilizando electrodos de Al, con una distancia de 5 mm y pH =8.

En el experimento de la muestra del efluente procedente de curtiembre, se observó que la remoción de Cr^{+6} , se procedimientos con el tiempo de 40 min., logrando una eficiencia del 99%, este método es de fácil acceso económico.

Con el resultado: Se obtuvieron en las experiencias realizas; sobre la investigación de los productos utilizados en el electrodo, que distancia y a que rango de pH y el tiempo de residencia para obtener la eficacia del tratamiento del efluente procedentes de la curtiembre.

El material de los electrodos, en el resultado realizó la prueba con 4 electrodos en materiales Fe-Fe-Fe-Fe, Al-Al-Al-Al y Al-Fe-Al-Fe, dando el mejor resultado fueron en Al-Al-Al-Al y con las condiciones iniciales de Cr^{+6} de 10 mg/L, que utilizando la configuración de Al-Al, arrojando un resultado de 0,38 mg/L y una eficiencia de remoción de 96%, llegando a la **conclusión** el método de la electrolisis de oxidación y reducción, utilizando una solución que se obtuvo un porcentaje del 99% de eficiencia de la remoción del compuesto de Cr^{+6} , dando la disposición de la mezcla de 4 electrodos de Al con un tiempo de residencia de 40 minutos, distancia entre electrodos de 5 mm, pH de 8, existiendo una continua velocidad de agitación de 390 rpm.

➤ (Morales Bautista, 2015), en su tesis “Tratamiento de Agua Residual de Biodiesel por Electrocoagulación”. Lograr el título de Ingeniero Químico Petrolero, con el **objetivo** de aplicar el método de electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales procedentes del biodiesel.

Resumen: Mediante una técnica electroquímica; llamada electrocoagulación, se trató agua residual de biodiesel. Del proceso a escala reducido para elabora el biodiesel a partir de aceite reusado se obtuvo el agua. El objetivo del estudio fue el de encontrar el tiempo y los electrodos que se ajusten al proceso, aminorando el índice de grasa y de turbidez. En las condiciones del procedimiento se consideran los terminales de polos, la concentración de corriente y el pH inicial. Se emplearon dos tipos de material de electrodos; Hierro (Fe) y aluminio (Al), de formas rectangulares, colocados en un sistema paralelo dentro de un reactor batch. Los resultados mostrados fue que existe en el proceso de saneamiento para el agua contaminada con grasa y con biodiésel a los 20 minutos del proceso usando electrodos metalicos de Fe y Al. Existe una desigualdad entre ambos procesos, ya que la electrocoagulación con electrodos de hierro tendió a colorearse con óxidos férricos y se clarificó al momento de realizar el tratamiento con los electrodos de aluminio el agua tratada, además la demanda de oxígeno (DO) y la dureza total del agua se redució al utilizar electrodos de aluminio y aumenta al utlizar electodos de hierro. El proceso se invirtio con respecto al pH. La alcalinidad tuvo el comportamiento igual que el pH. Con estos resultados se puede agregar el agua despues del tratamiento al sistema de obtención a biodiesel o sistema de alcantarillado sin dañar al medio ambiente.

Concluyendo que los electrodos de aluminio obtuvieron los mejores resultados debido a la baja turbidez con los 20 minutos, del proceso de electrocoagulación. **Apreciación crítica;** En la tesis anterior realizaron varios ensayos con los diferentes materiales de electrodos, concluyendo que la mejor opción es de los electrodos de aluminio, ya que al momento de liberar los iones no oscurece el agua a tratar, es más eficiente los electrodos de aluminio.

➤ (Robles Mendoza & López Bueno, 2017), en la tesis "Diseño de un prototipo para el tratamiento de aguas residuales domésticas,

basado en electrocoagulación". Investigación presenta para obtener el título de Ingeniero Civil, con el objetivo de ejecutar el proyecto con el modelo del proceso de los efluentes procedentes de los domicilios, ajustándose al procedimiento de la electrolisis de oxidación y reducción. Llegando a la **conclusión** que las pruebas realizadas identificaron el uso del flujo carga eléctrica adecuada para conseguir el tratamiento de electrolisis de oxidación y reducción, con el flujo de carga eléctrica continua. De ningún modo se evidencia creación de flocs en el efluente en la corriente alterna. Al igual que, la fuerza del flujo de la corriente eléctrica usando tratamiento, se pidió una cantidad de firmeza, permitiendo fijar la fuerza del flujo de corriente con dato que controla.

➤ (Parga Torres, García Carrillo, Valenzuela García, Sánchez Valdéz, & Moreno Casillas, 2018), en la revista "Adsorción de Oro y Plata en Especies Magnéticas Formadas en el Proceso de Electrocoagulación".

Resumen; Los procesos más empleados en los procesos metalúrgicos restaurando el elemento de Au y Ag; de Carbón Activo, tratamiento de Resinas de Intercambio Iónico, son utilizados en la acumulación y limpieza de los elementos de Au y Ag de mezclas de tratamiento termoquímico Hallan distintas elecciones para rescatar elementos valiosos con concentraciones de un tratamiento termoquímico, de electrolisis cuyo método de tratamiento es optimista, y no se necesita mayores concentraciones de Au y Ag en las concentraciones del cianuro. Se aplicó la técnica de Difracción de rayos X, Espectrometría de Transmisión Mossbauer y Microscopio Electrónico de Barrido, fueron caracterizados los sólidos formados en los electrodos (Fe–Al) a lo largo del tratamiento electrocoagulación. Los productos arrojaron partículas del mineral de hidróxidos de hierro que se encuentran en el tratamiento de EC recobrando el Au y Ag de proceso de Mac Arthur- Forrest, en un tiempo de 5 minutos y con un rendimiento al

99%. Los resultados alcanzados en las concentraciones de los efluentes de las compañías de Mineras, donde se recobró un 99% de Au y Ag.

Llegando a la **conclusión** que el tratamiento de la electrolisis de oxidación y reducción, se muestra buenos productos de soluciones de menor concentraciones de Au y Ag, logrando el 97 % en la eliminación de una sola etapa, usando electrodo de Fe, formando un variedad magnética, con el 99 % de consecuencia de mayor solución aplica en 3 periodos y haciendo uso de electrodos de aluminio.

Los resultados señala que el Au y Ag lograr adsorber airosamente el compuesto de Fe en el método de electrolisis de oxidación y reducción (97.19 %). Aunque los electrodos de Al, elimina el 99.5 % de Au y Ag. Los porcentajes de eliminación que se ha incrementado, empleando el método de la electrolisis de oxidación y reducción.

El recobro del Au y Ag por el electrólisis de oxidación y reducción, se demostró fácil comparación a otras técnicas en la reparación del metal precioso es necesario de productos químicos, y es proceso ecológico.

Lo recomendable es encaminar una investigación verificando la disposición práctica de la reproducibilidad del producto del nivel industrial.

➤ (Kuntal A. Vakil, Meena K. Sharma, Akansha Bhatia, Absar A. Kazmi & Sudipta Sarkar, 2014), en su trabajo de “Determine the liquid effluents of gray water from home, where it is classified for a type of physicochemical treatment using the electrocoagulation method”. Las aguas residuales generadas por los usos domésticos, sin incluir la descarga del inodoro, se conocen como aguas grises. A menudo, el principal componente en las aguas residuales domésticas y tiene menos carga de contaminantes. Reciclaje y reutilización de aguas grises tratadas para fines no potables puede reducir significativamente la disminución del agua dulce. Presenta

este artículo el resultado de un estudio realizado para la caracterización, así como de laboratorio cuya investigación está basada en el tratamiento de aguas grises producidas a partir de un solo hogar. Constitúan al menos el 80% del total de aguas residuales con una contribución máxima (44%) de la cocina las aguas grises. Los estudios de tratamiento, realizados en un reactor electroquímico cuyo voltaje y la corriente fueron variados para ánodos de aluminio de sacrificio, los resultados fueron que alrededor del 70% de la DQO total y más del 99,9% de agentes patógenos podrían eliminarse con el consumo de energía de 0,3 kW h / m³ de aguas residuales. COD la eliminación alcanzó un máximo del 70%, muy aparte del voltaje aplicado y la densidad de corriente, en un aluminio liberación del ánodo a una velocidad de 15 mg / L como aluminio. Operados con una diferencia de potencia máxima de 12 V los electrodos, mostraron un potencial de ampliación en cuanto al uso en hogares para la eliminación de patógenos, turbidez y contenido de DQO de aguas grises.

2.2.2 Antecedente Nacional

(Riccio Yaura, 2015), en el trabajo de Investigación “Remoción de contaminantes de aguas residuales urbanas del colector agua de las vírgenes por electrocoagulación, a nivel de laboratorio, utilizando como fuente energética un panel fotovoltaico”, obteniendo el grado académico de doctorado en la ingeniería química y ambiental, con el objetivo de determinar la cantidad de contaminantes del removidos con equipo de electrocoagulación.

RESUMEN El objetivo del trabajo de investigación era de remover los contaminantes de los efluentes “del colector de las “guas Vírgenes de El Tambo, Huancayo”, alterando la concentración del flujo de energía y un periodo de permanencia en el tratamiento de electrolisis de oxidación y reducción, a través de paneles fotovoltaicos, a la medida de un ambiente de investigación. El método de la electrolisis de oxidación y reducción es el empleo de la electroquímica, cuyo elemental es parte que se

encuentran suspendida en el efluente, que presenta una condición de carga de electricidad, que ayuda en separar los iones que se encuentran en la solución formando los floculos con la ayuda de sedimentar por medio de la gravedad. Para encaminar el tratamiento del método de electrolisis de oxidación y reducción, utilizando la energía eléctrica usando paneles fotovoltaicos con la finalidad de apoyar con nuestro planeta. Se utilizó de 1,8 L del efluente, usando electrodos de Al y Fe a una distancia de 1 cm y un espacio de 0,08253 m², se diagnosticó un flujo de corriente eléctrica de 32,72 A/m² y un periodo del proceso de 20 minutos, consiguiendo delimitar las máximas cantidades de la eliminación “de 86,33% de DBO₅, 78,89% de DQO, 92,94% de turbiedad, 96,32% de aceites y grasas, 50,44% de conductividad eléctrica, 52,91% de sólidos totales, 88,62% de sólidos suspendidos, 86,65% de dureza total, 83,04% de dureza cálcica, 99,92% de coliformes totales y 99,98% de escherichia coli.” Con el fin de comparar con los “Límites máximos permisibles del decreto supremo 003-2010-MINAM”, donde podemos ver que el tratamiento de electrocoagulación usando los fotovoltaicos como una alternativa para la solución de los efluentes.

2.2.3 Antecedente Local

(Aguilar Ascon, 2015), en el trabajo de investigación "Evaluación del rendimiento de una celda del método de electrocoagulación al tamaño de laboratorio en el tratamiento de agua". Trabajo de investigación para obtener la Magíster en Ciencias Ambientales con Mención en Control de la Contaminación y Ordenamiento Ambiental, con el **objetivo** para encontrar el buen redimiendo de la celda de electrocoagulación a pequeña escala para el proceso de aguas.

Resumen: Causada por el uso del agua de las diferentes actividades del ser humano, la polución, nos lleva a la necesidad de manejar nuevas tecnologías en aguas residuales para revolver los contaminantes del proceso de electrolisis de oxidación y reducción. En la investigación se enfocó en la construcción de una celda de electrocoagulación estimando la efectividad de la eliminación del

parámetro de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) de los efluentes procedente de la industria de pinturas; del mismo modo construir con los requerimiento de pH, conductividad eléctrica, flujo de corriente y tiempo del proceso. Al analizar los resultados del tratamiento del efluente con electrocoagulación, se definió un rendimiento del 87 % en remover el DQO. En el proceso se analizó los valores ideales, alcanzando un flujo de corriente $I = 5$ amperios, con el pH del efluente de 7,12 y un periodo del proceso de 15 minutos, cumpliendo con la ley ambiental vigente. Otro valioso aspecto observado en este estudio fue la calidad del lodo producido en el tratamiento, mucho más compacto que el lodo físico químico o biológico.

Con el resultado: Se sometió al tratamiento del proceso de electrocoagulación la muestra de agua residual sintética, con una turbiedad de 660 UNT, dando un resultado final de 17 UNT con un periodo de 15 min., alcanzando la eficiencia promedia alcanzada en el tratamiento de electrolisis de oxidación y reducción fue de 97% en la eliminación de la turbiedad.

- Con las disposiciones primarios de pH: 7.12, Conductividad eléctrica (CE) de 2930 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y Demanda química de oxígeno (DQO) = 3 920 mg/L, en el ensayo A, también se procedió emplear en el tratamiento de electrolisis de oxidación y reducción donde se obtuvieron una eficacia de la eliminación de DQO con 89%, dando el resultado de 420 mg/L.
- Se trabajó con la mismas condiciones iniciales pero se varió el pH a 4, CE, en el ensayo B, por consiguiente fue el procedo de electrocoagulación dando un resultado con porcentaje de eliminación del 90% de DQO.
- Variando el pH a 10 el ensayo C, y se procedió al proceso de electrocoagulación dando como efecto la eficiencia de remoción de DQO de remoción 88%.

Concluyendo, Dando una eficacia de la eliminación de la demanda química de oxígeno en el proceso para conseguir un mayor eficacia en eliminar el DQO en el proceso de los efluentes procedentes de la industria de pinturas, obteniendo las mejores condiciones de pH neutro de agua de

7.12, un flujo de corriente de 5 amperios y una duración de un proceso con un tiempo de 15 minutos; obteniendo un rendimiento del 87%.

2.3 Bases Teóricas

Generalmente se puede realizar tratamientos biológicos para el agua residual de origen doméstico, debido a que la materia orgánica se encuentra presente en su composición, haciendo que sean muy biodegradables, consintiendo que las bacterias denominadas como primordiales en los procesos biológicos degraden los microorganismos. Se puede usar otro tipo de tratamiento esto dependerá de la calidad de agua que se quiera obtener, de la evaluación económica y por último de su viabilidad del proyecto.

Por consiguiente, el agua residual industrial, normalmente no abarca muchos componentes que sean biodegradables haciéndolo no realizable, lo factible no es aplicar un proceso biológico, sino un proceso físico químico. Pero existen industrias que si crean altas cargas de materia orgánica biodegradable, estas suelen ser tratadas con un proceso biológico y en otros casos suele combinarse, para alcanzar resultados victoriosos.

El propósito de esta tesis es usar las mejores tecnologías, es decir, tecnologías limpias que contribuyan con el medio ambiente, ya que no debemos de producir residuos y en estos tiempos se debe de optimizar los recursos que se tiene.

López y otros (2015), menciona que el contenido de sólidos totales de un agua, residual o natural, viene a ser uno de los parámetros físicos más notables. Los sólidos totales se encuentran mezclados por materias flotantes, materia en suspensión, materias en dispersión coloidal y materias en disolución.

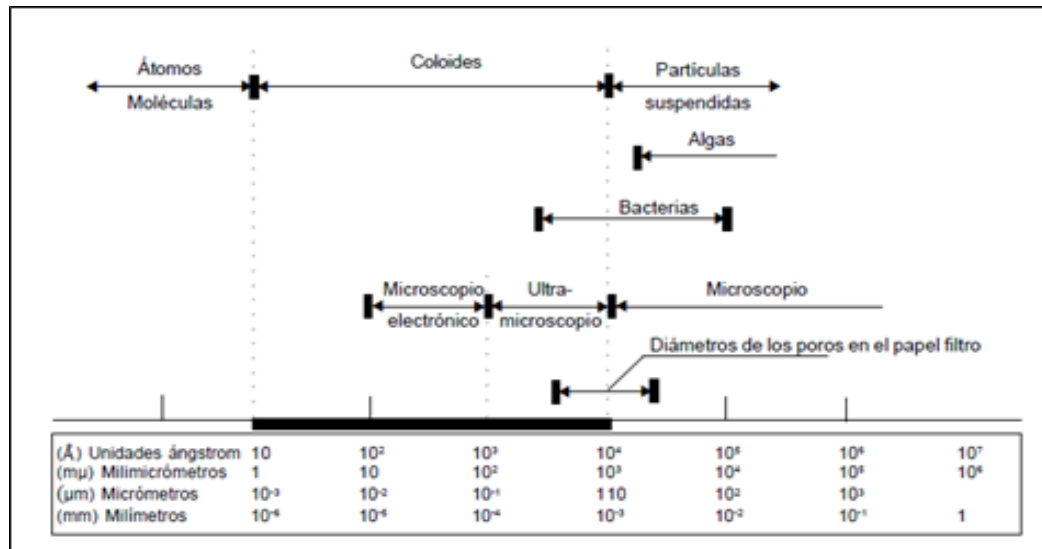


Figura 1. Distribución de tamaños de las partículas en el agua. Fuente: De Vargas, Lidia. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de Filtración rápida. Manual I: Teoría tomo I (2004)

(Chaturvedi S., 2013), que aplicó el conducto eléctrico del Al, que debe ser el ánodo de sacrificio para la eliminación del Hg, aplicando el método de electrólisis de oxidación y reducción. Así mismo estima el resultado del pH, agitación. La máxima eliminación del Hg fue el 98.5% debajo la exigencia de un pH 4.5, con prima solución de 50 ppm, solución del electrolito de 1.333 g/L, con un movimiento con 400 rpm y potencial de 9.0 V.

(Gamero Quijano, 2011) Cuya investigación de la Remoción de microorganismos patógenos en aguas con el tratamiento de electrocoagulación, haciendo uso de ánodos de Aluminio. Originado por otra las aguas lóxicas y, otros materiales receptor de lo derramado de los efluentes procedentes de industriales están contaminados de distintos microorganismos siendo dañino, también responsables a variedades de dolencias. Se manifiesta una limpieza electro-química a través del método de electrólisis de oxidación y reducción que remueve diferentes especies de organismos microscópicos, en los trabajos de investigaciones desarrollados. Llegaron a analizar la optimización del proceso Los causantes del pH, acumulación de Al, con el flujo de corriente y tiempo de electrólisis. La eficacia de la remoción de microorganismos patógenos fue evaluada a través de cultivos de 3 tipos de bacterias (i) *Escherichia coli*; (ii)

Pseudomona aureginosa y (iii) *Staphylococcus aureus*, logrando la asociación Al-Bacteria para las futuras investigaciones.

Es una técnica, el método de electrocoagulación que se va usar para la investigación con el fin de tratar el agua residual procedente de lavanderías. Es una coagulación electroquímicamente asistida, como un proceso electroquímico, así lo han definido a la electrocoagulación.

