



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Reaprovechamiento de aguas residuales de la industria de embutidos, mediante la electrocoagulación, para el riego de áreas verdes, Villa El Salvador, 2019

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Ambiental

**AUTORES:**

Chavez Ramirez, Humberto Antonio (ORCID:0000-0002-7199-3455)

Robles Jara, Fredy Jean Carlos (ORCID:0000-0003-0917-8086)

**ASESOR:**

Dr. Cabrera Carranza, Carlos Francisco (ORCID:0000-0002-3404-412X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

**LIMA - PERÚ**

**2019**

## **Dedicatoria**

A Dios.

Por guiarnos en este camino que muchas veces está lleno de obstáculos, pero con muchas ganas y dedicación podemos lograr todos los objetivos que nos proponemos.

A nuestros padres.

Por brindarnos el apoyo incondicional en todo momento, por los valores que nos inculcaron desde pequeños, sus consejos constantes para ser mejor día a día.

Al ingeniero Enrique Domínguez Osorio (QEPD), quien nos brinda su apoyo constante y desinteresado para poder llevar a cabo nuestra investigación, sus sabios y sanos consejos compartidos de la vasta experiencia adquirida en su vida profesional.

**GRACIAS.**

## **Agradecimiento**

A Dios,

Por nunca rendirnos a pesar de que hubo obstáculos en el camino, la cual la fuimos superando.

A nuestros padres,

Por su apoyo y consejos que nos brindan a nunca rendirnos por este largo camino que recorrimos.

A nuestros amigos,

Que siempre están ahí cuando uno más lo necesita.

A nuestro asesor,

Dr. Carlos Francisco Cabrera Carranza por su dedicación, enseñanza y guiarnos para poder culminar nuestra tesis.

A todas aquellas personas que nos brindaron su apoyo y su amistad durante estos 5 años de estudio.

## Índice

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice .....	vi
Resumen .....	xi
Abstract .....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO .....	28
2.2 Operacionalización de variables .....	28
2.2.1 Variables .....	28
2.2.2. Matriz de Operacionalización .....	28
2.3 Población, muestra y muestreo .....	30
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	32
2.5. Procedimiento.....	34
2.6. Métodos de análisis.....	37
2.7. Aspecto ético .....	38
III. RESULTADOS .....	39
IV. DISCUSIÓN.....	71
V. CONCLUSIONES .....	73
VI. RECOMENDACIONES .....	74
REFERENCIAS .....	75
ANEXOS .....	88

## Índice de figuras

Figura 1: Reactor monopolares en paralelo.....	20
Figura 2: Reactor monopolares en serie.....	21
Figura 3: Reactor bipolares en paralelo. ....	21
Figura 4: Reactor de tipo de flujo .....	22
Figura 5: Reactor filtro prensa.....	22
Figura 6: Reactor cilíndrico rotatorio. ....	23
Figura 7: Ubicación del proyecto .....	31
Figura 8: Procedimiento de la investigación .....	34
Figura 9: Recolección de muestra.....	34
Figura 10: Medición de temperatura.....	35
Figura 11: Medición de DQO.....	35
Figura 12: Materiales para la construcción de la celda.....	36
Figura 13: Experimentación .....	37
Figura 14: Generación de espumas.....	37
Figura 15: Agua residual con 15 minutos de experimentación .....	37
Figura 16: Conductividad eléctrica respecto al tiempo y densidad de corriente de la electrocoagulación. ....	39
Figura 17: Temperatura respecto al tiempo y densidad de corriente de la electrocoagulación. ....	43
Figura 18: Potencial de Hidrógeno respecto al tiempo y densidad de corriente de la electrocoagulación .....	47
Figura 19: Sólidos en suspensión respecto al tiempo y densidad de corriente de la electrocoagulación .....	51
Figura 20: Aceites y grasas respecto al tiempo y densidad de corriente de la electrocoagulación. ....	55
Figura 21: Demanda bioquímica de oxígeno respecto al tiempo y densidad de corriente de la electrocoagulación.....	59
Figura 22: Demanda química de oxígeno respecto al tiempo y densidad de corriente de la electrocoagulación .....	63
Figura 23: Oxígeno disuelto respecto al tiempo y densidad de corriente de la electrocoagulación .....	67

Figura 24: Agua residual de la industria de embutidos.....	89
Figura 25: Experimentación de la electrocoagulación con 15 minutos .....	89
Figura 26: Análisis de aceites y grasas .....	89
Figura 27: Análisis pH, tiempo 15 minutos .....	89
Figura 28: Análisis de sólidos en suspensión .....	89
Figura 29: Generación de espumas .....	89
Figura 30: Tratamiento de 60 minutos con $J= 1111,1 \text{ A/m}^2$ .....	89
Figura 31: Armado de la celda de electrocoagulación.....	89

## Índice de tablas

Tabla 1: Decreto Supremo 004-2017 – MINAM .....	25
Tabla 2: Decreto Supremo N°010-2019-VIVIENDA .....	255
Tabla 3: Matriz de operacionalización.....	29
Tabla 4: Esquema de tratamiento. ....	32
Tabla 5: Técnicas e instrumentos de recolección de datos. ....	32
Tabla 6: Validación de los Instrumentos por expertos.....	33
Tabla 7: Prueba de normalidad para la conductividad eléctrica.....	40
Tabla 8: Prueba de homogeneidad de varianzas para la conductividad eléctrica.....	40
Tabla 9: Anova para la conductividad eléctrica .....	41
Tabla 10: Comparación múltiple (tukey) para la conductividad eléctrica .....	41
Tabla 11: Prueba de normalidad para la temperatura .....	44
Tabla 12: Prueba de homogeneidad de varianzas para la temperatura .....	44
Tabla 13: Anova para la temperatura.....	45
Tabla 14: Comparación múltiple (tukey) para la temperatura .....	46
Tabla 15: Prueba de normalidad para el pH.....	48
Tabla 16: Prueba de homogeneidad de varianzas para el Ph .....	48
Tabla 17: Anova para el pH .....	49
Tabla 18: Comparación múltiple (tukey) para el pH.....	49
Tabla 19: Prueba de normalidad para los sólidos en suspensión.....	52
Tabla 20: Prueba de homogeneidad de varianzas para los sólidos en suspensión .....	52
Tabla 21: Anova para los sólidos en suspensión .....	53
Tabla 22: Comparación múltiple (tukey) para los sólidos en suspensión.....	54
Tabla 23: Prueba de normalidad para los aceites y grasas .....	56
Tabla 24: Prueba de homogeneidad de varianzas para los aceites y grasas.....	57
Tabla 25: Anova para los aceites y grasas .....	57
Tabla 26: Comparación múltiple (tukey) para los aceites y grasas .....	58
Tabla 27: Prueba de normalidad para el DBO <sub>5</sub> .....	60
Tabla 28: Prueba de homogeneidad de varianzas para el DBO <sub>5</sub> .....	61
Tabla 29: Anova para el DBO <sub>5</sub> .....	61
Tabla 30: Comparación múltiple (tukey) para el DBO <sub>5</sub> .....	62
Tabla 31: Prueba de normalidad para el DQO .....	64
Tabla 32: Prueba de homogeneidad de varianzas para el DQO .....	65

Tabla 33: Anova para el DQO .....	65
Tabla 34: Comparación múltiple (tukey) para el DQO .....	66
Tabla 35: Prueba de normalidad para el oxígeno disuelto .....	68
Tabla 36: Prueba de homogeneidad de varianzas para el oxígeno disuelto .....	69
Tabla 37: Anova para el OD.....	69
Tabla 38: Comparación múltiple (tukey) para el oxígeno disuelto .....	70

## Resumen

El objetivo general de la investigación evaluó la electrocoagulación la cual permitió reaprovechar las aguas residuales de la industria de embutidos, para el riego de áreas verdes, Villa El Salvador, 2019. El diseño de la investigación fue de tipo aplicada, enfoque cuantitativo, nivel explicativo y de diseño experimental. La muestra de agua residual de la industria de embutidos fue de 10 litros, la experimentación se realizó en el laboratorio de la Universidad César Vallejo, consistió en 4 tratamientos, aumentando el tiempo de reacción y densidad de corriente de la electrocoagulación, logrando mejorar 35.38% en la conductividad eléctrica, 98.68% en sólidos en suspensión, 98.25% en aceites y grasas, 98.27% en la DBO<sub>5</sub>, 95.58% en la DQO, con las siguientes condiciones de operación, una densidad de corriente de 1111.1 A/m<sup>2</sup>, tiempo de 60 minutos, distancia entre electrodos de 20mm, electrodos de hierro y aluminio, pH 7.65, conductividad eléctrica de 2522,1 μS/cm, temperatura de 24.4 °C. En conclusión, la electrocoagulación permitió reaprovechar las aguas residuales de la industria de embutidos, logrando ser utilizadas para el riego de áreas verdes del distrito de Villa el Salvador.

**Palabras claves:** Electrocoagulación, aguas residuales, reaprovechar.

## Abstract

The general objective of the research evaluated electrocoagulation, the qualification to reuse wastewater from the sausage industry, for irrigation of green areas, Villa El Salvador, 2019. The research design was applied type, quantitative approach, explanatory level and of experimental design. The sample of waste water from the sausage industry was 10 liters, the experimentation was carried out in the laboratory of the César Vallejo University, consisted of 4 treatments, increased the reaction time and the electrocoagulation current density, improving 35.38 % in electrical conductivity, 98.68% in suspended solids, 98.25% in oils and fats, 98.27% in BOD<sub>5</sub>, 95.58% in COD, with the following operating conditions, a current density of 1111.1 A/m<sup>2</sup>, time 60 minuts, distance between 20 mm electrodes, iron and aluminum electrodes, pH 7.65, electrical conductivity of 2522.1 μS / cm, temperature of 24.4 ° C. In conclusion, the electrocoagulation managed to reuse wastewater of the sausage industry, managing to be used for irrigation of green areas in the district of Villa el Salvador.

**Keywords:** Electrocoagulation, wastewater, reuse.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el hombre se enfrenta a los mayores problemas del siglo XXI, el poco acceso al agua, esto puede notarse en algunos países como: Bahrein, Kuwait, Palestina, Arabia Saudí, Omán, etc. (Excelsior, 2019), esto genera un gran problema para las industrias, dado que este recurso es de vital importancia para los procesos de las actividades en la industria de embutido, necesitando grandes cantidades de aguas para la elaboración de los productos, lavado de carne, procesos de cocción, etc. A medida que aumenta la producción, incrementa la generación de aguas residuales, es necesario que tengan algún tipo de tratamiento para sus efluentes y así evitar las descargas al sistema de alcantarillado. Las aguas residuales provenientes de dicha industria contienen altos contenidos de carga orgánica tanto en (DQO), como en (DBO<sub>5</sub>), elevados contenidos en sólidos en suspensión, aceites y grasas, afectando así a nuestro ecosistema acuático (García, 2014, p4).

Según la agencia peruana de noticias (2015), informó que alrededor de 600 industrias que operan en Lima, fueron sancionados esto debido a que vertieron sus efluentes industriales al sistema de alcantarillado superando los valores máximos admisibles, estipulados en el DECRETO SUPREMO N°010-2019-VIVIENDA, esto generó que las infraestructuras de saneamiento de sedapal se deterioren y que se eleven los costos operativos del tratamiento. En efecto, los efluentes industriales dañan los sistemas de alcantarillados siempre y cuando los caudales de descargas que realicen las industrias, sean tan altos que las PTARs no puedan tratar esas aguas, puesto que el alto contenido orgánico que arrojan algunas industrias provocan daños a los alcantarillados. También existen impactos negativos en los cuerpos receptores naturales dado que algunas industrias descargan sus efluentes sin ningún tratamiento previo o no cumpliendo con las normativas ambientales. En conclusión, como propuesta de solución ante la generación de aguas residuales provenientes de las industrias de embutidos, es la electrocoagulación, con este sistema de tratamiento se logrará que las aguas residuales de dichas industrias puedan ser reaprovechadas para los sistemas de riego de áreas verdes, cumpliendo así con la normativa correspondiente y contribuyendo tanto con el medio ambiente como con la comunidad.

ABDUL, Abdul, et al. (2016), en su artículo científico titulado: Integrated ozone—electrocoagulation process for the removal of pollutant from industrial effluent: Optimization through response surface methodology, Malasia. Realizaron una

comparación entre la eficacia del ozono asistida por procesos de electrocoagulación y electrocoagulación, para eliminar la concentración de contaminantes que se encuentran en el efluente de la industria destilería de ozonización. Se consideraron las siguientes condiciones de operación: densidad de corriente, DQO, pH, la distancia de electrodos y el tiempo de electrólisis. Como resultado se obtuvo que la máxima remoción de DQO se mostró en, densidad de corriente  $3A/dm^2$ , DQO (3000 ppm), pH 7, distancia 1.8cm con 5 horas, logrando eliminar el 100% de color y la DQO al 95%.

AGUILAR, Edwar, (2015), en su revista titulada: Evaluación de la eficiencia de una celda de electrocoagulación a escala laboratorio para el tratamiento de agua. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Construyó un prototipo con un reactor de electrocoagulación, para determinar la remoción de la DQO en efluente de pintura. Construyó un reactor de tipo Batch, con las siguientes dimensiones: 15 cm x 20cm x 20cm, ancho, largo y altura, respectivamente, experimentó con 4.5 litros de dicho efluente. Los electrodos fueron aluminio y hierro de 10 cm de lado y 1 mm de espesor, se aplicó 12 amperios y un voltaje de 0 a 32 V. En conclusión, la DQO que inicialmente tuvo 3920 y al final del tratamiento 509,6 mg/L, con 87 % de remoción, con  $I= 5$  amperios,  $pH = 7.12$ , tiempo de 15 minutos, logró cumplir con los valores máximos admisibles del Perú.

ALTUNTAS, Ulucan, et al (2019), en su artículo científico titulado: Optimization of raw acrylic yarn dye wastewater treatment by electrochemical processes: kinetic study and energy consumption. Tuvieron como objetivo optimizar el tratamiento aplicando la metodología de superficie de respuesta (RSM). En el proceso de electrocoagulación participaron cuatro electrodos conectados en paralelo, condiciones de funcionamiento se seleccionaron la  $J = (20-100 A/m^2)$ , el tiempo de reacción (5-25 minutos) y el pH inicial (4,3- 8,3). Como resultado de la optimización por el método RSM, obtuvo la mayor eliminación de color, DQO y TOC como 96.2%, 43.8% y 40.4%, respectivamente. Para obtener estos resultados, fue necesario aplicar  $J = 100 A/m^2$  al agua residual estableciendo un pH inicial de 7,2 y 20,7 minutos de tratamiento. Con la configuración experimental instalada, se puede lograr una alta eliminación de color en tan solo 15 minutos, aunque la eliminación de color es alta, la eliminación de DQO no cumple con los estándares de descarga, el proceso de electrofenton se aplicó para la eliminación de DQO y TOC y la tasa de eliminación aumentó a 70% y 61.5%, respectivamente.

AOUDJEHANE, Malika. y ELGHAZALI, Mohamed (2015), en su investigación científica titulada: Treatment of dairy wastewaters by electrocoagulation using iron electrodes. Water quality research journal of Canada, London. Estudiaron el efecto de las condiciones de funcionamiento, como la intensidad de corriente, el tiempo de electrólisis, el pH de la solución y la conductividad eléctrica, sobre la eficiencia de eliminación de (DQO) y (SST). Para el tratamiento utilizó 900 ml de agua residual generada por la industria láctea en Argelia, trabajó con electrodo de Fe como ánodo y cátodo respectivamente. También determinó que la eficiencia óptima para el tratamiento se dio en las siguientes condiciones: 60 minutos de electrólisis,  $J=200\text{A/m}^2$ ,  $\text{pH}=8$ ,  $\text{CE}=4,72\text{ mS/cm}$  y una energía de consumo de  $13,57\text{ kWh/m}^3$ , obteniendo una remoción del 93,26 y 99,3% de los parámetros DQO y SST respectivamente.

APAZA, Hugo, (2018), en su tesis titulada: Sistema combinado electrocoagulación-filtro biológico para la remoción de carga orgánica de los efluentes lácteos. Universidad Nacional Agraria, La Molina. Tuvo como objetivo diseñar, construir y evaluar un sistema de electrocoagulación con filtro biológico para remover la carga orgánica de dicha agua. Trabajó con el efluente generado por la planta piloto de leche de dicha universidad; las muestras fueron recolectadas de la poza de vertimiento final. La planta procesa principalmente: queso, leche embolsada y yogurt, generando una alta variabilidad en el efluente. Trabajó con un reactor de tipo batch, capacidad para 4 litros, utilizó electrodo de aluminio y hierro, logró una mayor remoción con las siguientes condiciones  $\text{pH} 6,8$ ,  $J=44,39\text{ A/m}^2$  y  $T=45$  minutos, teniendo una concentración inicial de  $\text{DBO}_5$  de 3972 reduciendo a 405,14 mg/L, con una remoción del 89,8%; y en la DQO que inicialmente tuvo 9620 y al final 990,86  $\text{mgO}_2/\text{L}$ , con una remoción del 89,7 %; con un pH final de 7,37.

AZARIAN, Ghasem, *et al* (2017), en su artículo científico titulado: Combined electrocoagulation/electrooxidation Process for the COD removal and recovery of Tannery industry wastewater. Tuvieron como objetivo investigar las eficiencias de la electrooxidación (EO), la electrocoagulación (EC) y los procesos combinados de EC y EO para el tratamiento, investigó la remoción de DQO y color, también la recuperación del efluente para para uso agrícola e industrial. Los resultados mostraron que el proceso (EO) fue capaz de eliminar la DQO y el color en un 98,9 y 99,0%, respectivamente. El proceso de (EC) en condiciones óptimas tuvo una eficiencia de eliminación de 82,2 y 68,3% para DQO y color, respectivamente. Mientras que el proceso de la (EC) produjo agua residual con DQO de 1620 mg/L que necesita tratamiento adicional para la agricultura y la

reutilización, el proceso de EO generó agua residual con DQO de aproximadamente 92 mg/L, cuya carga orgánica es adecuada para fines agrícolas pero no para usos industriales. El proceso combinado de EC / EO tuvo un efluente con  $DQO \leq 5$  mg/L que tiene una calidad estándar para su eliminación y usos para las necesidades agrícolas, así como para la reutilización en el proceso de curtiembre. Además, el proceso EC/EO tuvo un bajo consumo de energía de 18,2 kWh/m<sup>3</sup> en comparación con el proceso EO que fue 60 kWh/m<sup>3</sup>.

AZARIAN, Ghasem, *et al* (2018), en su artículo científico titulado: New batch electro-coagulation process for treatment and recovery of high organic load and low volume egg processing industry wastewater. University of Medical Sciences and Health Services, Ham, Iran. Tuvieron como objetivo evaluar que la electrocoagulación obtenga buenos resultados para el tratamiento de efluente de EPI(egg processing industry), evaluó mediante los siguientes factores de operación: tipo de electrodo (Al y Fe), T=(0-25 min) y  $J= (1 -12$  mA/cm<sup>2</sup>); obtuvieron resultados favorables en la DQO, inicialmente tuvo 8840 y al final 88.4 mg/L, con una remoción del 99%, SST al principio tuvo 818 y al final 12.3 mg/L aproximadamente, remoción del 98,5% y TC tuvo inicialmente >11,000 y al final 1,1 (MPN 100 m/L) remoción del 99,99% lograron buenos resultados con los electrodos de aluminio en un tiempo de retención de 10 min. y una densidad de corriente de 6,6 mA/cm<sup>2</sup>. Como conclusión, el tratamiento de electrocoagulación logró los resultados previstos en comparación a otros métodos convencionales y también que con el efluente tratado redujeron los parámetros de SST y DQO teniendo una calidad estándar para la descarga en el medio ambiente.

BARISCI, Sibel y TURKAY, Ozge, (2016), en su artículo científico titulado: Domestic greywater treatment by electrocoagulation using hybridelectrode combinations. Investigaron el tratamiento de aguas grises (GW) mediante el proceso de electrocoagulación (CE). Evaluando ocho combinaciones de electrodos diferentes y los efectos de los parámetros como: la densidad de corriente, el pH inicial (pHi) y la concentración de electrolitos de soporte (SEC) en el tratamiento de GW por CE. La mayor eliminación de DQO se obtuvo con la combinación híbrida Al-Fe-Fe-Al que al inicio del tratamiento tuvo valores de 120,4 mg/L y 157,2 mg/L, logrando al final una concentración de 4,4 mg/L, con una  $J= 1$  mA/cm<sup>2</sup>. Como conclusión, según los hallazgos realizados por los autores, el tipo y el orden de los electrodos afectan las eficiencias de extracción dependiendo en reacción electroquímica que ocurre en el ánodo.

BARRERA, Carlos, *et al* (2014), en su artículo científico titulado: Removal of organic pollutants in industrial wastewater with an integrated system of copper electrocoagulation and electrogenerated H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Department Chemistry, Xavier University of Louisiana, New Orleans. Evaluaron la eficacia en la eliminación de sustancias orgánicas de un proceso electroquímico integrado, con iones de cobres, las muestras se recogieron en recipientes de plásticos y se enfriaron a 4°C. Tuvieron como resultado usando electrodisolución de electrodos de cobres, redujo la (DQO) en un 56% después de 30 min. de tratamiento, en condiciones óptimas de pH 2,8 y  $J=14,2$  mA/cm<sup>2</sup>, mientras que en el proceso electroquímico integrado redujo la DQO, que tuvo 860 inicialmente y al final 189.2 mg/L aproximadamente, con una remoción del 78%, DBO<sub>5</sub> que inicialmente tuvo 481 y al final 91.39 mg/L, remoción del 81%, color inicialmente tuvo 2500 y al final 75 (Pt-Co), remoción del 97% y coliformes fecales inicialmente tuvo 160 000 y al final 160 (MPN/100 m/L), remoción del 99.9%.

BAZRAFESHAN, Edris *et al* (2012), en su artículo científico titulado: Slaughterhouse Wastewater Treatment by Combined Chemical Coagulation and Electrocoagulation Process. Evaluaron la viabilidad de la coagulación química y la electrocoagulación para tratar efluentes de matadero. Analizaron el agua, encontrando que las concentraciones excedían las normas de Irán en la DBO<sub>5</sub> (60 mg/L), DQO (30 mg/L). En la metodología los efluentes sedimentaron por 24 horas antes de dar inicio al tratamiento, lograron resultados mínimos en los parámetros de SST redujeron un 64%, 13% de (DBO<sub>5</sub>), 28% de (DQO), aplicando la electrocoagulación de 10 a 40V, obtuvieron resultados a 40 V, en la DQO que tuvo 5817 y al final 203 mg/L aproximadamente, remoción del 96% y DBO<sub>5</sub> inicialmente tuvo 2543 y al final 2.5 mg/L aproximadamente, 99.9% de remoción al aplicar el mismo voltaje.

BAZRAFESHAN, Edris, *et al* (2015), en su artículo científico titulado: Textile wastewater treatment by application of combined chemical coagulation, electrocoagulation, and adsorption processes. Estudiaron la viabilidad de tratamiento real de agua residual textil por coagulación química combinada (usando policloruro de aluminio (PAC) como coagulante), electrocoagulación (usando electrodo de aluminio), y proceso de adsorción (utilizando ceniza de cáscara de pistacho cáscara) para lograr los estándares requeridos. Los resultados obtenidos demostraron que las eliminaciones de contaminantes aumentaron con dosis crecientes de PAC y el voltaje aplicado. En el proceso de coagulación química en la DQO obtuvieron al inicio 1346.17 redujeron a 807.7 mg/L (40%), la DBO<sub>5</sub> redujeron de 278,54 a 183.8 mg/L (34%); 23.7% de TSS redujeron de

178.28 a 136 mg/L aproximadamente, y 44,5% de eficacia en la eliminación de tinte redujeron de 91.7 a 50.89 (Pt-Co), con una concentración relativamente baja de PAC (30 mg/L). Mientras que, en la electrocoagulación, la DQO redujeron de 1346.17 a 26.9 mg/L (93.1%), la DBO<sub>5</sub> de 278,54 a 31.19 mg/L (88.8%), y color de 91.7 a 1.28 (Pt-Co) (98.6%), con un voltaje aplicado de 60 V. Además, mediante el proceso general combinado (coagulación química, electrocoagulación, y procesos de adsorción), DQO redujeron de 1346.17 a 26.4 mg/L (98%); DBO<sub>5</sub> de 278.54 a 16.15 mg/L (94.2%); y la eliminación de tinte de 91.7 a 0.09 (Pt-Co) (99,9%) fueron las remociones. Los experimentos demostraron la eficacia de los procesos combinados para el tratamiento de las aguas residuales textiles.

BENEKOS, Andreas, *et al* (2019), en su artículo científico titulado: Treatment of table olive processing wastewaters using electrocoagulation in laboratory and pilot-scale reactors. Investigaron la electrocoagulación (CE) como un método alternativo y rentable para el tratamiento o postratamiento de efluente de procesamiento de aceituna de mesa (TOPW). Realizaron experimentos tanto en reactor de laboratorio como a escala piloto utilizando electrodo de aluminio y hierro. Probaron diferentes concentraciones iniciales de DQO (3000, 5000 y 9000 mg/L) y  $J = (41.7, 83.3 \text{ y } 166,7 \text{ mA/cm}^2)$  en experimentos a escala de laboratorio para determinar la DQO y eliminación del color de TOPW no tratados. También realizaron experimentos a escala piloto utilizando TOPW pretratado biológicamente (DQO 1000 mg/L y densidades de corriente de 3.87 y 5.65 mA/cm<sup>2</sup>) para garantizar un proceso de postratamiento eficiente, descubrieron que los electrodos de aluminios eran más eficientes para reducir la DQO y los electrodos de hierros colortán en experimentos de laboratorio y a escala piloto. En experimentos a escala de laboratorio, la DQO y eliminación de color (aproximadamente 50% y 100%, respectivamente), registraron para la concentración de DQO más baja, inicial de 3000 mg/L en 166.7 mA/cm<sup>2</sup>. En el reactor a escala piloto, la eliminación máxima de DQO y color observada fue de 42.5% y 85.3%, respectivamente, para la  $J = 5.65 \text{ mA/cm}^2$ . Registraron un menor consumo de energía y electrodo, trabajando con electrodo de aluminio obtuvieron resultados óptimos con los valores iniciales más bajos de DQO y densidad de corriente probados.

BUI, Ha, (2017), en su artículo científico titulado: Applying response surface Methodology to optimize the treatment of swine slaughterhouse wastewater by electrocoagulation. Empleó la metodología de superficie de respuesta (RSM) para investigar los efectos de tres condiciones de operaciones en la eliminación de DQO por

electrocoagulación (EC) con electrodo de hierro. Utilizó un diseño central compuesto (CCD) para optimizar el proceso de EC y evaluar los efectos individuales y de interacción de la densidad de corriente, el tiempo de electrólisis y el pH inicial. Obtuvo resultados, basados en análisis estadísticos, mostraron que los modelos cuadráticos para la eficiencia de eliminación de DQO fueron significativos con un valor de probabilidad muy bajo ( $<0,0001$ ) y un alto coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,9754$ ). Las condiciones óptimas para la eliminación de DQO se establecieron con una  $J = 130 \text{ A/m}^2$ , un tiempo 9,5 minutos y un pH inicial de 8.5, logró reducir el 97,3%. Los costos operativos y la producción de lodos en las condiciones óptimas de operación también se calcularon para el proceso de tratamiento.

CHEBALLAH, Karima, *et al*, (2015), en su artículo científico titulado: Simultaneous removal of hexavalent chromium and COD from industrial wastewater by bipolar electrocoagulation. Eliminaron el cromo hexavalente y la DQO de las aguas residuales mediante electrocoagulación. Desarrollaron la investigación en un reactor electroquímico utilizando un electrodo de sacrificio de hierro. Estudiaron parámetros de operaciones tales como densidad de corriente (100, 150, 200  $\text{A/m}^2$ ), pH del efluente, número de electrodo y sus materiales. Los resultados mostraron que redujeron el cromo (VI) a cromo (III) con una producción del 100% y la DQO que tuvo una concentración 362 redujeron a 14,6 mg/L aproximadamente, con una remoción del 95,95% en un tiempo de reacción de 30 minutos con 200  $\text{A/m}^2$  y un gasto de energía de 22.07 kWh/kg.

DE LA CRUZ, Marco y SIFUENTES, Gustavo, (2018), en su tesis titulada: Remoción de contaminantes de aguas residuales de un matadero de equinos por el método de electrocoagulación a nivel de laboratorio. Universidad Nacional del Centro del Perú. Evaluaron el tiempo y la densidad de corriente, tuvo influencia en las características fisicoquímicas del efluente tratado en un matadero de equinos por el proceso de electrocoagulación. Realizaron experimentos preliminares, seleccionando el material correcto, utilizaron 3 placas de aluminio como ánodos y cátodos. Experimentaron en una muestra de 1.5L de agua residual, con una  $j = 33,88 \text{ A/m}^2$  y un  $T = 30 \text{ min.}$  de tratamiento. Obtuvieron como resultados en la  $\text{DBO}_5$  redujeron de 562 mg/L a 19 mg/L (96.8 %), DQO de 851 mg/L a 46.48 mg/L (94.538%); SS de 466 mg/L a 34 mg/L (92.685%); turbiedad redujeron de 192 a 2.6 UNT (98.646%); Aceites y grasas de 990 mg/L a 32.38 mg/L (96.729%) y contenido de nitrógeno de 280 mg/L a 36 mg/L (87.118%). Concluyeron a mayor densidad de corriente y tiempo, mayor será la remoción de los contaminantes en el efluente.

DE SANTANA, Marcela, *et al*, (2018), en su artículo científico titulado: electrochemical treatment of wastewater from a bakery industry: experimental and modeling study. Evaluaron el uso de la electrocoagulación como un método alternativo / complementario para tratar eficientemente dicho efluente, con enfoque en la determinación de las mejores condiciones de operaciones y en la cinética de la electrocoagulación en el conjunto de procesos definido óptimo variables para buscar lo óptimo, aplicaron un diseño factorial  $2^3$  de experimentos de electrocoagulación con electrodo de hierro y aluminio en el rango de pH de 4.6 a 7.0 y 6 a 12 V. durante 1200 y 2400 segundos. Un modelo estadístico confiable reveló que los resultados de la eliminación de DQO (6-8%) y la turbidez (32-98%) mediante el uso de electrodos de aluminio, que en promedio eran aproximadamente el doble que aquellos con electrodo de hierro, fueron influenciados por casi todos los factores considerados ( $p \leq 0.05$ ). A los mejores valores determinados de pH (7.0) y voltaje (12 V), realizaron experimentos cinéticos de electrocoagulación con electrodo de aluminio monitoreando periódicamente el pH, la turbidez, el color aparente, la concentración de aceite/grasa, DQO, la concentración de cloruro, anión y conductividad eléctrica de las aguas residuales durante 2400 seg. Concluyeron que todos los parámetros de contaminantes examinados, y en particular el contenido de aceite/grasa se redujeron a valores insignificantes en un corto tiempo de tratamiento.

ELAZZOUZI, M, HABOUBI, Kh, ELYOUBI, M, (2016), en su artículo científico Electrocoagulation-flocculation as a low-cost process for pollutants removal from urban wastewater. Diseñaron la combinación de electrocoagulación-floculación (ECF) de dos pasos para eliminar la DQO,  $DBO_5$ , TSS, nitrato ( $NO_3$ ), nitrógeno (N), fosfato (P) y coliforme fecal (FC) de las aguas residuales urbanas. La aplicación del proceso ECF en condiciones óptimas, tales como:  $J = (200 \text{ A/m}^2)$ , tiempo de reacción (30 min), dosis de floculante (6 ml/L), pH inicial (7,4) y cantidades específicas de electrodos disueltos ( $0,2 \text{ kg/m}^3$ ), permitieron alcanzar eficiencias de remoción prometidas: DQO (85%),  $DBO_5$  (84%), TSS (94%), N (63%),  $NO_3$ (73%) y P (99%). Además, es interesante observar que una duración de 10 minutos es suficiente para eliminar el 99% de (FC). Redujeron el consumo de energía específico de 6 KWh/Kg (DQO) y 0.6 KWh/Kg (P) (proceso EC) a 5KWh/Kg (DQO) y 0.5KWh/Kg (P). También realizaron un análisis comparativo de costos operativos y descubrieron que el rendimiento de ECF requiere 0.7 \$/Kg de (DQO) y 0.3 \$/Kg de (P) versus 0.9 \$/Kg (DQO) y 0.35 \$/Kg (P) para el proceso de EC.

ESFANDYARI, Yahya, *et al* (2014), en su artículo científico titulado: Degradation and biodegradability improvement of the olive mil wastewater by peroxi

electrocoagulation/electrooxidation/electroflotation process with bipolar aluminum electrodes. Construyeron un reactor piloto continuo, placas de aluminio (Al), acero inoxidable y RuO<sub>2</sub>/Ti. Estudiaron los efectos del pH, las dosis de peróxido de hidrógeno, la densidad de corriente, las concentraciones de NaCl y los tiempos de reacción. En condiciones óptimas de pH 4,  $J = 40 \text{ mA/m}^2$ , 1000 mg/L de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 1 g/L de NaCl y 30 minutos de tiempo de reacción, el método peroxielectroquímico arrojó una eliminación muy efectiva de la contaminación orgánica del agua residual del molino de oliva diluida cuatro veces. Redujeron la DQO en un 96%, DBO<sub>5</sub> en un 93.6%, polifenoles en un 94.4%, color en un 91.4%, turbidez en un 88.7%, sólidos suspendidos en un 97% y aceite y grasa en un 97.1%. El índice de biodegradabilidad (DBO<sub>5</sub>/DQO) aumentó de 0.29 a 0.46. Por lo tanto, el proceso de electrocoagulación peroxielectrocoagulación/electrooxidación lo consideraron como un proceso eficaz y factible para el tratamiento previo a los efluentes del molino de aceituna, haciendo posible un tratamiento posterior del efluente en un sistema biológico.

FERIA, Jhon, *et al* (2014), en su artículo científico titulado: Tratamiento de aguas residuales de origen químico mediante electrocoagulación. Universidad Pontificia Bolivariana. Evaluaron que la electrocoagulación fue eficaz para el tratamiento de dicha agua, con alta concentración de DQO y Turbidez. La muestra la extrajeron del laboratorio de Calidad de Aguas (UPB), analizaron el efluente antes y después de cada tratamiento. Realizaron la experimentación en un recipiente de 1.4 litros con electrodos (aluminio y hierro), colocándolos en paralelo y conectado mediante una fuente de energía, con corriente 0 a 1.5 A. Logrando los siguientes resultados en la DQO redujeron de 4589 mg/L a 1835.6 mg/L, remoción del 60%, distancia de electrodos entre 1 y 4 cm, independientemente de la densidad de corriente aplicado. Sin embargo, los resultados que obtuvieron para los sólidos suspendidos totales y turbidez no fueron favorables.

FRANCO, Javier y CARCAMO, José, (2017), en su trabajo de tesis titulado: Evaluación de la eficiencia de un reactor de electrocoagulación a escala piloto para la remoción de algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos presentes en las aguas residuales. Evaluaron la eficiencia de remoción de ocho parámetros fisicoquímicos presentes en los efluentes de la Universidad Francisco de Paula Santander, Seccional Ocaña. Logrando como resultados una remoción del 65% de DQO de 563 mg/L a 197.05 mg/L, y de 52% de DBO<sub>5</sub> de 240 a 115.2 mg/L aproximadamente, cumpliendo así con la normativa ambiental, lograron cuando el pH del agua estaba cerca a neutro, 30 y 40 voltios, tiempo de retención de 3 horas. En la parte experimental lograron determinar que, al utilizar

un voltaje de 30 Voltios, pH entre (7,8-7,9) y tiempos de retención 3 horas, generaron una remoción de 92,15% en Sólidos Totales, la cual inicialmente tuvieron 510 mg/L, y al final del tratamiento llegó a 40 mg/L. Sin embargo, el resultado no fue favorable para el resto de ensayos, llegando a tener porcentajes inferiores al 40% en todas las pruebas.

GARCÍA, Alfredo, et al, (2014), en su artículo científico titulado: Industrial wastewater treatment by electrocoagulation–electrooxidation processes powered by solar cells. Tuvieron como objetivo eliminar la DQO, TOC, color y turbidez del agua residual industrial, de un parque industrial mediante la aplicación de electrocoagulación (EC) y electrooxidación (EO) alimentados por células solares. El proceso de la (EC) lo llevaron a cabo en un lote de celda electroquímica monopolar, utilizaron cobres para los electrodos de ánodos y cátodos, un área de 0.00125 m<sup>2</sup>, y las células solares suministraron al sistema 1–3 A de intensidad de corriente. En la DQO redujeron el 80% a pH 2 y 89% a pH 4, y una eficiencia de eliminación de 97% y 91% de color y turbidez respectivamente, redujeron el TOC en un 48%. Para mejorar la eliminación de TOC, aplicaron un tratamiento (EO) después del proceso de (CE). La (EO) lo realizaron en celdas discontinuas utilizando un ánodo de diamante dopado con boro (BDD) y un cátodo de cobre. La máxima eficiencia de eliminación fue de 70.26% de TOC y 99.7% de DQO, con procesos EC + EO. La eliminación de color y turbidez fue del 100% y del 95%, respectivamente. Además de la fuerte capacidad de oxidación de los radicales hidroxilo generados, la presencia de cloro activo en la solución contribuyó a la eliminación de DQO mediante oxidación indirecta.

JIMENÉZ, Karla, (2018), en su trabajo de tesis titulado: Reducción de DQO por tratamientos físico-químicos de coagulación-floculación y electrocoagulación en aguas residuales. Tuvo como objetivo realizar un comparación entre los dos tipos de tratamientos mencionados en el título y determinó el más eficiente en la remoción de DQO en efluentes provenientes de una estación de servicio, en el primer tipo de tratamiento que es la coagulación-floculación usó (PAC y sulfato férrico con dosis de 30, 35, 40, 45, 50 y 55 (uL) como coagulante, en experimentación la dosis que logró mejor resultado fue 35 (uL) con sulfato férrico, remoción del 73,42% de la DQO redujo de 486 a 129,17 mg/L aproximadamente, en cambio en el segundo tratamiento que fue la electrocoagulación, utilizó las placas de Fe y Al, actuó como cátodo y ánodo respectivamente, tuvo una intensidad eléctrica de 10 y 30 amperios, tiempo 30, 45 y 60 minutos. Obtuvo como resultado que, a 30 amperios y 60 minutos, logró una remoción del 94.52% de la DQO

redujo de 486 a 26.6 mg/L. Concluyo que el mejor tratamiento fue la electrocoagulación, también que a mayor intensidad y tiempo el porcentaje de remoción será mayor.

LÓPEZ, Pamela y HARNISH, Antonio. (2016), en su artículo científico titulado. Electrocoagulación de aguas residuales de la industria láctea. Universidad de las América. Quito. Implementaron la electrocoagulación para tratar efluentes de yogurt para evaluar la eficiencia del proceso de eliminación de (DQO), (DBO<sub>5</sub>) y (SS). Trabajaron con muestra del efluente antes de ser descargada al sistema de desagüe, tomaron 3 recipientes de plástico de aproximadamente 20 litros. Logrando como resultado que la DQO redujo hasta 860.5 mg/L (82.42%), la DBO<sub>5</sub> redujo de 420mg/L a 28 mg/L (93.33%), y la remoción del sólido en suspensión fue de un 76.81% aproximadamente.

OGUTVEREN, Bakir, *et al.* (2014), en su artículo científico titulado: Electrocoagulation in a Plugflow Reactor: The Treatment of Cattle Abattoir Wastewater by Iron Rod Anodes. Investigaron el rendimiento de un reactor de electrocoagulación de flujo de tapón para el tratamiento de agua residual del matadero de ganado. Construyeron un reactor de hierro cilíndrico como cátodo en un modo discontinuo de reciclaje, mientras que tres varillas de hierro ubicadas en el centro del reactor se usaron como ánodo. Evaluaron los efectos de diferentes parámetros, incluida la densidad de corriente, la dosis de electrolito de soporte (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), tasa de recirculación de aguas residuales, pH inicial y adición de polielectrolitos. Logrando una alta eficiencia de eliminación, en el proceso Electro-Fenton lo evaluaron agregando H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de varias concentraciones. Logrando resultado con una remoción de la DQO en un 90%, consumo de energía eléctrica de 0.2 kWh/L. Concluyeron que el reactor electroquímico diseñado para este propósito fue efectivo para la eliminación de DQO del efluente, de acuerdo con la legislación turca, el efluente pudo ser descargable directo.

OGUTVEREN, Ulker y YAVUZ, Yusuf (2018), en su artículo científico titulado: Treatment of industrial estate wastewater by the application of electrocoagulation process using iron electrodes, Turkey. Recolectaron la muestra en la planta de tratamiento agua residual del polígono industrial, en la experimentación utilizaron electrodos de hierro de sacrificio, tomaron en cuenta los parámetros tales como la densidad de corriente, el apoyo a la concentración de electrolitos y pH inicial, tuvieron efecto en la remoción de DQO y también en el consumo de energía. El peróxido de hidrógeno lo utilizaron en diferentes concentraciones para observar sus efectos sobre la eficiencia de eliminación de la DQO y

el consumo energético, producciones de lodo también se calcularon para todos los experimentos, obtuvieron una remoción del 92 % de la DQO, tuvo inicialmente 873 mg/L redujeron a 69,8 mg/L, en las mejores condiciones experimentales ( $j = 30 \text{ mA} / \text{cm}^2$ ,  $\text{SE} = 3\text{mM Na}_2\text{SO}_4$ , pH original ( $\sim 6$ ) de las aguas residuales ( $1,500 \text{ mg} / \text{L H}_2\text{O}_2$ ) con un valor de consumo de energía de  $75,8 \text{ kWh} / \text{m}^3$  con un coste energético del €  $3.41/\text{m}^3$  y producción de lodo de  $5,45 \text{ g}$  por g de DQO.

OLIVEIRA, Larissa, *et al.* (2018), en su artículo científico titulado: Efficiency analysis of the electrocoagulation and electroflotation treatment of poultry slaughterhouse wastewater using aluminum and graphite anodes. Investigaron la aplicación de electrocoagulación (EC) y electroflotación (EF) para el tratamiento de aguas residuales del matadero de aves de corral en un electrolizador de celda unitaria a escala de banco con diferentes relaciones EC-EF a densidades de corriente de 3, 9 y  $15 \text{ mA}/\text{cm}^2$ . La relación CE-EF se controló mediante inversión de corriente utilizando electrodo de aluminio y grafito. El tratamiento electroquímico mostró eficiencias de eliminación satisfactorias para cargas de coagulante de (Al) superior a  $51.8 \text{ mg}/\text{L}$ . La relación 4/5 CE a EF ( $69.1 \text{ mg}/\text{L Al}$  y  $32.2 \text{ N mL}/\text{L}$  gas EF adicional) y 3/5 ( $51.8 \text{ mg}/\text{L Al} / 64 \text{ N mL}/\text{L}$  gas EF adicional) presentaron los mejores resultados para la eliminación de DQO (76–85%), color (93–99%) y turbidez (95–99%), con el beneficio adicional de reducir el consumo de electrodos y los costos de eliminación de lodos proporcionalmente a la CE a EF proporción. A la luz de los procesos fisicoquímicos y electroquímicos, analizaron los efectos de la relación CE-EF y la densidad de corriente sobre la eficiencia del tratamiento electroquímico para la eliminación de DQO, color aparente, turbidez, TSS, TSD y  $\text{NH}_3\text{-N}$ . subyacente al mecanismo de eliminación para cada parámetro. En particular, el mecanismo de descarga parece jugar un papel importante en la eliminación de  $\text{NH}_3\text{-N}$ , mientras que el mecanismo de electrooxidación indirecta representa una fracción de la eliminación de DQO soluble para la configuración de electrodos utilizada en el tratamiento.

PINEDO, José, PATERNINA, Robert, MARRUGO, José. (2016), en su artículo científico titulado: Alternative Electrocoagulation for Livestock Wastewater Treatment. Evaluaron la viabilidad técnica de la eliminación de materia orgánica (DQO) en los efluentes del ganado, mediante electrocoagulación. Utilizaron un diseño experimental para bloquear dos factores en tres niveles, para evaluar el efecto de las variables, distancia entre electrodos y pH, utilizaron electrodo de sacrificio (Al). Obtuvieron una eliminación máxima del 90,16% a 7 unidades de pH y una distancia de  $2,0 \text{ cm}$  entre electrodos.

Concluyeron la viabilidad técnica de la electrocoagulación (CE) para la eliminación de materia orgánica como DQO, presente en las aguas residuales de la industria ganadera.

PRAKASH, Jeganathan, [et al]. (2014), en su artículo científico titulado: Efficiency of electrocoagulation method to treat chicken processing industry wastewater— modeling and optimization. Department of Food Technology, Kongu Engineering College, India. Investigaron la eficiencia de método electroquímico para el tratamiento de efluentes de la industria de procesamiento de pollos, en las siguientes condiciones de operación tales como la cantidad de dilución (10-30%), pH inicial (4-9), aplica corriente (10-20 mA/cm<sup>2</sup>) y la dosis de electrólito (500-1250 mg/L). Extrajeron la muestra de agua residual en la industria Udumalpet, India, para evitar cambios en las propiedades físico-químicas del agua residual, lo almacenaron a 4°C antes del tratamiento. Obtuvieron resultado favorable en las siguientes condiciones; cantidad de dilución a 30%, pH inicial de 6, corriente 14 mA/cm<sup>2</sup> y la dosis de electrólito de 1075 mg / L y que muestra el 93% de tasa de eliminación de DQO redujeron 5500 a 385 mg/L y 95% de eliminación de la DQO con el valor de consumo de energía eléctrica de 3,48 KW /h.

RUBÍ, Humberto, et al. (2015), en su artículo científico titulado: A Combined Electrocoagulation-Electrooxidation Process for Carwash Wastewater Reclamation. Evaluaron el tratamiento de agua residual de un lavado de auto mediante un proceso combinado de electrocoagulación y electrooxidación. Utilizaron la electrocoagulación con hierro y aluminio produjo resultados similares, pero el hierro impartió color a la solución, por lo que utilizaron aluminio. La electrocoagulación de aluminio a pH (7) con una J= (150 A/m<sup>2</sup>) durante (60 min) redujo la turbidez en un (98%), el color en un (96%), los aceites en un (92%), DQO en un (76%), DBO<sub>5</sub> en un (74%) y el azul de metileno sustancias activas en un (56%). El proceso de electrooxidación con electrodos BDD a (210 A/m<sup>2</sup>) durante 120 minutos fue eficaz para reducir la DQO (82%), el color (81%), las sustancias activas de azul de metileno (81%), DBO<sub>5</sub> (73%) y los cloruros (72%). El proceso combinado fue muy efectivo en la reducción de aceites (100%), color (99.3%), turbidez (98.4%), DQO (96%), DBO<sub>5</sub> 93% y sustancias activas de azul de metileno (92%). Finalmente, las características orgánicas de las aguas residuales estaban por debajo de los límites establecidos por los gobiernos de México y los Estados Unidos.

SAMIR. Ahmed, et al. (2016), en su artículo científico titulado: Electrocoagulation using a rotated anode: A novel reactor design for textile wastewater treatment. Investigaron

las condiciones operativas óptimas de un nuevo reactor de electrocoagulación de lecho giratorio (CE) para el tratamiento de aguas residuales textiles. Examinaron los efectos de varios parámetros operativos, como la velocidad de rotación, densidad de corriente (CD), tiempo operativo (RT), pH, temperatura y distancia entre electrodos (IED) sobre la eficiencia de eliminación de contaminantes. Además, calcularon el consumo de aluminio (Al) y energía eléctrica, así como los costos operativos en condiciones óptimas. Los resultados indicaron que las condiciones óptimas para el tratamiento de aguas residuales textiles se lograron a  $CD = 4 \text{ mA/cm}^2$ ,  $RT = 10 \text{ min}$ , velocidad de rotación = 150 rpm,  $pH = 4.57$ , temperatura =  $25^\circ\text{C}$ , y  $IED = 1 \text{ cm}$ , el consumo de energía y los costos de operación fueron  $0.038 \text{ kg / m}^3$ ,  $4.66 \text{ kWh / m}^3$  y  $0.44 \text{ US \$ / m}^3$ , respectivamente. Las eficiencias de eliminación de DQO (97.10%),  $\text{DBO}_5$  (95.55%), TSS (98%), la turbidez (96%) y el color 98.50%, en los primeros 10 min de tiempo de reacción, mientras que el compuesto fenólico de las aguas residuales se eliminó casi por completo (99,99%). Los resultados obtenidos confirmaron que el nuevo diseño del reactor con impulsores anódicos rotados y anillos catódicos proporcionó una alta eficiencia de tratamiento con un tiempo de reacción reducido y con un menor consumo de energía.

SAMIR, Ahmed [*et al.* (2015), en su artículo científico titulado: Enhancement of an Electrocoagulation Process for the Treatment of Textile Wastewater under Combined Electrical Connections Using Titanium Plates. Evaluaron el rendimiento del proceso de electrocoagulación (EC) mediante la adición de placas de titanio (electrooxidación, EO). Los electrodos de aluminio (y hierro) y titanio (Ti) lo fijaron en una estructura bipolar (Bp) y monopolar (Mp) en la misma celda electrolítica. El rendimiento del reactor se caracterizó en términos de tiempo de electrólisis (RT), intensidad de corriente (I), pH, soporte químico, distancia entre electrodos (IED) y velocidad de agitación ( $M_{\text{rpm}}$ ). Además, también examinaron el consumo de energía y electrodos, la compactación de lodos, los gastos operativos y la comparación con el proceso convencional de la CE. El rendimiento EC-EO más adecuado lo lograron mediante el uso de placas Mp Ti-Bp Al. Los resultados preliminares mostraron las siguientes condiciones óptimas de operación:  $I = 0.6 \text{ A}$ ,  $pH = 6$ ,  $IED = 1 \text{ cm}$  y  $M_{\text{rpm}} = 500 \text{ rpm}$ . Las implementaciones de estos parámetros en aguas residuales textiles revelaron una eficiencia de eliminación relativamente alta de DQO (93.5%), TSS (97%), color (97.5%),  $\text{DBO}_5$  (90%), TDS (89%), turbidez (96%), fenoles (99%) y fosfato (97%). El costo operativo general del proceso fue de  $1.69 \text{ US \$ / m}^3$ .

SAMIR. Ahmed, et al. (2015), en su artículo científico titulado: Treatment Performance of Textile Wastewater Using Electrocoagulation (EC) Process under Combined Electrical Connection of Electrodes. Evaluaron el proceso de electrocoagulación (CE) utilizando interconexiones acopladas eléctricamente para el tratamiento de aguas residuales textiles. Examinaron el impacto de varios parámetros operativos, como el elemento de electrodo bipolar (Fe o Al), tiempo de electrólisis (RT), intensidad de corriente (I), pH, soporte químico, distancia entre electrodos (IED) y velocidad de agitación ( $M_{rpm}$ ). Además, investigaron el consumo de electrodo y energía eléctrica, la compactación de lodos, los costos operativos y una comparación con el método tradicional de coagulación química. El rendimiento EC más adecuado se logró mediante el uso de placas de aluminio monopolar y bipolar. Estas placas se alternaron dentro del paquete de electrodos durante 90 minutos. Los resultados preliminares mostraron las siguientes condiciones óptimas de funcionamiento:  $I = 0.6$  A,  $pH = 6$ ,  $NaCl = 0.1$  kg /  $m^3$ ,  $IED = 0.5$  cm y  $M_{rpm} = 500$ . La implementación de estos parámetros en aguas residuales textiles reveló una eficiencia de eliminación relativamente alta de DQO (92.6%), TSS (96.4%), color (96.5%), DBO5 (88%), TDS (87%), turbidez (96%), fenoles (más del 99%) y fosfato (95%). El costo operativo general para la operación de la CE fue de 1.76US \$ /  $m^3$ . Este valor lo calcularon en función del consumo de electrodos y energía, productos químicos y eliminación de lodos. Descubrieron que la operación de la CE es más eficiente que el proceso tradicional de coagulación química.

TANYOL, Mehtap, OGEDEY, Aysenur, OGUZ, Ensar (2017), en su artículo científico titulado: COD removal from leachate by electrocoagulation process: treatment with monopolar electrodes in parallel connection. Examinaron la eliminación de la (DQO) de los lixiviados de vertederos generados desde el relleno municipal de Bingol, Turquía. Investigaron los efectos de los parámetros como: densidad de corriente, pH y distancia entre electrodos durante el proceso de electrocoagulación (EC). Además, para la eliminación de DQO, el consumo de energía y los costos operativos lo calcularon para el electrodo de hierro en las condiciones de la (EC). La eficiencia de eliminación de la DQO fue del 72,13%, con una  $J = 16$  mA/ $m^2$ ,  $pH$  de 8,05, y la distancia entre los electrodos de 9 mm en el tiempo de detención de 60 minutos con electrodo de hierro y la concentración de DQO se redujo de 6,100 a 1.700  $mgO_2/L$  por (EC). El valor más alto de la energía eléctrica y los consumos de electrodos por kg de DQO en las condiciones óptimas se determinaron como 0.

TEZCAN, Umran, *et al.* (2014), en su artículo científico titulado: Continuous electrocoagulation of cheese whey wastewater: An application of Response Surface Methodology. Department of Environmental Engineering, Turkey. Utilizaron un reactor de electrocoagulación continua de diseño único, con un ánodo de hierro horizontal tipo tornillo giratorio y con las siguientes condiciones de operación:  $J = (60, 50, 40 \text{ mA} / \text{cm}^2)$ , pH (7, 5, 3) y tiempo (60, 40, 20 min). Lograron un resultado favorable en DQO que inicialmente tuvo 15.500 redujeron a 2.112 mg/L con una remoción de 86,4%,  $J =$  de 60 mA /  $\text{cm}^2$ , pH 4.54, un tiempo de retención de 20 min. Concluyeron que la electrocoagulación se aplicó con éxito para el tratamiento de aguas residuales suero de queso.