Se requiere los siguientes materiales para fabricar una celda electroquímica:

- Cubeta de vidrio
- Cocodrilos
- Una fuente de poder
- Electrodo de aluminio – acero inoxidable

Dentro del manejo de la celda electrolítica; lo que se debe de hacer es; primero se conecta la fuente de poder a la corriente alternativa para que lo modifique a una corriente continua, donde están instalados los electrodos de aluminio y acero inoxidable, tal como se muestra en la (Figura 2)

En la solución de las partículas coloidales que están presente donde se desestabilizan al agregar los iones (Al^{+3}). Según Faraday, los electrodos son de sacrificio, esto se debe al método electrolisis de oxidación y reducción se desliga los iones en la solución haciendo alterar sustancias coloidales

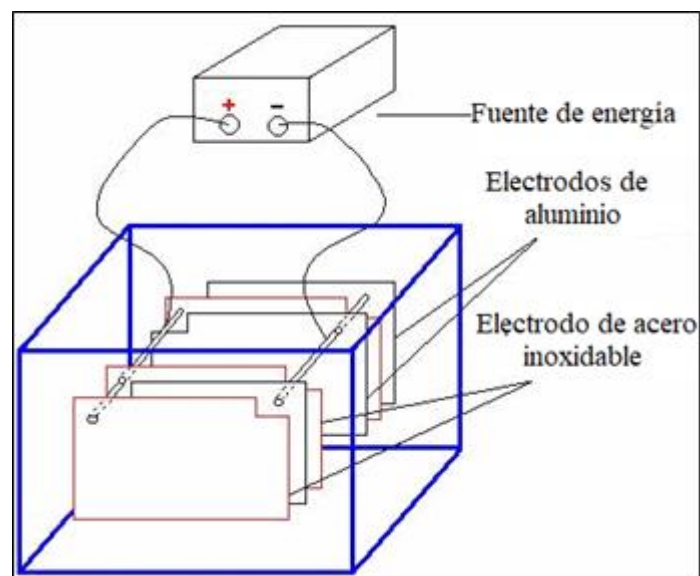


Figura 2. Celda Electrolítica. Fuente: Elaborado por el tesista

En (ver Figura 3) se observa que la instalación de la celda electrolítica con sus electrodos de aluminio y acero inoxidable; generan liberación de los gases de hidrogeno y oxígeno.

Se originan compuestos que se perturban las interrupciones y emulsiones causado por la floculación a lo largo del proceso; así mismo sucede una solución anódica en la cual se dispersa los analitos que replican ciertos contaminantes presente en una mezcla haciéndolos que estos se precipiten. En los electrodos se crean micro burbujas de oxígeno e hidrógeno, haciendo que estos se encuentren y se adhieran a los floculos, atrayéndolos hacia la exterior del fluido formándose como espumarajo que son removidas mecánicamente. Estos gases generados adentro del reactor facilitan a los aceites a flotar.

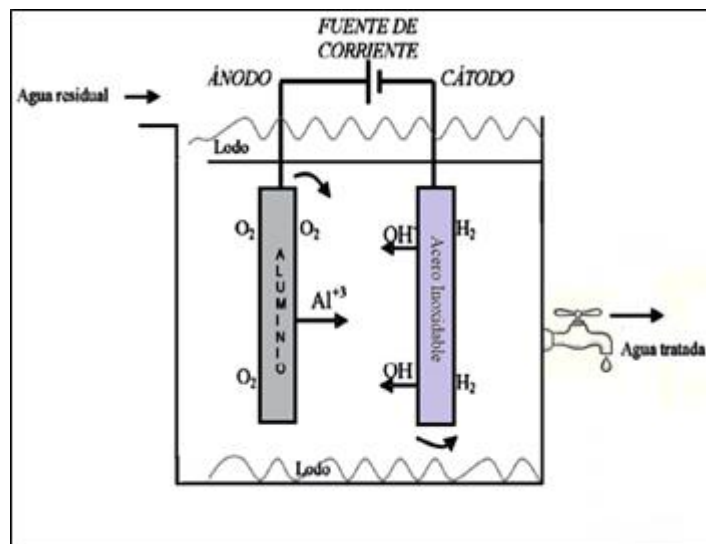


Figura 3. Celda de electrocoagulación con electrodos de aluminio y cátodo de Acero Inoxidable. Fuente. Elaboración del tesista

(Guohua, 2004). La carga eléctrica aplicada o la densidad de corriente vienen a ser algunos de los parámetros a optimizar dentro del proceso de coagulación asistida electroquímicamente, ya que permiten establecer una medida del metal (Mn^+) liberada, en el procedimiento de mayores concentraciones de flujo de corriente. Pero en el momento se utiliza concentraciones de corriente de altas concentraciones, haciendo que aumente el uso del potencial de electricidad para una resistencia comparable de la creación del oxígeno y así mismo la capacidad desvanece el aspecto de la energía por resultado Joule. Por eso se sugiere el uso de las

concentraciones del flujo de corriente menores a $20\text{-}25\text{ A m}^2$ para el buen funcionamiento del proceso.

En (Figura 3). El proceso de electrocoagulación muestra como los electrodos emanan dos gases, oxígeno e hidrógeno, a nivel molecular (se muestra los gases que emanan en la Figura 4), que crea un micro burbujeo de gran penetración, y esto poco a poco hace que se extinga la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO).

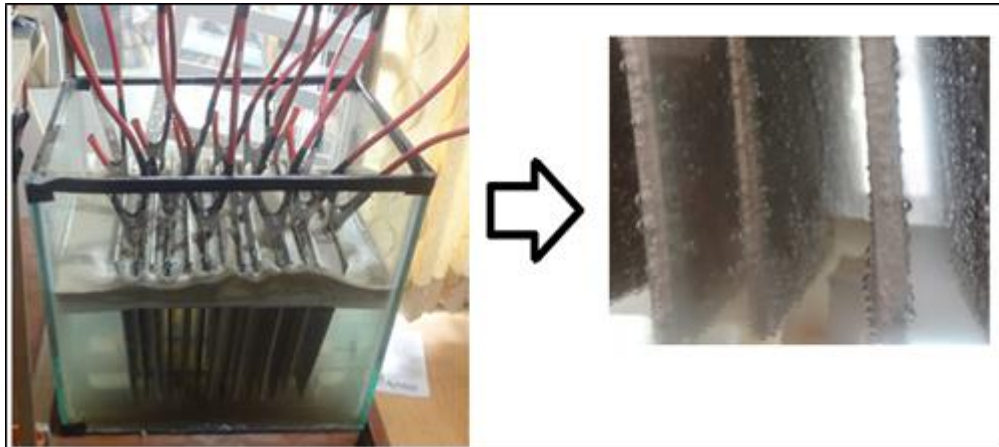


Figura 4. Gases de hidrogeno y oxigeno. Fuente. Elaboración del tesista

Ese mismo micro burbujeo produce radicales OH oxhidrilos y estos atacan a los microorganismos, y hacen que el remanente se traslade a la parte superior todos los elementos livianos tales como los aceites y grasas, generando una capa que reduce en gran parte la emanación de malos olores, sin embargo por dentro del líquido, donde continua el desequilibrio de los materiales.

Los metales pesados son atacados por el sistema, así mismo también son atacados los residuos orgánicos y sales en general que pudiera encontrarse en el agua.

Desestabilizar contaminantes es el objetivo de separar en fases, por medio de un proceso electrolítico, para que al final sean removidos por algún medio mecánico como el filtrado y/o decantación. Por esto es que se hace circular la corriente eléctrica de baja intensidad a través de electrodos que se encuentran dentro de una cuba electrolítica, cisterna de proceso, donde se concentra el agua para su procesamiento temporalmente.

Y ocasiona que produzcan dos reacciones muy diferentes pero que son complementarias entre sí, como el electro-floculación y electro-flotación, formándose espumas y los lodos que se presenta en la (Figura 5).



Figura 5. Proceso de Electrocoagulación. Fuente: Elaboración del tesista.

Pueden localizarse los contaminantes, tanto en forma disuelta o en suspensión, y en caso de la naturaleza química suelen ser inorgánicos y orgánicos. Se pueden relacionar los siguientes conceptos como:

- La Materia orgánica soluble se mide mediante el parámetro de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Carbón orgánico Total (COT) o Demanda Química de Oxígeno (DQO).
- Grasas y aceites y material flotante
- Sólidos en suspensión, materia coloidal y metales pesados
- Color, turbidez, olor.
- Alcalinidad o acidez.

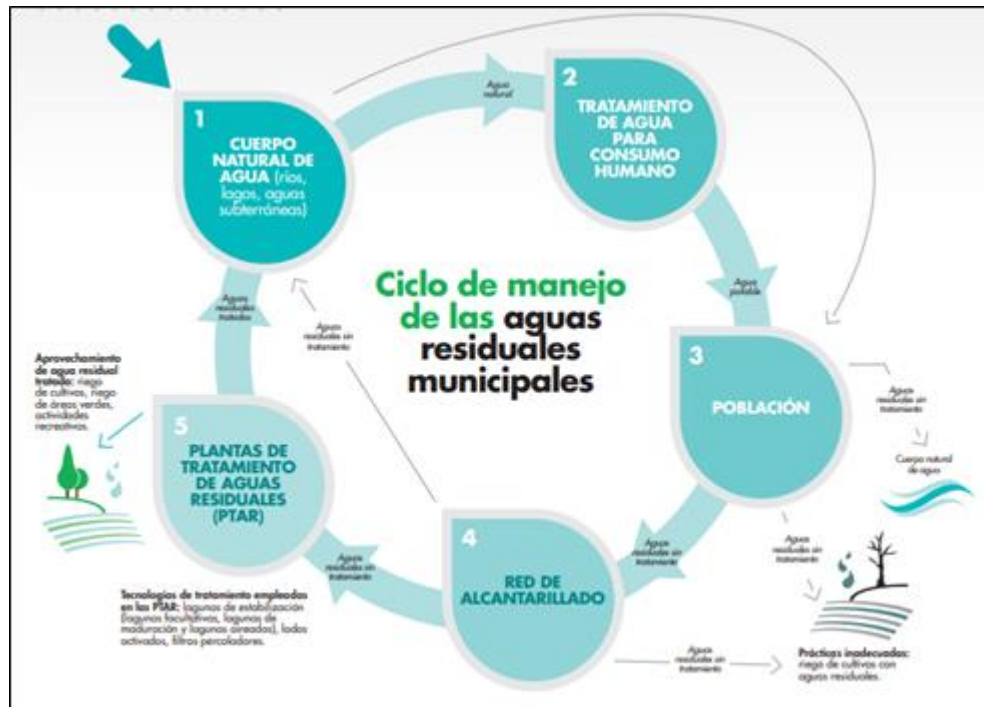


Figura 6. **Ciclo de Manejo de las aguas residuales municipales.** Fuente. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). Fiscalización Ambiental del efluente

2.3.1 Aguas Residuales o Efluentes

Nace desde el uso de los diferentes trabajos domésticos o fabrica del individuo, las aguas residuales. En caso de ser de procedente del domicilio poseen cualidades para la comparación del efluente generadas del trabajo industrial, pero en algunas determinadas situaciones que son idénticas. Esto conlleva a una diversidad ambiental, por lo general es de suma urgencia mejorar con distintos procesos con la finalidad de evitar la contaminación de los cuerpos del agua. Los efluentes residuales se organizan de acuerdo a su origen. (Metcalf & Eddy, 1996)

Tabla 1

Contaminantes de importancia en el tratamiento de las aguas residuales

Parámetros	Descripción
Sólidos Suspendidos	Dan origen al progreso del crecimiento de anaerobias y en los acopio de lodo, cuando se vierte el agua residual sin tratar al entorno acuático estos sólidos en suspensión.
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Compuesta primordialmente carbohidratos, por proteínas, grasas animales, se mide en la mayoría de las ocasiones de la demanda Biológica de oxígeno
Patógeno	Por medio de los organismos patógenos presentes en el agua residual se pueden transferir enfermedades contagiosas.
Nutrimiento	Tanto el fósforo como el nitrógeno, junto con el carbono, vienen a ser los nutrientes fundamentales para el crecimiento. Los nutrientes favorecen el aumento de una vida acuática no deseada cuando se vierten al entorno acuático. También pueden contribuir a la contaminación del agua subterránea cuando son vertidos en cantidades excesivas en el terreno.
Polución primario	Son compuestos inorgánicos y orgánicos según la base a su carsinogenicidad, mutagenicidad, toxicidad aguda o teratogenicidad que se manifiesta. Se encuentran presentes en el efluente residual varios compuestos.
Materia orgánica refractaria	Los métodos convencionales de tratamiento en la materia orgánica tienen a resistir. ejemplos comunes viene a ser los agentes tenso activos, los fenoles, pesticidas agrícolas y los fenoles
Sólidos inorgánicos disueltos	A menudo los elementos de alta densidad que son incorporados al efluente de los trabajos industriales y mercantil, y es indispensable retirarlos si procuramos reusar el efluente.

Sólidos inorgánicos disueltos	Los compuestos inorgánicos; Sodio (Na), el Calcio (Ca) y sulfatos que al incorporar un líquido de abastecimiento con el producto del empleo del líquido y que habiendo ser eliminado al reutilizar el agua residual
-------------------------------	---

Fuente. Nota: Fuente. (Metcalf & Eddy, 1996)

2.3.2 Clasificación del tratamiento de aguas residuales

Existen procesos físicos, químicos y biológicos para la limitación de la contaminación de aguas residuales, de acuerdo a las necesidades del efluente, suelen usarse de forma individual o combinados, haremos una explicación de cada uno de ellos a continuación. (Metcalf & Eddy, 1996)

Tabla 2

Procesos Unitarios según la etapa de tratamiento

Tipo de Tratamiento	Operaciones o Procesos Unitarios
Preliminares	Filtración, flotamiento, eliminación por gravedad, cubeta imhoff, desbaste, ósmosis por membrana, eliminación de grasas y aceites, cribar grueso, y refinado con tamiz microfino.
Primarios	Cribar, sedimento primario
Secundarios	Barro activos, método de laguna, sedimentación secundaria, reactor de lecho seguro, deshidratación.
Terciarios	Coagulación química, sedimenta por filtrar, hulla activo y floculación. Difusión inversa, Intercambio iónico, electrolisis de oxidación y reducción.

Fuente. Nota: Fuente. (Metcalf & Eddy, 1996)

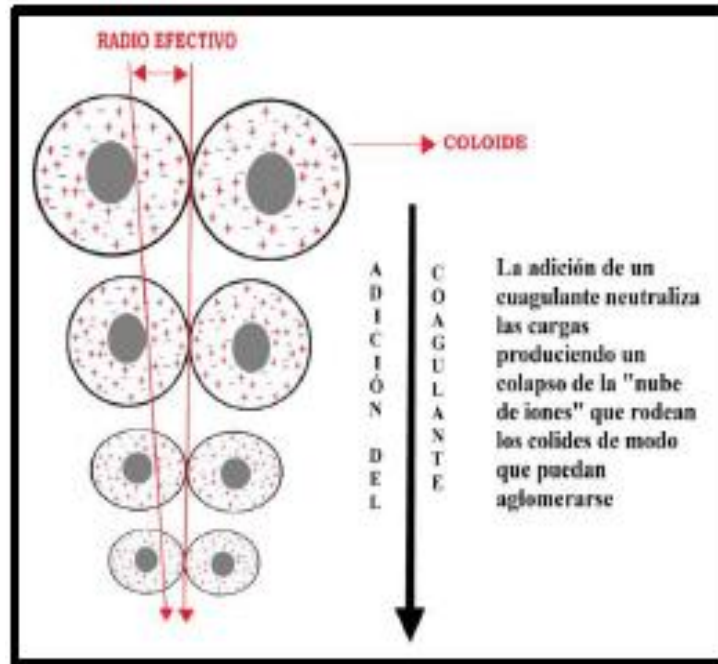


Figura 7. Coagulación. Fuente. (Andía, 2000)

2.3.3 Factores en la coagulación

2.3.3.1 Dominio del pH

Es la variable del pH, a su vez muy importante tenerlo en cuenta durante la coagulación, para cada agua existe un rango de pH óptimo, esto va depender de la alcalinidad del agua y de la naturalidad de los iones. Las sales de aluminio el rango de pH para la coagulación debe de ser 6.5 a 8.0 y los compuestos de Fe con un nivel de pH de 5.a 8. (Barrenechea, 2004)

2.3.3.2 Dominio de los iones diluidos

Ejercen las influencias mencionadas sobre la coagulación y floculación los iones contenidos dentro del agua:

- Alteración de la condición del pH eficiente.
- Cambio del periodo pedido para los floculantes.

2.3.3.3 Dominio de la temperatura del agua

Trasporta a la formación de corrientes de densidad (variación de la densidad del agua) de diferentes grados que dañan a la energía cinética de las partículas en suspensión la variación de 1°C en la temperatura del agua, haciendo más lenta la coagulación; perjudican las temperaturas muy elevadas igualmente a la coagulación. (Barrenechea, 2004).

2.3.3.4 Dominio de la turbiedad

Es un parámetro muy importante de la coagulación química existe una dosis de coagulante para cada turbiedad, obteniéndose un enturbiamiento baja del efluente (Barrenechea, 2004)

2.3.4 Electrolisis de oxidación y reducción

Viene a ser un método de electroquímico más usado para el proceso del efluente, medio del desestabilizar las moléculas de una polución hallando emulsiones, disuelta en un líquido, incitando el flujo eléctrico en la muestra entre las láminas de metal equidistante de distintos al cuerpo físico, del elemento de Fe y Al con mayor empleo (Arango, 2005).

En el método de electrolisis de oxidación y reducción donde es procreado del producto de la coagulación en el mismo lugar por la solución de cationes de Al o Fe del electrodo de Al o Fe correspondiente. Tienden un lugar en el ánodo y en el cátodo la generación de iones metálicos e independencia de los gases del hidrógeno del cual se obtiene de la flotación de los elementos floculada, y a su vez al parecido que serán retirado luego (Arango, 2005)

Las técnicas electroquímicas usadas comúnmente son la electrodiálisis, la electrocoagulación, la electroflotación y la oxidación indirecta o directa, éstas son usadas en industrias de la metalúrgica, tratamiento del efluente residuales, en la fabricación de pilas y efluentes gaseosos debido costos bajos y las ventajas técnicas que presentan estos métodos (ZumdaHL & ZumdaHL, 2000).

2.3.5 Los proceso de electrocoagulación

Describiéndose estos procesos de la siguiente manera: Se producen una serie de reacciones en los electrodos, que proporcionan iones tanto positivos como negativos. Provee el ánodo, iones metálicos.

Conforme a la ley de inducción electromagnético, que gobierna el tratamiento de la electrolisis de oxidación y reducción, el mayor número de compuestos constituido en el electrodo que va ser proporcionando la dócil de la carga que atraviesa por el procedimiento, y la cantidad global de moléculas de un compuesto obtenida en el ducto terminal va estar vinculada en la relación de cuantitativa de acuerdo al número del flujo de corriente instalada en el método.

2.3.6 pH

Actúa en el rendimiento de la potencia en el proceso de la solubilidad de un elemento puro que conforma un compuesto de hidróxido (OH). Contemplando en distintas indagaciones en el pH cambia mientras en el tratamiento del electrolisis de oxidación y reducción, y en este cambio es empleado el elemento que contiene los electrodos y del pH del efluente del tratamiento. El instrumento que mide la acidez o alcalinidad mientras el tratamiento intensificarse al efluente de bajo pH, consecuencia en el resultado a la producción compuesto de H₂, causado en el electrodo. En oposición, en el efluente de pH básico, disminuye, necesitando de las cualidades físicas y químicas del contaminante, la influencia del pH en el rendimiento del proceso. (Mejía, Ruiz, & Giraldo, 2006)

2.3.7 Concentración de corriente

La energía eléctrica que se abastece a la celda electroquímica puede ser mediante corriente alterna (CA) o bien como corriente directa (CD). Cuando abastece el flujo de energía que se origina en el electrodo cátodo con una impenetrabilidad, que origina la eficacia del porcentaje de eliminación. (Mejía, Ruiz, & Giraldo, 2006)

2.3.8 Conductividad Eléctrica

La añadidura de un determinado electrólito de cloruro de sodio o CaCl_2 generando un incremento en la conductividad del efluente. Los aniones de cloruros (Cl^-) pueden aminorar la consecuencia desfavorable de los aniones de HCO_3^- y SO_4^{2-} , por la asistencia de aniones carbonatos o sulfatos que guían la formación de los sólidos de Ca^{+2} y Mg^{+2} originándose el manto impenetrable de colocar encima de electrodos adicionando la potencia entre éstos, disminuyendo la eficacia del flujo de energía. Se aconseja, aparece también, de un tratamiento de la electrolisis de oxidación y reducción que se conserva abundancia de Cl^- a un aproximado de 20%. (Mejía, Ruiz, & Giraldo, 2006)

2.3.9 Temperatura

La consecuencia del calentamiento encima del método de la electrolisis oxidación y reducción que aparecen indagaciones en la exploración, sin embargo es hallado la eficacia en el flujo de energía aumenta reciente hasta llegar a los 60°C , señal en donde forma superior luego de disminuir.

2.3.10 Tiempo

Residencia, de algunos autores que deciden, un valor superior, superior a la abundancia de conformar sólidos, necesario de confirmar el tratamiento del guía de polo como la floculación y sedimentación de elementos consistente. Se generan un aumento del gas, trasladan las moléculas de los óxidos en la parte exterior en el perfil de burbujeo y a la vez suscita al aumento del flóc y detrás por formación de sólidos. Una reducida variación del periodo que significa una superior posición en el número de partículas adquirido. Sin embargo, estos autores indican que sus alteraciones surgir estadísticamente menor significativas a las alteraciones del pH, donde está, muy ligado a la constante del producto de solubilidad (K_{ps}), donde esta de aminorar al subir al semejante, que resulta la formación de precipitados que son mayor insolubles y por tanto se logra superior formación de sólidos en la medida del pH. (Prieto, 2012)

2.3.11 Reutilización del agua para el regadío

El reusó del agua para el riego es una actividad que toda persona realiza en nuestro planeta. En Europa, tienen un plan ambicioso en Clermont-Ferrand, Francia desde 1997 que emplea un 10.000 m³/día residuo líquido, que utiliza en irrigación de 700 ha, en maíz. En Italia mayor de 4.000 ha., en distintos laboreo que rocía con el residuo líquido tratado.

Una clase de agua utilizada para el riego es básica para la productividad y calidad del cultivo, sostenimiento del terreno y seguridad en nuestro ambiente.

2.3.12 Calidad de agua de riego

La clase de algunas fuentes de agua puede cambiar significativamente de acuerdo a la época del año, así que es posible tomar más de una muestra, en diferentes tiempos.

Los parámetros que determinan la calidad del agua de riego se dividen en tres categorías:

- a) Físico
- b) Químico
- c) Biológico

2.3.13 Reutilizando las agua grises

Se relaciona a aquellas que son conducidas por los desagües de lavabos, bañeras, lavavajillas o lavadoras, entre otros; que después de un tratamiento sencillo, pueden ser reutilizadas. Su reutilización podría superponerse a las cisternas de los inodoros, que no demandan aguas de gran calidad, y con un tratamiento adecuado se podría utilizar este tipo de agua en diferentes actividades como el riego, usos industriales, lavado de vehículos, entre otros.

Determinándose así que el agua se puede usar en la ciudad y reutilizar en la agricultura a favor para todos:

- a) En lugar de verterse al río, las aguas residuales de la ciudad ahora se tratan.

- b) Se excluyen los contaminantes nocivos al tiempo que se mantienen los nutrientes para fertilizar los cultivos.
- c) La reutilización del agua tratada disminuye el consumo excesivo del líquido vital.
- d) Por medio de prácticas de riego adecuadas (como el riego por goteo), es posible esquivar el desperdicio innecesario del agua.

2.3.14 Calidad de agua residual tratada

Los componentes del efluente que logra tener superior relevancia en la irrigación con las sales de minerales de sodio, con mayor cantidad de cloro residual y un determinado elemento minoritario, dependiendo del sembrío. El líquido obtenido los productos de los componentes normalmente tiene grandes cantidades de agua blanca comúnmente utilizadas en el sembrío.

2.3.15 Otras consideraciones

El sistema de monitoreo es otro aspecto esencial. En la mayoría de los casos, el suministrador debe vigilar la calidad de sus aguas a específicos intervalos, a través de determinados parámetros, tanto en la planta de tratamiento y como en el sistema de distribución.

2.3.16 Marco legal sobre uso de agua para riego de vegetales

Resolución N°883-2018: de los contaminantes de valores máximos permisibles de Microbiológicos en vertimientos puntuales de aguas residuales.

Los Límites Máximos Permisibles (LMP) la eliminación del efluente asistida, que se delimita un rango que no supere de 5 a 15 mg/L de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), la totalidad de las plantas que realizan el proceso de Aguas Residuales (PTAR) no cumplen.

“La Gestión Integral de Recursos Hídricos, se muestra en el Cuadro 1, que Ley de Recursos Hídricos tiene a la Autoridad Nacional del Agua (ANA) como ente superior y la suprema autoridad experto con la

normativa del Sistema Nacional de Gerenciamiento de Recursos Hídricos (SNGRH), el Ministerio del Ambiente (MINAM) labora con los Estándares de Calidad de Agua (ECA's) y Límites Máximos Permisibles (LMP), y el finalizando con el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento que trabaja con los Valores Máximos Admisibles (VMAs) y el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)".

Tabla 3

Gestión Integral de Recursos Hídricos

Ley de Recursos Hídricos y Autoridad nacional de agua (ANA)	Ministerio del Ambiente (MINAM)	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
Empleo sostenible de agua	-ECAs	VMAs
Cambio climático	-LMPs	RNE

Fuente. ECAs: Estándar de calidad de agua. LMPs: Máximos Límites permisibles. VMAs: Máximos Valores admisibles. Fuente: RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006.

Tabla 4

Estándar de calidad de agua (ECAs). Categoría 3. Riego de vegetales y bebidas de animales

PARÁMETRO	UNIDAD	PARÁMTERO PARA RIEGO DE VEGETALES	PARÁMTERO PARA BEBIDAS DE ANIMALES
		Riego de cultivo de tallo alto y bajo	Bebida de animales
FISICO-QUÍMICOS			
Aceites y grasas	mg/L	5	10
Bicarbonato	mg/L	518	**
Cianuro Wad	mg/L	0,1	0,1
Cloruros	mg/L	500	**
Color			
Color (b)	verdadero escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)
Conductividad	(uS/cm)	2500	5000
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	15	15
Demanda química de oxígeno	mg/l	40	40
Detergentes (SAAM)	mg/l	0,2	0,5
Fenoles	mg/l	0,002	0,01
Fluoruros	mg/l	1	**
Nitratos + nitritos	mg/l	100	100
Nitritos	mg/l	10	10
Oxígeno disuelto, valor mínimo	mg/L	>=4	>=5
Potencial de hidrógeno	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1000	1000
Temperaturas	°C	Δ 3	Δ 3

Fuente. (a) Aguas limpias. Sin cambio anómalo (aguas que muestra coloración natural) (b) Luego del filtrado Simple.

*: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

Los números de los componentes que hallan en concentraciones salvo que se indique lo contrario.

Δ 3: con alteración de 3 grados Celsius relación al promedio mensual multianual del área evaluada.

Tabla 5

Límites máximos permisibles del efluente del PTAR

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DEL EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/l	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100m l	10000
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/l	100
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l	200
pH	Unidad	6.5 a 8.5
Sólidos totales en suspensión (STS)	mg/l	150
Temperatura	°C	Menor a 35

Fuente. DS N° 003-2010-MINAM. *PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales

2.3.17 Costo de agua para riego

Hay 5 distintos orígenes del agua para el regadío y de los terrenos verdes de la localidad: Ríos, canales de riego, distribución del agua de consumo, agua de pozo trasladada por camiones de depósitos y de procesos del efluente, mostrado en la tabla 6.

Tabla 6

Fuente de agua para el riego agrícola y áreas verdes

ITEM	ORIGEN DEL AGUA	ENTIDAD	TARIFA S/ m ³
1	Agua de río	Comisión de usuarios de los Ríos	0.03
2	Canal de riego	Sector de regantes del Sub sector de riego Surco	0.29 0.57
3	Agua potable	SUNASS	4.49 4.81
4	Agua de pozos privados	Los Municipios	1.28 1.71
5	Aguas residuales tratadas	Planta del proceso de efluentes	0.23 0.54

Fuente. Moscoso, 2011

Tabla 7

Costo anual de agua utilizada para el riego de áreas verdes y zonas agrícolas de Lima Metropolitana

Fuente	Caudal (m ³ /S)	Volumen Anual (MMC)	Tarifa (US\$/m ³ C)	Costo Anual US\$(MS)	Tarifa (S/ m ³)	Costo Anual S/.(MS)
Agua de arroyo	12,10	381,59	0,01	3,82	0,03	10,89
Agua de arroyo pre-tratada(río Surco)	1,10	34,69	0,06	2,08	0,17	5,93
Agua potable y de pozos	0,7	22,08	1,69	37,32	4,82	106,36
Agua residual tratada	1,00	31,54	0,14	4,42	0,40	12,60
Agua residual cruda	0,60	18,92	-	-	-	-
Total	15,50	488,82		47,64		135,78

Fuente. Moscoso, 2011

2.3.18 Definición de términos básicos

Aguas residuales: Aguas que tienen una particularidad en su estado natural que fueron alterados de acuerdo a las labores del hombre, donde requiere de un tratamiento para poder reutilizar el fluente

Límite Máximo Permisible (LMP): Es la medida de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que determinan al efluente o una difusión, que al ser superado origina daños a la salud, y la tranquilidad del hombre y el medio ambiente.

Valores Máximos Admisibles (VMA) Es la concentración de compuestos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos, para determinar a un residuo líquido no doméstico que es desembocado al alcantarilla del drenaje, que te provoca un deterioro sanitaria, maquinarias e instrumentos de un proceso de los efluentes y tiene poder dañinas en los tratamientos de las efluentes residuales.

Ánodo: “Elemento de los dispositivos electrónicos que acepta el flujo de corriente de electrones” (Malvino, 1999)

Cátodo: “Elemento de los dispositivos electrónicos que facilita el flujo de corriente de electrones” (Malvino, 1999)

Circuito eléctrico: “Lazo cerrado conformado por un conjunto de elementos, dispositivos y equipos eléctricos, que nacen de la misma fuente de energía y con las mismas protecciones contra sobretensiones y sobre corrientes” (Ministerio de Minas y Energía, 2013, p.19).

Corriente directa o continua: “Es el paso de electrones por un conductor siempre en el mismo sentido y con una intensidad constante a lo largo del tiempo. Una corriente continua sostiene constantemente el mismo valor de la intensidad y el mismo sentido” (Departamento de electrónica IES Juan de la Cierva, p.11).

Demanda Química de Oxígeno (DQO): es un contaminante químico, que muestra una medición de la materia orgánica e inorgánica en la parte interna de la solución y/o suspendida que puede ser una reacción química oxidada, por la operación de los agentes oxidantes, bajo los requisitos de bajo pH y se mide en miligramos de “oxígeno” equivalentes a la fracción orgánica disuelta y/o suspendida por litro de solución (agua residual). (Ramírez Burgos & Durán Domínguez de Bazúa, 2008)

Metales pesados: “Compuestos tóxicos que tiene la masa equivalente de igualmente superior. Usualmente, tienen una concentración mayor a 5.0 g/cm³.

Oxígeno disuelto: “Concentración de oxígeno medida en un líquido, por debajo de la saturación. Normalmente se especifica en mg/l” (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000, p.9E).

pH: “Logaritmo, con signo negativo, de la concentración de iones hidrógeno, en moles por los litros” (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000, p.9E).

CAPÍTULO 3 : METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de Investigación

3.1.1 Tipo de Investigación

El tipo de estudio a investigar es del tipo; descriptivo, correlacional y analítico.

- Descriptivo, se va medir y evaluar los parámetros del efluente al empezar y al terminar del tratamiento de electrocoagulación
- En la Correlacional, se va medir el grado en relación existente entre la variable independiente y las variables dependientes.
- Analítico se establece relaciones para medir el grado de relación existente entre la variable independiente (calidad del agua residual procedentes de lavadoras industriales) y la variable dependiente (Reutilización en riego de vegetales del condominio Jardines de Santa Clara Ate Vitarte). Tiene un enfoque cuantitativo, exploratorio.

3.1.2 Diseño de investigación

En la búsqueda de la mejor combinación de factores (variables), da lugar al diseño de investigación, la cual se requiere hacer una serie de experimentos para obtener un efecto sobre la variable saliente.

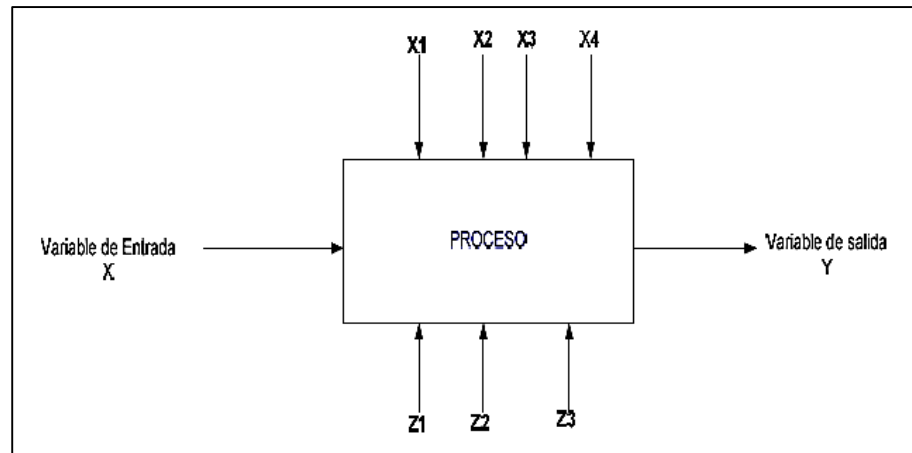


Figura 8. Diagrama de diseño de investigación. Elaboración del tesista.

Para el diseño de investigación con respecto al diseño factorial serían de 3 niveles para cada factor (variables), para este caso se tienen 81 combinaciones o ensayos ($3^4 = 81$).

De estas 81 combinaciones de ensayos, sólo se van a reducir a 9 ensayos usando el método de Taguchi, este método ayuda a optimizar las variables más influyentes para lograr resultados positivos, aquí mediante el arreglo ortogonal que reside en disminuir el número de experimentos, lo necesario.

Para este trabajo de investigación se tomó en cuenta las siguientes dimensiones de la variable independiente con sus respectivos niveles, en la siguiente tabla se evalúan las dimensiones con sus respectivos niveles de la variable independiente.

Tabla 8

Dimensiones de trabajo con su respectivo niveles de la variable independiente

DIMENSIONES	NIVELES	VARIABLE INDEPENDIENTE
DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS	1 cm.	Proceso del efluente procedente de lavadoras por el método de electrocoagulación.
	1.5 cm.	
	2 cm.	
pH	5	
	7.5	
	10	
INTENSIDAD DE CORRIENTE	3 Amp.	
	5 Amp.	
	8 Amp.	
TIEMPO DE OPERACIÓN	10 min.	
	15 min.	
	20 min.	

Fuente. Elaborado por el Tesista

En la siguiente tabla se muestran las posibles combinaciones de los indicadores y niveles de la variable independiente para obtener un resultado positivo para los experimentos, esto se hizo con el diseño de Taguchi.

Tabla 9

Matriz de experimento aplicando del diseño de Taguchi

N°	X ₁ (INTENSIDAD)	X ₂ (pH)	X ₃ (TIEMPO)	X ₄ (DISTANCIA)	Y
1	3	5	10	1	Y1
2	3	7.5	15	1.5	Y2
3	3	10	20	2	Y3
4	5	5	15	2	Y4
5	5	7.5	20	1	Y5
6	5	10	10	1.5	Y6
7	8	5	20	1.5	Y7
8	8	7.5	10	2	Y8
9	8	10	15	1	Y9

Fuente. Matriz de experimentos

Dimensiones controlables:

X1: Intensidad de corriente

X2: pH.

X3: Tiempo de electrocoagulación

X4: Distancia entre los electrodos.

Variable de salida:

Y: Porcentaje de remoción de contaminantes del efluente de lavandería: $\frac{(C_1 - C_2)}{C_1} \times 100$. Resultado del método de electrocoagulación.

C1: Concentración inicial.

C2: Concentración final.

3.1.3 Unidad de Análisis

La unidad de análisis es el agua residual doméstica procedente de las lavadoras industriales del condominio jardines de Santa Clara de Ate Vitarte

3.1.4 Población de Estudio

El Agua Residual de las lavanderías ubicada en el condominio jardines de Santa Clara de Ate Vitarte, conformado por 1550 usuarios residentes, lo que se indica en el cuadro siguiente.

Tabla 10

Determinación de la cantidad de población

Lavadoras	Block	N° Dptos.	Población (N)
5	10	320	1600
1	A	32	160
	B	32	158
2	C	32	144
	D	32	150
3	E	32	162
	F	32	147
4	G	32	158
	H	32	165
5	I	32	152
	J	32	154

Fuente. Elaboración por el tesista

3.1.5 Tamaño de Muestra

3.1.5.1 Muestra

Se sacaron entre 15 muestras de agua residual provenientes de lavadoras, de las cuales se preparó 200 litros para toda la corrida incluido la réplica para sus respectivos análisis físico-químico antes, durante y después del proceso del método de electrocoagulación.

3.1.6 Selección de Muestra

Se determinó una muestra representativa de acuerdo al protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes procedentes del tratamiento de los efluentes domésticos o municipales. Emitida por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) de acuerdo a la Resolución Ministerial N°273-2013-Vivienda.

3.1.6.1 Para la Encuesta

También se seleccionó la muestra para tener la opinión de los residentes en el condominio y se definió mediante la formulación usada para el método de encuesta, que se utilizaron la siguiente fórmula matemática:

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{\varepsilon^2 * (N - 1) + z^2 * p * q}$$

Dónde:

N: Formada de 1550 individuos entre varones y mujeres que habitan en el condominio.

z: valor en el gráfico modelo para un nivel de confianza del 90%, para lo cual le corresponde un valor de $z = 1.64$

p: proporción del individuo que habitan en el condominio, para el caso del presente estudio se considera un valor $p = 0.6$ (obtenido por observación directa).

q: Relación de mujeres que habitan en el condominio, para el caso del actual estudio, $q = 0.4$, (obtenido por observación directa).

ε : Tolerancia de error que existe en todo trabajo de investigación, su rango de variabilidad de: $1\% \leq \varepsilon \leq 10\%$

El valor asignado es del 8%.

Sustituyendo en la siguiente ecuación:

$$n = \frac{1.64^2 * 0.4 * 0.6 * 1550}{0.1^2 * (1660 - 1) + 1.64^2 * 0.4 * 0.6}$$

$n = 62$

Por lo general requerimos un mínimo de 66 personas para realizar una encuesta para el trabajo de investigación experimental.