TIAN. Yushi, *et al.* (2016). en su artículo científico titulado: Energy efficient electrocoagulation using an air-breathing cathode to remove nutrients from wastewater. Se Examinaron el uso de un cátodo de aire de carbono activado termodinámicamente favorable y un ánodo de aluminio sacrificado para reducir la energía necesaria para la CE y eliminación de nutrientes. El rendimiento del proceso de electrocoagulación del cátodo de aire (ACEC) utilizaron agua residual sin tratar y una solución sintética libre de carbono (relación nitrógeno: fósforo de 1:10 en agua desionizada) simulando la eliminación de nutrientes de un agua residual tratada para la eliminación de materia orgánica. El tratamiento ACEC de aguas residuales eliminó el 99% de amoníaco y fósforo, junto con 72-81% de DQO y 78-89% de TSS en 4 h (separación entre electrodos de 1,5 cm,  $J = 8 \text{ A/m}^2$ ). La eliminación casi total de los nutrientes requirió 1.8 kWh  $\text{m}^3$ , que es inferior a la informada previamente para algunos procesos de la CE para esta aplicación (0.4–22 kWh  $\text{m}^3$ ). Las eliminaciones de nutrientes utilizaron soluciones sintéticas (sin materia orgánica) varió de 74% a 93% para nitrógeno (47-370 mg N / L) y 44-76% para fósforo. Indicaron que el ACEC pudo lograr buenos niveles de eliminación de nutrientes con una menor demanda de energía en comparación con los sistemas EC anteriores.

VALERO, David. [*et al.*]. (2014), en su artículo científico titulado: Electrochemical treatment of wastewater from almond industry using DSA-type anodes: Direct connection to a PV generator. Investigaron la viabilidad del tratamiento para la remoción de contaminantes de efluentes industriales reales mediante oxidaciones electroquímicas a escala de laboratorio y luego se amplió a escala preindustrial. La primera etapa del trabajo lo realizaron a escala de laboratorio, utilizaron una celda de 63  $\text{cm}^2$ , donde diferentes ánodos (Ti / Pt); DSA (Ti /  $\text{RuO}_2$ ) y (Ti /  $\text{IrO}_2$ ) y las condiciones experimentales óptimas (pH, Se estudiaron y establecieron la densidad de corriente, temperatura y  $[\text{Cl}^-]$ ). Mediante

el uso de un ánodo DSA-Cl 2 (Ti / RuO<sub>2</sub>), pH 9, J = 50 mA/cm<sup>2</sup>, [Cl<sup>-</sup>]= 2000 mg/L y temperatura ambiente, redujeron la DQO de 2000 a 500 mg/L, (75%) y los resultados mostraron que la electrooxidación pudo eliminar contaminantes orgánicos. En la segunda etapa, llevaron a cabo la escala de laboratorio a escala preindustrial, utilizaron una celda de 3300 cm<sup>2</sup>. El reactor electroquímico finalmente fue alimentado por un generador fotovoltaico conectado directamente, para funcionar utilizaron energía renovable y lograron eliminar la DQO (de 2000 a 400 mg/L) lo que hizo una remoción del 80%.

VARANK, Gamze y EREN, Mustafa (2014), en su artículo científico titulado: Application of Central Composite Design approach for dairy wastewater treatment by electrocoagulation using iron and aluminum electrodes: modeling and optimization. Aplicaron el enfoque de la metodología de superficie de respuesta, optimizaron los parámetros del proceso para la eliminación de DQO, color, ortofosfato, TSS y turbidez de las aguas residuales lácteas mediante el proceso de electrocoagulación con electrodos de hierro y aluminio. Encontraron que las condiciones óptimas para la eliminación de DQO fueron de 5.06 min para el tiempo de reacción, pH (5) y 50.5 A/m<sup>2</sup> para la densidad de corriente con electrodos de Al, mientras que 5.21 min para el tiempo de reacción, para pH (5) y 65 A/m<sup>2</sup> para densidad de corriente con electrodos de Fe. Lograron altas eficiencias de eliminación (98,91% de DQO y 99,78% de eliminación de ortofosfato con electrodos de Al, y 98,84% de DQO y 98,24% de eliminación de ortofosfato con electrodos de Fe) en condiciones óptimas. Calcularon que los costos operativos para la eliminación de DQO de las aguas residuales lácteas fueron de 0,54 y 0,42 € / m<sup>3</sup>, respectivamente. El lodo formado en condiciones optimizadas en el proceso EC caracterizaron por análisis de espectroscopía infrarroja por transformación de Fourier (FT-IR). Los resultados de FT-IR mostraron que los contaminantes en las aguas residuales lácteas se unieron con complejos de hidróxido de aluminio e hidróxido de hierro, precipitados en el fondo del reactor que contenía componentes lácteos.

YOUSEFI. Zabihollah, *et al.* (2018), en su artículo científico titulado: Process Performance with DC Current in Treatment of Poultry Slaughterhouse Wastewater Using Aluminum Electrodes. Investigaron el desempeño del proceso de electrocoagulación con corriente directa (CC) en el tratamiento de efluentes de mataderos de aves de corral utilizaron electrodos de aluminio. Realizaron un estudio experimental a escala piloto sobre efluentes de mataderos de aves de corral. En el experimento, el flujo directo y cuatro electrodos de aluminio, que estaban separados por dos centímetros, usaron como monopolo. Investigaron el porcentaje de eliminación de residuos de carga orgánica (DQO,

DBO<sub>5</sub>) y diferentes cambios de pH, a 6, 12 y 18 V, y pH 3, 5, 7 y 9, y diferentes tiempos de reacción (10, 30, 60, 90 min). La eficiencia de eliminación de DQO y DBO<sub>5</sub> usando corriente DC fue óptima a 18 V y pH = 7 que ocurrió en 45 minutos (84.86%, 88.93%, respectivamente), con un pH final de 8.47. Concluyeron que el proceso de electrocoagulación se pudo usar como un proceso combinado con alta eficiencia en la eliminación de contaminantes de efluentes del matadero.

ZHU, Runye, *et al.* (2015), en su artículo científico titulado: Industrial park wastewater deeply treated and reused by a novel electrochemical oxidation reactor, China. Realizaron un reactor de electro-oxidación para el tratamiento de agua residual parque industrial. El reactor desarrollado es de tipo flujo donde el efluente a tratar pasa a través de electrodos de placa de malla compuestos de titanio (Ti) como cátodos y Ti / PbO<sup>2</sup> como ánodos, tuvieron las condiciones de funcionamiento óptimas con un pH neutral, un flujo transversal de velocidad de 0,75 m/h, una  $J = 5,0 \text{ mA/cm}^2$ , y una proporción de superficie a volumen de 0,25 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>, la (DQO) que inicialmente tuvo 154.71 mg/L, llegaron a reducir hasta 58.75 mg/L, disminuyendo por debajo de 60 mg/L y una velocidad de 20 unidades Hazen, respectivamente después de 30 min de la electrólisis, llegando a estar por debajo del límite de las normas de calidad de agua para descarga en plantas de tratamiento de aguas residuales en las zonas industriales (60 mg/L). Finalmente, la cantidad de microbios en las aguas residuales disminuyeron de  $7 \cdot 10^4$  CFU/mL a 0 CFU/mL durante electro-oxidación, la eficacia de la corriente de DQO era 16,55%, y el consumo de energía para 1 tonelada de efluente fue de 4,12 kW/h. El costo de operación de efluente fue de \$ 0,57 por tonelada de acuerdo con el precio de la electricidad local de los \$ 0,14 kW/h para las industrias.

La investigación tiene como bases teóricas a los **aceites y grasas** según Vásquez (2017) este parámetro está en estado libre, puede ser vegetal, mineral y animal. En su mayoría estos contaminantes son insolubles al agua, de igual manera la **materia orgánica** según Romero (2001) nos indica que están presentes en los efluentes de las industrias cárnicas está compuesto por carbono, oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, principalmente; carbohidratos, proteínas. La concentración de (MO) se mide mediante COT, DBO<sub>5</sub> y DQO. Asimismo, los **sólidos en suspensión (SS)** son sustancias que están suspendidas en las aguas residuales y no decantan de forma natural. Por otro lado tenemos a la **demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)** según los autores Medina y Peralta (2015) mediante este parámetro podemos medir la cantidad de oxígeno requerido por microorganismos de la (MO) de una

muestra líquida, esta medición se realiza al cabo de 5 días, también tenemos a la **demanda química de oxígeno (DQO)** según los autores Medina y Peralta (2015) nos permite determinar la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar las partículas contaminantes presentes en los efluentes con un agente químico oxidante (dicromato de potasio), la cual se le adiciona una cantidad en nuestra muestra de estudio, también se define al **potencial de hidrógeno(pH)** según Aguilar (2015) es una escala de acidez o basicidad de cualquier disolución. Esto nos proporciona la concentración de  $[H_3O]^+$  presentes en dichas disoluciones, de igual manera el **oxígeno disuelto (OD)** es necesario para mantener la fauna acuática, dependerá mucho de los siguientes parámetros: Presión, salinidad, temperatura, sustancias químicas oxidables en condiciones acuáticas específicas (ARELLANO, 2017, p26). Al igual que la **conductividad eléctrica ( $\mu S/cm$ )** Este parámetro se mide con el contenido de sales en un líquido, un aumento en dicho parámetro proporciona un incremento en la intensidad de corriente cuando el voltaje que descargamos se mantiene constante en la celda de electrocoagulación (AGUILAR, 2015, p 36). y también la **temperatura ( $^{\circ}C$ )** En los efluentes este parámetro es mayor a diferencia del agua potable, esto se debe a consecuencia de la energía liberada durante la reacción bioquímica que degradan la (MO) (ARELLANO, 2017, p25).

**Electrocoagulación** es una tecnología que no se conoce mucho y que tiene grandes soluciones en los tratamientos de efluentes, en este tipo de tratamiento se aplica corriente eléctrica para la degradación de los contaminantes que se encuentran suspendidos, disueltos en los efluentes. La descarga eléctrica pasa mediante cables hacia los electrodos (aluminio y hierro), los cuales trabajan como ánodo y cátodo respectivamente (AGUILAR, 2015).

**¿Cómo funciona?** Los electrodos que se utilizan en esta experimentación son de sacrificio, dado que en el proceso se desprenden en el efluente los iones que desestabilizan los coloides, provocando que se desestabilicen los contaminantes, llegando a la floculación. En los electrodos utilizados principalmente se generan micro burbujas de hidrógeno y oxígeno, que estos chocan y se adhieren a los flóculos, llevándolos a la superficie formándose así una espuma que puede ser removida fácilmente. Y para terminar las burbujas que se han formado en el proceso ayudan a que las grasas y el aceite flotan (MORANTE, 2002). **Ventajas de la electrocoagulación**

- Descontamina el agua residual, lo puede convertir en potable.
- Los contaminantes son arrastrados hacia la superficie, producido por las burbujas en el proceso, donde se remueven fácilmente (ALI *et al*, 2001).
- La operación del reactor es de fácil manejo.

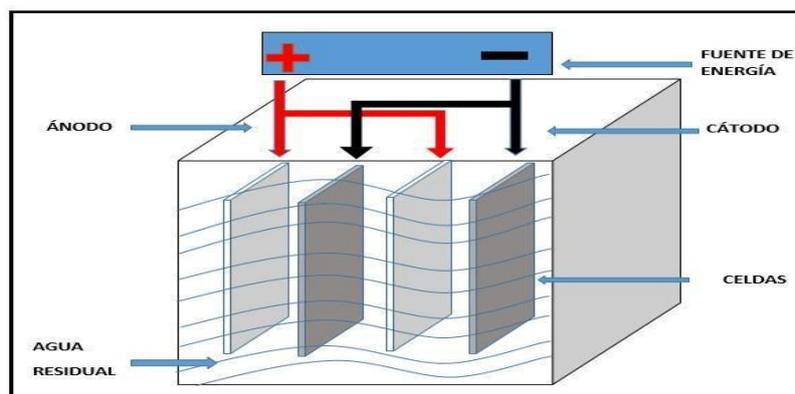
- No utiliza productos químicos que puedan contaminar aún más el agua (ALI *et al*, 2001).
- En el proceso experimental se genera flóculos, las cuales se sedimentan más rápido a comparación de otro tratamiento similar (ALI *et al*, 2001).

### Desventajas de la electrocoagulación

- Los electrodos que se utilizan en el proceso se disuelven y necesitan cambiarse en cada tratamiento.
- Se forman concentraciones de aluminio y hierro en los lodos que se forman al final del tratamiento (ALI *et al*, 2001).
- En algunos pueblos donde la energía es de difícil acceso o costosa podría resultar un mayor costo en el tratamiento (ALI *et al*, 2001).
- Se Puede llegar a formar óxido en los electrodos usados, y como consecuencia impedir el paso de corriente al reactor, perjudicando en nuestros resultados (ALI *et al*, 2001).

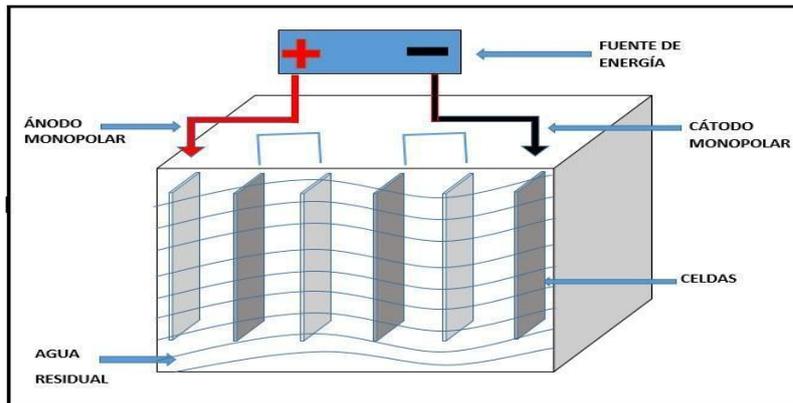
Del mismo modo tenemos los tipos de **reactores de la electrocoagulación**: Los reactores pueden clasificarse como tipo Batch y flujo, esto dependerá del volumen de agua residual a tratar, A continuación, se definirá los tipos de reactores más comunes.

**Reactor tipo Batch** según Aguilar (2015) nos indica que este tipo de reactor opera con cierto volumen de agua, es decir, como un prototipo, debido a que se puede operar fácilmente y con un bajo costo. Las celdas contienen un cátodo y ánodo y que están en forma vertical, además conectadas a una intensidad de energía. Existen tres tipos que son monopolar paralelo, en serie y bipolar (Figura 1, 2 y 3).



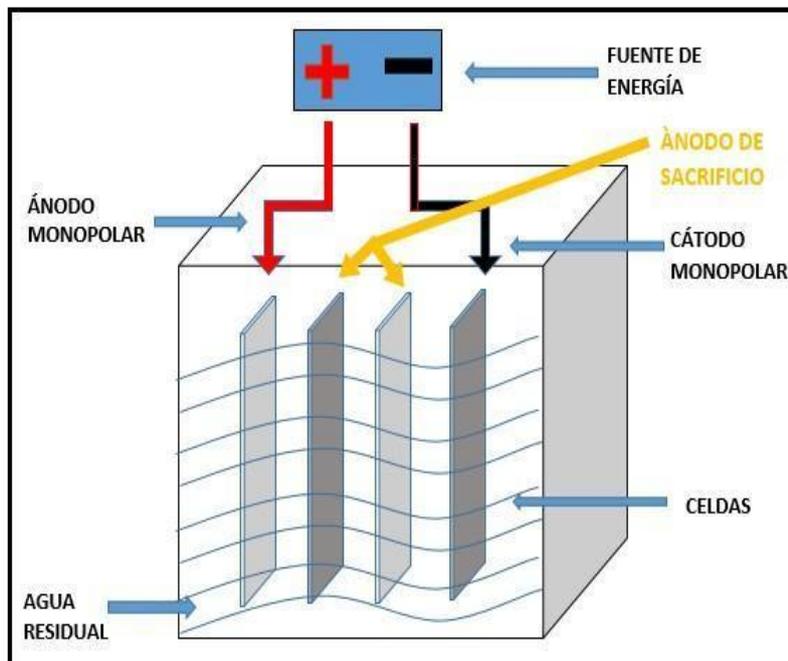
Fuente: ALI *et al*, 2001.

Figura 1: Reactor monopolar en paralelo



Fuente: ALI *et al*, 2001.

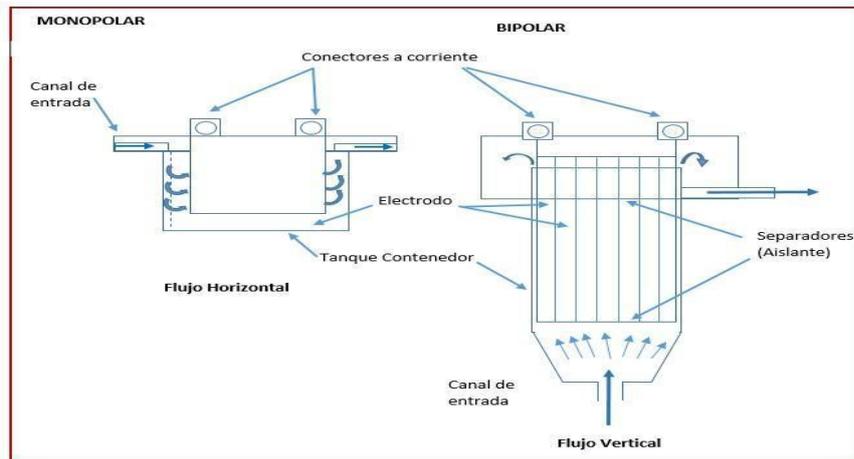
Figura 2: Reactor monopolares en serie



Fuente: ALI *et al*, 2001.

Figura 3: Reactor bipolares en paralelo.

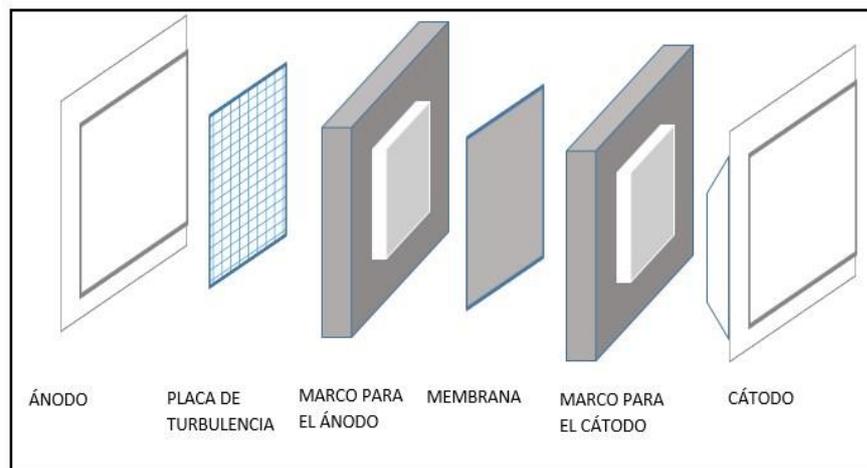
Del mismo modo el **reactor tipo de flujo** el autor Chen (2004) nos indica que en este tipo de reactor se puede realizar de manera horizontal o vertical, debido a que tiende a aprovechar el movimiento del hidrógeno y oxígeno, porque el ánodo y el cátodo realizan un proceso de oxidación, en este tipo de reactor se realiza con celdas por múltiples canales, uno de los defectos es que el reactor tenga un caudal pequeño. Tipos de reactores de flujo son: de filtro prensa, cilindro rotativo (Figura 4).



Fuente: CHEN, 2004.

Figura 4: Reactor de tipo de flujo

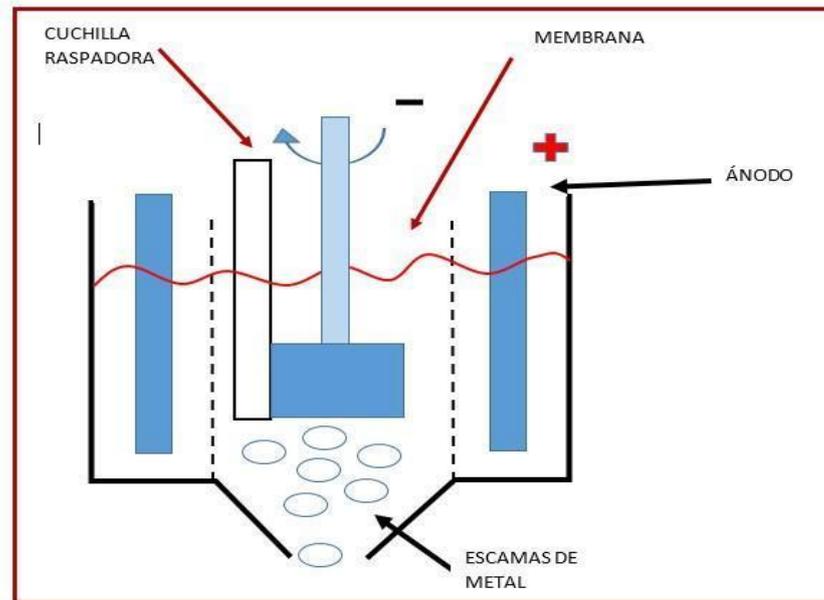
**Reactor filtro prensa:** Según RESTREPO (2006), este tipo de reactor está compuesto por dos marcos a los extremos, la cual sostiene al ánodo y el cátodo, y están en forma de placas, de manera que cuando se arma forma como una cámara. El agua ingresa por la parte lateral del reactor y es inducida a flujo turbulento (Figura 5).



Fuente: CHEN, 2004.

Figura 5: Reactor filtro prensa

**Reactor de electrodo cilíndrico rotatorio:** Según CHEN (2004), este reactor más se usa para remover metales, en la cual el cátodo se encuentra en el centro de la celda y gira, en cambio el ánodo se mantiene fijo (Figura 6).



Fuente: CHEN, 2004.

Figura 6: Reactor cilíndrico rotatorio.

Por otro lado, la **coagulación** según Pérez (2017) señala que este proceso se realiza mediante la adición de agentes químicos o natural que sería el “coagulante”, la cual pretende desequilibrar las partículas coloidales que se encuentran suspendidas en el efluente, así estas se puedan acumularse permitiendo la formación de flóculos. Asimismo, la **floculación** el mismo autor nos dice que es un proceso físico basado en la aglomeración de las partículas coloidales que han sido desestabilizadas en la coagulación, la cual forman flóculos más grandes y de gran peso, que son las partículas de hidróxidos que se forman al interactuar el coagulante con el agua, para su posterior precipitación. De igual manera tenemos al **electrodo** el autor Pérez (2018) nos indica que es un conductor que desprende y recolecta los electrones en una célula o válvula. El ánodo es positivo y el cátodo es negativo. Del mismo modo el **ánodo** se les denomina así a los electrodos positivos presentes en la celda de electrocoagulación. Y también el **cátodo** se les denomina así a los electrodos negativos que se encuentran en la celda de electrocoagulación. Se presenta las condiciones de operación en la electrocoagulación: **Densidad de corriente**, Según Ayala (2016) este parámetro de operación es muy importante en el proceso, debido a que mayor densidad de corriente, mayor será la eliminación de contaminantes en el efluente, el incremento de la densidad de corriente no puede ser mucho, dado que parte de esta energía se podría transformar en térmica, malogrando nuestro tratamiento. **Tiempo** el mismo autor nos indica que es un parámetro muy importante, dado que, a mayor tiempo de electrocoagulación mayor será la remoción de contaminantes, eso involucra que un mayor tiempo de operación asegura el contacto y la interacción entre los contaminantes del agua

residual. **Potencial de hidrógeno (pH)** el mejor pH para remover los contaminantes es cercano a 7, pero también este parámetro incrementa el uso de energía, y esto es porque varía la conductividad eléctrica, esta variación es dependiente del tipo de electrodo a utilizar y del pH del efluente a tratar. Asimismo, la **conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )** según Restrepo (2006) al aumentar la conductividad eléctrica en la electrocoagulación, también aumenta la densidad de corriente; cuando se mantiene constante el voltaje, y la conductividad incrementa, teniendo una densidad de corriente constante disminuye el voltaje aplicado. **Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )** Restrepo (2006) nos indica que este parámetro no ha sido estudiado muy a fondo, pero en investigaciones realizadas se ha demostrado que la mejor eficiencia en cuanto a la corriente es cuando aumenta hasta los  $60^{\circ}\text{C}$  la cual es el tope y luego empieza a decaer, esto ocurre por consecuencia al incremento de la temperatura, y se genera la actividad de destrucción de los contaminantes. También tenemos a **distancia entre electrodos** según los autores de Castillo y Oliden (2017), indica que, la separación de 1 cm entre electrodos mejora los resultados para la reducción de materiales orgánicos contaminantes en el efluente. Por último, el **tipo de electrodo** los autores Cazco y Jarrin (2010) señala que se pueden usar placas de aluminio, hierro, cobre, acero inoxidable entre otros, la eficiencia de remoción de los contaminantes está en que el electrodo debe poseer resistencia química, por lo general en términos de costos, y la fatalidad las láminas de hierro y aluminio son las más usadas.

**Decreto Supremo 004-2017-MINAM. Aprueban estándares de calidad ambiental para aguas.** Es un instrumento de gestión ambiental que mide el estado de la calidad del agua, estableciendo los niveles máximos de concentración de sustancias que están presentes en el ambiente y que no generan algún tipo de riesgos para la salud y el ambiente (Tabla 1).

En esta investigación nos basaremos en la categoría 3 que trata de riego de vegetales y bebidas de animales.

Tabla 1: Decreto Supremo 004-2017 – MINAM

DECRETO SUPREMO 004-2017-MINAM ESTÁNDARES DE CALIDAD PARA AGUAS				
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
<b>FISICOS - QUIMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Conductividad	µS/cm	2500		5000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Potencial de Hidrogeno ( pH )	Unidad de pH	6.5 - 8.5		6.5 - 8.4
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5

Fuente: Decreto Supremo 004-2017 - MINAM.

**Decreto Supremo N°010-2019-VIVIENDA Aprueban el reglamento de (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.** En este reglamento nos indican los valores máximos que deben tener los parámetros del algún efluente para poder descargarse a los sistemas de alcantarillado (Tabla 2).

Tabla 2: Decreto Supremo N°010-2019-VIVIENDA

DECRETO SUPREMO N°10-2019-VIVIENDA REGLAMENTO DE VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (VMA) PARA DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS EN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO			
PARÁMETRO	UNIDAD	SIMBOLOGÍA	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	DBO <sub>5</sub>	500
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	DQO	1000
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	S.S.T.	500
Aceites y Grasas	mg/L	A Y G	100

Fuente: Decreto Supremo N°010-2019 –VIVIENDA.

Dentro de la formulación del problema, se tiene como **problema general** ¿En qué medida la electrocoagulación permite reaprovechar las aguas residuales de la industria de embutidos, para el riego de áreas verdes, Villa El Salvador, 2019?. Como **problemas específicos**, en primer lugar tenemos a ¿Qué características físicas y químicas de las aguas residuales de la industria de embutidos, mejora mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019?, en segundo lugar ¿De qué manera las aguas recuperadas del tratamiento de electrocoagulación sirve para el riego de las áreas verdes, Villa El Salvador, 2019?, en tercer lugar ¿Cuáles son las mejores condiciones de operación del reactor de electrocoagulación para reaprovechar las aguas residuales de la industria de embutidos, Villa El Salvador, 2019?.