Con este número logrará una distribución de la muestra.

$$fmd = \frac{n}{N} = \frac{62}{1550} = 0.0403$$

Tabla 11

Determinación del número de muestra

Lavadoras	Block	N° Dptos.	Muestra (n)
5	10	320	62
1	A	32	13
	B	32	13
	C	32	13
2	D	32	13
	E	32	13
3	F	32	13
	G	32	13
4	H	32	13
	I	32	13
5	J	32	13

Fuente. Elaboración por el tesista.

3.1.7 Técnicas de Recolección de Muestras

Aplicación del Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, de acuerdo a la Resolución Ministerial N°273-2013-Vivienda. Se examinan las muestras de acuerdo a la normativa Standard Methods

for the examination of water and wastewater (APHA). (APHA – AWWA - WEF (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd edition, 2012)

3.2 Hipótesis y Variables

3.2.1 Hipótesis

3.2.1.1 Hipótesis general

Al aplicar el tratamiento del método de electrocoagulación en las aguas residuales procedentes de lavadoras, obtendremos agua tratada que será reutilizada en riego de vegetales del condominio Jardines de Santa Clara de Ate Vitarte.

3.2.1.2 Hipótesis Específicos

- Realizando la caracterización cualitativa del agua residual, se podrá fijar las condiciones de operación para el tratamiento de electrocoagulación del efluente de las aguas residuales originadas de las lavadoras de cada domicilio.
- Optimizando los principales parámetros operacionales más adecuados (pH, intensidad, distancia y tiempo), se obtendrá un efluente apto para su reutilización en riego de vegetales Ate - Vitarte.
- Determinando la eficiencia del módulo de electrocoagulación, se podrá conocer los contaminantes que se eliminan en mayor magnitud con respecto a los demás.

3.2.2 Variables

3.2.2.1 Variable Independiente

Tratamiento del agua residual procedentes de lavadoras por el método de electrocoagulación.

3.2.2.2 Variable Dependiente

Reutilización en riego de vegetales del condominio jardines de Santa Clara de Ate Vitarte.

CAPÍTULO 4 :RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados

Para realizar el método de electrocoagulación se tuvo que diseñar la celda electroquímica. El dimensionamiento de la celda de electrocoagulación, celda tipo bach; para un nivel de prueba con una disposición de aplicar con 20 litros de agua residual. Los materiales usados para la fabricación de la celda fueron los siguientes:

- Cubeta de Vidrio (que permite considerar con precisión el tratamiento químico)
- Una fuente de poder
- Electrodo de aluminio y acero inoxidable
- Conectores polo positivo y negativo.
- Codos

Dimensiones de la celda de electrocoagulación: Ancho = 24 cm Largo = 30 cm y Altura= 20 cm.

Los electrodos tienen un espesor de 3 mm.

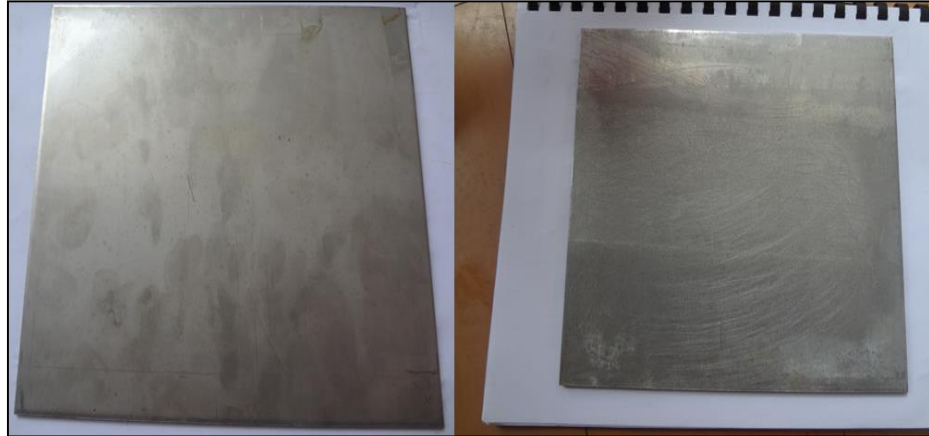


Figura 9. Los Electrodos de Acero Inoxidable y de Aluminio. Fuente. Elaboración Propia

4.1.1 Instalación de la celda electroquímica

La celda tiene una apariencia de un paralelepípedo rectangular con las siguientes mediciones (ver Figura 9). La celda está compuesta de tres zonas: El sector de la reacción: Donde sumirse los electrodos que elaboró el tratamiento de la electrolisis de oxidación y reducción.

- Sector de la flotación, se aglomeran los productos que fueron arrastrados por los gases generados (H_2 y O_2) de la reacción electroquímica.
- Zona de sedimentación, acumulación de sustancias sedimentables, se precipitan.
- Cubeta, Se ubica los electrodos a una distancia entre ellos, en forma de monopoles en paralelo (Aluminio-Acero-Aluminio, etc).

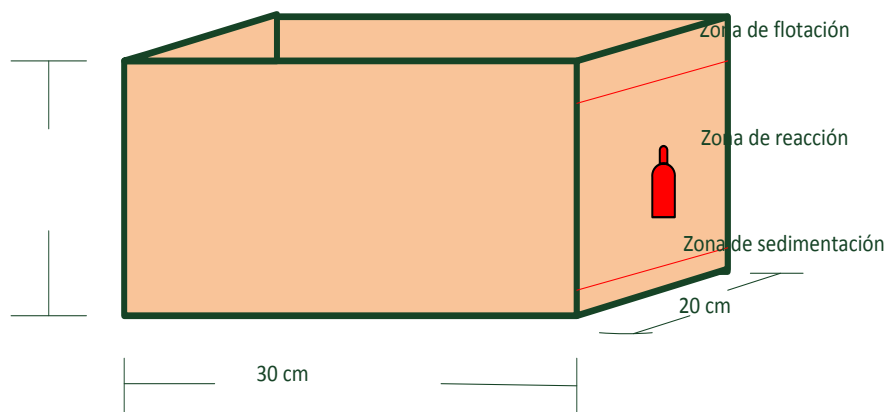


Figura 10. Dimensiones de la celda de electrocoagulación. Elaborado por el tesista.



Figura 11. La instalación de los electrodos de aluminio y acero inoxidable de una celda de electrocoagulación. Fuente. Elaboración por el tesista.

4.1.2 Fuente de Poder:

Esta fuente sirve para alimentar corriente continua, para producir reacciones electroquímicas en la celda, en este caso la fuente varía de acuerdo a las condiciones de operación, que se utilizó medidores digitales para el amperaje y voltaje, la fuente usada tiene una capacidad de 0 a 32 voltajes, para transformar de 0 a 12 amperios.



Figura 12. Equipo Instalado para el tratamiento de electrocoagulación. Elaboración por el tesista.

4.1.3 Instrumentos, reactivos y equipos utilizados

Para el buen manejo del proceso, se usaron distintos reactivos y equipos, los cuales ayudaron a medir las propiedades fisicoquímicas del efluente, y también acondicionar el sistema para el buen manejo.

Reactivos:

- Ácido sulfúrico al 98%
- Soda caustica 78%
- Agua destilada
- Pegamentos
- Cloruro de sodio
- Hidróxido de sodio
- Ácido clorhídrico (0.1%)
- Soda caústica (0.05M)

Materiales:

- Fuente de corriente continua
- Medidor digital (amperio, voltaje)
- Medidor de pH, conductímetro y termómetro
- Cronómetro
- Bureta
- Lija
- Papel filtro (0.45 μm)

4.1.4 Ensayos preliminares para el buen funcionamiento de la celda

Para ver la buena funcionalidad de la celda, se necesitó hacer algunos ensayos preliminares básicos, para ver su buen estado operativo, para ello se necesitó hacer la prueba con agua de caño.

Una vez instalado el sistema, se procede a verificar las correctas conexiones mediante el funcionamiento con muestra de agua de caño, para eso se ve si existe fugas en el pegado del vidrio, en la llave para las muestras, otro aspecto importante es la transferencia de electrones, que se refleja en la formación de burbujas (H_2 y O_2) en los electrodos, de aluminio y acero inoxidable se obtiene de iones de aluminio.

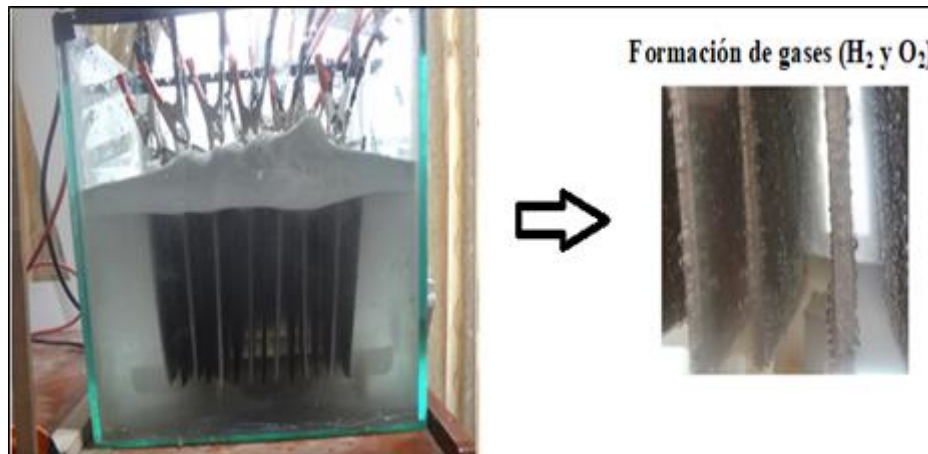


Figura 13. **Proceso de electrocoagulación con formación de gases.** Elaboración por el tesista

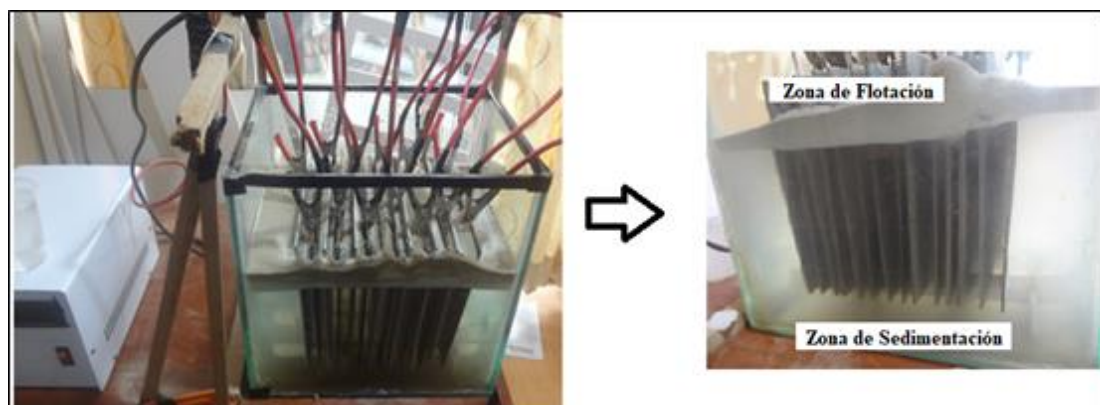
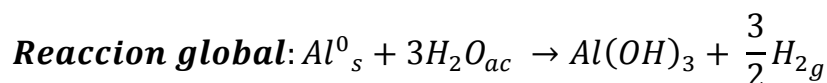
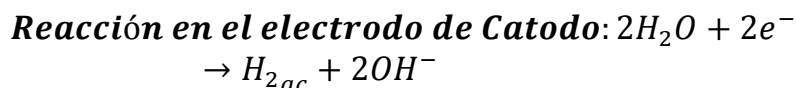
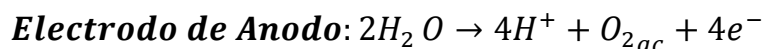
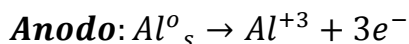


Figura 14. **Equipo instalado para el proceso de electrocoagulación.** Elaboración por el tesista

4.1.5 Las Reacciones Químicas que se muestra en una cámara electroquímica:



4.1.6 Caracterización de análisis físico-química y biológica del efluente.

Los efluentes procedentes de lavadoras son analizados antes y después de su tratamiento, para después ser comparada con los parámetros establecidos según la norma. Los análisis de los parámetros fisicoquímicos y orgánicos del efluente antes de su tratamiento se muestran en el siguiente cuadro.

Tabla 12

Resultados de parámetros fisicoquímicos y orgánicos del efluente antes de tratar

PARÁMETROS FISICO-QUÍMICO Y ORGÁNICO	RESULTADO
Aceites y grasas (mg/L)	21.61
Conductividad (µs/cm)	12.51
Demanda química de oxígeno (mg/L)	109
Demanda biológica de oxígeno (mg/L)	286
Detergente (SAAM)	7.2636
Sulfatos (mg/L)	297
Temperatura (°C)	24
Turbiedad (NTU)	85.5
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	615
pH	7.5

Fuente. Elaboración del tesista



Figura 15. Confrontación de la muestra inicial y la muestra final después del proceso de electrocoagulación. Elaboración del tesista



Figura 16. Medición el pH de las muestras. Elaboración del tesista

Se inicia las pruebas con temperatura ambiente y presión de ambiente, con las condiciones normales del condominio. Para ello se realizaron diferentes experimentos, uno de ellos es manteniendo algunos factores constantes en este caso, se mantuvo constante los números de electrodos y el área de electrodos. Los demás factores se alteraron en tres niveles entre ellos (distancia entre electrodos, intensidad, tiempo y pH), los niveles de cada factor se muestran en el diseño de investigación.

Por ser un efluente doméstico, se trató de cumplir con el objetivo planteado de esta investigación, lo cual es tratar de llegar a los parámetros establecidos por las entidades encargadas para el reusó del efluente en el riego de vegetales provenientes de lavadoras industriales, por lo cual se sacaron muestras en diferentes intervalos de tiempo: 10, 15, 20 minutos.

Otras variables a tener en cuenta es determinar el grado de influencia del pH sobre el proceso de electrocoagulación. Antes de empezar con las corridas, los electrodos fueron lijados y sumergidos en una solución de ácido clorhídrico de baja concentración (0.1%) y otra solución de soda cáustica (0.05 M), para eliminar los restos pegados en la superficie de los electrodos, al finalizar son lavados con agua destilada para su utilización. Se trabajó en base de 10 litros de efluente por cada corrida, se dividieron en tres grupos el efluente a tratar, se trabajó en tres niveles de pH las muestras tomadas antes y después de ser tratado. Que se enviaron a un laboratorio acreditado. Antes de cada corrida los electrodos se lijaron y se sumergieron en una solución de HCl (0.1%) en peso, y después se lavaron con agua destilada, todo estos pasos se repitieron para cada corrida. La eficiencia para cada corrida se evaluó conociendo las concentraciones iniciales y finales de la muestra. Antes de ser analizadas las muestras se filtraron con el filtro número 0.45 μm .

Con la finalidad de obtener resultados positivos del tratamiento del efluente y alcanzar los objetivos planteados, a continuación se muestran los diferentes ensayos con sus respectivos cuadros de caracterización del efluente antes de su tratamiento.

4.1.7 Ensayo a pH = 7.5 (a condiciones iniciales del efluente)

Para los tres primeros ensayos se trabajó con las condiciones iniciales de la muestra, sin alterar el pH, en este caso se combinó los factores de la intensidad, tiempo y distancia.

Tabla 13

Condiciones iniciales de la muestra a pH = 7.5

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICO Y ORGÁNICOS	RESULTADO
Aceites y grasas (mg/L)	21.61
Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	12.51
Demanda química de oxígeno (mg/L)	109
Demanda biológica de oxígeno (mg/L)	286
Detergente (SAAM)	7.264
Sulfatos (mg/L)	297
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	24
Turbiedad (NTU)	85.5
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	615
pH	7.5

FUENTE. Elaboración por el tesista.

En la siguiente tabla se muestran los tres experimentos al mismo pH de la muestra.

Tabla 14

Los tres experimentos al mismo pH = 7.5

INTENSIDAD (Amperio)	TIEMPO (minutos)	DISTANCIA ENTRE LOS ELECTRODOS (Centímetros)
3	15	1.5
5	20	1
8	10	2

FUENTE. Elaboración por el tesista

4.1.8 Ensayo a pH = 10 (Básico)

Para los siguientes tres experimentos se trabajó con un pH básico, el cual se logró llegar al pH indicado con ayuda de soda caustica, se trabajó con el pH básico para ver el rendimiento del tratamiento, ver cuánto se acerca a los límites permisibles del reúso. Para este caso también se combinaron los factores (intensidad, tiempo y distancia de electrodos).

Tabla 15

Condiciones iniciales de la muestra pH = 10

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICO Y ORGÁNICOS	RESULTADO
Aceites y grasas (mg/L)	21.61
Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	12.51
Demanda química de oxígeno (mg/L)	109
Demanda biológica de oxígeno (mg/L)	286
Detergente (SAAM)	7.264
Sulfatos (mg/L)	297
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	24
Turbiedad (NTU)	85.5
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	615
pH	10

FUENTE. Elaboración por el tesista

En el siguiente cuadro se muestran las tres siguientes corridas que se hacen a este pH 10

Tabla 16

Los tres experimentos a pH = 10

INTENSIDAD (Amperio)	TIEMPO (minutos)	DISTANCIA ENTRE LOS ELECTRODOS (Centímetros)
3	20	2
5	10	1.5
8	15	1

FUENTE. Elaboración por el tesista

4.1.9 Ensayo a pH = 5 (Ácido)

Para los restantes ensayos se bajó el pH de la muestra, hasta 5 (ácido), de igual manera se procedió como en los anteriores experimentos. A continuación se muestra la caracterización de la muestra a este pH.

Tabla 17

Condiciones iniciales de la muestra a pH = 5

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICO Y ORGÁNICOS	RESULTADO
Aceites y grasas (mg/L)	21.61
Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	12.51
Demanda química de oxígeno (mg/L)	109
Demanda biológica de oxígeno (mg/L)	286
Detergente (SAAM)	7.264
Sulfatos (mg/L)	297
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	24
Turbiedad (NTU)	85.5
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	615
pH	5

FUENTE. Elaboración por el tesista

En la siguiente tabla se muestran los tres experimentos realizados a pH ácido.

Tabla 18

Los tres experimentos a pH = 5

INTENSIDAD (Amperio)	TIEMPO (minutos)	DISTANCIA ENTRE LOS ELECTRODOS (centímetros)
3	10	1
5	15	2
8	20	1.5

FUENTE. Elaboración por el tesista

4.2 Pruebas de Hipótesis

Para poder empezar a realizar el proceso de electrocoagulación, se tuvo que diseñar y determinar los tipos de electrodos que debemos de usar, se realizaron, pruebas de buena instalación y las definitivas con la muestra.

Para la discusión y análisis de los resultados se clasifica en dos categorías:

a.- Equipo experimental.

b.- Los experimentos para determinar los porcentajes de remoción de los contaminantes.

4.2.1.1 Equipo de electrocoagulación

En la siguiente Figura 17, 18 y 19 se muestran la celda de electrocoagulación con sus respectivos componentes, y en la otra Figura 19 se muestra la celda completa de electrocoagulación para sus respectivos ensayos.

Características del módulo de electrocoagulación.

- El número de electrodos es 14 entre aluminio y acero inoxidable.
- Área efectiva de cada electrodo: 700 cm^2 (20 cm x 17.5 cm)
- Área total del ánodo: 4900 cm^2 .
- Volumen total de la celda: 14400 cm^3 (20 cm x 24 cm x 30 cm)
- Volumen de trabajo del efluente: 10 litros



Figura 17. Celda de electrocoagulación a una distancia de 1cm entre los electrodos. Elaboración del Tesista



Figura 18. Celda de electrocoagulación a una distancia de 1.5 cm entre los electrodos.
Elaboración del Tesista

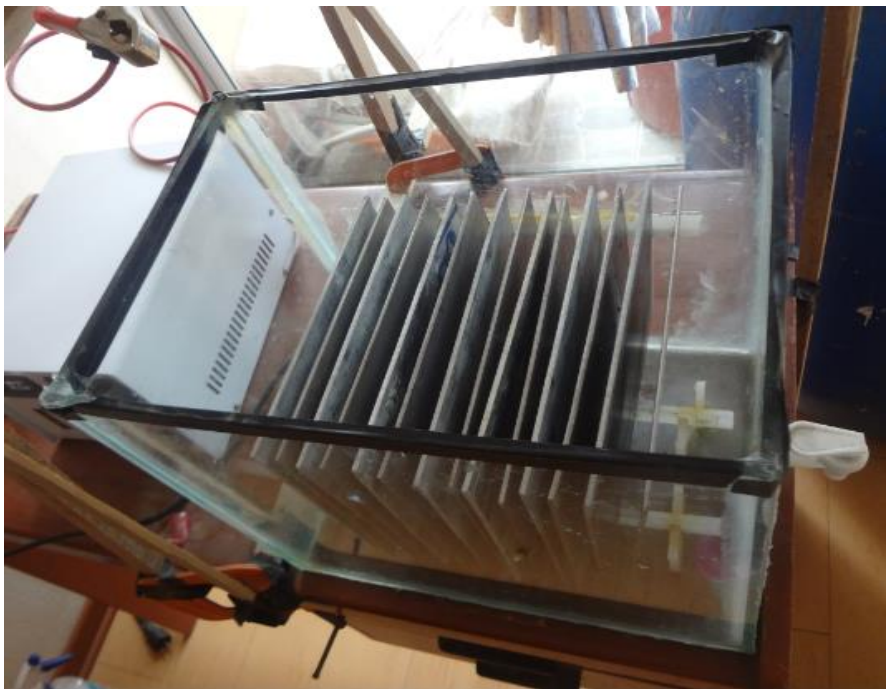


Figura 19. Celda de electrocoagulación a una distancia de 1.2 cm entre los electrodos.
Elaboración del Tesista



Figura 20. Celda de electrocoagulación terminada, lista para su utilización. Elaboración del Tesista

4.3 Presentación de Resultados

4.3.1 Los experimentos para determinar los porcentajes de remoción de los contaminantes.

Una vez realizada las corridas de los experimentos que en total son 9, se muestran en la siguiente tabla los resultados obtenidos a tres niveles de pH.

4.3.2 Resultados a pH = 7.5

Para esta condición inicial de muestra, se corrieron tres experimentos, haciendo una combinación con los parámetros de intensidad, tiempo y distancia de electrodos.

Los resultados después del tratamiento de los parámetros fisicoquímicos y orgánicos se muestran en la siguiente tabla

Tabla 19

Caracterización del efluente tratado para los tres experimentos a pH = 7.5

EXPERIMENTOS	INTENSIDAD (AMPERIOS)	TIEMPO (MINUTOS)	DISTANCIA DE ELECTRODOS (CENTÍMETROS)
Experimento 02	3	15	1.5
Experimento 05	5	20	1
Experimento 08	8	10	2
PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICO Y ORGÁNICOS	Experimento 02	Experimento 05	Experimento 08
Aceites y grasas (mg/L)	16.4	4.1	15.61
Conductividad (µs/cm)	12.3	11.66	12.35
Demanda química de oxígeno (mg/L)	47	10	78
Demanda biológica de oxígeno (mg/L)	123	79	164
Detergente (SAAM)	7.186	6.9099	7.152
Sulfatos (mg/L)	271.3	257.2	273.5
Temperatura (°C)	24.7	25.5	24.2
Turbiedad (NTU)	28	0.84	53.9
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	97	25	153

FUENTE. Elaboración por el tesista

De los datos anteriores se concluye que el experimento 5 con el pH = 7.5, da buenos resultados que están dentro de los valores máximos permisibles, por lo tanto con respecto a la remoción de los sólidos totales suspendidos, turbiedad y demanda química de oxígeno se reduce de 615 mg/L, 85.8 NTU y 286 mg/L (ver tabla 14) a 25 mg/L, 0.84 NTU y 10 mg/L respectivamente

Tabla 20

Caracterización del efluente tratado para los tres experimentos a pH = 7.5

Experimentos	Intensidad (Amperios)	Tiempo (Min.)	Distancia de electrodos (cm)	Demanda química de oxígeno (mg/L)	Turbiedad (NTU)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	% Remoción de DQO	% Remoción de Turbiedad	% Remoción de SST
2	3	15	1.5	47	28	97	56.88	67.25	84.23
5	5	15	2	10	0.84	25	90.83	99.02	95.93
8	8	20	1.5	78	53.9	153	28.44	36.96	75.12

FUENTE. Elaboración por el tesista

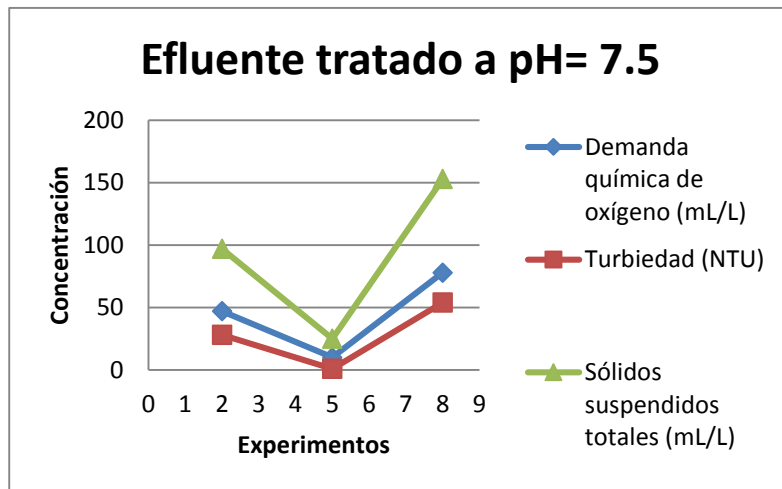


Gráfico 1. Efluente tratado de los parámetros de DQO, Turb. y SST a pH = 7.5

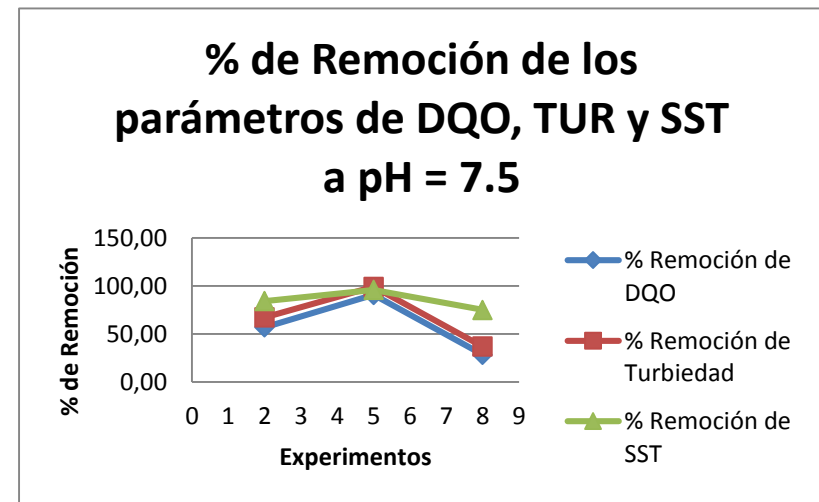


Gráfico 2. % de remoción de los parámetros de DQO, Turb y SST a pH = 7.5

4.3.3 Experimento con pH = 5

En este grupo de ensayos, la muestra se tuvo que bajar a un pH de 5, para ver el rendimiento, igual que el anterior aquí se trabajó con tres experimentos, haciendo una combinación de intensidad, tiempo y distancia de electrodos.

En el siguiente cuadro se muestran los resultados del tratamiento del efluente de los tres experimentos

Tabla 21

Caracterización del efluente tratado para los tres experimentos a pH = 5

EXPERIMENTOS	INTENSIDAD (AMPERIOS)	TIEMPO (MINUTOS)	DISTANCIA DE ELECTRODOS (CENTÍMETROS)
Experimento 01	3	10	1
Experimento 04	5	15	2
Experimento 07	8	20	1.5
PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICO Y ORGÁNICOS	Experimento 01	Experimento 04	Experimento 07
Aceites y grasas (mg/L)	15.42	10.9	7.6
Conductividad (µs/cm)	12.35	12.1	11.95
Demanda química de oxígeno (mg/L)	71	60	18
Demanda biológica de oxígeno (mg/L)	187	95	89
Detergente (SAAM)	7.198	7.09	6.952
Sulfatos (mg/L)	275	268	239
Temperatura (°C)	24.5	24.9	25.6
Turbiedad (NTU)	62	23	10.5
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	198	83	46

FUENTE. Elaboración por el tesista

De los datos obtenidos se puede decir que el que está más cerca a los parámetros a los valores máximos permisibles para riego de vegetales es el experimento número 3 con 8 de amperios, 15 minutos y 1 centímetro de distancia entre los electrodos.

Tabla 22

Caracterización del efluente tratado para los tres experimentos a pH = 5

Experimentos	Intensidad (Amperios)	Tiempo (Min.)	Distancia de electrodos (cm)	Demanda química de oxígeno (mg/L)	Turbiedad (NTU)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	% Remoción de DQO	% Remoción de Turbiedad	% Remoción de SST
1	3	10	1	71	62	198	34.86	27.49	67.80
4	5	15	2	60	23	83	44.95	73.10	86.50
7	8	20	1.5	18	10.5	46	83.49	87.72	92.52

FUENTE. Elaboración por el tesista

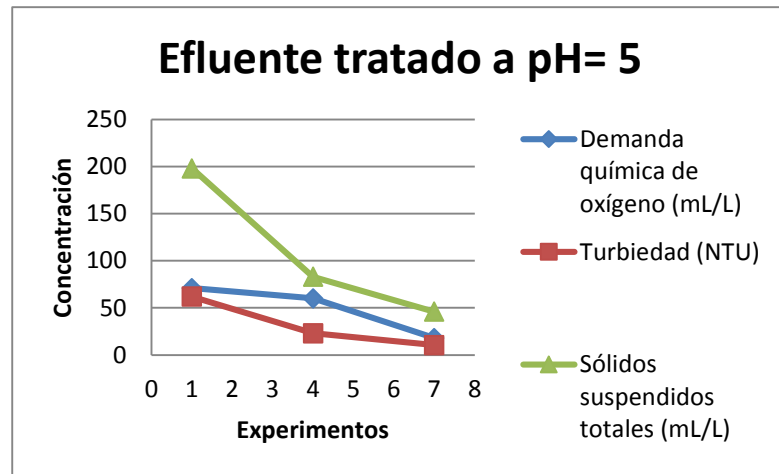


Gráfico 3. Efluente tratado de los parámetros de DQO, Turb. y SST a pH = 5

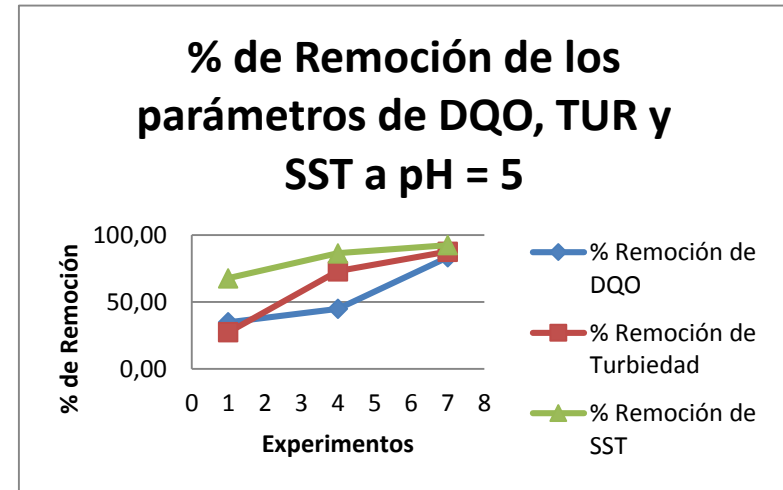


Gráfico 4. % de remoción de los parámetros de DQO, Turb y SST a pH = 5

4.3.4 Resultados a pH = 10

Para este grupo de experimentos se trabajó con una muestra de pH diferente a la muestra original, se agregó soda caústica para subir el pH hasta llegar a 10, los tres experimentos que se realizaron ha sido en combinación con los tres factores (amperios, tiempo y distancia entre electrodos).

En el siguiente cuadro se muestran los resultados de los tres experimentos realizados al mismo pH.

Tabla 23

Caracterización del efluente tratado para los tres experimentos a pH = 10

EXPERIMENTOS	INTENSIDAD (AMPERIOS)	TIEMPO (MINUTOS)	DISTANCIA DE ELECTRODOS (CENTÍMETROS)
Experimento 03	3	20	2
Experimento 06	5	10	1.5
Experimento 09	8	15	1
PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICO Y ORGÁNICOS	Experimento 03	Experimento 06	Experimento 09
Aceites y grasas (mg/L)	15.6	14.4	10.6
Conductividad (µs/cm)	12.03	12.4	12.01
Demanda química de oxígeno (mg/L)	35	79	41
Demanda biológica de oxígeno (mg/L)	105	175	105
Detergente (SAAM)	7.135	7.106	70.013
Sulfatos (mg/L)	267.5	278	241
Temperatura (°C)	25	24.8	24.3
Turbiedad (NTU)	15	57	13.5
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	61	142	50

FUENTE. Elaboración por el tesista

Tabla 24

Caracterización del efluente tratado para los tres experimentos a pH = 10

Experimentos	Intensidad (Amperios)	Tiempo (Min.)	Distancia de electrodos (cm)	Demanda química de oxígeno (mg/L)	Turbiedad (NTU)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	% Remoción de DQO	% Remoción de Turbiedad	% Remoción de SST
3	3	20	2	35	15	61	67.89	82.46	90.08
6	5	10	1.5	79	57	142	27.52	33.33	76.91
9	8	15	1	41	13.5	50	62.39	84.21	91.87

FUENTE. Elaboración por el tesista

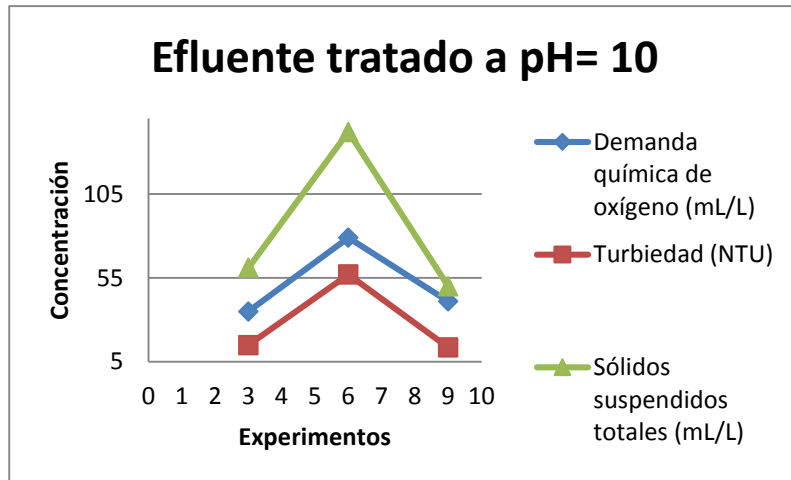


Gráfico 5. Efluente tratado de los parámetros de DQO, Turb. y SST a pH = 10

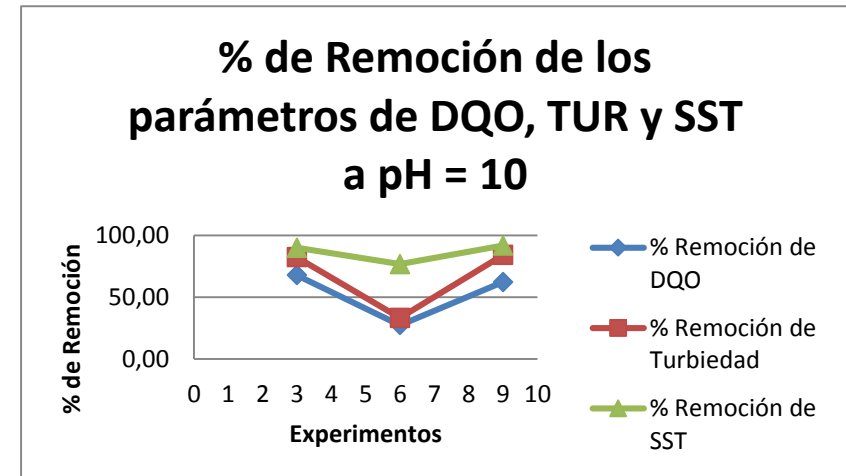


Gráfico 6. % de remoción de los parámetros de DQO, Turb. y SST a pH = 10

4.3.5 Resultados mediante el software de Minitad

Diseño de Taguchi

Diseño Taguchi de arreglo ortogonal

Arreglo de Taguchi L9(3 ⁴)	
Factores:	4
Corridas:	9

Columnas del arreglo de L9 (3⁴): con los factores: 1, 2, 3 y 4

A. Análisis de Taguchi: Turbiedad, Sólidos totales suspendidos, Demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno vs. Intensidad, tiempo, pH y Distancia

Tabla 25

Tabla de las medias de los parámetros de turbiedad, sólidos totales suspendidos, demanda química de oxígeno en relación con las variables

Nivel	INTENSIDAD	pH	TIEMPO	DISTANCIA
1	85.75	78.54	118.33	70.20
2	69.07	71.56	63.79	75.96
3	68.49	73.21	41.20	77.16
Delta	17.26	6.98	77.13	6.96
Clasificar	2	3	1	4

FUENTE. Elaboración por el tesista

En la tabla 25, tabla de respuesta para medias de turbiedad, sólidos totales suspendidos, demanda química de oxígeno en relación con las 4 variables, se identifica que el factor que tiene mayor efecto es el tiempo, el cual tiene una clasificación de 1, seguidamente de la Intensidad, pH y distancia con rangos de clasificación de 2, 3 y 4 respectivamente. Asimismo, para el factor tiempo, en el nivel 1 el promedio máximo para las medias es 118.33 y el promedio en el nivel 3 es 41.20.