A continuación se presenta la justificación del estudio **teórica**: Mediante el tratamiento de la electrocoagulación se busca mejorar las características físicas y químicas del agua residual de la industria de embutidos, dado que estas aguas contienen altas concentraciones de carga orgánica, generando impactos negativos al medio ambiente, es por eso que en la investigación proporciona una solución al problema, además de reducir las concentraciones de carga orgánica, se logra recuperar el agua para el regado de áreas verdes. **Práctica**: La industria de embutidos genera grandes cantidades de aguas residuales en los procesos, con altos niveles de carga orgánica, por lo que se ha llegado a una posible solución ante esta problemática, con el tratamiento de la electrocoagulación, la cual intenta eliminar o reducir las altas concentraciones de carga orgánica de dichas aguas, así se logra que estas aguas no sean vertidas a los sistemas de alcantarillados, sin ningún tipo de tratamiento previo, causando un efecto en los ecosistemas acuáticos, siendo perjudicial para todos los que habitamos cerca a esas aguas. **Metodológico**: En la investigación se aplica el tratamiento de electrocoagulación, con las siguientes condiciones de operación: densidad de corriente, tiempo de operación, electrodos (aluminio y hierro), distancia entre electrodos, pH, temperatura, conductividad eléctrica, consiste en aplicar corriente, a un cierto tiempo, con esto se logra desestabilizar los contaminantes llegando a la floculación, gracias a la reacción de los electrodos se generan micro burbujas de hidrógeno y oxígeno, que al chocar, los contaminantes se adhieren a los floculos, llevándolos a la superficie en forma de espuma que pueden ser removidas fácilmente.

Por otro lado, se tiene al **objetivo general** de la investigación Evaluar que la electrocoagulación permita reaprovechar las aguas residuales de la industria de embutidos, para el riego de áreas verdes, Villa El Salvador, 2019. Como también a

los **objetivos específicos**, la primera es, Determinar qué características físicas y químicas de las aguas residuales de la industria de embutidos, mejora mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019, la segunda, Determinar las aguas recuperadas del tratamiento de electrocoagulación servirá para el riego de las áreas verdes, Villa El Salvador, 2019. Y por último Determinar las mejores condiciones de operación del reactor de electrocoagulación para reaprovechar las aguas residuales de la industria de embutidos, Villa El Salvador, 2019. Por otro lado, la **Hipótesis general**, **Ha**: la electrocoagulación permitió reaprovechar las aguas residuales de la industria de embutidos, para el riego de áreas verdes, Villa El Salvador, 2019. **Ho**: la electrocoagulación no permitió reaprovechar las aguas residuales de la industria de embutidos, para el riego de áreas verdes, Villa El Salvador, 2019. Como primera **hipótesis Específico** tenemos a **Ha**: las características físicas y químicas de las aguas residuales de la industria de embutidos, mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019. **Ho**: las características físicas y químicas de las aguas residuales de la industria de embutidos, no mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019. Como **segunda Ha**: Las aguas recuperadas del tratamiento de electrocoagulación sirvió para el riego de las áreas verdes, Villa El Salvador, 2019. **Ho**: Las aguas recuperadas del tratamiento de electrocoagulación no sirvió para el riego de las áreas verdes, Villa El Salvador, 2019. Como **tercera y última Ha**: Las mejores condiciones de operación del reactor de electrocoagulación permitió reaprovechar las aguas residuales de la industria de embutidos, Villa El Salvador, 2019. **Ho**: Las mejores condiciones de operación del reactor de electrocoagulación no permitió reaprovechar las aguas residuales de la industria de embutidos, Villa El Salvador, 2019.

## II. MÉTODO

**2.1. Tipo y diseño de Investigación** La investigación es de tipo aplicada, según Lozada (2014), está orientado a dar una solución al problema de contaminación de agua, provocado por la industria de embutido, por lo que busca resolver problemas para contribuir a la investigación. Este tipo de investigación tiene como plus el uso del conocimiento que proviene de la investigación básica. Asimismo, la investigación presenta un enfoque cuantitativo, dado que obtiene datos en el campo y en el laboratorio para contrastar las hipótesis. Según el autor Hernández *et al* (2014) menciona que “El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio, que de nuestras preguntas de investigación se determinan hipótesis y variables, estas variables se miden en un determinado ambiente; para analizar los datos se utilizan análisis estadísticos y la recolección de los datos con medición numérica. **nivel de investigación**, el nivel de la investigación es explicativo, dado que, explica la problemática que genera los efluentes, los efectos que trae consigo, busca conocer el tipo relación de causa-efecto, es decir, tiene la finalidad a responder por las causas de los eventos y fenómenos ocasionados, los principales intereses recurren en por qué ocurre el fenómeno y las condiciones que se manifiestan (HERNÁNDEZ *et al.* 2014, p95).

**Diseño de Investigación**, según HERNÁNDEZ *et al.* (2014) indica que “El diseño de la investigación es experimental, dado que es un estudio donde se manipula de manera adrede la variable independiente “La electrocoagulación” evalúa la investigación con resultados positivos sobre la variable dependiente; de subtipo pre y post prueba, dado que se recolectarán datos antes y después del tratamiento, determina la reducción de los parámetros físicos y químicos del agua residual proveniente de la industria de embutido.

## 2.2 Operacionalización de variables

### 2.2.1 Variables

VARIABLE INDEPENDIENTE: La Electrocoagulación

VARIABLE DEPENDIENTE: Reaprovechamiento de aguas residuales de la industria de embutidos, para riego de áreas verdes

### 2.2.2. Matriz de Operacionalización

#### 2.2.2. Matriz de Operacionalización

Tabla 3: Matriz de operacionalización

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDICIÓN
REAPROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA DE EMBUTIDOS, PARA RIEGO DE ÁREAS VERDES	Estos vertimientos generados en el subsector cárnicos son principalmente de tipo orgánico, que presentan importantes aportes de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5), sólidos, aceites y grasas, contaminantes que requieren de un análisis con el fin de determinar aspectos relacionados con los principales parámetros de vertimientos de interés sanitario e igualmente establecer el cumplimiento normativo de las industrias. (Pérez, 2016).	El agua residual de la industria de embutido se midió con la toma de muestra del efluente proveniente del proceso de embutido, posterior se analizaron sus parámetros que fueron: pH, Conductividad eléctrica, temperatura, DBO <sub>5</sub> , DQO, sólidos en suspensión, aceites y grasas, en el laboratorio de la Universidad César Vallejo.	Características físicos-químicas	DBO <sub>5</sub>	(mg /l)
				DQO	(mg /l)
				Aceites y grasas	(mg/l)
				Sólidos en suspensión	(mg/l)
				Oxígeno disuelto	(mg/l)
				pH	Adimensional (0-14)
				Conductividad eléctrica	(μS/cm)
				Temperatura	°C

La Electrocoagulación	La electrocoagulación es un proceso electroquímico donde se utiliza la corriente eléctrica para eliminar contaminantes que se encuentran suspendidos, disueltos o emulsificados en un medio acuoso. La corriente eléctrica se hace pasar a través de electrodos generalmente de aluminio y hierro, los cuales pueden trabajar como ánodo o cátodo respectivamente, generando coagulantes por la disolución de iones en los electrodos. (Aguilar, 2015)	<p>Para la electrocoagulación se tomaron en cuenta los siguientes factores para su alto grado de efectividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● densidad de de corriente</li> <li>● ph</li> <li>● tiempo</li> <li>● conductividad</li> <li>● electrodos</li> <li>● Distanciamiento entre electrodos</li> </ul> <p>Luego de saber esto se procedió a construir el reactor de electrocoagulación, se realizaron las pruebas correspondientes, teniendo en cuenta siempre los factores anteriormente mencionados.</p>	Condiciones de Operación del reactor electrocoagulador	Densidad de corriente	(A/m <sup>2</sup> )
				Tiempo de operación	(min)
				Distancia entre electrodos	(mm)
				Tipo de electrodo(hierro, aluminio)	----
				pH	Adimensional (0-14)
				Conductividad eléctrica	(μS/cm)
				Temperatura	°C

Fuente: Elaboración propia

## 2.3 Población, muestra y muestreo

Por otro lado, la **población** es el agua residual de la industria de embutidos (Figura 7). Según Ventura (2017), indica que la población es un conjunto de elementos que tienen ciertas características las son estudiadas, para de esa forma garantizar las conclusiones extraídas en el estudio. Asimismo, la **muestra** está representada por 10 L del efluente provenientes de la industria de embutidos. Según López (2004) señala que la muestra es un subconjunto en la cual se realizará la investigación, seleccionada para poder determinar las características o propiedades del objeto a ser estudiado. La muestra es una parte representativa de la población. La unidad de análisis es el agua residual proveniente de la industria de embutidos. Además, el **muestreo** es aleatorio simple.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 7: Ubicación del proyecto

La metodología se realizó con 4 tratamientos con diferentes estimulaciones para nuestra variable dependiente, al cual se aplicó distintas densidades de corriente y tiempo, analizó los parámetros (DBO<sub>5</sub>, DQO, SS, Oxígeno disuelto y aceites y grasas, antes y después del tratamiento.

A continuación, se presenta el esquema del tratamiento en la tabla 4

Tabla 4: Esquema de tratamiento.

CÓDIGO	FUENTE DE ORIGEN	DENSIDAD DE CORRIENTE (A/m <sup>2</sup> )	TIEMPO (Min)	REPETICIONES
TO	Agua residual de la industria de embutidos	---		1
T1	Agua residual de la industria de embutidos	444,4	5	3
T2	Agua residual de la industria de embutidos	666,6	15	3
T3	Agua residual de la industria de embutidos	888,8	30	3
T4	Agua residual de la industria de embutidos	1111,1	60	3

Fuente: Elaboración propia.

## 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

La **técnica** es la observación y medición directa de los parámetros del agua residual provenientes de la industria de embutidos. La observación se define como el registro ordenado y verídico del comportamiento de ciertas actividades, la cual se participa mirando, registrando y analizando los hechos de interés (FERNÁNDEZ, 2005, p.4). Por otro lado los **instrumentos de recolección de datos** a utilizar son las fichas de registros (Ver Anexos 3,4 y 5) para obtener datos de campo, características físicas y químicas del agua residual, condiciones de operación del electrocoagulador (Tabla 5).

Tabla 5: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

ETAPAS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
Recolección de muestra de estudio	Medición y observación	Ficha de registro de campo (ANEXO 3)	Conocimiento del problema de estudio
Análisis de laboratorio de muestra inicial:	Medición	Ficha de registro para la identificación de los parámetros fisicoquímicos del agua residual (ANEXO 4)	Concentración inicial de los parámetros fisicoquímicos
Construcción de prototipo de celda	Medición	Ficha de registro para determinar las condiciones adecuadas del electrocoagulador (ANEXO 5)	El reactor de electrocoagulación armado
Experimentación	Medición	Ficha de registro para determinar las condiciones adecuadas del electrocoagulador (ANEXO 5)	El electrocoagulador removió porcentajes altos de los parámetros fisicoquímicos.
Análisis de laboratorio de muestra final	Medición	Ficha de registro para la identificación de los parámetros fisicoquímicos del agua residual (ANEXO 4)	Los parámetros fisicoquímicos están por debajo de los ECAS, categoría 3

Fuente: Elaboración Propia.

Por otro lado **la validez** el autor Corral (2009) indica que es una cuestión de juicio de expertos, la cual evalúan los instrumentos con la finalidad de poder obtener datos que aporten positivamente a tu investigación, el denominado Juicio de Expertos, se utiliza para conocer la probabilidad de error en el instrumento, mediante esto se puede obtener resultados favorables, además que los instrumentos deben ser confirmados y/o modificados conforme pasen los años o según se realicen nuevas investigaciones. La validez de nuestros instrumentos de recolección de datos será validada por 3 expertos ( Ver Anexos 3, 4 y 5), las cuales se muestran en la tabla 6.

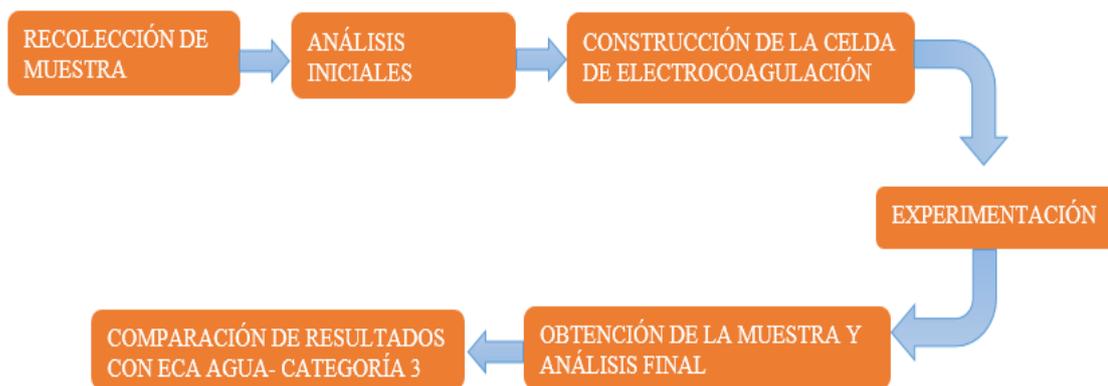
Tabla 6: Validación de los Instrumentos por expertos

N°	Nombre de Expertos	Promedio de Validación
1	Ing.Horacio Acosta Suasnabar	<b>85%</b>
2	Ing.Jorge Jave Nakayo	<b>85%</b>
3	Ing Jhonny Valverde Flores	<b>90%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Asimismo, las **confiabilidades** de los instrumentos otorgan la información exacta de los resultados del tratamiento, además que dichos instrumentos están validados por 3 expertos, que han brindado su visto bueno, dado que cumplen con los requisitos indicados. También el análisis del agua residual se realizará en el laboratorio de la misma universidad, siendo eso la mejor confiabilidad para nuestros resultados previsto. Los instrumentos tienen una confiabilidad aceptable de 86.6% de acuerdo a la validación de los instrumentos por el juicio de expertos.

## 2.5. Procedimiento



Fuente: Elaboración propia

Figura 8: Procedimiento de la investigación

### ● **Recolección de muestra de estudio**

Se recolectó 3 litros del agua residual proveniente de la industria de embutidos, en envases de vidrio, posteriormente se trasladó en un cooler a una temperatura de 4°C. Asimismo se tomó 10 litros para la experimentación (figura 9).



Fuente: Elaboración propia

Figura 9: Recolección de muestra

### ● **Análisis de laboratorio de muestra inicial:**

Se analizó los parámetros iniciales requeridos (pH, conductividad eléctrica, temperatura, oxígeno disuelto, DQO, DBO<sub>5</sub>, SS, Aceites y grasas) para la investigación, y así determinar el grado de contaminación de las aguas residuales de embutidos (figura 10 y 11).



Fuente: Elaboración propia

Figura 10: Medición de temperatura



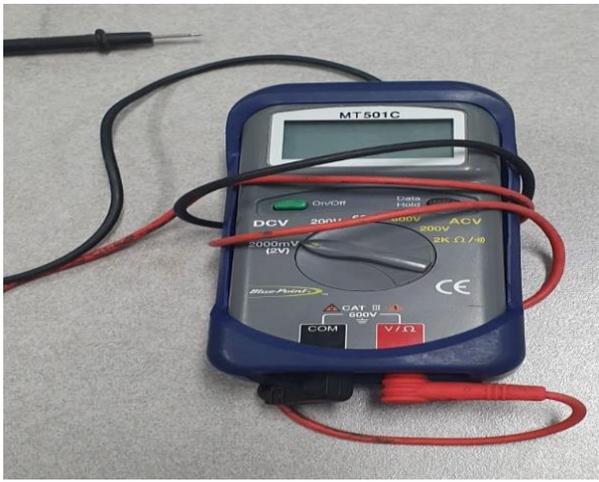
Fuente: Elaboración propia

Figura 11: Medición de DQO

### • Construcción de prototipo de celda

Para la construcción del prototipo de la celda electrocoagulación se tomó en cuenta lo que se muestra en la figura 12.

	<p>Celda de acrílico: Capacidad 10L Dimensiones: Ancho: 20 cm Largo: 30 cm Altura: 25 cm Grosor: 6 mm</p>
	<p>Electrodos: 6 de Hierro y 6 de Aluminio Dimensiones: Largo: 15 cm Ancho: 15 cm Grosor: 1.5 mm</p>

	<p>Fuente de poder 0 a 60 Voltios 0 a 20 Amperios</p>
	<p>Cocodrilos de cobre (positivo y negativo)</p>
	<p>Multitester digital</p>

Fuente: Elaboración propia.

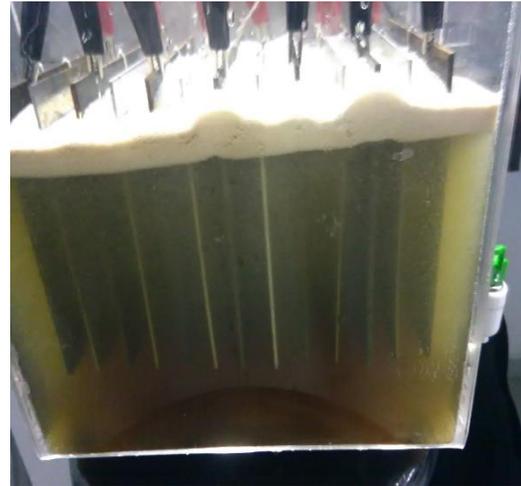
Figura 12: Materiales para la construcción de la celda

- **Etapas de experimentación:**

Se realizó 4 tratamientos, con sus respectivas repeticiones, en cada caso se varió el tiempo y la densidad eléctrica (figura 13 y 14).



Fuente: Elaboración propia  
 Figura 13: Experimentación



Fuente: Elaboración propia  
 Figura 14: Generación de espumas

- **Análisis de laboratorio de muestra final:**

Se analizó el agua ya tratada, para obtener los niveles de contaminantes finales, y evaluar si la experimentación fue exitosa (figura 15).



Fuente: Elaboración propia

Figura 15: Agua residual con 15 minutos de experimentación

## 2.6. Métodos de análisis

Análisis Descriptivo se realizará mediante el software Microsoft Excel 2016, la cual estará representado por gráficos de los resultados obtenidos, con sus respectivas interpretaciones. Análisis inferencial, se utilizará el software IBM

SPSS 23 para comprobar las hipótesis, y determinar si la investigación resultó favorable.

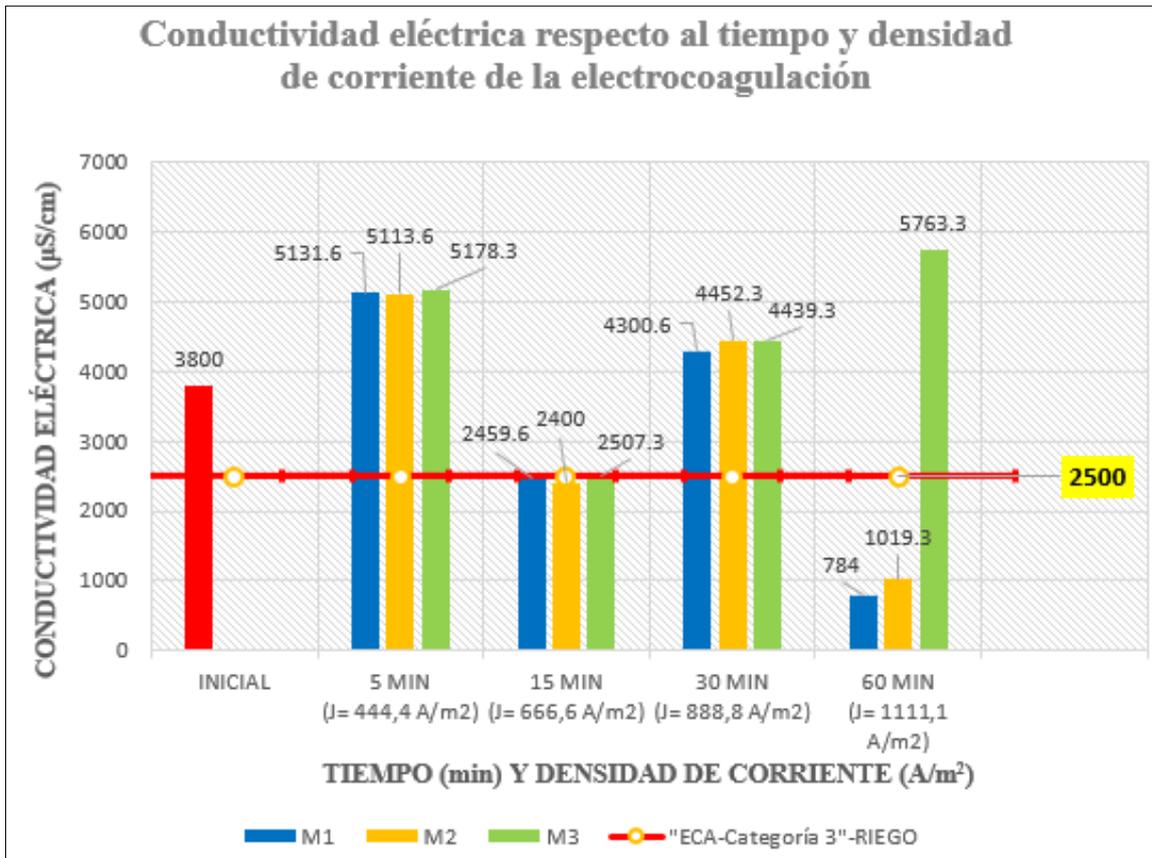
## **2.7. Aspecto ético**

El presente trabajo de investigación se basó en los lineamientos de la Resolución N° 0089-2019/UCV, además en el campo de la ingeniería se tiene como código de ética de IEEE, Advancing Technology for Humanity. Asimismo, se sometió al software Turnitin para verificar la originalidad de la investigación.

### III. RESULTADOS

#### A) CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA RESPECTO AL TIEMPO Y DENSIDAD DE CORRIENTE DE LA ELECTROCOAGULACIÓN

A continuación, tenemos la siguiente figura 9, en la cual se detalló como actuó la conductividad eléctrica respecto al tiempo y densidad de corriente de la electrocoagulación.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 16: Conductividad eléctrica respecto al tiempo y densidad de corriente de la electrocoagulación.

**Interpretación:** En la figura 16, muestra los resultados de la conductividad eléctrica, teniendo inicialmente 3800 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), la cual sobrepasa los Estándares de Calidad Ambiental - categoría 3 (riego de vegetales), que es de 2500 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), se realizó 4 tratamientos con sus respectivas repeticiones, aumentando el tiempo y densidad de corriente, logrando un buen resultado en el tiempo de 15 minutos con una densidad de corriente de 666.6  $\text{A}/\text{m}^2$ , logrando un promedio de 2455.5 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), removiendo un 35.38%, cumpliendo así la normativa, y esto es debido a que se dejó reposar media hora para la sedimentación, y también en el minuto 60 con una densidad de 1111.1  $\text{A}/\text{m}^2$ , pero solo la M1 y M2.

Tabla 7: Prueba de normalidad para la conductividad eléctrica

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTO/ TIEMPO	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
CE	INICIAL	,186	9	,200*	,928	9	,460
	TIEMPO 5 MIN	,265	9	,068	,824	9	,534
	TIEMPO 15 MIN	,289	9	,513	,735	9	,073
	TIEMPO 30 MIN	,378	9	,200*	,682	9	,524
	TIEMPO 60 MIN	,397	9	,200*	,655	9	,624

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.  
a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** Los datos provienen de una distribución normal.

**H<sub>1</sub>:** Los datos no provienen de una distribución normal.

**b) Regla de decisión**

sig. > 0.05, Rechazamos la H<sub>1</sub>.

**c) Resultado /discusión**

**P valor** mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H<sub>0</sub>**, los datos provienen de una distribución normal (Tabla 7).

Por el número de datos ingresados usamos Shapiro- Wilk.

Tabla 8: Prueba de homogeneidad de varianzas para la conductividad eléctrica

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
CE	Se basa en la media	59,350	4	40	,569
	Se basa en la mediana	4,355	4	40	,005
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	3,235	4	8,024	,037
	Se basa en la media recortada	47,109	4	40	,000

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** Se asumen que las varianzas son iguales.

**H<sub>1</sub>:** Se asumen que las varianzas no son iguales.

**b) Regla de decisión**

sig. > 0.05, Rechazamos la H<sub>1</sub>.

**c) Resultado /discusión**

**P valor** mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H<sub>0</sub>**, se asume que las varianzas son iguales (Tabla 8).

Tabla 9: Anova para la conductividad eléctrica

<b>ANOVA</b>					
CE					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	49538418,578	4	12384604,644	10,401	,000
Dentro de grupos	47626370,667	40	1190659,267		
Total	97164789,244	44			

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** Las características físicas y químicos (Conductividad eléctrica) de las aguas residuales de la industria de embutidos, no mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019.

**H<sub>1</sub>:** Las características físicas y químicos (Conductividad eléctrica) de las aguas residuales de la industria de embutidos, mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019.

**b) Regla de decisión**

sig. < 0.05, Rechazamos la **H<sub>0</sub>**.

**c) Resultado /discusión**

**P valor** menor de **0,05** entonces aceptamos la **H<sub>1</sub>**, Las características físicas y químicos (Conductividad eléctrica) de las aguas residuales de la industria de embutidos, mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019 (Tabla 9).

Tabla 10: Comparación múltiple (tukey) para la conductividad eléctrica

<b>Comparaciones múltiples</b>
Variable dependiente: CE
HSD Tukey

(I) TRATAMIENTO/TIEMPO	(J) TRATAMIENTO/TIEMPO	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
INICIAL	TIEMPO EN 5 MIN	- 1335,2222	514,3840	,090	- 2804,350	133,906
	TIEMPO 15 MIN	1350,3333	514,3840	,085	-118,794	2819,461
	TIEMPO 30 MIN	-591,4444	514,3840	,779	- 2060,572	877,683
	TIEMPO 60 MIN	1283,8889	514,3840	,112	-185,239	2753,017
TIEMPO EN 5 MIN	INICIAL	1335,2222	514,3840	,090	-133,906	2804,350
	TIEMPO 15 MIN	2685,5556*	514,3840	,000	1216,428	4154,683
	TIEMPO 30 MIN	743,7778	514,3840	,602	-725,350	2212,906
	TIEMPO 60 MIN	2619,1111 <sup>†</sup>	514,3840	,000	1149,983	4088,239
TIEMPO 15 MIN	INICIAL	- 1350,3333	514,3840	,085	- 2819,461	118,794
	TIEMPO EN 5 MIN	- 2685,5556*	514,3840	,000	- 4154,683	- 1216,428
	TIEMPO 30 MIN	- 1941,7778 <sup>†</sup>	514,3840	,004	- 3410,906	-472,650
	TIEMPO 60 MIN	-66,4444	514,3840	1,000	- 1535,572	1402,683
TIEMPO 30 MIN	INICIAL	591,4444	514,3840	,779	-877,683	2060,572
	TIEMPO EN 5 MIN	-743,7778	514,3840	,602	- 2212,906	725,350
	TIEMPO 15 MIN	1941,7778*	514,3840	,004	472,650	3410,906
	TIEMPO 60 MIN	1875,3333 <sup>†</sup>	514,3840	,006	406,206	3344,461
TIEMPO 60 MIN	INICIAL	- 1283,8889	514,3840	,112	- 2753,017	185,239
	TIEMPO EN 5 MIN	- 2619,1111 <sup>†</sup>	514,3840	,000	- 4088,239	- 1149,983
	TIEMPO 15 MIN	66,4444	514,3840	1,000	- 1402,683	1535,572
	TIEMPO 30 MIN	- 1875,3333 <sup>†</sup>	514,3840	,006	- 3344,461	-406,206

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.  
Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>1</sub>:** Existe alguna significancia entre tratamiento(tiempo) sobre la conductividad eléctrica.