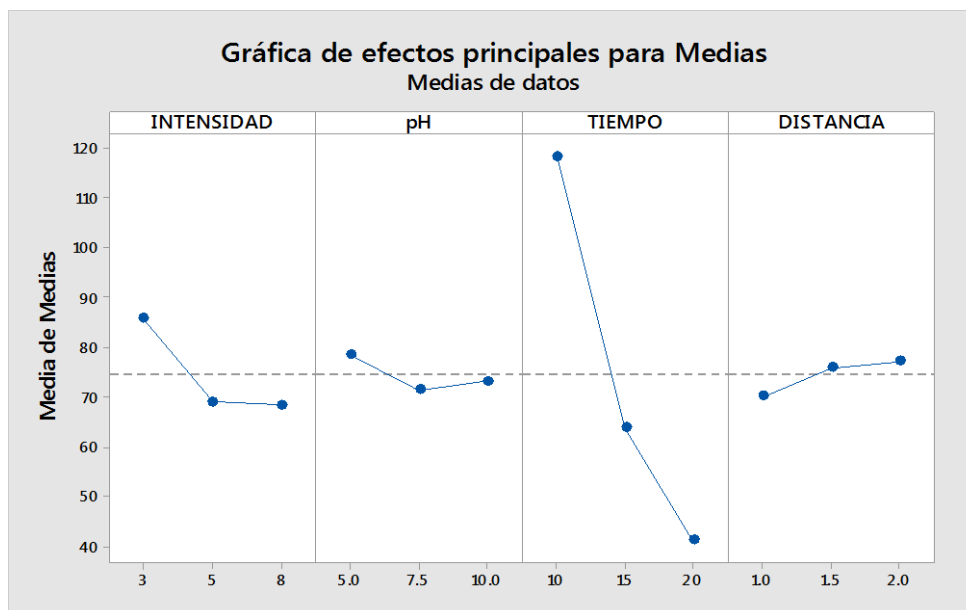


Gráfico 7. Los Efectos principales para medias de las variables de intensidad, pH, tiempo y distancia

En el gráfico 7, se observa los efectos principales para la medias de la variable sólidos totales suspendidos, muestra que el tiempo tiene el mayor efecto seguido de la Intensidad en relación a los demás factores, Además, el tiempo promedio de 10 min., e intensidad de 3 amperios tienen una relación más alta; a diferencia del pH e intensidad que tienen un menor efecto.

4.3.6 Análisis de Taguchi: Turbiedad vs. (Intensidad, pH, tiempo y distancia).

Tabla 26

Tabla de respuesta para medias del parámetro de turbiedad con las 4 variables

Nivel	INTENSIDAD	pH	TIEMPO	DISTANCIA
1	35.000	31.833	57.633	25.447
2	26.947	27.580	21.500	31.833
3	25.967	28.500	8.780	30.633
Delta	9.033	4.253	48.853	6.387
Clasificar	2	4	1	3

FUENTE. Elaboración por el tesista

En la tabla 26; tabla de la respuesta para medias del parámetro de turbiedad con las 4 variables, se identifica que el factor que tiene mayor efecto es el tiempo, el cual tiene una clasificación de 1, seguidamente de la Intensidad, distancia y pH con rangos de clasificación de 2, 3 y 4 respectivamente. Asimismo, para el factor tiempo, en el nivel 1 el promedio máximo para las medias es 57.633 y el promedio en el nivel 3 es 8.780.

A continuación podemos observar en la gráfica las medias de las variables de la intensidad, pH, tiempo y distancia

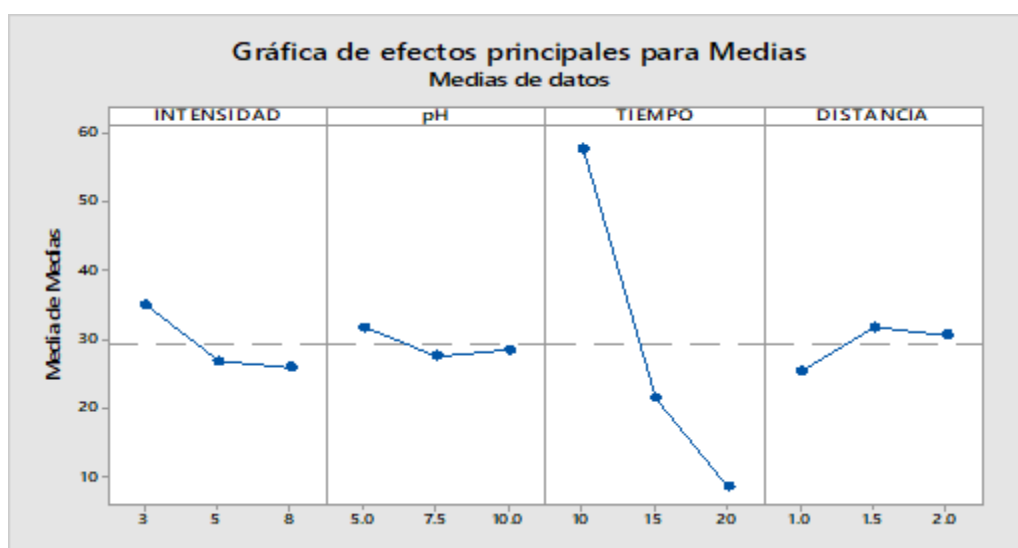


Gráfico 8. Gráfica de efectos principales para las medias de la variable de Turbiedad

En el gráfico 8, se observa los efectos principales para las medias de la variable de turbiedad, muestra que el tiempo es el mayor efecto en relación a los demás factores, Además, el tiempo promedio de 10 min. Tiene una relación más alta con la turbiedad; seguidamente de una intensidad de 3 amperios a diferencia de la distancia y el pH que tienen un menor efecto

4.3.7 Análisis de Taguchi: Demanda Química de Oxígeno vs. (Intensidad, pH, Tiempo, Distancia).

Tabla 27

Tabla de respuesta para medias del parámetro de la demanda química de oxígeno con las 4 variables

Nivel	INTENSIDAD	pH	TIEMPO	DISTANCIA
1	51.00	49.67	76.00	40.67
2	49.67	45.00	49.33	48.00
3	45.67	51.67	21.00	57.67
Delta	5.33	6.67	55.00	17.00
Clasificar	4	3	1	2

FUENTE. Elaboración por el tesista

En la tabla 27, tabla de respuesta para medias de la demanda química de oxígeno con las 4 variables, se identificó que el factor que tiene mayor efecto es el tiempo, el cual tiene una clasificación en 1, seguidamente de la distancia, pH e intensidad con rangos de clasificación de 2, 3 y 4 respectivamente. Asimismo, para el factor tiempo, en el nivel 1 el promedio máximo para las medias es 76.00 y el promedio en el nivel 3 es 21.00.

A continuación podemos observar en la gráfica las medias de las variables de la intensidad, pH, tiempo y distancia

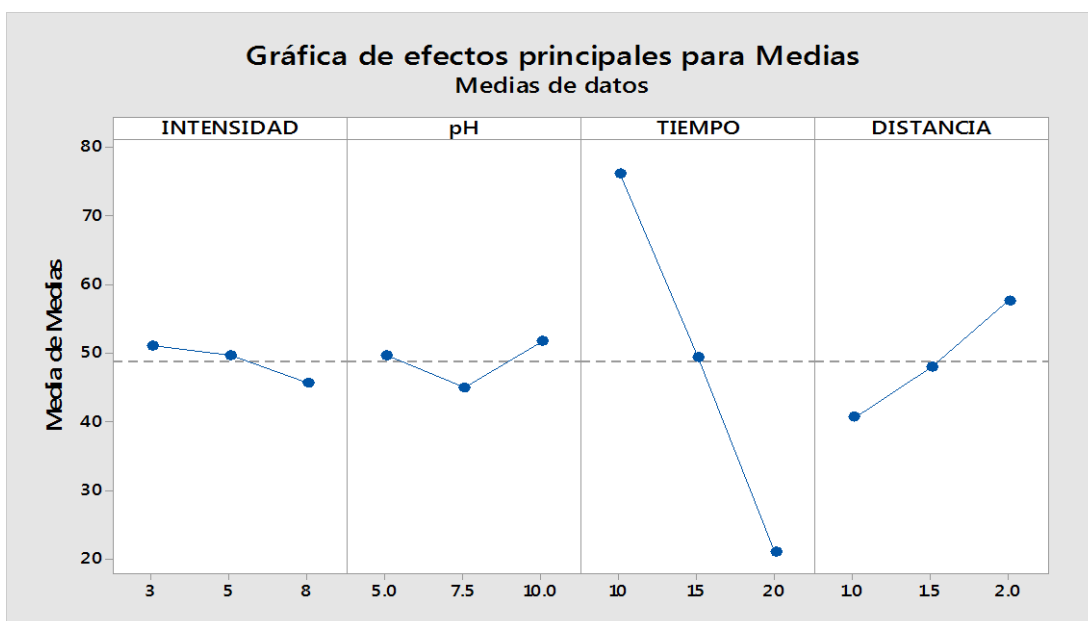


Gráfico 9. Gráfica de efectos principales para las medias de la variable de la demanda química de oxígeno

En el gráfico 9, se observa los efectos principales para la medias de la variable demanda química de oxígeno, muestra que el tiempo tiene el mayor efecto en relación a los demás factores, Además, el tiempo promedio de 10 min. Tiene una relación más alto con la demanda química de oxígeno; seguidamente con la distancia de 2 cm a diferencia de la distancia, pH e intensidad que tienen un menor efecto.

4.3.8 Análisis de Taguchi: Sólidos totales suspendidos vs. (Intensidad, pH, tiempo y distancia).

Tabla 28

Tabla de respuesta para medias del parámetro de los sólidos totales suspendidos con las 4 variables

Nivel	INTENSIDAD	pH	TIEMPO	DISTANCIA
1	118.67	109.00	164.33	91.00
2	83.33	91.67	76.67	95.00
3	83.00	84.33	44.00	99.00
Delta	35.67	24.67	120.33	8.00
Clasificar	2	3	1	4

FUENTE. Elaboración por el tesista

En la tabla 28, tabla de respuesta para medias de los sólidos totales suspendidos con las 4 variables, se identifica que el factor que tiene mayor efecto es el tiempo, el cual tiene una clasificación de 1, seguidamente de la Intensidad, pH y la distancia con rangos de clasificación de 2, 3 y 4 respectivamente. Asimismo, para el factor tiempo, en el nivel 1 el promedio máximo para las medias es 164.33 y el promedio en el nivel 3 es 44.00.

A continuación podemos observar en la gráfica de las medias de las variables de la intensidad, pH, tiempo y distancia para el parámetro de sólidos totales suspendidos.

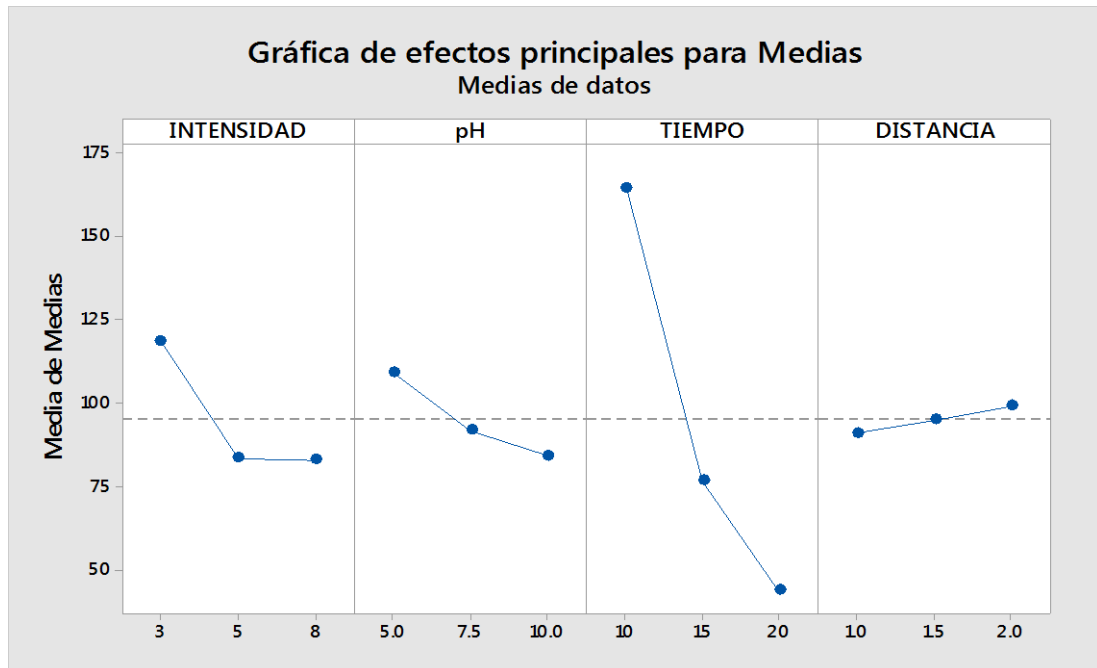


Gráfico 10. Gráfica de efectos principales para las medias de la variable del parámetro de sólidos totales suspendidos

En el gráfico 10, se observa los efectos principales para la medias de la variable de los sólidos totales suspendidos, muestra que el tiempo tiene el mayor efecto en relación a los demás factores, Además, el tiempo promedio es de 10 minutos que tiene una relación más alta con los sólidos totales suspendidos; seguidamente una Intensidad de 3 amperios y el pH de 5 a diferencia de la distancia que tiene un menor efecto.

4.3.9 Análisis de ANOVA

Tabla 29

Tabla ANOVA. Turbiedad respecto a la intensidad, pH, tiempo y distancia

Factores	DF	SS	Contribución	F-valor	p-valor
Intensidad	1	108.51	2.65%	1.22	0.331
pH	1	16.67	0.41%	0.19	0.687
Tiempo	1	3579.97	87.30%	40.32	0.003
Distancia	1	40.35	0.98%	0.45	0.537
Error	4	355.16	8.66%		

FUENTE. Elaboración por el tesista

De la tabla 29, tabla ANOVA, muestra los parámetros: Intensidad, pH, tiempo y distancia respecto a la turbiedad, los valores del p-valor (significativo) se encuentra en el parámetro tiempo (p-valor =0.003) el cual tiene una contribución del 87.30% sobre la explicación de respuesta, en comparación a los otros factores que no son significativos. Asimismo, este resultado confirma lo realizado en el diseño experimental de Taguchi (ver gráfico 8), el cual se identificó el factor que tiene mayor efecto es el tiempo.

Tabla 30

Tabla ANOVA. Demanda química respecto a la intensidad, pH, tiempo y distancia

Factores	DF	SS	Contribución	F-valor	p-valor
Intensidad	1	44.96	0.88%	2.58	0.183
pH	1	6	0.12%	0.34	0.589
Tiempo	1	4537.5	89.12%	260.79	0.000
Distancia	1	433.5	8.51%	24.92	0.008
Error	4	69.6	1.37%		

FUENTE. Elaboración por el tesista

De la tabla 30, tabla ANOVA, muestra los parámetros: Intensidad, pH, tiempo y distancia respecto a la demanda química de oxígeno, los valores del p-valor (significativo) se encuentran en los parámetros: Tiempo (p-valor = 0.000) y distancia (p-valor = 0.008); los cuales presentan una contribución del 89.12% y 8.51% respectivamente sobre la explicación de respuesta, en comparación a los otros factores que no son significativos. También, este resultado confirma lo realizado en el diseño experimental de Taguchi (ver figura 9), el cual identificó los factores que tienen mayor efecto es el Tiempo y Distancia.

Tabla 31

Tabla ANOVA. Residuos suspendidos respecto a la intensidad, pH, tiempo y distancia

Factores	DF	SS	Contribución	F-valor	p-valor
Intensidad	1	1644.7	6.13%	2.70	0.176
pH	1	912.7	3.40%	1.50	0.288
Tiempo	1	21720.2	81.01%	35.63	0.004
Distancia	1	96.0	0.36%	0.16	0.712
Error	4	2438.4	9.09%		

FUENTE. Elaboración por el tesista

De la tabla 31, tabla ANOVA, muestra los parámetros: Intensidad, pH, tiempo y distancia respecto a los sólidos suspendidos, el valor del p-valor (significativo) se encuentra en el parámetro tiempo (p-valor = 0.004); el cual presenta una contribución del 81.01% sobre la explicación de respuesta, en comparación a los otros factores que no son significativos. Asimismo, este resultado confirma lo realizado en el diseño experimental de Taguchi (ver gráfico 10), el cual identificó el factor que tiene mayor efecto es el tiempo.

4.3.10 Discusión de Resultados

4.3.10.1 Efecto de los parámetros operacionales en la celda de electrocoagulación

La celda de electrocoagulación construido a escala laboratorio tipo bach, tiene un buen funcionamiento en el tratamiento de los efluentes provenientes de lavadoras, con la cual se llegó a cumplir los objetivos.

Cuando se trabajó con los parámetros operacionales de 7.5 de pH, 5 Amperios de Intensidad, 15 minutos de tiempo y 2 centímetros de distancia entre electrodos, donde ofrece una mejor alternativa de ejecución, obteniéndose como resultado una buena eliminación de contaminantes de naturaleza orgánica e inorgánica (turbiedad, Demanda Química de Oxígeno y SST).

a) Efecto de la Intensidad de corriente

De la tabla 22, se observó que cuando se empieza a intensidad de 3 amperios, se nota una baja disminución en la remoción de la turbiedad, alcanzando a 27.49 %, con respecto a DQO se llega a 34.86 % y respecto a SST a 67.8 %. Esto se debe a que a bajas intensidades de corriente no hay una buena electrodisolución del ánodo por lo cual se genera pocos iones de aluminio para luego hidrolizarse en compuestos monómeros y poliméricos, otro punto importante a tener a cuenta es la poca producción de gas hidrógeno en el cátodo, que de alguna manera ayuda a eliminar por flotación a sólidos suspendidos y coloides (Kobyra, Akyol, Demirbas, & Oncel, 2014).

Mientras en la tabla 22, se muestra el experimento 7 con 8 amperios, tiempo de 20 y una distancia de 1 cm de electrodos, donde se observó una remoción de 87.72 % de turbiedad, 83.49 % en DQO y 92.52 % de SST. La alta remoción se reflejó a la presencia de iones de aluminio liberados por la oxidación anódica, cuanto más densidad mayor formación de monómeros y polímeros, los cuales actúan sobre los componentes del afluente (Barıscı & Turkay, Domestic greywater

treatment by electrocoagulation using hybrid hybridelectrode combinations, 2016).

b) Efecto de tiempo

El tiempo de operación sobre el rango de trabajo (10,15 y 20 minutos) para un efecto de turbiedad, DQO y SST, En la tabla 22, se muestra en el experimento 7 con 20 minutos para el incremento de la respuesta, como se observa en la tabla 22, llegando a 87.72 % de remoción en turbiedad, 83.49 % en DQO y 92.52% en SST. Esto se debe a que a mayores tiempos de operación hay mayor cantidad de iones de aluminio liberados para formar flóculos. Por lo tanto también hay incremento en la concentración de iones aluminio.

Mientras en la tabla 24, se trabaja a un tiempo de 10 minutos solo se logra disminuir a 33.33% en turbiedad, 27.52% en DQO y 67.80 % en SST. En la revista de (Barisci & Turkay, Domestic greywater treatment by electrocoagulation using hybrid hybridelectrode combinations, 2016), se tomó como referencia un tiempo único el cual corresponde a 30 minutos como una constante, en la mayoría de los trabajos al tiempo lo consideran un parámetro fijo para cada corrida.

c) Efecto de pH

El efecto del pH en el rango de (5, 7.5 y 10) sobre la turbiedad, DQO y SST para una buena remoción se ve en la tabla 20, 22 y 24, llegando a 99.02% en turbiedad, 90.83 % en DQO y 95.93 % en SST a pH de 7.5. Esta eficiencia superior se explica porque a pH neutro hay mayor probabilidad de formación de hidróxido de aluminio en la cual ocurre el fenómeno de adsorción, cuando la solución tiene pH ácido en el proceso el pH empieza a subir, porque en el ánodo se oxida el agua formando cationes de hidrógeno, la mayor remoción se da en el rango de 7 a 8.5 de pH (Jimenez, Sáez, Martinez, & Cañizares, 2012).

d) Efecto de la distancia

La distancia entre los electrodos, el contaminante que afecta fue sobre por la remoción de turbiedad, DQO y SST, en un rango de distancia (1, 1.5 y 2 cm). En la tabla 20, 22 y 24 muestra la mayor remoción de turbiedad a 1 cm en 84.21 %, a 62.39% en DQO y 91.87 % en SST. Y una baja remoción se da en el nivel de 2 cm, el fenómeno ocurre porque a mayor distancia el efecto de migración es baja por lo tanto se requiere mayor potencia, lo cual lleva a un costo extra cuando se trabaja a una distancia de 1 centímetro (Hu, Lo, & Kuan, 2003).

Tabla 32

Comparación de los resultados con las normativas de ECAS y VMA

PARÁMETRO	UNID AD	ECAS D.S. N°004- 2017- MINAM	VMA D.S. 021- 2009- VIVIEND A	Agua tratada
		CAT. 3Riego de vegetales y bebida de animales	Descarg a al sistema alcantaril lado	Método de electro coagula ción
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/L	15	500	79
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	40	1000	10
Sólidos suspendidos totales (S.S.T.)	mg/L		500	25
Aceite y grasas (AyG)	mg/L	5	100	4.1
pH		6,5 a 8,5	6 a 9	7.5
Sulfatos	mg/L	1000	500	257.2
Conductividad eléctrica	us/cm	2500		11.66
Temperatura	°C	Δ3	>35	25.5
SAMM	mg/L			6.91
Turbiedad	NTU			0.84

FUENTE. DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM, D.S. N° 021-2009-VIVIENDA y el resultado de la investigación del tesista.

De la tabla 32, se puede observar la comparación de los resultados del efluente tratado por el método electrocoagulación que se encuentra numéricamente por debajo de las normativas de las ECAS y VMA.

CAPÍTULO 5 :IMPACTOS

Con este trabajo de investigación, se requiriere motivar y contribuir en solucionar los problemas sobre la escases del agua potable y así poder reusar el agua residual, minimizando el consumo y el costo del agua potable, es decir reutilizar el agua consumida para otros servicios, que este trabajo es para regar vegetales.

5.1 Propuesta para la Solución del Problema

La propuesta para la solución del problema de las agua residuales procedentes de lavanderías, en nuestra época cada familia posee una lavadora donde son las más usadas y que utilizan abundante agua potable.

La propuesta es para solucionar el uso excesivo del agua potable y aprovechar el agua residual para el riego de los vegetales; es de proponer la utilización de un método de electrocoagulación en un tipo batch, usando electrodos con un solo polar conectados en paralelo de forma sencilla, que está formado por una celda electroquímica; siendo los electrodos ánodo y cátodo, montados en forma vertical y que a la vez estarán conectados a una fuente de energía externa.

El desarrollo de la electrocoagulación utiliza el flujo de la corriente eléctrica, a través de las láminas metálicas paralelas de aluminio y acero inoxidable, para inestabilidad los sólidos presentes en el agua residual, que se encuentran como sólidos totales suspendidos, sólidos sedimentales, sólidos totales disueltos o emulsificador. El flujo de corriente eléctrica suministra la energía electromotriz, que induce a la producción de las reacciones químicas que desestabilizan los contaminantes presente en el efluente residual que se encuentra suspendidas como; coloidales o emulsificador, forman componentes hidrofóbicos que se precipitan y/o flotan y que se pueden revolver sencillamente por algún método de separación.

5.2 Costos de Implementación de la propuesta

Para la implantación de la propuesta de tratamiento de agua residual procedentes de lavadoras utilizando el método de electrocoagulación se requiere financiar económicamente y diseñar el proceso de tratamiento, donde podemos considerar el siguiente cuadro de costos:

Tabla 33

Costos para construir el equipo de tratamiento del agua residual

Equipos, Materiales y reactivos	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo total (S/)
Electrodos de Aluminio	unidad	7	10	70
Electrodo de acero Inoxidable	unidad	7	20	147
Fabricación de la celda electroquímica	unidad	1	70	70
Cables	m	5	3	15
Cocodrilos	unidad	14	5	70
Transformador o fuente de energía	unidad	1	800	800
Total				1172

FUENTE. Elaboración por el tesista

Tabla 34

Costo de análisis de las muestras del agua residual y tratada

Equipos, Materiales y reactivos	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total (S/)
Solución de pH	unidad	1	30	30
Solución de Conductividad	unidad	1	30	30
Solución de conservación	unidad	1	30	30
DQO	unidad	10	40	400
DBO	unidad	10	45	450
Turbiedad	unidad	10	30	300
Nitratos	unidad	10	30	300
TSS	unidad	10	30	300
AYG	unidad	10	35	350
ICP METALES TOTALES	unidad	10	40	400
Sulfatos	unidad	10	30	300
Sulfuros	unidad	10	30	300
Tarifa de energía eléctrica	unidad	1 kw/h	0.4769	0.4769
Milti-tester	unidad	1	200	200
Total				3390.477

FUENTE. Elaboración por el tesista

Tabla 35

Costos administrativos

Equipos, Materiales y reactivos	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Costo de Asesoramiento	unidad	4	500	2000
Papel	unidad	2	50	100
Impresión	unidad	2300	0.2	460
Anillado	unidad	5	15	75
Empastado	unidad	8	20	160
Total				2795

FUENTE. Elaboración por el tesista

5.3 Beneficios que Aporta la Propuesta

Los beneficios que nos proporciona el tratamiento de agua residual, usando el método de electrocoagulación son los siguientes:

Aspecto Ambiental:

- En el proyecto de investigación utilizamos electrodos y corriente eléctrica para poder desestabilizar los contaminantes presentes en el agua residual para que luego sedimente, que en el tratamiento convencional utilizan reactivos químicos en el proceso de tratamiento, generando residuos líquidos, gases y sólidos, que a lo posterior estaríamos contaminando al medio ambiente, como un método alternativo.
- Regar las Áreas Verdes como los jardines, glorietas, centros recreativos, campos deportivos, fuentes de ornato, parques y centros recreativos.
- Mayor eficacia en remover, los diversos contaminantes presentes en el agua residual.

Aspecto Económico:

- Desde el punto de vista de la demanda de agua al nivel urbano, se realizó el estudio del costo de tratamiento, que a comparación con lo convencional la tarifa del suministro de agua es mucho menor.
- Se purifica el agua, utilizando una técnica innovadora con eficaz y permitiendo su reciclaje a bajos costos.

Aspecto Social:

- Se puede generar agua potable, incolora e inodora agregando un proceso de tratamiento de desinfección como por ejemplo el de ozono.
- Se produce barro más sólido y en pequeña dosis, lo que compromete mínimo preocupación para distribuir los lodos.

Se elabora lodos consistentes y en cantidades pequeñas, donde hay menos *cantidad de residuos sólidos*.

CONCLUSIONES

- El objetivo de este trabajo experimental fue de evaluar el método de electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales procedentes de lavadoras, para la utilización en riego de vegetales; donde se evaluó que el método de electrocoagulación es un diseño con una celda electroquímica tipo bach, con electrodos de aluminio y acero inoxidable (aleación de acero) teniendo una capacidad promedio de 10 Litros de agua, que se utilizó para regar los vegetales del condominio Jardines de Santa Clara de Ate Vitarte cumpliendo con las normativas de las ECAS de la categoría 3 para riego de vegetales.
- Las aguas residuales recogidas de los domicilios del condominio Jardines de Santa Clara de Ate Vitarte fue de 18 muestras, donde se caracterizó cualitativamente los parámetros de pH, Color, Temperatura, Conductividad eléctrica, aceite y grasas, sólidos totales suspendidos, turbiedad y demanda química de oxígeno, que se estableció para optimizar el diseño de investigación las condiciones de operación de pH (5, 7.5 y 10), distancia entre electrodos (1, 1.5 y 2 cm), flujo de corriente (3, 5 y 8 amperios) y un tiempo de (10, 15 y 20 minutos).
- Se evaluó que en las mejores condiciones de operación para la reducción de los contaminantes, fue el experimento número 5 con un pH = 7,5; intensidad de 5 amperios, distancia de 2 cm y un tiempo de permanencia de un promedio de 15 min.
- Se determinó que los factores principales que contribuye a la buena eficiencia del módulo de electrocoagulación, Según los resultados obtenidos para el tiempo de 15 minutos, intensidad 5 amperios,

distancia 2 centímetros y pH 7.5, según la tabla 20 dieron resultados como 99.02% en remoción de turbiedad, 90.83% en DQO y 95.93% en SST. Logrando optimizar los parámetros de la celda de electrocoagulación.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere colocar una unidad de tratamiento de lodos y de desinfección para aprovechar en realizar los lodos para abono orgánico y el agua pasar por un etapa final de desinfección ya sea utilizando la ozonificación para posterior usos como agua potable para el consumo humano.
- Los electrodos de sacrificio utilizados en el proceso de electrocoagulación es el primero en agotarse, donde se va requerir ser reemplazados con regularidad debido a su deterioro en el procedimiento del proceso de oxidación.
- Al momento de instalar el cableado con los electrodos no se deben juntar los cables ni mucho menos las placas de aluminio con la plancha de acero inoxidable debido que pueda ocurrir un corto circuito.
- Se sugiere extender el estudio de investigación del proceso de electrocoagulación con electrodos de cobre y acero inoxidable en aguas residuales industriales, para conseguir el buen rendimiento o eficiencia del proceso, el agua para consumo humano.
- Para otras investigaciones se sugiere diseñar sistemas que ayuden a limpiar los electrodos, porque las capas formadas en los electrodos impiden una buena transferencia de electrones, bajar la polaridad.

- Se determinaron las mejores condiciones operacionales para obtener una buena eficiencia en el porcentaje de remoción del DQO, Turbiedad y SST presente en el agua residual procedente de lavadoras, en el experimento 5 con los factores de 5 A, tiempo de 15 minutos y a una distancia de 2 cm, logrando el porcentaje de remoción de Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 90.83%, 99.02 % de Turbiedad y 95.93% de Solidos totales suspendidos (SST)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar Ascon, E. A. (2015). *Evaluación de la eficiencia de una celda de Electocoagulación a escala laboratorio para el tratamiento del agua* (Tesis de posgrado). Lima.

Andía, Y. (2000). *Tratamiento de Agua Coagulación y Floculación*. Lima.

APHA – AWWA - WEF (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22nd edition. (2012).

Arango, A. (2005). La Electrocoagulación: Una Alternativa para el tratamiento de aguas residuales. *Lasallista de Investigación*, Volumen 2, 49-56.

Arboleda Camacho, J. M., & Herrera López, P. J. (2015). *Evaluación de un proceso de electrocoagulación en un reactor tipo batch para la remoción de cromo hexavalente (Cr+6) con electrodos de aluminio-aluminio y hierro-aluminio en condiciones de laboratorio* (Tesis). Bogota

Bani-Melhem, K., & Smith, E. (2012). Grey water treatment by a continuous process of an electrocoagulation unit and a submerged membrane bioreactor system. *Chemical Engineering Journal* 198 - 199, 201-210.

Barisci, S., & Turkay, O. (2016). Domestic greywater treatment by electrocoagulation using hybrid electrode combinations. *Journal of Water Process Engineering* 10, 56 - 66.

Barisci, S., & Turkay, O. (2016). Domestic greywater treatment by electrocoagulation using hybrid electrode combinations. *Journal of Water Process Engineering* 10, 56-66.

Barisci, S., & Turkay, O. (2016). Domestic greywater treatment by electrocoagulation using hybrid hybridelectrode combinations. *Journal of Water Process Engineering* 10, 56-66.

Barisci, S., Sarkka, H., Sillanpaa, M., & Dimoglo, A. (2015). The treatment of greywater from a restaurant by electrosynthesized ferrate. *Desalination and Water Treatment*, 1-11.

Barrenechea, A. (2004). *Tratamiento de agua para Consumo Humano Planta de Filtración Rápida*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS).

Carlos, E. B. (2014). *APLICACIONES ELECTROQUÍMICAS AL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. Mexico: Reverté.

Catálogo de Equipos de Lavandería Industrial. (s.f.). *PRIMUS*.

Chaturvedi S., I. (2013). Mercury Removal Using Al-Al Electrodes by Electrocoagulation. *International Journal of Modern Engineering Research*, 3(1), 109-115.

Gamero Quijano, D. A. (2011). *Remoción de microorganismos patógenos de las aguas mediante la electrocoagulación empleando ánodos de Aluminio*. Lima.

Ghaitidak, D., & Yadav, K. (2013). Characteristics and treatment of greywater—a review. *Environ Sci Pollut Res*. 20, 2795-2809.

Guohua, C. (2004). *Electrochemical technologies in wastewater treatment*. Elsevier.

Héctor D. Mansilla, C. L. (2015). Tratamiento de Residuos Líquidos de la Industria de Celulosa y textil. *Researchgate*, 11.

Hoag, L. A. (2008). *Reuso de agua en Hospital: caso el hospital Santa Casa de Misericórdia de Itajubá*. ITAJUBÁ: UNIVERSIDADE FEDERAL DE ENGENHARIA.

Hu, C. Y., Lo, S. L., & Kuan, W. H. (2003). Effects of co-existing anions on fluoride removal in electrocoagulation (EC) process using aluminum electrodes. *Water Research* 37, 4513–4523.

Irdemez, S., Demircioglu, N., & Yildiz, Y. (2006). The effects of pH on phosphate removal from wastewater by electrocoagulation with iron plate electrodes. *Journal of Hazardous Materials B137*, 1231–1235.

Jimenez, C., Sáez, C., Martinez, F., & Cañizares, P. (2012). Dosificación electroquímica de aluminio y hierro en proceso continuo: un paso clave para explicar los procesos de electrocoagulación. *Tratamiento tecnolog* 98, 102-108.

Kariuki, F., Kotut, K., & Ngángá, V. (2011). The Potential of a Low Cost Technology for The Greywater Treatment. *The Open Environmental Engineering Journal* 4, 32-39.

Koby, M., Akyol, A., Demirbas, E., & Oncel, M. S. (2014). Removal of Arsenic from Drinking Water by Batch and Continuous Electrocoagulation Processes Using Hybrid Al-Fe Plate Electrodes. *Environmental Progress & Sustainable Energy (Volumen 33, N° 01)*, 131-140.

Kumar, N., & Goel, S. (2010). Factors influencing arsenic and nitrate removal from drinking water in a continuous flow electrocoagulation (EC) process. *Journal of Hazardous Materials* 173, 528-533.

Leal, L., Temmink, H., Zeeman, G., & Buisman, C. (2011). Characterization and anaerobic biodegradability of grey water. *Desalination* 270, 111-115.

Li, F., Wichmann, K., & Otterpohl, R. (2009). Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. *Science of The Total Environment*, 3439-3449.

Malvino, A. P. (1999). *Principios de Electronica*. Madrid: MC GRAW HILL. p 1094.

Mejía, A. P., Ruiz, Á. A., & Giraldo, L. F. (2006). La Electrocoagulación: retos y oportunidades en el tratamiento de aguas. *Producción + Limpia*, 59-77.

Metcalf, & Eddy. (1996). *Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización* (Tercera ed., Vol. I). Mexico: Mc Graw Hill. .

Mollah, M. &. (2004). Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials.*, 199-210. .

Morales Bautista, P. (2015). *Tratamiento de Agua Residual de Biodiesel por Electrocoagulación* (Tesis). México.

Nemerow, N. L., & Dasgupta, A. (1998). *TRATAMIENTO DE VERTIDOS INDUSTRIALES Y PELIGROSOS*. Madrid, España: Díaz de Santos S. A.

Olivé Morret, L. (2011). *La ciencia y la tecnología en la sociedad del conocimiento*. Mexico: Fondo Cultural Económica.

Parga Torres, J., García Carrillo, M., Valenzuela García, J., Sánchez Valdéz, E., & Moreno Casillas, H. (2018). Adsorción de Oro y Plata en Especies Magnéticas Formadas en el Proceso de Electrocoagulación. *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, Vol. 5, No. 30.

Pavas, E. G. (Setiembre de 2005). Oxidación fotocatalítica de aguas residuales de la industria de lavandería utilizando TiO₂ como catalizador y luz UV. Ingeniería y Ciencia. *Ingeniería y Ciencia*, ISSN 1794 - 9165, Volumen 1, 25 - 40.

Perozo Cuicas, J. R., & Abreu Cuadra, R. L. (2017). Evaluación de la electrocoagulación en el tratamiento de agua potable. *Química Viva*, vol. 16, núm. 1 pp. 56-69.

Prieto, F. (2012). ELECTROCOAGULACIÓN: UNA ALTERNATIVA PARA DEPURACIÓN DE LACTOSUERO RESIDUAL. *AIDIS*, Vol. 5, No. 3, 51 – 77.

Ramírez Burgos, L. I., & Durán Domínguez de Bazúa, M. d.-F. (2008). *DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO DE MUESTRAS ACUOSAS*. Mexico: UNAM, Facultad de Química.

Ramos, R., Sepúlveda, R., & Villalobos, F. (2003). *El Agua en el Medio Ambiente: Muestreo y Análisis*. Mexico: Plaza y Verde.

Restrepo Mejía, A. P., Arango Ruiz, Á., & Garcés Giraldo, L. F. (2006). La Electrocoagulación: Retos y Oportunidades en el Tratamiento de Aguas. *Producción + Limpia*, Vol. I No.2.

Restrepo, A. P., Arango, Á., & Garcés, L. F. (2006). La Electrocoagulación: Retos y Oportunidades en el Tratamiento de Aguas. *Producción mas Limpia*, Volumen ", 58-77.

Riccio Yaura (2015). Remoción de contaminantes de aguas residuales urbanas del colector agua de las virgenes por electrocoagulación, a nivel de laboratorio, utilizando como fuente energética un panel fotovoltaico. (tesis para el grado de doctro).Huancayo- Perú.

Robles Mendoza, L. K., & López Bueno, A. F. (2017). *Diseño de un prototipo para el tratamiento de aguas residuales domésticas, basado en electrocoagulación*. (Tesis) Bogotá.

Trome. (01 de febrero de 2017). Desde julio, tarifa de agua potable subirá en un 10%. *Trome*.

Ulu, F., Barışçı, B., Kobya, M., & Sillanpää, M. (2014). An evaluation on different origins of natural organic matters using various anodes by electrocoagulation. *Chemosphere* 125, 108-114.

Vakil, K. A., Sharma, M. K., Bhatia, A., Kazmi, A. A., & Sarkar, S. (2014). Characterization of greywater in an Indian middle-class household and investigation of physicochemical treatment using electrocoagulation. *Separation and Purification Technology* 130, 160-166.

Vepsäläinen, M., Pulliainen, M., & Sillanpää, M. (2012). Effect of electrochemical cell structure on natural organic matter (NOM) removal from surface water through electrocoagulation (EC). *Separation and Purification Technology* 99, 20-27.