**H<sub>0</sub>:** No existe alguna significancia entre tratamiento(tiempos) sobre la conductividad eléctrica.

**b) Regla de decisión**

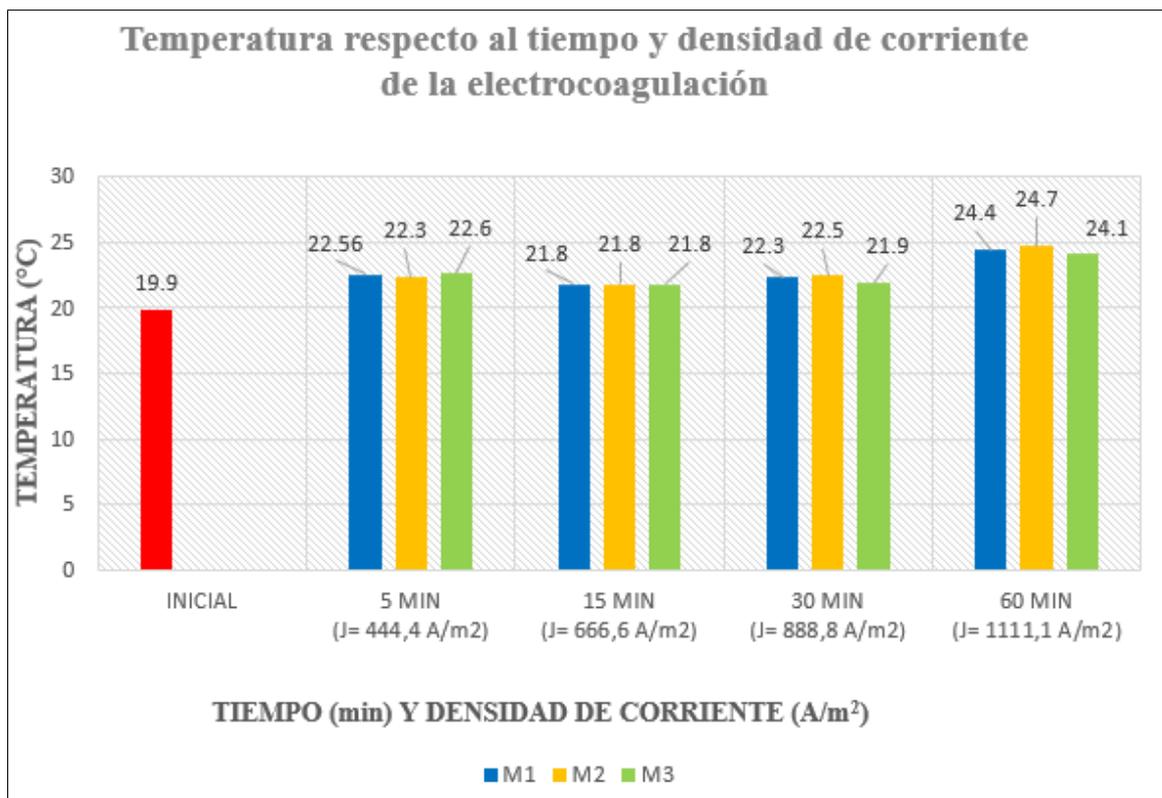
sig. <0.05, Rechazamos la H<sub>0</sub>.

**c) Resultado /discusión**

La significancia de la prueba Tukey para los tratamientos donde el P valor <0.05, nos indica que existe alguna significancia entre tratamiento (tiempos) sobre la conductividad eléctrica (Tabla 10).

**B) TEMPERATURA RESPECTO AL TIEMPO Y DENSIDAD DE CORRIENTE DE LA ELECTROCOAGULACIÓN.**

A continuación, tenemos la siguiente figura 10, en la cual se detalló como actuó la temperatura respecto al tiempo y densidad de corriente de la electrocoagulación.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 17: Temperatura respecto al tiempo y densidad de corriente de la electrocoagulación.

**Interpretación:** En la figura 17, se muestra los resultados de la temperatura, teniendo inicialmente 19.9°C, se realizó 4 tratamientos con sus respectivas repeticiones, y se observa que, al aumentar el tiempo y la densidad de corriente, aumenta la temperatura, esto se debe a que aplicamos corriente en nuestro tratamiento de electrocoagulación y los

iones en solución (sales) presentes en el agua genera que se desestabilicen y por ende aumente la temperatura, llegando a tener un promedio de 24.4°C en el último tratamiento.

Tabla 11: Prueba de normalidad para la temperatura

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTO/ TIEMPO	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TEMPERATURA	INICIAL	,804	9	,256	,836	9	,052
	TIEMPO 5 MIN	,278	9	,013	,820	9	,094
	TIEMPO 15 MIN	,423	9	,632	,838	9	,055
	TIEMPO 30 MIN	,266	9	,200*	,794	9	,147
	TIEMPO 60 MIN	,509	9	,200*	,823	9	,627
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.							
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** Los datos provienen de una distribución normal.

**H<sub>1</sub>:** Los datos no provienen de una distribución normal.

**b) Regla de decisión**

sig. > 0,05. Rechazamos la H<sub>1</sub>.

**c) Resultado /discusión**

**P valor** mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H<sub>0</sub>** Los datos provienen de una distribución normal (Tabla 11).

Por el número de datos ingresados usamos Shapiro- Wilk.

Tabla 12: Prueba de homogeneidad de varianzas para la temperatura

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
TEMPERATURA	Se basa en la media	3,893	4	40	,009
	Se basa en la mediana	2,366	4	40	,069
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	2,366	4	31,799	,074
	Se basa en la media recortada	3,792	4	40	,010

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>**: Se asumen que las varianzas son iguales.

**H<sub>1</sub>**: Se asumen que las varianzas no son iguales.

**b) Regla de decisión**

sig. > 0,05. Rechazamos la H<sub>1</sub>.

**c) Resultado /discusión**

**P valor** menor de **0.05** entonces aceptamos la **H<sub>1</sub>**, se asumen que las varianzas no son iguales (Tabla 12).

Tabla 13: Anova para la temperatura

<b>ANOVA</b>					
TEMPERATURA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	107,215	4	26,804	431,544	,000
Dentro de grupos	2,484	40	,062		
Total	109,699	44			

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>**: Las características físicas y químicos (Temperatura) de las aguas residuales de la industria de embutidos, no mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019.

**H<sub>1</sub>**: Las características físicas y químicos (Temperatura) de las aguas residuales de la industria de embutidos, mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019.

**b) Regla de decisión**

sig. < 0.05, Rechazamos la **H<sub>0</sub>**.

**c) Resultado /discusión**

**P valor** menor de **0,05** entonces aceptamos la **H<sub>1</sub>**, Las características físicas y químicos (temperatura) de las aguas residuales de la industria de embutidos, mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019 (Tabla 13).

Tabla 14: Comparación múltiple (tukey) para la temperatura

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: TEMPERATURA						
HSD Tukey						
(I) TRATAMIENTO/TIEMPO	(J) TRATAMIENTO/TIEMPO	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
INICIAL	TIEMPO EN 5 MIN	-2,9222*	,1175	,000	-3,258	-2,587
	TIEMPO 15 MIN	-2,2333*	,1175	,000	-2,569	-1,898
	TIEMPO 30 MIN	-2,6556*	,1175	,000	-2,991	-2,320
	TIEMPO 60 MIN	-4,8222*	,1175	,000	-5,158	-4,487
TIEMPO EN 5 MIN	INICIAL	2,9222*	,1175	,000	2,587	3,258
	TIEMPO 15 MIN	,6889*	,1175	,000	,353	1,024
	TIEMPO 30 MIN	,2667	,1175	,176	-,069	,602
	TIEMPO 60 MIN	-1,9000*	,1175	,000	-2,236	-1,564
TIEMPO 15 MIN	INICIAL	2,2333*	,1175	,000	1,898	2,569
	TIEMPO EN 5 MIN	-,6889*	,1175	,000	-1,024	-,353
	TIEMPO 30 MIN	-,4222*	,1175	,007	-,758	-,087
	TIEMPO 60 MIN	-2,5889*	,1175	,000	-2,924	-2,253
TIEMPO 30 MIN	INICIAL	2,6556*	,1175	,000	2,320	2,991
	TIEMPO EN 5 MIN	-,2667	,1175	,176	-,602	,069
	TIEMPO 15 MIN	,4222*	,1175	,007	,087	,758
	TIEMPO 60 MIN	-2,1667*	,1175	,000	-2,502	-1,831
TIEMPO 60 MIN	INICIAL	4,8222*	,1175	,000	4,487	5,158
	TIEMPO EN 5 MIN	1,9000*	,1175	,000	1,564	2,236
	TIEMPO 15 MIN	2,5889*	,1175	,000	2,253	2,924
	TIEMPO 30 MIN	2,1667*	,1175	,000	1,831	2,502

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>1</sub>:** Existe alguna significancia entre tratamiento(tiempos) sobre la temperatura.

**H<sub>0</sub>:** No existe alguna significancia entre tratamiento(tiempos) sobre la temperatura.

**b) Regla de decisión**

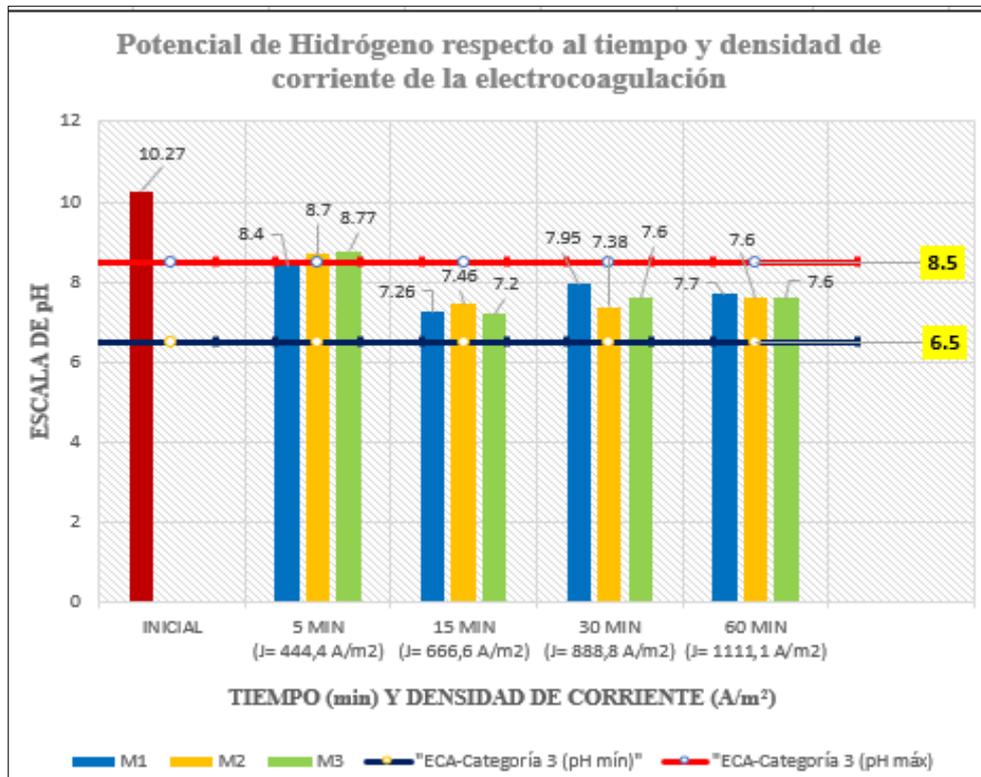
sig. <0.05, Rechazamos la H<sub>0</sub>.

**c) Resultado /discusión**

La significancia de la prueba Tukey para los tratamientos donde el **P valor <0.05**, nos indica que existe alguna significancia entre tratamiento (tiempos) sobre la temperatura (Tabla 14).

### C) POTENCIAL DE HIDRÓGENO RESPECTO AL TIEMPO Y DENSIDAD DE CORRIENTE DE LA ELECTROCOAGULACIÓN

A continuación, tenemos la siguiente figura 11, en la cual se detalló como actuó el pH respecto al tiempo y densidad de corriente de la electrocoagulación.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 18: Potencial de Hidrógeno respecto al tiempo y densidad de corriente de la electrocoagulación

**Interpretación:** En la figura 18, se muestra los resultados del pH, teniendo inicialmente una escala de 10.27, la cual sobrepasa los Estándares de Calidad Ambiental - categoría 3 (riego de vegetales), que está en un rango de 6.5-8.5, se realizó 4 tratamientos con sus respectivas repeticiones, la cual a partir del tratamiento con 15 minutos se empieza a condicionar el pH, agregando ácido sulfúrico para las condiciones adecuadas del electrocoagulador,

Tabla 15: Prueba de normalidad para el pH

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTO/TIEMPO	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Ph	INICIAL	,245	9	,245	,134	9	,245
	TIEMPO EN 5 MIN	,305	9	,016	,790	9	,096
	TIEMPO 15 MIN	,153	9	,200*	,930	9	,481
	TIEMPO 30 MIN	,222	9	,200*	,819	9	,232
	TIEMPO 60 MIN	,203	9	,200*	,880	9	,158
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.							
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>**: Los datos provienen de una distribución normal.

**H<sub>1</sub>**: Los datos no provienen de una distribución normal.

**b) Regla de decisión**

sig. > 0.05, Rechazamos la H<sub>1</sub>.

**c) Resultado /discusión**

**P valor** mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H<sub>0</sub>**, los datos provienen de una distribución normal (Tabla 15).

Por el número de datos ingresados usamos Shapiro- Wilk.

Tabla 16: Prueba de homogeneidad de varianzas para el Ph

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
pH	Se basa en la media	6,559	4	40	,015
	Se basa en la mediana	3,526	4	40	,015
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	3,235	4	24,182	,021
	Se basa en la media recortada	6,233	4	40	,001

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>**: Se asumen que las varianzas son iguales.

**H<sub>1</sub>**: Se asumen que las varianzas no son iguales.

**b) Regla de decisión**

sig. > 0,05. Rechazamos la  $H_1$ .

**c) Resultado /discusión**

**P valor** menor de **0,05** entonces aceptamos la  $H_1$ , se asumen que las varianzas no son iguales (Tabla 16).

Tabla 17: Anova para el pH

<b>ANOVA</b>					
pH					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	52,336	4	13,084	468,656	,000
Dentro de grupos	1,117	40	,028		
Total	53,453	44			

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>**: Las características físicas y químicos (pH) de las aguas residuales de la industria de embutidos, no mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019.

**H<sub>1</sub>**: Las características físicas y químicos (pH) de las aguas residuales de la industria de embutidos, mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019.

**b) Regla de decisión**

sig. < 0.05, Rechazamos la  $H_0$ .

**c) Resultado /discusión**

**P valor** menor de **0,05** entonces aceptamos la  $H_1$ , Las características físicas y químicos (pH) de las aguas residuales de la industria de embutidos, mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019 (Tabla 17).

Tabla 18: Comparación múltiple (tukey) para el pH

<b>Comparaciones múltiples</b>						
Variable dependiente: pH						
HSD Tukey						
(I)	(J)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
TRATAMIENTO/TIEMPO	TRATAMIENTO/TIEMPO					

INICIAL	TIEMPO EN 5 MIN	1,62333*	,07877	,000	1,3984	1,8483
	TIEMPO 15 MIN	2,95889*	,07877	,000	2,7339	3,1839
	TIEMPO 30 MIN	2,62222*	,07877	,000	2,3973	2,8472
	TIEMPO 60 MIN	2,61111*	,07877	,000	2,3861	2,8361
TIEMPO EN 5 MIN	INICIAL	-1,62333*	,07877	,000	-	-1,3984 1,8483
	TIEMPO 15 MIN	1,33556*	,07877	,000	1,1106	1,5605
	TIEMPO 30 MIN	,99889*	,07877	,000	,7739	1,2239
	TIEMPO 60 MIN	,98778*	,07877	,000	,7628	1,2127
TIEMPO 15 MIN	INICIAL	-2,95889*	,07877	,000	-	-2,7339 3,1839
	TIEMPO EN 5 MIN	-1,33556*	,07877	,000	-	-1,1106 1,5605
	TIEMPO 30 MIN	-,33667*	,07877	,001	-,5616	-,1117
	TIEMPO 60 MIN	-,34778*	,07877	,001	-,5727	-,1228
TIEMPO 30 MIN	INICIAL	-2,62222*	,07877	,000	-	-2,3973 2,8472
	TIEMPO EN 5 MIN	-,99889*	,07877	,000	-	-,7739 1,2239
	TIEMPO 15 MIN	,33667*	,07877	,001	,1117	,5616
	TIEMPO 60 MIN	-,01111	,07877	1,000	-,2361	,2139
TIEMPO 60 MIN	INICIAL	-2,61111*	,07877	,000	-	-2,3861 2,8361
	TIEMPO EN 5 MIN	-,98778*	,07877	,000	-	-,7628 1,2127
	TIEMPO 15 MIN	,34778*	,07877	,001	,1228	,5727
	TIEMPO 30 MIN	,01111	,07877	1,000	-,2139	,2361

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>1</sub>:** Existe alguna significancia entre tratamiento(tiempos) sobre el pH.

**H<sub>0</sub>:** No existe alguna significancia entre tratamiento(tiempos) sobre el pH.

**b) Regla de decisión**

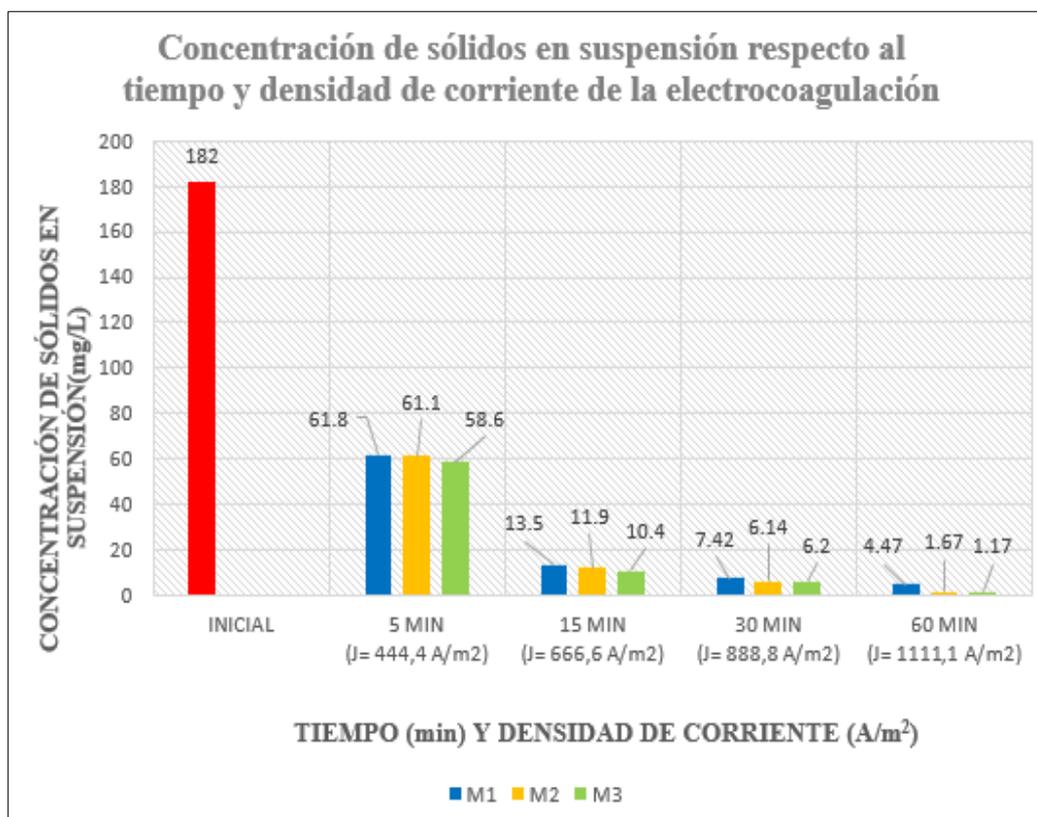
sig. <0.05, Rechazamos la H<sub>0</sub>.

**c) Resultado /discusión**

La significancia de la prueba Tukey para los tratamientos donde el **P valor <0.05**, nos indica que existe alguna significancia entre tratamiento (tiempos) sobre el pH (Tabla 18).

## D) SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN RESPECTO AL TIEMPO Y DENSIDAD DE CORRIENTE DE LA ELECTROCOAGULACIÓN

A continuación, tenemos la siguiente figura 12, en la cual se detallará como actúan los sólidos en suspensión respecto al tiempo y densidad de corriente de la electrocoagulación.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 19: Sólidos en suspensión respecto al tiempo y densidad de corriente de la electrocoagulación

**Interpretación:** En la figura 19, se muestra los resultados de los sólidos en suspensión, teniendo inicialmente 182 mg/L, posteriormente se realizó 4 tratamientos con sus respectivas repeticiones, para reducir o eliminar su concentración inicial, la cual en el tiempo de 60 minutos y densidad de corriente de 1111.1 A/m<sup>2</sup>, tuvo el mejor tratamiento llegando a tener 2.4 mg/L en promedio, con una remoción del 98.68%, llegando casi a eliminar por completo los sólidos en suspensión.

Tabla 19: Prueba de normalidad para los sólidos en suspensión

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTO/ TIEMPO	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	INICIAL	,255	9	,093	,865	9	,107
	TIEMPO 5 MIN	,164	9	,200*	,946	9	,649
	TIEMPO 15 MIN	,159	9	,200*	,920	9	,392
	TIEMPO 30 MIN	,373	9	,001	,727	9	,133
	TIEMPO 60 MIN	,344	9	,003	,743	9	,824

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.  
a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>**: Los datos provienen de una distribución normal.

**H<sub>1</sub>**: Los datos no provienen de una distribución normal.

**b) Regla de decisión**

sig. > 0.05, Rechazamos la H<sub>1</sub>.

**c) Resultado /discusión**

**P valor** mayor de **0.05** entonces aceptamos la **H<sub>0</sub>**, los datos provienen de una distribución normal (Tabla 19).

Por el número de datos ingresados usamos Shapiro- Wilk.

Tabla 20: Prueba de homogeneidad de varianzas para los sólidos en suspensión

Prueba de homogeneidad de varianzas						
			Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	Se basa en la media		6,248	4	40	,001
	Se basa en la mediana		2,789	4	40	,039
	Se basa en la mediana y con gl ajustado		2,789	4	27,350	,046
	Se basa en la media recortada		5,876	4	40	,001

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>**: Se asumen que las varianzas son iguales.

**H<sub>1</sub>**: Se asumen que las varianzas no son iguales.

**b) Regla de decisión**

sig. > 0,05. Rechazamos la  $H_1$ .

**c) Resultado /discusión**

**P valor** menor de **0,05** entonces aceptamos la  $H_1$ , Se asumen que las varianzas no son iguales (Tabla 20).

Tabla 21: Anova para los sólidos en suspensión

<b>ANOVA</b>					
<b>SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN</b>					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	208360,027	4	52090,007	32081,866	,000
Dentro de grupos	64,946	40	1,624		
Total	208424,974	44			

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>**: Las características físicas y químicos (sólidos en suspensión) de las aguas residuales de la industria de embutidos, no mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019.

**H<sub>1</sub>**: Las características físicas y químicos (sólidos en suspensión) de las aguas residuales de la industria de embutidos, mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019.

**b) Regla de decisión**

sig. < 0,05. Rechazamos la **H<sub>0</sub>**.

**c) Resultado /discusión**

**P valor** menor de **0,05** entonces aceptamos la  $H_1$ , las características físicas y químicos (sólidos en suspensión) de las aguas residuales de la industria de embutidos, mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019 (Tabla 21).

Tabla 22: Comparación múltiple (tukey) para los sólidos en suspensión

<b>Comparaciones múltiples</b>						
Variable dependiente: SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN						
HSD Tukey						
(I) TRATAMIENTO/ TIEMPO	(J) TRATAMIENTO/TIEMP O	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
INICIAL	TIEMPO EN 5 MIN	121,7111 <sup>*</sup>	,6007	,000	119,996	123,427
	TIEMPO 15 MIN	170,2889 <sup>*</sup>	,6007	,000	168,573	172,004
	TIEMPO 30 MIN	175,6344 <sup>*</sup>	,6007	,000	173,919	177,350
	TIEMPO 60 MIN	179,7800 <sup>*</sup>	,6007	,000	178,064	181,496
TIEMPO EN 5 MIN	INICIAL	-121,7111 <sup>*</sup>	,6007	,000	-123,427	-119,996
	TIEMPO 15 MIN	48,5778 <sup>*</sup>	,6007	,000	46,862	50,293
	TIEMPO 30 MIN	53,9233 <sup>*</sup>	,6007	,000	52,208	55,639
	TIEMPO 60 MIN	58,0689 <sup>*</sup>	,6007	,000	56,353	59,784
TIEMPO 15 MIN	INICIAL	-170,2889 <sup>*</sup>	,6007	,000	-172,004	-168,573
	TIEMPO EN 5 MIN	-48,5778 <sup>*</sup>	,6007	,000	-50,293	-46,862
	TIEMPO 30 MIN	5,3456 <sup>*</sup>	,6007	,000	3,630	7,061
	TIEMPO 60 MIN	9,4911 <sup>*</sup>	,6007	,000	7,776	11,207
TIEMPO 30 MIN	INICIAL	-175,6344 <sup>*</sup>	,6007	,000	-177,350	-173,919
	TIEMPO EN 5 MIN	-53,9233 <sup>*</sup>	,6007	,000	-55,639	-52,208
	TIEMPO 15 MIN	-5,3456 <sup>*</sup>	,6007	,000	-7,061	-3,630
	TIEMPO 60 MIN	4,1456 <sup>*</sup>	,6007	,000	2,430	5,861
TIEMPO 60 MIN	INICIAL	-179,7800 <sup>*</sup>	,6007	,000	-181,496	-178,064
	TIEMPO EN 5 MIN	-58,0689 <sup>*</sup>	,6007	,000	-59,784	-56,353
	TIEMPO 15 MIN	-9,4911 <sup>*</sup>	,6007	,000	-11,207	-7,776
	TIEMPO 30 MIN	-4,1456 <sup>*</sup>	,6007	,000	-5,861	-2,430

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia.

#### a) Prueba de hipótesis

**H<sub>1</sub>:** Existe alguna significancia entre tratamiento(tiempos) sobre los sólidos en suspensión.

**H<sub>0</sub>:** No existe alguna significancia entre tratamiento(tiempos) sobre los sólidos en suspensión.

#### b) Regla de decisión

sig. <0,05. Rechazamos la H<sub>0</sub>.

#### c) Resultado /discusión

La significancia de la prueba Tukey para los tratamientos donde el **P valor** <0.05, nos indica que existe alguna significancia entre tratamiento (tiempos) sobre los sólidos en suspensión (Tabla 22).

### E) ACEITES Y GRASAS RESPECTO AL TIEMPO Y DENSIDAD DE CORRIENTE DE LA ELECTROCOAGULACIÓN

A continuación, tenemos la siguiente figura 13, en la cual se detalló como actuaron los aceites y grasas respecto al tiempo y densidad de corriente de la electrocoagulación.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 20: Aceites y grasas respecto al tiempo y densidad de corriente de la electrocoagulación.