Yavuz, Y., Ocal, E., Koparal, A., & Ogutveren,, U. (2011). Treatment of dairy industry wastewater by EC and EF processes using hybrid Fe–Al plate electrodes. *J Chem Technol Biotechnol* 86, 964-969.

Zerbatto, M. G. (2012). *Coagulación Optimizada para el Tratamiento de Potabilización de Agua: Su Efecto sobre la Remoción de Entero parásitos*. Santa Fe - Argentina.

ANEXOS 1

Operacionalización de las variables

HIPÓTESIS	VARIABLES	CONCEPTOS	INDICADORES	TÉCNICAS
<p>Hipótesis General: Al aplicar el tratamiento del método de electrocoagulación en las aguas residuales procedentes de lavadoras, obtendremos efluentes que será reutilizada en riego de vegetales del condominio Jardines de Santa Clara de Ate Vitarte.</p> <p>Hipótesis Específicos:</p> <p>-Realizando la caracterización cualitativa del agua residual, se podrá fijar las condiciones de operación para el tratamiento de electrocoagulación del efluente de las aguas residuales originadas de las lavadoras de cada domicilio.</p> <p>Optimizando los principales parámetros operacionales más adecuados (pH, intensidad, distancia y tiempo), se obtendrá un efluente apto para su reutilización en riego de vegetales Ate - Vitarte.</p> <p>-Determinando la eficiencia del módulo de electrocoagulación, se</p>	<p>Variable Independiente: Tratamiento del agua residual procedentes de lavadoras por el método de electrocoagulación.</p> <p>Variable Dependiente: Reutilización en riego de vegetales del condominio jardines de Santa Clara de Ate Vitarte</p>	<p>Aplicación de un cumulo de acciones del tipo físico-químico con el propósito de reducir la polución del efluente</p> <p>La reutilización de las aguas residuales es una opción que se está adoptando cada vez más debido a la escasez de agua</p> <p>Condiciones que se interpone en el tratamiento de la electrolisis de oxidación y reducción de algunos de estos condiciones que tienen superioridad en la influencia sobre el procedimiento.</p> <p>Caracterización de las aguas residuales se caracterizan por describir su composición física, química y biológica.</p> <p>Proceso de electrocoagulación es un proceso complicado que envuelve varios mecanismos químicos y fenómenos físicos, que emplea electrodos consumibles para suplir iones en el agua residual</p>	<p>Intensidad, distancia, pH y tiempo de contacto.</p> <p>Reutilización en riego de vegetales</p> <p>Determinación de los factores de operaciones</p> <p>Caracterización cualitativa</p> <p>Tratamiento del método</p> <p>Eliminación de contaminantes</p>	<p>Utilización de un equipo para medir los parámetros iniciales y finales</p> <p>Comparaciones de los resultados con la normativa vigente.</p> <p>Análisis físico- químico de los parámetros</p> <p>Análisis físico- químico de los parámetros.</p> <p>Proceso de formación de los coagulantes por oxidación de electrólisis del electrodo de sacrificio.</p> <p>Proceso de Coagulación y sedimentación</p>
	<p>Variable Independiente: Factores de operación.</p> <p>Variable Dependiente: caracterización cuantitativa del agua residual.</p> <p>Variable Independiente: Tratamiento del Método de electrocoagulación</p> <p>Variable Dependiente: Eliminación de los contaminantes</p>	<p>Aplicación de un conjunto de operaciones unitario tipo físico químico cuya finalidad es la</p>	<p>de</p>	<p>de</p>

podrá conocer los contaminantes que se eliminan en mayor magnitud con respecto a los demás

reducción de la contaminación en el agua.

<p>Variable Independiente: Celda del método de electrocoagulación</p>	<p>Una celda o reactor para la electrocoagulación es una fuente en la cual, los electrodos se disponen en forma de placas paralelas conectados en serie a una fuente de voltaje.</p>	<p>Método de Electrocoagulación</p>	<p>Formación de una capa de lodos que atrapa y conduce las partículas coloidales</p>
<p>Variable Dependiente: Factores de operación</p>	<p>Aplicación de un grupo de procedimientos de tipo físico químico cuya finalidad es la reducción de la contaminación en el agua.</p>	<p>Factores de operación</p>	<p>Lodos que atrapa y conduce las partículas coloidales que permanecen en el fondo.</p>
<p>Variable Independiente: Tratamiento de aguas residuales procedentes de lavadoras.</p>	<p>Parámetros fundamentales que influye en el proceso de electrocoagulación</p>	<p>Tratamiento de aguas residuales</p>	<p>Proceso de formación de los coagulantes por oxidación en el medio del agua residual.</p>
<p>Variable Dependiente: Analizar los principales parámetros (pH, Intensidad e corriente y Tiempo):</p>	<p>Aplicación de un grupo de métodos de tipo físico químico con finalidad de la reducción de la contaminación en el agua.</p>	<p>pH (Potencial de Hidrogeno), Intensidad y tiempo</p>	<p>Medir con el equipo de potenciómetro, termómetro y voltímetro.</p>

ANEXOS 2

Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
<p>Problema general: ¿En qué medida el tratamiento de agua residual procedente de lavadoras por el método de electrocoagulación influyen para la reutilización en riego de vegetales – Ate Vitarte?</p>	<p>Objetivo General: Evaluar el método de electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales procedentes de lavadoras para la reutilización en riego de vegetales del condominio Jardines de Santa Clara de Ate Vitarte.</p>	<p>Hipótesis General: Al aplicar el tratamiento del método de electrocoagulación en las aguas residuales procedentes de lavadoras, obtendremos efluente que será reutilizada en riego de vegetales del condominio jardines de Santa Clara de Ate Vitarte.</p>	<p>Variable Independiente: Tratamiento del agua residual procedentes de lavadoras.</p>	<p>Intensidad, distancia, pH y tiempo de contacto.</p>
<p>Problema específico: ¿Cuáles serán los componentes fisicoquímicos y biológicos del agua residual procedente de lavadoras antes de su tratamiento por la electrocoagulación?</p>	<p>Objetivos Específicos: Caracterizar cualitativamente las aguas residuales provenientes de lavadoras para fijar las variables de operación en el tratamiento de electrocoagulación.</p>	<p>Hipótesis Específicos: Realizando la caracterización cualitativa del agua residual, se podrá establecer los factores de operación para el proceso de electrocoagulación del efluente de las aguas residuales originadas de las lavadoras</p>	<p>Variable Dependiente: Reutilización en riego de vegetales del condominio jardines de Santa Clara de Ate Vitarte</p>	<p>Reutilización en riego de vegetales</p>
<p>¿Cuáles serán los parámetros óptimos (tiempo, intensidad, distancia y pH) más adecuados en el tratamiento de agua residual por medio de la electrocoagulación?</p>	<p>Determinar los principales parámetros más adecuados (pH, Intensidad de corriente, tiempo y distancia de electrodos) para el tratamiento del agua residual proveniente de lavadora en el proceso de electrocoagulación.</p>	<p>Optimizando los principales parámetros operacionales más adecuados (pH, intensidad, distancia y tiempo), se obtendrá un efluente apto para su reutilización en riego de vegetales Ate - Vitarte.</p>	<p>Variable Independiente: Factores de operación.</p>	<p>Determinación de los factores de operaciones</p>
			<p>Variable Dependiente: caracterización cualitativa del agua residual.</p>	<p>Caracterización cualitativa</p>
			<p>Variable Independiente: Tratamiento del Método de electrocoagulación</p>	<p>Tratamiento del método</p>
			<p>Variable Dependiente: Eliminación de los contaminantes</p>	<p>Eliminación de contaminantes</p>

¿Cuál será la eficiencia del módulo de electrocoagulación en el tratamiento de agua residual proveniente de lavadoras?

Determinar la eficiencia del tratamiento en el módulo de electrocoagulación en aguas provenientes de lavadoras.

Determinando la eficiencia del módulo de electrocoagulación, se podrá conocer los contaminantes que se eliminan en mayor magnitud con respecto a los demás.

Variable Independiente:
Celda del método de electrocoagulación

Método de Electrocoagulación

Variable Dependiente:
Factores de operación

Factores de operación

Variable Independiente:
Tratamiento de aguas residuales procedentes de lavadoras.

Tratamiento de aguas residuales

Variable Dependiente:
Analizar los principales parámetros (pH, Intensidad e corriente y Tiempo):

pH (Potencial de Hidrogeno), Intensidad y tiempo

ANEXOS 3

Informe de los análisis de las muestras parte 1



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-099



INFORME DE ENSAYO N° 000024400



CLIENTE:	CUBA TELLO MARIA VANESSA
DOMICILIO LEGAL:	Av. 28 de Julio - Santa Clara - Ate (LIMA)
REFERENCIA CLIENTE:	Punto 2
CÓDIGO TYPESA:	000021554
MATRIZ:	Agua residual. Doméstica
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N°00020002971. Aproximadamente 4,800 L de Muestra (Agua Residual Doméstica).
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	Tomada por el cliente
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	
FECHA DE TOMA:	03/08/2018 03:00:00 p.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	03/08/2018
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	03/08/2018 - 28/08/2018

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	79	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012	Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
Detergentes	mg MBAS/L	7.2636	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 22nd Ed. 2012	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS	0.023

ANEXOS 4

Informe de los análisis de las muestras parte 2

		LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-099			
INFORME DE ENSAYO N° 000024400					
CLIENTE:	CUBA TELLO MARIA VANESSA				
DOMICILIO LEGAL:	Av. 28 de Julio - Santa Clara - Ate (LIMA)				
REFERENCIA CLIENTE:	Punto 2				
CODIGO TYPESA:	000021554				
MATRIZ:	Agua residual, Doméstica				
DESCRIPCION DE LA MUESTRA:	Cotización N°00020002071, Aproximadamente 4.600 L de Muestra (Agua Residual Doméstica), Tomada por el cliente				
DESCRIPCION PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:					
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:					
DESCRIPCION DEL PUNTO DE MUESTREO:					
FECHA DE TOMA:	03/06/2018 09:00:00 p.m.				
FECHA DE RECEPCION:	03/06/2018				
FECHA DE REALIZACION DE LOS ENSAYOS:	03/06/2018 - 26/06/2018				
RESULTADOS ANALITICOS METALES PESADOS					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Estroncio total	mg/L	0.80351	SMEWW-APHA-ARWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00008
Hierro total	mg/L	0.0100	SMEWW-APHA-ARWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.0003
Litio total	mg/L	0.1824	SMEWW-APHA-ARWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.0004
Magnesio total	mg/L	4.612	SMEWW-APHA-ARWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.0010
Manganeso total	mg/L	0.16308	SMEWW-APHA-ARWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00008
Mercurio total	mg/L	< 0.00007	SMEWW-APHA-ARWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00007
Molibdeno total	mg/L	0.00275	SMEWW-APHA-ARWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00004
Niquel total	mg/L	< 0.00007	SMEWW-APHA-ARWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00007
Plata total	mg/L	< 0.00002	SMEWW-APHA-ARWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00002
Plomo total	mg/L	< 0.00005	SMEWW-APHA-ARWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00005
Potasio total	mg/L	7.173	SMEWW-APHA-ARWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.0012
Selenio total	mg/L	< 0.0021	SMEWW-APHA-ARWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.0021
Silicio total	mg/L	1.521	SMEWW-APHA-ARWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00036
Sodio total	mg/L	140.8	SMEWW-APHA-ARWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.0085
Talio total	mg/L	0.00004	SMEWW-APHA-ARWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00004
Titanio total	mg/L	0.00144	SMEWW-APHA-ARWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 22nd Ed. 2012	Preliminary Treatment of Samples, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00013
<small>L.D. Límite de cuantificación; L.D. Límite de detección (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA NOTA: Para información de reproducción consulte el texto del informe electrónico a través del correo electrónico de TYPESA, S.A. informes@tyspa.com o bien a través del correo electrónico de INACAL-DA informes@inacal-da.com</small>					

ANEXOS 5

Categoría de riego de vegetales y bebida de animales

Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃)

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

Nota:

(*)El estándar de calidad de Amoníaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N (NH₃-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH₃).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
ORGÁNICO				
Bifenilos Policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
PLAGUICIDAS				
Paratión	µg/L	35		35
Organoclorados				
Aldrin	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difeníl Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrin	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
Carbamato				
Aldicarb	µg/L	1		11
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminfos	Huevo/L	1	1	**

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 4:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

ANEXOS 6

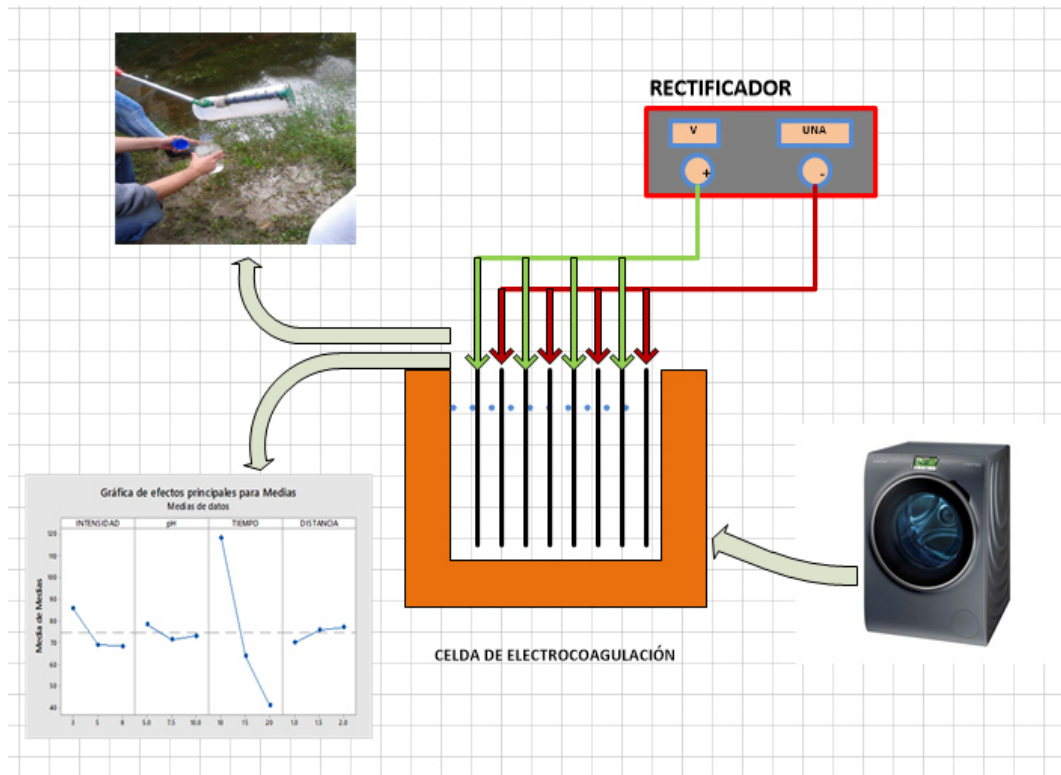
**Resolución N°883-2018 Parámetros y valores máximos
permisibles Microbiológicos en vertimientos puntuales de aguas
residuales**

PARÁMETRO	UNIDADES	AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS – ARD, DE SOLUCIONES INDIVIDUALES DE SANEAMIENTO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES O BIFAMILIARES Y DE ACTIVIDADES INDUSTRIALES, COMERCIALES O DE SERVICIOS	AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS – ARD, Y AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS - ARND DE LOS PRESTADORES DEL SERVICIO PÚBLICO DE ALCANTARILLADO, POR MEDIO DE CONDUCCIÓN DE DESAGÜE	AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS – ARD, Y AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS - ARND DE LOS PRESTADORES DEL SERVICIO PÚBLICO DE ALCANTARILLADO, POR MEDIO DE EMISARIO SUBMARINO
Generales				
pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	200,0	190,0	450,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L O ₂	100,0	90,0	250,0
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/L	100,0	90,0	250,0
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	1,5	5,0	6,0
Grasas y Aceites	mg/L	15,0 *	20,0	50,0
Compuestos Semivolátiles Fenólicos	mg/L		Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Fenoles Totales	mg/L	0,1	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	0,5	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Hidrocarburos				
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L	1,0	Análisis y Reporte	10,0
Compuestos de Fósforo				
Ortofosfatos (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	0,3	Análisis y Reporte	
Fósforo Total (P)	mg/L	0,4	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Compuestos de Nitrógeno				
Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	0,1	Análisis y Reporte	
Nitritos (N-NO ₂)	mg/L	0,02	Análisis y Reporte	
Nitrógeno Amomiacal (N-NH ₃)	mg/L	0,3	Análisis y Reporte	
Nitrógeno Total (N)	mg/L	1,0	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Iones				
Cianuro Total (CN ⁻)	mg/L			Análisis y Reporte
Sulfuros (S ²⁻)	mg/L			Análisis y Reporte
Metales y Metaloides				
Cinc (Zn)	mg/L			Análisis y Reporte
Cobre (Cu)	mg/L			Análisis y Reporte
Cromo (Cr)	mg/L			Análisis y Reporte
Hierro (Fe)	mg/L			Análisis y Reporte
Manganeso (Mn)	mg/L			Análisis y Reporte
Niquel (Ni)	mg/L			Análisis y Reporte
Plata (Ag)	mg/L			Análisis y Reporte
Pomo (Pb)	mg/L			Análisis y Reporte
Otros Parámetros para Análisis y Reporte				
Acidez Total	mg/L CaCO ₃		Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃		Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Color Real (Medidas de absorción a las siguientes longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm)	m ⁻¹		Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL		Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Escherichia Coli	NMP/100 mL		Análisis y Reporte	Análisis y Reporte

Parágrafo. El límite máximo permisible de grasas y aceites será de 20 mg/L para aguas residuales domésticas provenientes de soluciones individuales de saneamiento de vivienda unifamiliares o bifamiliares.

Anexo 7:

Esquema del tratamiento de agua residual por el método de electrocoagulación procedente de lavadoras para riego de plantas



Anexo 8:

Encuesta del uso de agua en lavadoras, para el condominio de Jardines de Santa Clara – Ate Vitarte

ENCUESTA DEL USO DE AGUA EN LAVADORAS EN EL CODOMINIO

JARDINES DE SANTA CLARA- ATE VITARTE

APELLIDOS Y NOMBRES: ALCER MENES PAUL

Es propietarios de uno de los departamentos del condominio: si o No ()

1. ¿Cuántos integrantes lo conforma su familia?
Dos () tres Cuatro () Cinco () y Otros ().....
2. Tienen lavadora.
Si No ()
3. Que capacidad tiene su lavadora
8 Kg. () 10 Kg. () 12 Kg. () 13 Kg. () 14 Kg. ()
15 Kg. 16 Kg. () 18 Kg. () 20 Kg. () otros ()
4. ¿Cuántas veces a la semana utilizan la lavadora?
Uno Dos () Tres () otros ().....
5. Que aditivos siguientes agregan a la lavadora:
Detergente en polvo Detergente Líquido () Suavizante ()
Lejía () Aromatizante () Otros ().....
6. Que utilidad daría el agua de la lavadora.
REUSO.....
7. Qué tipo de agua se utiliza para regar los vegetales del condominio.
AGUA POTABLE.....
8. Es importante el agua para la vida y como deberíamos de cuidarla.
SANEAMIENTO A SISTEMAS DE TRATAMIENTO PARA REUTILIZACIÓN.....