**Interpretación:** En la figura 20, se muestra los resultados de los aceites y grasas, teniendo inicialmente 106 mg/L, la cual sobrepasa excesivamente los estándares de calidad ambiental-categoría 3 (riego de vegetales), que está en 5 mg/L, posteriormente se realizó 4 tratamientos con sus respectivas repeticiones, la cual en el tiempo de 30 minutos y densidad de corriente de 888.8 A/m<sup>2</sup>, se puede observar que la concentración de aceites y grasas está por debajo de los estándares de calidad ambiental, logrando a tener 3.2 mg/L en promedio, con una remoción del 96.98%, y también en el tiempo de 60 minutos y densidad de corriente de 1111.1 A/m<sup>2</sup>, logrando

a tener 1.86 mg/L en promedio, con una remoción del 98.25%, resultando que la electrocoagulación es un buen removedor de aceites y grasas.

Tabla 23: Prueba de normalidad para los aceites y grasas

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTO/ TIEMPO	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
ACEITES Y GRASAS	INICIAL	,143	9	,200*	,980	9	,964
	TIEMPO EN 5 MIN	,291	9	,200*	,750	9	,255
	TIEMPO 15 MIN	,291	9	,200*	,750	9	,964
	TIEMPO 30 MIN	,469	9	,200*	,472	9	,688
	TIEMPO 60 MIN	,252	9	,200*	,801	9	,579

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.  
a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>**: Los datos provienen de una distribución normal.

**H<sub>1</sub>**: Los datos no provienen de una distribución normal.

**b) Regla de decisión**

sig. > 0.05, Rechazamos la H<sub>1</sub>.

**c) Resultado /discusión**

**P valor** mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H<sub>0</sub>**, los datos provienen de una distribución normal (Tabla 23).

Por el número de datos ingresados usamos Shapiro- Wilk.

Tabla 24: Prueba de homogeneidad de varianzas para los aceites y grasas

Prueba de homogeneidad de varianzas						
			Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
ACEITES Y GRASAS	Y	Se basa en la media	6,162	4	40	,001
		Se basa en la mediana	2,304	4	40	,075
		Se basa en la mediana y con gl ajustado	2,304	4	16,806	,101
		Se basa en la media recortada	4,993	4	40	,002

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** Se asumen que las varianzas son iguales.

**H<sub>1</sub>:** Se asumen que las varianzas no son iguales.

**b) Regla de decisión**

sig. > 0,05. Rechazamos la H<sub>1</sub>

**c) Resultado /discusión**

**P valor** menor de **0,05** entonces aceptamos la **H<sub>1</sub>**, se asumen que las varianzas no son iguales (Tabla 24).

Tabla 25: Anova para los aceites y grasas

ANOVA					
ACEITES Y GRASAS					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	64985,201	4	16246,300	9158,911	,000
Dentro de grupos	70,953	40	1,774		
Total	65056,154	44			

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** Las características físicas y químicos (Aceites y grasas) de las aguas residuales de la industria de embutidos, no mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019.

**H<sub>1</sub>:** Las características físicas y químicos (Aceites y grasas) de las aguas residuales de la industria de embutidos, mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019.

**b) Regla de decisión**

sig. < 0,05. Rechazamos la **H<sub>0</sub>**.

**c) Resultado /discusión**

**P valor** menor de **0,05** entonces aceptamos la **H<sub>1</sub>**, Las características físicas y químicas (Aceites y grasas) de las aguas residuales de la industria de embutidos, mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019 (Tabla 25).

Tabla 26: Comparación múltiple (tukey) para los aceites y grasas

<b>Comparaciones múltiples</b>						
Variable dependiente: ACEITES Y GRASAS						
HSD Tukey						
(I) TRATAMIENTO/TIEMPO	(J) TRATAMIENTO/TIEMPO	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
INICIAL	TIEMPO EN 5 MIN	77,3556 <sup>*</sup>	,6278	,000	75,562	79,149
	TIEMPO 15 MIN	77,3556 <sup>*</sup>	,6278	,000	75,562	79,149
	TIEMPO 30 MIN	102,8089 <sup>*</sup>	,6278	,000	101,016	104,602
	TIEMPO 60 MIN	104,1022 <sup>*</sup>	,6278	,000	102,309	105,895
TIEMPO EN 5 MIN	INICIAL	-77,3556 <sup>*</sup>	,6278	,000	-79,149	-75,562
	TIEMPO 15 MIN	,0000	,6278	1,000	-1,793	1,793
	TIEMPO 30 MIN	25,4533 <sup>*</sup>	,6278	,000	23,660	27,247
	TIEMPO 60 MIN	26,7467 <sup>*</sup>	,6278	,000	24,953	28,540
TIEMPO 15 MIN	INICIAL	-77,3556 <sup>*</sup>	,6278	,000	-79,149	-75,562
	TIEMPO EN 5 MIN	,0000	,6278	1,000	-1,793	1,793
	TIEMPO 30 MIN	25,4533 <sup>*</sup>	,6278	,000	23,660	27,247
	TIEMPO 60 MIN	26,7467 <sup>*</sup>	,6278	,000	24,953	28,540
TIEMPO 30 MIN	INICIAL	-102,8089 <sup>*</sup>	,6278	,000	-	-
	TIEMPO EN 5 MIN	-25,4533 <sup>*</sup>	,6278	,000	-27,247	-23,660
	TIEMPO 15 MIN	-25,4533 <sup>*</sup>	,6278	,000	-27,247	-23,660
	TIEMPO 60 MIN	1,2933	,6278	,257	-,500	3,087
TIEMPO 60 MIN	INICIAL	-104,1022 <sup>*</sup>	,6278	,000	-	-
	TIEMPO EN 5 MIN	-26,7467 <sup>*</sup>	,6278	,000	-28,540	-24,953
	TIEMPO 15 MIN	-26,7467 <sup>*</sup>	,6278	,000	-28,540	-24,953
	TIEMPO 30 MIN	-1,2933	,6278	,257	-3,087	,500

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>1</sub>**: Existe alguna significancia entre tratamiento(tiempos) sobre los aceites y grasas.

**H<sub>0</sub>:** No existe alguna significancia entre tratamiento(tiempos) sobre los aceites y grasas.

**b) Regla de decisión**

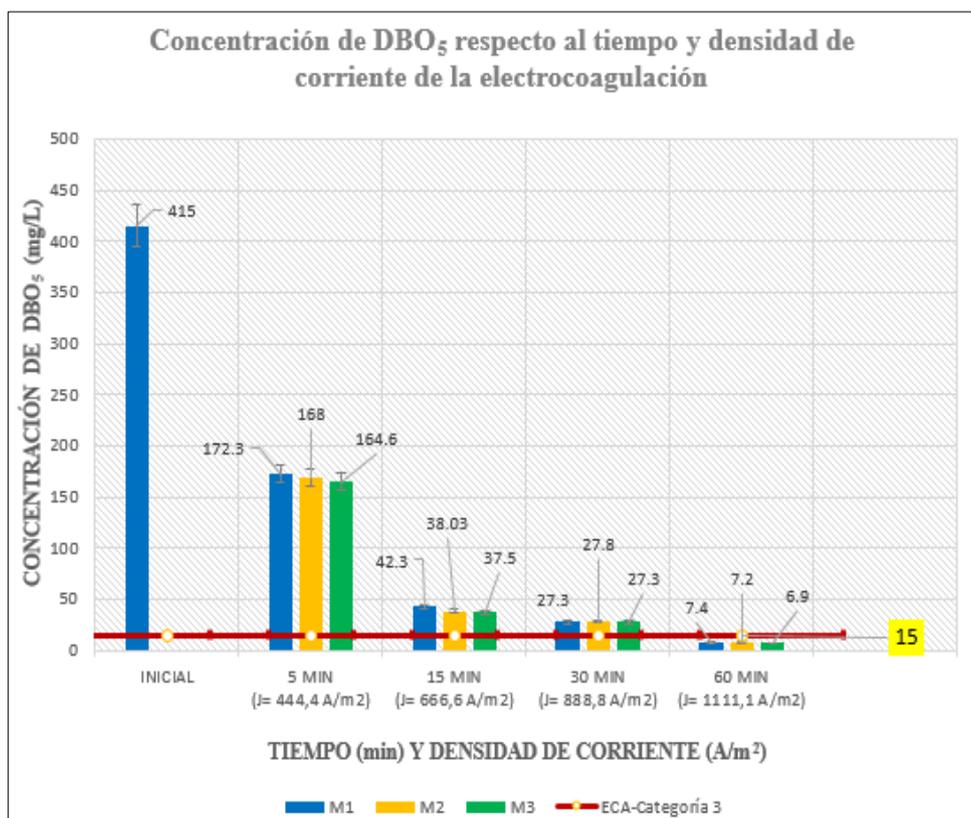
sig. <0,05. Rechazamos la H<sub>0</sub>.

**c) Resultado /discusión**

La significancia de la prueba Tukey para los tratamientos donde el **P valor <0.05**, nos indica que existe alguna significancia entre tratamiento (tiempos) sobre los aceites y grasas (Tabla 26).

**F) DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO RESPECTO AL TIEMPO Y DENSIDAD DE CORRIENTE DE LA ELECTROCOAGULACIÓN**

A continuación, tenemos la siguiente figura 14, en la cual se detalló como actuó la DBO<sub>5</sub> respecto al tiempo y densidad de corriente de la electrocoagulación.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 21: Demanda bioquímica de oxígeno respecto al tiempo y densidad de corriente de la electrocoagulación.

**Interpretación:** En la figura 21, se muestra los resultados de la DBO<sub>5</sub>, teniendo inicialmente 415 mg/L, la cual sobrepasa excesivamente los estándares de calidad ambiental-categoría 3 (riego de vegetales), que está en 15 mg/L, posteriormente se realizó 4 tratamientos con sus respectivas repeticiones, la cual se observó mejores

resultados en el tiempo de 60 minutos y densidad de corriente de 1111.1 A/m<sup>2</sup>, se puede observar que la concentración DBO<sub>5</sub> está por debajo de los estándares de calidad ambiental, logrando a tener 7.16 mg/L en promedio, con una remoción del 98.27%.

Tabla 27: Prueba de normalidad para el DBO<sub>5</sub>

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTO/TIEMPO	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	GI	Sig.	Estadístico	GI	Sig.
DBO <sub>5</sub>	INICIAL	,203	9	,200*	,948	9	,663
	TIEMPO EN 5 MIN	,151	9	,200*	,939	9	,569
	TIEMPO 15 MIN	,117	9	,200*	,957	9	,768
	TIEMPO 30 MIN	,176	9	,200*	,925	9	,438
	TIEMPO 60 MIN	,204	9	,200*	,920	9	,395
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.							
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** Los datos provienen de una distribución normal.

**H<sub>1</sub>:** Los datos no provienen de una distribución normal.

**b) Regla de decisión**

sig > 0,05. Rechazamos la H<sub>1</sub>.

**c) Resultado /discusión**

**P valor** mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H<sub>0</sub>**, los datos provienen de una distribución normal (Tabla 27).

Por el número de datos ingresados usamos Shapiro- Wilk.

Tabla 28: Prueba de homogeneidad de varianzas para el DBO<sub>5</sub>

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
DBO <sub>5</sub>	Se basa en la media	10,494	4	40	,028
	Se basa en la mediana	2,599	4	40	,068
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	9,246	4	15,103	,001
	Se basa en la media recortada	10,102	4	40	,346

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** Se asumen que las varianzas son iguales.

**H<sub>1</sub>:** Se asumen que las varianzas no son iguales.

**b) Regla de decisión**

sig. > 0,05. Rechazamos la H<sub>1</sub>.

**c) Resultado /discusión**

**P valor** menor de **0,05** entonces aceptamos la **H<sub>1</sub>**, se asumen que las varianzas no son iguales (Tabla 28).

Tabla 29: Anova para el DBO<sub>5</sub>

ANOVA					
DBO <sub>5</sub>					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1049477,805	4	262369,451	44317,280	,000
Dentro de grupos	236,810	40	5,920		
Total	1049714,615	44			

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** Las características físicas y químicos (DBO<sub>5</sub>) de las aguas residuales de la industria de embutidos, no mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019.

**H<sub>1</sub>:** Las características físicas y químicos (DBO<sub>5</sub>) de las aguas residuales de la industria de embutidos, mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019.

**b) Regla de decisión**

sig. < 0,05. Rechazamos la **H<sub>0</sub>**.

**c) Resultado /discusión**

**P valor** menor de **0,05** entonces aceptamos la **H<sub>1</sub>**, las características físicas y químicas (DBO<sub>5</sub>) de las aguas residuales de la industria de embutidos, mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019 (Tabla 29).

Tabla 30: Comparación múltiple (tukey) para el DBO<sub>5</sub>

<b>Comparaciones múltiples</b>						
Variable dependiente: DBO <sub>5</sub>						
HSD Tukey						
(I) TRATAMIENTO/TIEMPO	(J) TRATAMIENTO/TIEMPO	Diferencia de medias (I- J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
INICIAL	TIEMPO EN 5 MIN	246,8556 <sup>*</sup>	1,1470	,000	243,580	250,131
	TIEMPO 15 MIN	375,8778 <sup>*</sup>	1,1470	,000	372,602	379,154
	TIEMPO 30 MIN	387,7000 <sup>*</sup>	1,1470	,000	384,424	390,976
	TIEMPO 60 MIN	408,0089 <sup>*</sup>	1,1470	,000	404,733	411,285
TIEMPO EN 5 MIN	INICIAL	- 246,8556 <sup>*</sup>	1,1470	,000	-250,131	-243,580
	TIEMPO 15 MIN	129,0222 <sup>*</sup>	1,1470	,000	125,746	132,298
	TIEMPO 30 MIN	140,8444 <sup>*</sup>	1,1470	,000	137,569	144,120
	TIEMPO 60 MIN	161,1533 <sup>*</sup>	1,1470	,000	157,877	164,429
TIEMPO 15 MIN	INICIAL	- 375,8778 <sup>*</sup>	1,1470	,000	-379,154	-372,602
	TIEMPO EN 5 MIN	- 129,0222 <sup>*</sup>	1,1470	,000	-132,298	-125,746
	TIEMPO 30 MIN	11,8222 <sup>*</sup>	1,1470	,000	8,546	15,098
	TIEMPO 60 MIN	32,1311 <sup>*</sup>	1,1470	,000	28,855	35,407
TIEMPO 30 MIN	INICIAL	- 387,7000 <sup>*</sup>	1,1470	,000	-390,976	-384,424
	TIEMPO EN 5 MIN	- 140,8444 <sup>*</sup>	1,1470	,000	-144,120	-137,569
	TIEMPO 15 MIN	-11,8222 <sup>*</sup>	1,1470	,000	-15,098	-8,546
	TIEMPO 60 MIN	20,3089 <sup>*</sup>	1,1470	,000	17,033	23,585
TIEMPO 60 MIN	INICIAL	- 408,0089 <sup>*</sup>	1,1470	,000	-411,285	-404,733
	TIEMPO EN 5 MIN	- 161,1533 <sup>*</sup>	1,1470	,000	-164,429	-157,877
	TIEMPO 15 MIN	-32,1311 <sup>*</sup>	1,1470	,000	-35,407	-28,855
	TIEMPO 30 MIN	-20,3089 <sup>*</sup>	1,1470	,000	-23,585	-17,033

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia.

### a) Prueba de hipótesis

**H<sub>1</sub>**: Existe alguna significancia entre tratamiento(tiempos) sobre el DBO<sub>5</sub>.

**H<sub>0</sub>**: No existe alguna significancia entre tratamiento(tiempos) sobre el DBO<sub>5</sub>.

### b) Regla de decisión

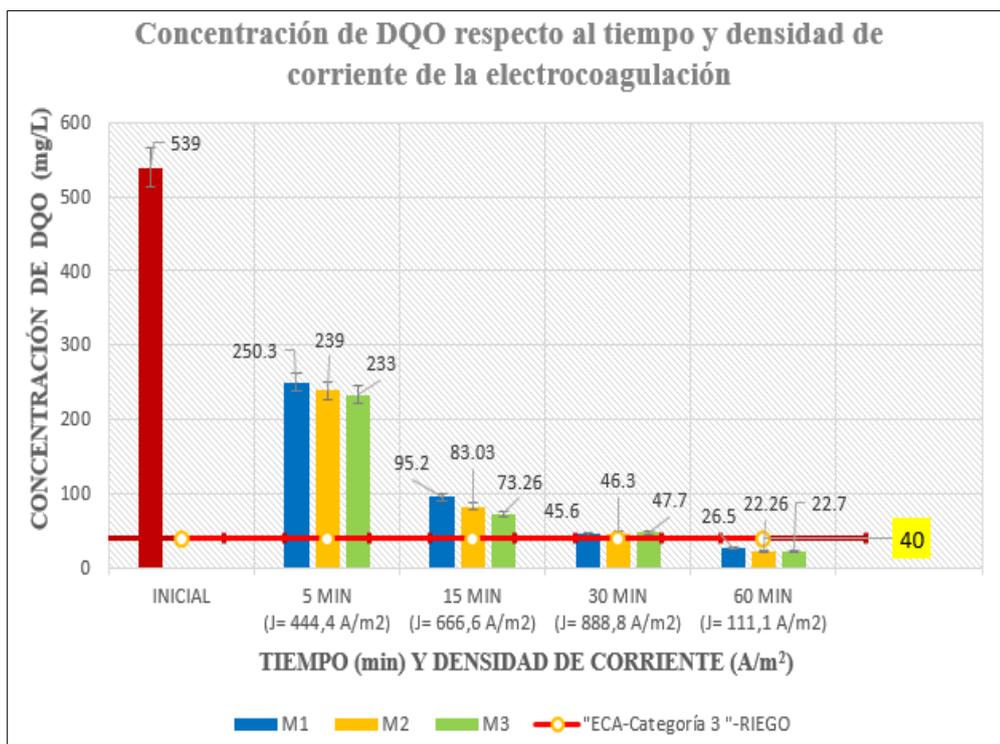
sig. <0,05. Rechazamos la H<sub>0</sub>.

### c) Resultado /discusión

La significancia de la prueba Tukey para los tratamientos donde el **P valor <0.05**, nos indica que existe alguna significancia entre tratamiento (tiempos) sobre el DBO<sub>5</sub> (Tabla 30).

## G) DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO RESPECTO AL TIEMPO Y DENSIDAD DE CORRIENTE DE LA ELECTROCOAGULACIÓN

A continuación, tenemos la siguiente figura 15, en la cual se detalló como actuó la DQO respecto al tiempo y densidad de corriente de la electrocoagulación.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 22: Demanda química de oxígeno respecto al tiempo y densidad de corriente de la electrocoagulación

**Interpretación:** En la figura 22, se muestra los resultados de la DQO, teniendo inicialmente 539 mg/L, la cual sobrepasa excesivamente los estándares de calidad ambiental-categoría 3 (riego de vegetales), que está en 40 mg/L, posteriormente

se realizó 4 tratamientos con sus respectivas repeticiones, la cual se observó mejores resultados en el tiempo de 60 minutos y densidad de corriente de 1111.1 A/m<sup>2</sup>, se puede observar que la concentración DQO está por debajo de los estándares de calidad ambiental, logrando a tener 23.82 mg/L en promedio, con una remoción del 95.58%.

Tabla 31: Prueba de normalidad para el DQO

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTO/TIEMPO	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DQO	INICIAL	,276	9	,046	,849	9	,072
	TIEMPO EN 5 MIN	,193	9	,200*	,918	9	,373
	TIEMPO 15 MIN	,183	9	,200*	,922	9	,412
	TIEMPO 30 MIN	,396	9	,200*	,661	9	,568
	TIEMPO 60 MIN	,343	9	,200*	,730	9	,579

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>**: Los datos provienen de una distribución normal.

**H<sub>1</sub>**: Los datos no provienen de una distribución normal.

**b) Regla de decisión**

sig. > 0,05. Rechazamos la H<sub>1</sub>.

**c) Resultado /discusión**

**P valor** mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H<sub>0</sub>**, los datos provienen de una distribución normal (Tabla 31).

Por el número de datos ingresados usamos Shapiro- Wilk.

Tabla 32: Prueba de homogeneidad de varianzas para el DQO

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
DQO	Se basa en la media	13,521	4	40	,033
	Se basa en la mediana	9,644	4	40	,245
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	2,435	4	21,792	,632
	Se basa en la media recortada	13,461	4	40	,643

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>**: Se asumen que las varianzas son iguales.

**H<sub>1</sub>**: Se asumen que las varianzas no son iguales.

**b) Regla de decisión**

sig. > 0.05, Rechazamos la H<sub>1</sub>.

**c) Resultado /discusión**

**P valor** menor de **0,05** entonces aceptamos la **H<sub>1</sub>**, se asumen que las varianzas no son iguales (Tabla 32).

Tabla 33: Anova para el DQO

ANOVA					
DQO					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1655241,461	4	413810,365	11622,345	,000
Dentro de grupos	1424,189	40	35,605		
Total	1656665,650	44			

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>**: Las características físicas y químicos (DQO) de las aguas residuales de la industria de embutidos, no mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019.

**H<sub>1</sub>**: Las características físicas y químicos (DQO) de las aguas residuales de la industria de embutidos, mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019.

**b) Regla de decisión**

sig. < 0,05. Rechazamos la **H<sub>0</sub>**.

**c) Resultado /discusión**

**P valor** menor de **0,05** entonces aceptamos la **H<sub>1</sub>**, Las características físicas y químicos (DQO) de las aguas residuales de la industria de embutidos, mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019 (Tabla 33).

Tabla 34: Comparación múltiple (tukey) para el DQO

<b>Comparaciones múltiples</b>
--------------------------------

Variable dependiente: DQO						
HSD Tukey						
(I) TRATAMIENTO/TIEMPO	(J) TRATAMIENTO/TIEMPO	Diferencia de medias (I- J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
INICIAL	TIEMPO EN 5 MIN	298,4111*	2,8129	,000	290,377	306,445
	TIEMPO 15 MIN	455,3333*	2,8129	,000	447,300	463,367
	TIEMPO 30 MIN	492,6333*	2,8129	,000	484,600	500,667
	TIEMPO 60 MIN	515,3556*	2,8129	,000	507,322	523,389
TIEMPO EN 5 MIN	INICIAL	- 298,4111*	2,8129	,000	-306,445	-290,377
	TIEMPO 15 MIN	156,9222*	2,8129	,000	148,888	164,956
	TIEMPO 30 MIN	194,2222*	2,8129	,000	186,188	202,256
	TIEMPO 60 MIN	216,9444*	2,8129	,000	208,911	224,978
TIEMPO 15 MIN	INICIAL	- 455,3333*	2,8129	,000	-463,367	-447,300
	TIEMPO EN 5 MIN	- 156,9222*	2,8129	,000	-164,956	-148,888
	TIEMPO 30 MIN	37,3000*	2,8129	,000	29,266	45,334
	TIEMPO 60 MIN	60,0222*	2,8129	,000	51,988	68,056
TIEMPO 30 MIN	INICIAL	- 492,6333*	2,8129	,000	-500,667	-484,600
	TIEMPO EN 5 MIN	- 194,2222*	2,8129	,000	-202,256	-186,188
	TIEMPO 15 MIN	-37,3000*	2,8129	,000	-45,334	-29,266
	TIEMPO 60 MIN	22,7222*	2,8129	,000	14,688	30,756
TIEMPO 60 MIN	INICIAL	- 515,3556*	2,8129	,000	-523,389	-507,322
	TIEMPO EN 5 MIN	- 216,9444*	2,8129	,000	-224,978	-208,911
	TIEMPO 15 MIN	-60,0222*	2,8129	,000	-68,056	-51,988
	TIEMPO 30 MIN	-22,7222*	2,8129	,000	-30,756	-14,688

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia.

#### a) Prueba de hipótesis

**H<sub>1</sub>**: Existe alguna significancia entre tratamiento(tiempo) sobre el DQO.

**H<sub>0</sub>**: No existe alguna significancia entre tratamiento(tiempo) sobre el DQO.

#### b) Regla de decisión

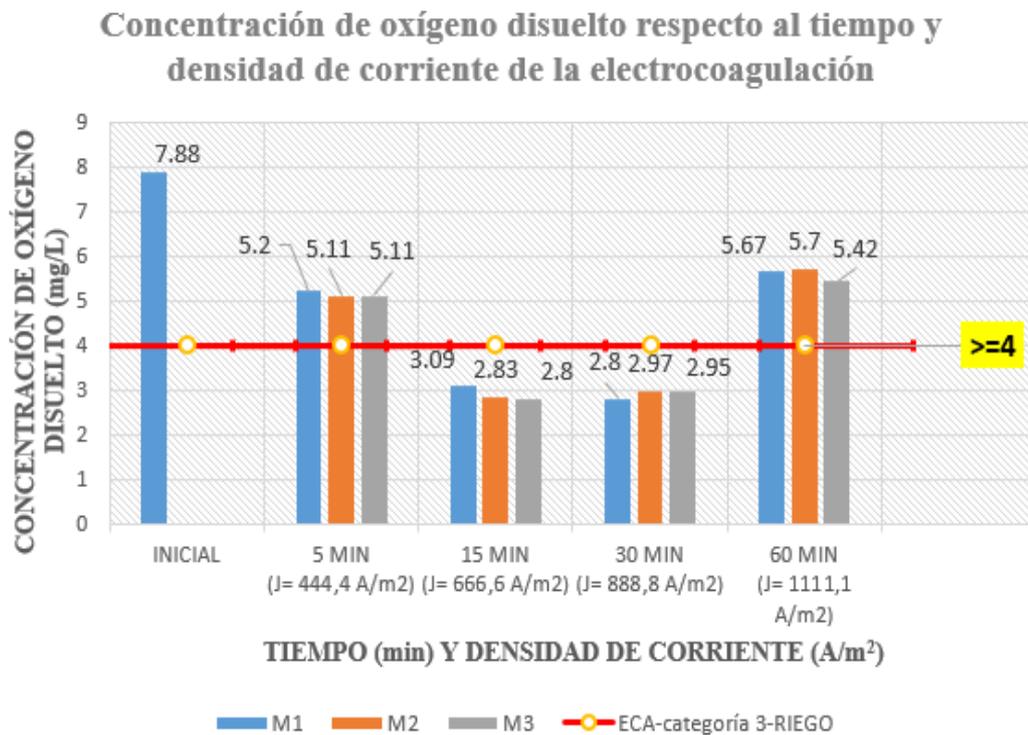
sig. <0,05. Rechazamos la H<sub>0</sub>.

#### c) Resultado /discusión

La significancia de la prueba Tukey para los tratamientos donde el **P valor** <0.05, nos indica que existe alguna significancia entre tratamiento (tiempos) sobre el DQO (Tabla 34).

## H) OXÍGENO DISUELTO RESPECTO AL TIEMPO Y DENSIDAD DE CORRIENTE DE LA ELECTROCOAGULACIÓN

A continuación, tenemos la siguiente figura 16, en la cual se detalló como actuó el oxígeno disuelto respecto al tiempo y densidad de corriente de la electrocoagulación.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 23: Oxígeno disuelto respecto al tiempo y densidad de corriente de la electrocoagulación

**Interpretación:** En la figura 23, se muestra los resultados del oxígeno disuelto, teniendo inicialmente 7.88 mg/L, la cual está dentro de los estándares de calidad ambiental-categoría 3 (riego de vegetales), que es  $\geq 4$  mg/L, posteriormente se realizó 4 tratamientos con sus respectivas repeticiones, observándose una reducción de dicho parámetro la cual se debe a la temperatura dado que a mayor temperatura menor será la cantidad de oxígeno presente en el agua.

Tabla 35: Prueba de normalidad para el oxígeno disuelto

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTO/ TIEMPO	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
OD	INICIAL	,300	9	,079	,850	9	,075
	TIEMPO 5 MIN	,268	9	,061	,841	9	,059
	TIEMPO 15 MIN	,270	9	,058	,874	9	,137
	TIEMPO 30 MIN	,244	9	,132	,886	9	,183
	TIEMPO 60 MIN	,253	9	,102	,904	9	,274

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** Los datos provienen de una distribución normal.

**H<sub>1</sub>:** Los datos no provienen de una distribución normal.

**b) Regla de decisión**

sig. > 0,05. Rechazamos la H<sub>1</sub>.

**c) Resultado /discusión**

**P valor** mayor de **0,05** entonces aceptamos la **H<sub>0</sub>**, los datos provienen de una distribución normal (Tabla 35).

Por el número de datos ingresados usamos Shapiro- Wilk.

Tabla 36: Prueba de homogeneidad de varianzas para el oxígeno disuelto

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
OD	Se basa en la media	3,908	4	40	,009
	Se basa en la mediana	2,314	4	40	,074
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	2,314	4	18,176	,097
	Se basa en la media recortada	3,806	4	40	,010

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** Se asumen que las varianzas son iguales.

**H<sub>1</sub>:** Se asumen que las varianzas no son iguales.

**b) Regla de decisión**

sig. > 0,05. Rechazamos la  $H_1$ .

**c) Resultado /discusión**

**P valor** menor de **0,05** entonces aceptamos la  $H_1$ , se asumen que las varianzas no son iguales (Tabla 36).

Tabla 37: Anova para el OD

<b>ANOVA</b>					
OD					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	154,831	4	38,708	2009,868	,000
Dentro de grupos	,770	40	,019		
Total	155,602	44			

Fuente: Elaboración propia.

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>**: Las características físicas y químicos (OD) de las aguas residuales de la industria de embutidos, no mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019.

**H<sub>1</sub>**: Las características físicas y químicos (OD) de las aguas residuales de la industria de embutidos, mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019.

**b) Regla de decisión**

sig. < 0,05. Rechazamos la **H<sub>0</sub>**:

**c) Resultado /discusión**

**P valor** menor de **0,05** entonces aceptamos la  $H_1$ , Las características físicas y químicos (OD) de las aguas residuales de la industria de embutidos, mejoró mediante la electrocoagulación, Villa El Salvador, 2019 (Tabla 37).

Tabla 38: Comparación múltiple (tukey) para el oxígeno disuelto

<b>Comparaciones múltiples</b>					
Variable dependiente: OD					
HSD Tukey					
(I)	(J)	Diferencia de	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%
TRATAMIENTO/TIEMPO	TRATAMIENTO/TIEMPO				

		medias (I-J)			Límite inferior	Límite superior
INICIAL	TIEMPO EN 5 MIN	2,72000*	,06542	,000	2,5332	2,9068
	TIEMPO 15 MIN	4,94222*	,06542	,000	4,7554	5,1291
	TIEMPO 30 MIN	4,94667*	,06542	,000	4,7598	5,1335
	TIEMPO 60 MIN	2,24667*	,06542	,000	2,0598	2,4335
TIEMPO EN 5 MIN	INICIAL	-2,72000*	,06542	,000	-2,9068	-2,5332
	TIEMPO 15 MIN	2,22222*	,06542	,000	2,0354	2,4091
	TIEMPO 30 MIN	2,22667*	,06542	,000	2,0398	2,4135
	TIEMPO 60 MIN	-,47333*	,06542	,000	-,6602	-,2865
TIEMPO 15 MIN	INICIAL	-4,94222*	,06542	,000	-5,1291	-4,7554
	TIEMPO EN 5 MIN	-2,22222*	,06542	,000	-2,4091	-2,0354
	TIEMPO 30 MIN	,00444	,06542	1,000	-,1824	,1913
	TIEMPO 60 MIN	-2,69556*	,06542	,000	-2,8824	-2,5087
TIEMPO 30 MIN	INICIAL	-4,94667*	,06542	,000	-5,1335	-4,7598
	TIEMPO EN 5 MIN	-2,22667*	,06542	,000	-2,4135	-2,0398
	TIEMPO 15 MIN	-,00444	,06542	1,000	-,1913	,1824
	TIEMPO 60 MIN	-2,70000*	,06542	,000	-2,8868	-2,5132
TIEMPO 60 MIN	INICIAL	-2,24667*	,06542	,000	-2,4335	-2,0598
	TIEMPO EN 5 MIN	,47333*	,06542	,000	,2865	,6602
	TIEMPO 15 MIN	2,69556*	,06542	,000	2,5087	2,8824
	TIEMPO 30 MIN	2,70000*	,06542	,000	2,5132	2,8868

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia.

#### a) Prueba de hipótesis

**H<sub>1</sub>:** Existe alguna significancia entre tratamiento(tiempos) sobre el OD.

**H<sub>0</sub>:** No existe alguna significancia entre tratamiento(tiempos) sobre el OD.

#### b) Regla de decisión

sig. <0,05. Rechazamos la H<sub>0</sub>.

#### c) Resultado /discusión

La significancia de la prueba Tukey para los tratamientos donde el **P valor <0.05**, indica que existe alguna significancia entre tratamiento (tiempos) sobre el OD (Tabla 38).

#### IV. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos, con respecto a la hipótesis general, se determinó que se podrá reaprovechar las aguas residuales de la industria de embutidos mediante la electrocoagulación, puesto que, cumple con los ECA – Categoría 3 estipulados en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Con respecto a la primera hipótesis específica, se determinó que a los 60 minutos de estimulada la variable dependiente, con una  $J= 1111.1 \text{ A/m}^2$ , usando 12 electrodos (6 Al y 6 Fe) distancia de 20mm, con 10 litros de muestra, mejoró las características físicas y químicas logrando la remoción de 98.68% de sólidos en suspensión, 98.25% en aceites y grasas, 98.27% en  $\text{DBO}_5$ , 95.58% en DQO a una conductividad eléctrica de 2522.1  $\mu\text{S/cm}$ . DE LA CRUZ Marco y SIFUENTES Gustavo, (2018), en su investigación lograron una remoción de 96,8% de  $\text{DBO}_5$ , 94,538% DQO, 92,685% sólidos en suspensión y 96,679% de aceites y grasas”; pudiéndose observar menor porcentaje de remoción en el tratamiento, esto se debe principalmente a la dosis de densidad de corriente y tiempo aplicada al efluente, dado que aplican una  $J= 33,88 \text{ A/m}^2$  y un  $T=30 \text{ min}$ , y también utilizan solo 6 electrodos (Al). Asimismo, en el artículo científico de BUI Ha, (2017), señala que logró remover el 97.3% de DQO en aguas residuales de matadero porcino, siendo este porcentaje mayor que la investigación realizada que fue de 95.58% DQO, a pesar de que solo usaron una  $J= 130 \text{ A / m}^2$ , un tiempo de electrólisis de 9,5 minutos, pero la muestra experimentada solo fue de 4 litros, menos de la mitad que la muestra experimentada en la investigación (10 litros).

En cuanto a la segunda hipótesis específica, se determinó que las aguas residuales tratadas mediante la electrocoagulación servirán para el riego de áreas verdes, puesto que presenta 1.86 mg/l de aceites y grasas, 7.16 mg/l de  $\text{DBO}_5$ , 23.82 mg/l de DQO, 5.60 mg/l de Oxígeno Disuelto, 7.6 de pH, 24.7 °C de Temperatura, 2522.1  $\mu\text{S/cm}$  de conductividad eléctrica, 2.4 mg/l de sólidos en suspensión, las cuales cumplen principalmente con los ECA-Categoría 3 estipulados en el Decreto Supremo 004-2017-MINAM, y/o con los VMA en el Decreto Supremo 010-2019-VIVIENDA. Por otro lado, en la tesis de APAZA Hugo, (2018), sus resultados no logran cumplir con los ECA, puesto que obtuvo al final del tratamiento 405.14 mg/l de  $\text{DBO}_5$ , 990.86 mg/l de DQO y pH de 7.37, caso contrario sucede con los VMA, dado que se encuentra dentro del límite establecido. Así mismo, De la Cruz y Sifuentes (2018) obtuvieron como resultados 19 mg/l de  $\text{DBO}_5$ , 34 mg/l de sólidos en suspensión, 46.48 mg/l de DQO y

32.38 mg/l de aceites y grasas cumpliendo con lo VMA, pero no con los Estándares de Calidad Ambiental.

Por otro lado, para la tercera hipótesis específica, se logró determinar que las mejores condiciones del reactor de electrocoagulación son las siguientes: densidad de corriente de  $1111.1 \text{ A/m}^2$ , tiempo de 60 minutos, distancia entre electrodos de 20 mm, electrodos de hierro y aluminio, pH 7.65, conductividad eléctrica de  $2522.1 \text{ }\mu\text{S/cm}$ , temperatura de  $24^\circ \text{ C}$  y usando electrodos de aluminio y hierro. No obstante, AOUDJEHANE Malika y ELGHAZALI. Mohamed. (2015), señalan que las condiciones óptimas de funcionamiento del reactor se dan en las siguientes condiciones: 60 minutos y conductividad eléctrica de  $4.72 \text{ mS/cm}$  ( $4720 \text{ }\mu\text{S/cm}$ ). Asimismo, RUBÍ Humberto *et al*, (2015), indican que las condiciones adecuadas fueron con electrodos de aluminio a pH (7) con una  $J=150 \text{ A/m}^2$ , durante (60 min). Por otra parte, JIMENEZ Karla, (2018), utilizó placas de hierro y aluminio para su experimentación, obteniendo buenos resultados con un tiempo de 60 minutos y con una intensidad de corriente de 30 amperios, por lo que concluyo que a mayor intensidad y tiempo el porcentaje de remoción de los contaminantes del efluente será mayor.

## V. CONCLUSIONES

- Se evaluó que la electrocoagulación permite reaprovechar las aguas residuales de la industria de embutidos, logrando que estas aguas sean utilizadas para el riego de áreas verdes del distrito de Villa el Salvador.
- Se determinó que las características físicas y químicas de las aguas residuales de la industria de embutidos mejoran con la electrocoagulación, logrando una mejora del 35.38% en la conductividad eléctrica, 98.68% en sólidos en suspensión, 98.25% en aceites y grasas, 98.27% en la DBO<sub>5</sub>, 95.58% en la DQO.
- Se determinó que las aguas recuperadas en el tratamiento de electrocoagulación servirán para el riego de las áreas verdes, debido a que sus parámetros físicos y químicos cumplen con los estándares de calidad ambiental para el agua.
- Se determinó que las mejores condiciones de operación del reactor de electrocoagulación para reaprovechar las aguas residuales de la industria de embutidos, fue con una densidad de corriente de 1111.1 A/m<sup>2</sup>, tiempo de 60 minutos, distancia entre electrodos de 20mm, electrodos de hierro y aluminio, pH 7.65, conductividad eléctrica de 2522,1 μS/cm, temperatura de 24.4 °C.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Verificar constantemente la fuente de poder al momento de la electrocoagulación, debido a que esta pueda calentarse y generar graves daños a quien lo manipula.
- Aprovechar los lodos generados dado que presentan alto contenido en materia orgánica y por análisis realizados se determinaron que los metales producto del tratamiento no tiene mayor implicancia en su contenido.
- Realizar tratamiento con otros electrodos para poder comparar que material presenta mejores resultados.
- Acondicionar la muestra con ácido sulfúrico dado que las aguas residuales proveniente de la industria de embutidos presentaban un pH mayor a 10.

## REFERENCIAS

ABDUL, Abdul, [et al]. Integrated ozone—electrocoagulation process for the removal of pollutant from industrial effluent: Optimization through response surface methodology, Malasia. Revista Sciencedirect [en línea]. Julio 2016, Vol 105 [Fecha de consulta: 1 junio del 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0255270116300708#!>

AGUILAR, Edwar. Evaluación de la eficiencia de una celda de electrocoagulación a escala laboratorio para el tratamiento de agua. Revista del instituto de investigación [en línea]. enero-junio 2015, n.º 35. [Fecha de consulta: 20 de abril del 2019]. Disponible en <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/11843/10570>

ALI, Mohammad. [et al]. Electrocoagulation (EC) — science and applications. Journal of Hazardous Materials. [en línea]. Junio 2001, Vol 84, n° 1 [Fecha de consulta: 13 de mayo del 2019]. Disponible en <https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389401001765>

ALTUNTAS. Ulucan, DOGAN. C, [et al]. Optimization of raw acrylic yarn dye wastewater treatment by electrochemical processes: kinetic study and energy consumption. Yildiz Technical University, Environmental Engineering Department, Istanbul, Turkey. [en línea]. Febrero 2019, Vol 21, n° 2 [Fecha de consulta: 20 de Setiembre del 2019]. Disponible en [https://www.semanticscholar.org/paper/Optimization-of-raw-acrylic-yarn-dye-wastewater-by Kurt/2bdd80c831ca656aaba71cf7bf9cbef18bee7dd0](https://www.semanticscholar.org/paper/Optimization-of-raw-acrylic-yarn-dye-wastewater-by-Kurt/2bdd80c831ca656aaba71cf7bf9cbef18bee7dd0)

AOUDJEHANE. Malika. And ELGHAZALI. Mohamed. Treatment of dairy wastewaters by electrocoagulation using iron electrodes. Water Quality Research Journal of Canada, London. Université Saad Dahlab-Blida. [en línea]. Mayo 2015, Vol 50, n° 2 [Fecha de consulta: 20 de Setiembre del 2019]. Disponible en <https://iwaponline.com/wqrj/article/50/2/198/21615/Treatment-of-dairy-wastewaters-by>

APAZA, Hugo. Sistema combinado electrocoagulación-filtro biológico para la remoción de carga orgánica de los efluentes lácteos. Tesis (Magíster en Ciencias Ambientales). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. 2018. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3395/apaza-aquinohugo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ARELLANO, Sheyla. Humedal artificial para mejorar la calidad del agua residual doméstica en el caserío Ternique-Piura. Tesis (Ingeniería Ambiental). Perú: Universidad César Vallejo, 2017. Disponible en: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/32282/arellano\\_lsh.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/32282/arellano_lsh.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Averigua cómo le ha ido al mercado de embutidos. [en línea]. El comercio. PE. 19 de febrero del 2016. [Fecha de consulta: 20 de abril de 2019]. Disponible en: <https://elcomercio.pe/suplementos/comercial/fiambres/adlashdlkajs-1001827>

AYALA Gil, Katherin, Evaluación de procesos para la remoción de iones cloruro en el agua residual de la planta de alimentos pepsico (funza). Tesis (Ingeniero Químico). Bogotá: Fundación Universidad de América, 2016 Disponible en: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/580/1/6101375-2016-2IQ.pdf>

AZARIAN. Ghasem, MIRI. Mahya. [et al]. Combined Electrocoagulation/ Electrooxidation Process for the COD Removal and Recovery of Tannery Industry Wastewater. University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. [en línea]. Julio 2017, [Fecha de consulta: 1 de junio del 2019]. Disponible en : <https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ep.12711>

AZARIAN. Ghasem, REZA. Ali, [et al]. New batch electro-coagulation process for treatment and recovery of high organic load and low volume egg processing industry wastewater. University of Medical Sciences and Health Services, Ham, Iran. [en línea]. Octubre 2018, Vol 119. [Fecha de consulta: 30 de abril del 2019]. Disponible en : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957582018306074>

BARISCI. Sibel, TURKAY. Ozge. En su artículo científico titulado: Domestic greywater treatment by electrocoagulation using hybridelectrode combinations. Gebze Technical University, Environmental Engineering Department, 41400 Gebze, Kocaeli, Turkeya. [en línea], enero 2016, [Fecha de consulta: 20 de setiembre del 2019]. Disponible en <https://www.semanticscholar.org/paper/Domestic-greywater-treatment-by-electrocoagulation-Bar%C4%B1%C5%9F%C3%A7%C4%B1-Turkey/64d511ed0db1c4ac88732cd817c22b17b3e7c520#citing-papers>

BARRERA. Carlos. [et al]. Removal of organic pollutants in industrial wastewater with an integrated system of copper electrocoagulation and electrogenerated H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Department Chemistry, Xavier University of Louisiana, New Orleans. [ en línea], junio 2014, Vol 105 [Fecha de consulta: 5 de mayo del 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653514000927>

BAZRAFSHAN, Edris y FARZADKIA Mehdi [et.al]. Slaughterhouse Wastewater Treatment by Conbined Chemical Coagulation and Electrocoagulation Process. [en línea]. Junio 2012, Vol. 7, n° 6 [Fecha de consulta: 5 de mayo del 2019]. Disponible en <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0040108>

BAZRAFSHAN. Edris, [et.al]. (2015). Textile wastewater treatment by application of combined chemical coagulation, electrocoagulation, and adsorption processes. University of Medical Sciences, Tehran, Iran [ en línea]. 8 mayo 2015. [Fecha de consulta: 1 junio del 2019]. Disponible en <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19443994.2015.1027960>

BEHLING, Elisabeth. Comportamiento de un reactor biológico rotativo de contacto (RBC) en el tratamiento de efluentes de una industria cárnica. Revista Científicas de América Latina y Caribe [en línea]. Enero 2003, n.º 1. [Fecha de consulta: 25 de abril del 2019]. Disponible en <https://www.redalyc.org/html/904/90430105/>

BENEKOS. Andreas, ZAMPETA. Charikleia, ARGYRIOU. Rafailia, [et.al]. Treatment of table olive processing wastewaters usingelectrocoagulation in laboratory and pilot-scale reactors. Department of Chemical Engineering, University of Patras, Greece [en línea]. Noviembre 2019, Vol 131. [Fecha de consulta: 21 de setiembre 2019].

Disponible

en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095758201931105X>

BUI, Ha. Applying Response Surface Methodology to Optimize the Treatment of Swine Slaughterhouse Wastewater by Electrocoagulation. Department of Environmental Sciences, Saigon University, Ho Chi Minh City, Vietnam. [en línea]. Abril 2018, Vol 27, n.º 5. [Fecha de consulta: 22 de setiembre del 2019]. Disponible en <http://www.pjoes.com/Applying-Response-Surface-Methodology-nto-Optimize-the-Treatment-of-Swine-Slaughterhouse,78440,0,2.html>

CASTILLO, Christian y OLIDEN, Brian. Influencia de la distancia entre electrodos y densidad de corriente en la disminución de carga contaminante de residuos líquidos de pelambre por electrocoagulación. Tesis (Ingeniero Químico). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2017 Disponible en [http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9854/CastilloCastro\\_C%20-%20OlidenAgurto\\_B.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9854/CastilloCastro_C%20-%20OlidenAgurto_B.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

CAZCO, Ana y JARRÍN, Santiago. Diseño, Construcción y análisis de los parámetros de operación de un sistema de electrocoagulación. Tesis (Ingeniería Ambiental). Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2010. Disponible en [:https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2678/1/CD-3363.pdf](https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2678/1/CD-3363.pdf)

CHEBALLAH. Karima, SAHMOUNE. Amar, [et.al]. Simultaneous removal of hexavalent chromium and COD from industrial wastewater by bipolar electrocoagulation. Université Mouloud MAMMERRI de Tizi-Ouzou, Algeria. [en línea]. Octubre 2015, Vol 96. [Fecha de consulta: 1 de junio del 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0255270115300866>

CHEN, Guohua. Electrochemical technologies in wastewater treatment. University of Science & Technology, Clear Water Bay, Kowloon, Hong Kong, China. [en línea]. Julio 20014, Vol 38, nº1. [Fecha de consulta: 11 de mayo del 2019]. Disponible en <https://scihub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383586603002636>

CORRAL, Yadira. Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. Revista de Ciencias de la Educación [en línea]. Enero – junio 2009, n°33. [Fecha de consulta: 1 de junio 2019]. Disponible en: <http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/revista/n33/art12.pdf>

DECRETO SUPREMO 004-2017-MINAM El peruano.Perú, 7 de junio de 2017  
Disponible en:

<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-estandares-de-calidad-ambiental-eca-para-agua-y-e-decreto-supremo-n-004-2017-minam-1529835-2/>

DECRETO SUPREMO N°010-2019-VIVIENDA. El peruano.Perú, 11 de marzo de 2019 Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-el-reglamento-de-valores-maximos-decreto-supremo-n-010-2019-vivienda-1748339-3/>

DE LA CRUZ, Marco y SIFUENTES Gustavo. Remoción de contaminantes de aguas residuales de un matadero de equinos por el método de electrocoagulación a nivel de laboratorio. Tesis (Ingeniero en Industrias alimentarias). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2018. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4376/Paitan%20DSifuyente%20C.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

DE SANTANA. Marcela, ZANOELO. Everton, BENINCÁ. Cristina, [et al]. Electrochemical treatment of wastewater from a bakery industry: experimental and modeling study. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brazil [en línea]. Abril 2018, Vol. 116. [Fecha de consulta: 20 de setiembre del 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957582018300880>

ELAZZOUI. M. HABOUBI. Kh, ELYOUBI. M. Electrocoagulation-flocculation as a low-cost process for pollutants removal from urban wastewater. Laboratory of Electrochemistry and Environmental Materials, Faculty of Sciences, Kenitra, Morocco [en línea]. Noviembre 2016, Vol. 117. [Fecha de consulta: 20 de setiembre del 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263876216304294>

ESFANDYARI. Yahya, MAHDAVI. Yousef, SEYEDSALEHI. Mahdi, [et al]. Degradation and biodegradability improvement of the olive mil wastewater by peroxi electrocoagulation/electrooxidationelectroflotation process with bipolar aluminum electrodes. Department of Environmental Health Engineering, Health Sciences, Iran. [en línea]. Noviembre 2014, Vol. 22. n° 8 [Fecha de consulta: 20 de setiembre del 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25408073>

Estos son los países que sufrirían más la escasez de agua. [en línea]. Excelsior. ME. 11 de mayo del 2019. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2019]. Disponible en:<https://www.excelsior.com.mx/global/estos-son-los-paises-que-sufririan-mas-laescasez-de-agua/1303174>

FERIA. Jhon, ESCOBAR. Andrea. [et al]. Tratamiento de aguas residuales de origen químico mediante electrocoagulación. Universidad Pontificia Bolivariana, [en línea]. Junio 2014, Vol. 11, n.º 1. [Fecha de consulta: 5 de mayo del 2019].

Disponible en

[https://www.researchgate.net/publication/313023301\\_Tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales\\_de\\_origen\\_quimico\\_mediante\\_electrocoagulacion\\_Treatment\\_of\\_wastewater\\_from\\_chemical\\_origin\\_by\\_electrocoagulacion](https://www.researchgate.net/publication/313023301_Tratamiento_de_aguas_residuales_de_origen_quimico_mediante_electrocoagulacion_Treatment_of_wastewater_from_chemical_origin_by_electrocoagulacion)

FERNÁNDEZ, Lissette. ¿Cuáles son las técnicas de recogida de información? Universidad de Barcelona. [en línea]. 3 de octubre del 2005. [Fecha de consulta: 22 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://www.ub.edu/ice/recerca/pdf/ficha3-cast.pdf>

FRANCO, Javier y CARCAMO, Jose. En su trabajo de tesis titulado: evaluación de la eficiencia de un reactor de electrocoagulación a escala piloto para la remoción de algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos presentes en las aguas residuales. Tesis (Ingeniería ambiental). Ocaña: Universidad Francisco de Paula

Santander Ocaña, 2017 Disponibles en:

<http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/1637/1/30542.pdf>

GARCÍA, Alfredo, MARTINEZ, Verónica. [et al]. Industrial wastewater treatment by electrocoagulation–electrooxidation processes powered by solar cells. [en línea]. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ingeniería. Setiembre 2014, Vol 149, n° 1. [fecha de consulta: 20 de setiembre del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236114009491>

GARCÍA, Jorge. Sistema de tratamiento para el agua residual de la industria de embutidos por procesos fisicoquímicos y biológicos. Tesis (Maestro en Ciencia y tecnología). Guadalajara: Centro de Investigación y asistencia en diseño y tecnología del estado de jalisco A.C, 2014. Disponible en <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/434/1/Jorge%20Eduardo%20Garc%C3%ADa%20Camacho.pdf>

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos, BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. 6ta ed. México, 2014 [Fecha de consulta: 1 de mayo 2019]. Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologiade-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

ISBN: 978-1-4562-2396-0

JIMENÉZ, Karla. Reducción de DQO por tratamientos físico-químicos de coagulación-floculación y electrocoagulación en aguas residuales. Tesis (Ingeniería ambiental en prevención y remediación) Quito: Universidad de las Américas, 2018. Disponible en <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/9284/1/UDLA-EC-TIAM-2018-20.pdf>

JORDAN, Mario. Obtención de Colágeno por hidrólisis alcalina-enzimática del residuo de “Wet Blue” en el proceso de curtición. Tesis (Ingeniero en Biotecnología ambiental). Riobamba: Escuela superior Técnica de Chimborazo, 2011. Disponible en: <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/1630/1/236T0048.pdf>

LÓPEZ, Pamela y HARNISTH, Antonio. Electrocoagulación de aguas residuales de la industria láctea. Universidad de las Américas. [en línea]. Enero-Marzo 2016, n° 1

[Fecha de consulta: 4 de mayo del 2019]. Disponible en:  
[http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S13906542201600010013](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S13906542201600010013)

LOPEZ, Pedro. Población Muestra y Muestreo [en línea], 2004, Vol 9. n°. 08. [Fecha de consulta 5 de mayo 2019]. Disponible en:  
[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-02762004000100012](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012)

LOZADA, José. Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. Colombia: Universidad Tecnológica Indoamérica. [en línea] 2014. [fecha de consulta: 4 de mayo del 2019]. Disponible en:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>

MADDY, Laura. Plantas de pollo destacadas en el informe de contaminación del agua. Salisbury. [en línea]. 19 de octubre de 2018 .[Fecha de consulta: 11 de mayo 2019]. Disponibles:  
<https://search.proquest.com/docview/2122278196/172E8C22D1854AA3PQ/11?accountid=37408#>

MEDINA, Juan y PERALTA, Marco. Validación de un prototipo de electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales de alta carga orgánica presentes en la industria. Tesis (Ingeniero Ambiental). Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2015  
Disponible en:  
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10702>

OGUTVEREN, Ulker y YAVUZ, Yusuf. Treatment of industrial estate wastewater by the application of electrocoagulation process using iron electrodes. Turkey: Dept. of Environmental Engineering, Eskis, ehir. [en línea]. Febrero 2018, Vol 207.  
[Fecha de consulta: 1 de junio del 2019]. Disponible en  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030147971731109X#!>

OLIVEIRA. Larissa, PRESUMIDO. Pedro, PERUÇO. Joseane [et al]. Efficiency analysis of the electrocoagulation and electroflotation treatment of poultry slaughterhouse wastewater using aluminum and graphite anodes. Departamento de

Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. [en línea]. Mayo 2018, [Fecha de consulta: 21 de setiembre del 2019]. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29736656>

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL (OEFA):  
Fiscalización ambiental en aguas residuales.

PEREZ Bendezú, Lissef. Uso de la electrocoagulación para reducir la carga de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper-Huachipa 2017 II. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2018. Disponible en: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/20565/Perez\\_BLS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/20565/Perez_BLS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

PEREZ, Diana. Diagnóstico ambiental de las industrias procesadoras del sector cárnico y sus derivados en Bogotá. Universidad Militar Nueva Granada Bogotá. [en línea]. Diciembre 2016. [fecha de consulta: 10 de mayo del 2019]. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15668/PerezHernandezDianaLucia2016.pdf;jsessionid=0F40D9F1CFB933B1686D4D62694D3388?sequence=1>

PEREZ, Jessica. evaluación de la sustitución del agente coagulante - sulfato de aluminio- en el proceso actual de coagulación-floculación de agua potable en la empresa EAF SAS ESP. Tesis (Ingeniero Químico). Bogota: Fundación Universidad de América, 2017. Disponible en: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6371/1/6112811-2017-2-IQ.pdf>

PINEDO. José, PATERNINA. Robert, MARRUGO. José. Alternative Electrocoagulation for Livestock Wastewater Treatment. University of Córdoba, Faculty of Basic Sciences, Department of Chemistry. [en línea]. Agosto 2016. Vol 34 n.º 4. [fecha de consulta: 20 de setiembre del 2019]. Disponible en: [http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0872-19042016000400004&lng=es&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0872-19042016000400004&lng=es&nrm=iso&tlng=en)

PRAKASH, Jeganathan, [et al]. Efficiency of electrocoagulation method to treat chicken processing industry wastewater—modeling and optimization. India: Departamento de Alimentos Tecnología, Kongu la universidad de ingeniería. [en línea]. Septiembre 2014, Vol 45 n.º 5. [Fecha de consulta: 5 de mayo del 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876107014001163>

¿Qué son los embutidos? [en línea]. España: Webconsultas Revistas de salud y bienestar. 26 de enero de 2018. [Fecha de consulta: 19 de junio del 2019]. Disponible en: <https://www.webconsultas.com/dieta-y-nutricion/dieta-equilibrada/embutidos-14468>

RESTREPO, Ana. La Electrocoagulación: retos y oportunidades en el tratamiento de aguas. Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana. [en línea]. Julio-diciembre 2006. Vol 1, nº 2 [fecha de consulta: 12 de mayo del 2019]. Disponible en:

[http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/514/1/pl\\_v1n2\\_5877\\_electrocoagulacion.pdf](http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/514/1/pl_v1n2_5877_electrocoagulacion.pdf)

ROMERO, Jairo. Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño Colombia: Escuela colombiana de ingeniería. [en línea] 2001. [fecha de consulta: 4 de mayo del 2019]. Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=a94mHAAACAAJ&dq=Tratamiento+de+aguas+residuales+romero&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjui3RjoLiAhV9KrkGHUAUD58Q6AEIKDAA>

RUBÍ. Humberto, BARRERA. Carlos [et al]. A Combined Electrocoagulation-Electrooxidation Process for Carwash Wastewater Reclamation. Facultad de Química, Universidad Autónoma del Estado de México. [en línea]. Junio 2015. Vol 10, [fecha de consulta: 20 de setiembre del 2019]. Disponible en: <http://www.electrochemsci.org/papers/vol10/100806754.pdf>

SAMIR. Ahmed, CHELLIAPAN. Shreeshivadasan. [et al]. Electrocoagulation using a rotated anode: A novel reactor design for textile wastewater treatment. [en línea]. Department of Environmental Engineering and Green Technology, Malaysia-Japan. Marzo

2016. Vol. 176, n°1 [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2019]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479716301256>

SAMIR. Ahmed, CHELLIAPAN. Shreeshivadasan. [et al]. Enhancement of an Electrocoagulation Process for the Treatment of Textile Wastewater under Combined Electrical Connections Using Titanium Plates. [en línea]. Department of Environmental Engineering and Green Technology, Malaysia-Japan. Abril 2015. Vol. 10 n° 6, [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2019]. Disponible en:

<https://ukm.pure.elsevier.com/en/publications/enhancement-of-an-electrocoagulation-process-for-the-treatment-of>

SAMIR. Ahmed, CHELLIAPAN. Shreeshivadasan. [et al]. Treatment Performance of Textile Wastewater Using Electrocoagulation (EC) Process under Combined Electrical Connection of Electrodes. Universiti Teknologi Malaysia, Jalan Semarak, 54100, Kuala Lumpur, Malaysia. [en línea]. Mayo 2015. Vol. 10, [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2019]. Disponible en:

<http://www.electrochemsci.org/papers/vol10/100705924.pdf>

Sancionan a 600 industrias y comercios de Lima por arrojar contaminantes al desagüe. [en línea]. Andina: Agencia peruana de noticias: Lima, Perú, 24 de octubre del 2015.

[Fecha de consulta: 11 de mayo de 2019]. Disponible en:

<https://andina.pe/agencia/noticia-sancionan-a-600-industrias-y-comercios-limaarrojar-contaminantes-al-desag%C3%BCe-580763.aspx>

TANYOL. Mehtap, OGEDEY. Aysenur, OGUZ. Ensar. COD removal from leachate by electrocoagulation process: treatment with monopolar electrodes in parallel connection. [en línea]. Turkey: Department of Environmental Engineering, Munzur University, Tunceli. 2017. Vol. 77 n° 1, [Fecha de consulta: 1 de junio de 2019]. Disponible en:

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=d0580371-1de3-437e-9b41-cf847fb657e8%40sdc-v-sessmgr03&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=a9h&AN=127418738>

TEZCAN, Umran, ERGINEL, Nihal. *[et al]*. Continuous electrocoagulation of cheese whey wastewater: An application of Response Surface Methodology. Turkey: Department of Environmental Engineering. [en línea]. Diciembre 2014, Vol 146.

[Fecha de consulta: 5 de mayo del 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479714004022>

TIAN. Yushi, YANG. Wulin, ZHU. Xiuping, [et al]. titulado: Energy efficient electrocoagulation using an air-breathing cathode to remove nutrients from wastewater. Department of Civil & Environmental Engineering, Penn State University. [en línea]. Febrero 2016. Vol 292. [Fecha de consulta: 20 setiembre del 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894716300869>

VALERO, David. *[et al]*. Electrochemical treatment of wastewater from almond industry using DSA-type anodes: Direct connection to a PV generator. Universidad de Alicante, Spain. [en línea]. Febrero 2014. Vol 123. [Fecha de consulta: 20 de junio del 2019]. Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383586613007235>

VARANK, Gamze and EREN. Mustafa. Application of Central Composite Design approach for dairy wastewater treatment by electrocoagulation using iron and aluminum electrodes: modeling and optimization. Department of Environmental Engineering, Yıldız Technical University, Turkey. [en línea]. Julio 2014. Vol 56. [Fecha de consulta: 20 de setiembre del 2019]. Disponible

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19443994.2014.934731>

VARGAS, Claudia. *[et al]*. Evaluación de la concentración de nitratos/nitritos y cloruro de sodio en embutidos expendidos en la ciudad de Tarija. Revista Ventana Científica. Tarija. Mayo 2014. Vol n°7. [Fecha de consulta: 8 de mayo del 2019]. Disponible en

[http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2305-60102014000100002&script=sci\\_arttext&tlng=es](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2305-60102014000100002&script=sci_arttext&tlng=es)

VÁSQUEZ Pérez, Sheyli. Análisis de la eficiencia de un prototipo de Biofiltro en el tratamiento de aguas residuales para riego en Trapiche, Comas. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2017 disponible en

[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/22235/Vasquez\\_PSJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/22235/Vasquez_PSJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

VENTURA, José. ¿Población o muestra?: Una diferencia necesaria. *Revista Cubana de Salud Pública* [en línea]. Octubre-diciembre 2017, Vol 43. n°.4. [Fecha de consulta: 5 de mayo 2019]. Disponible en:

<http://www.redalyc.org/pdf/214/21453378014.pdf>

YOUSEFI. Zabihollah, SAHEBIAN. Hossein, AMOUEI. Abdoliman, [et al]. Process Performance with DC Current in Treatment of Poultry Slaughterhouse Wastewater Using Aluminum Electrodes. Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran [en línea]. febrero 2018, Vol 29. Fecha de consulta: 21 de agosto 2019]. Disponible en

<http://eprints.mazums.ac.ir/4670/>

ZHU, Runye, YANG, Chuyin, [et al]. Industrial park wastewater deeply treated and reused by a novel electrochemical oxidation reactor [en línea]. China: College of Biological & Environmental Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou. Enero 2015, Vol 260. [Fecha de consulta: 1 de junio del 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894714012157#!>

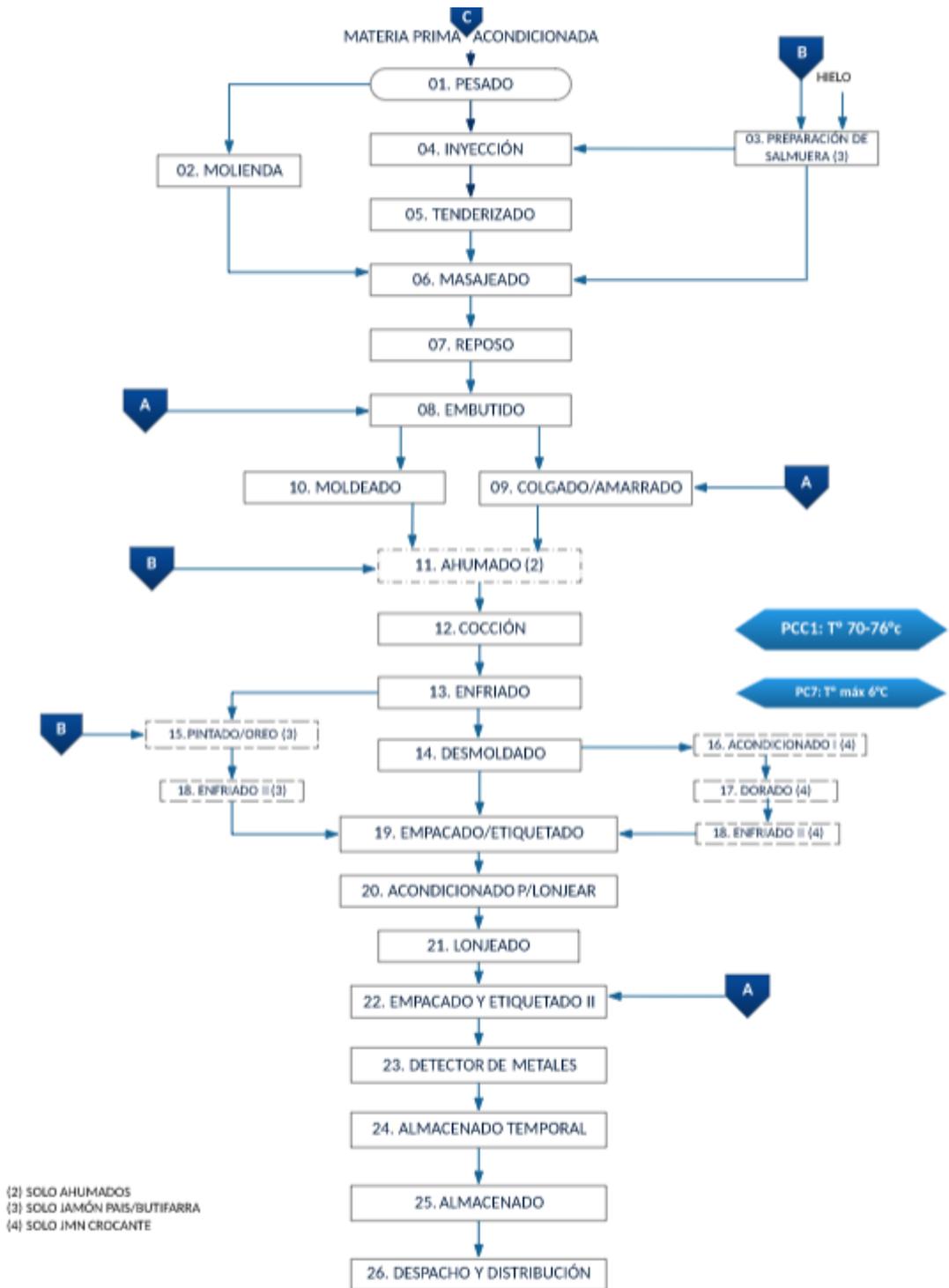
## ANEXOS

### Anexo 1 :Matriz de consistencia

PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPÓTESIS
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b></p> <p>¿En qué medida la electrocoagulación permite reaprovechar las aguas residuales de la industria de embutido, para el riego de áreas verdes?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b></p> <p>Evaluar el tratamiento de la electrocoagulación para reaprovechar las aguas residuales de la industria de embutidos, para el riego de áreas verdes.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL:</b></p> <p><b>Ha:</b> El tratamiento de la electrocoagulación permitirá reaprovechar las aguas residuales de la industria de embutidos, para el riego de áreas verdes.</p> <p><b>Ho:</b> El tratamiento de la electrocoagulación no permitirá reaprovechar las aguas residuales de la industria de embutidos, para el riego de áreas verdes.</p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS?</b></p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b></p>	<p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</b></p>
<p>1.- ¿Cuáles son las características físicas y químicas de las aguas residuales de la industria de embutidos, que mejoran mediante la electrocoagulación?</p> <p>2.- ¿De qué manera las aguas recuperadas del tratamiento de electrocoagulación sirven para el riego de las áreas verdes?</p> <p>3.- ¿Cuáles son las mejores condiciones de operación del reactor de electrocoagulación para reaprovechar las aguas residuales de la industria de embutidos?.</p>	<p>1.-Determinar las características físicas y químicas de las aguas residuales de la industria de embutidos, que mejoran mediante la electrocoagulación.</p> <p>2.-Determinar si las aguas recuperadas del tratamiento de electrocoagulación sirven para el riego de las áreas verdes.</p> <p>3.-Determinar las mejores condiciones de operación del reactor de electrocoagulación para reaprovechar las aguas residuales de la industria de embutidos.</p>	<p>1.- <b>Ha:</b> Las características físicas y químicas de las aguas residuales de la industria de embutidos, mejorarán mediante la electrocoagulación.</p> <p><b>Ho:</b> Las características físicas y químicas de las aguas residuales de la industria de embutidos, no mejorarán mediante la electrocoagulación.</p> <p>2.- <b>Ha:</b> Las aguas recuperadas del tratamiento de electrocoagulación servirán para el riego de las áreas verdes.</p> <p><b>Ho:</b> Las aguas recuperadas del tratamiento de electrocoagulación no servirán para el riego de las áreas verdes.</p> <p>3.- <b>Ha:</b> Las mejores condiciones de operación del reactor de electrocoagulación reaprovecharán las aguas residuales de la industria de embutidos.</p> <p><b>Ho:</b> Las mejores condiciones de operación del reactor de electrocoagulación no reaprovecharán las aguas residuales de la industria de embutidos.</p>

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Diagrama de flujo del proceso de la industria de embutidos



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 24: Agua residual de la industria de embutidos



Fuente: Elaboración propia

Figura 25: Experimentación de la electrocoagulación con 15 minutos



Fuente: Elaboración propia  
Figura 26: Análisis de aceites y grasas

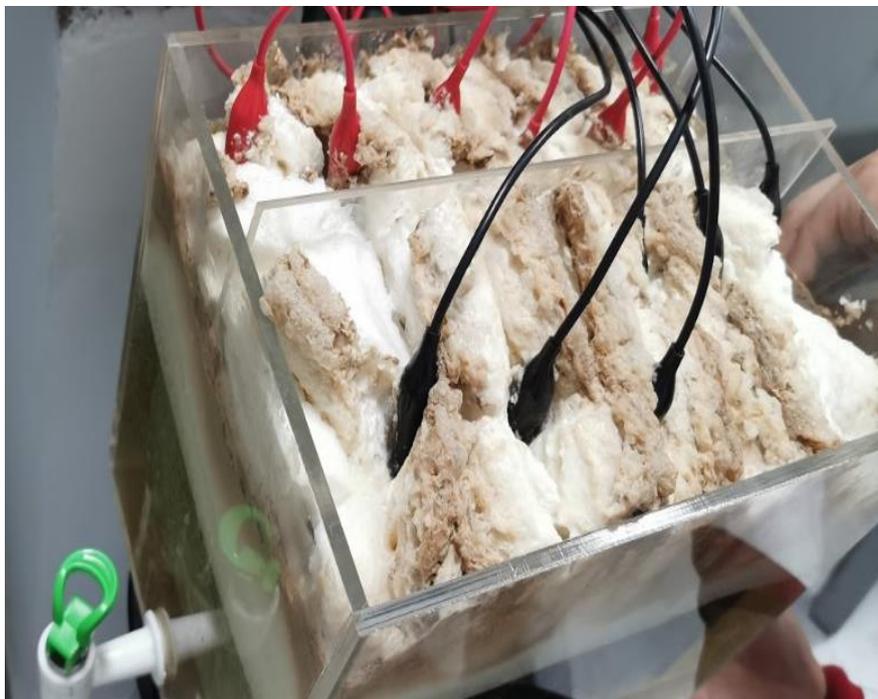


Fuente: Elaboración propia  
Figura 27: Análisis pH, tiempo 15 minutos



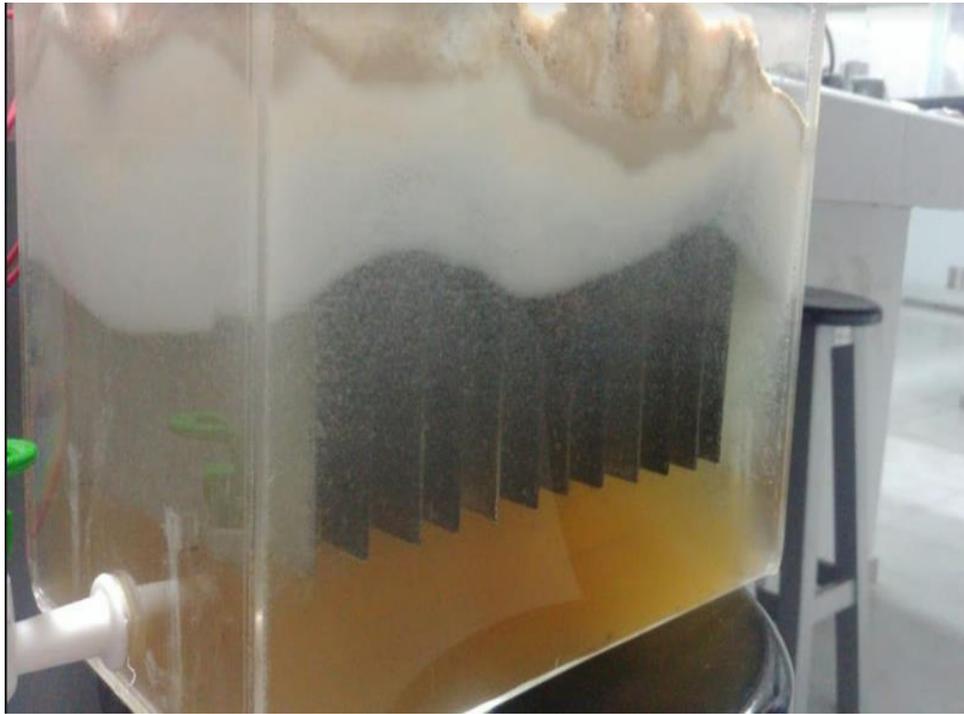
Fuente: Elaboración propia

Figura 28: Análisis de sólidos en suspensión



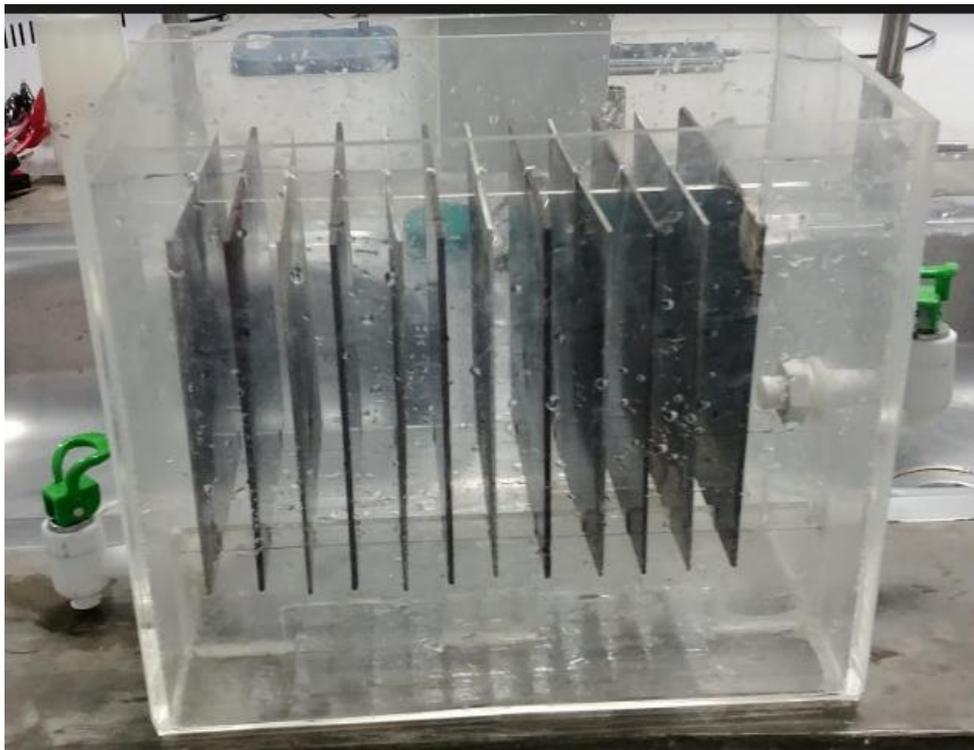
Fuente: Elaboración propia

Figura 29: Generación de espumas



Fuente: Elaboración propia

Figura 30: Tratamiento de 60 minutos con  $J= 1111,1 \text{ A/m}^2$



Fuente: Elaboración propia

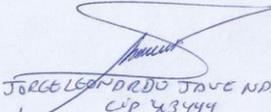
Figura 31: Armado de la celda de electrocoagulación

### Anexo 3: Registro de datos de campo

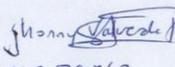
"REAPROVECHAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA DE EMBUTIDOS, MEDIANTE LA ELECTROCOAGULACIÓN, PARA EL RIEGO DE ÁREAS VERDES", VILLA EL SALVADOR, 2019

**REGISTRO DE DATOS DE CAMPO**

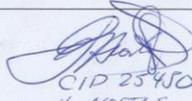
DATOS DEL RESPONSABLE					DATOS DE LUGAR DE ESTUDIO	
Apellidos y Nombres					Localidad, Urb / AA.HH	
Teléfono					Departamento	
Email					Provincia	
					Distrito	
N° de Muestras	Coordenadas UTM		Altitud	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Observación
	Este	Norte				
FOTO PANORÁMICA DEL LUGAR						



JORGE LEONARDO JAVE NDKAYO  
CIP 43444



Johnny Salcedo  
CIP 79862



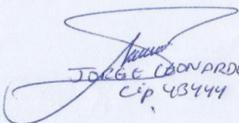
H. ACOSTA S.  
CIP 25450

### Anexo 4: Registro para la identificación de los parámetros físicos y químicos del agua residual

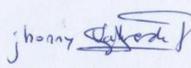
"REAPROVECHAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA DE EMBUTIDOS, MEDIANTE LA ELECTROCOAGULACIÓN, PARA EL RIEGO DE ÁREAS VERDES", VILLA EL SALVADOR, 2019

**REGISTRO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL**

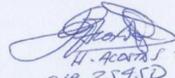
DATOS DEL RESPONSABLE				DATOS DE LABORATORIO					
Apellidos y Nombres				Nombre					
Teléfono				Ubicación					
Email				Teléfono					
				Email					
Código de Muestras	Volumen de Muestra(ml)	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS							
		Conductividad eléctrica (µS/cm)	Temperatura (°C)	pH	Sólidos en suspensión (mg/l)	Aceites y grasas (mg/l)	Demanda Bioquímica de oxígeno (mg/l)	Demanda química de oxígeno (mg/l)	Oxígeno disuelto (mg/l)



JORGE LEONARDO NDKAYO  
CIP 43444



Johnny Salcedo  
CIP 79862

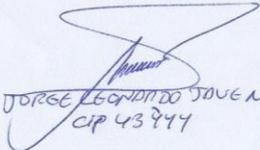


H. ACOSTA S.  
CIP 25450

Anexo 5: Registro para determinar las condiciones adecuadas del electrocoagulador

"REAPROVECHAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA DE EMBUTIDOS, MEDIANTE LA ELECTROCOAGULACIÓN, PARA EL RIEGO DE ÁREAS VERDES", VILLA EL SALVADOR, 2019									
REGISTRO PARA DETERMINAR LA CONDICIONES ADECUADAS DEL ELECTROCOAGULADOR									
DATOS DEL RESPONSABLE									
Apellidos y Nombres									
Teléfono									
Email									
CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL ELECTROCOAGULADOR									
Código de Muestras	Volumen de Muestra(ml)	Densidad de corriente (A)	Tiempo de operación (min)	Distancia entre electrodos (mm)	Tipos de electrodos	pH	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Temperatura (°C)	Observación

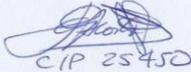
  



JORGE LEONARDO JOVEN NAKAYO  
CIP 43944



Johnny Valverde  
CIP 79862



H. Agosto  
CIP 25450

# Anexo 6: Validación de instrumento



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

1.1 Apellidos y Nombre: José Alfredo Jofre Leonardo

1.2 Cargo e institución donde labora: Docente UCV

1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: REGISTRO DE DATOS ORALES

1.4 Autor(A) de instrumento: FRANCISCA FREDY CANOZ, CAROLINE ALBERTO

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INSTRUMENTO												
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													✓
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													✓
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													✓
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													✓
5. PERTINENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													✓
6. AMPLIABILIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													✓
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													✓
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													✓
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													✓

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

**IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN:**

85%

Lima, 11 de Junio del 2019  
  
 PRIMA DEL EXPERIMENTO ORAL  
 C/P 03 03 000  
 DNI: 80.016613-1 Tel: 99.240.5015



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

1.1 Apellidos y Nombre: José Alfredo Jofre Leonardo

1.2 Cargo e institución donde labora: Docente UCV

1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: REGISTRO PARA IDENTIFICAR LA IDENTIDAD PERSONAL

1.4 Autor(A) de instrumento: FRANCISCA FREDY CANOZ, CAROLINE ALBERTO

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

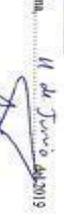
CRITERIOS	INDICADORES	INSTRUMENTO												
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													✓
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													✓
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													✓
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													✓
5. PERTINENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													✓
6. AMPLIABILIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													✓
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													✓
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													✓
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													✓

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

**IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN:**

85%

Lima, 11 de Junio del 2019  
  
 PRIMA DEL EXPERIMENTO ORAL  
 C/P 03 03 000  
 DNI: 80.016613-1 Tel: 99.240.5015





VALIDACION DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES  
 1.1 Apellidos y Nombres: MUSTO SUSVALDIZO, ESTEBAN HORACIO  
 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente, UNICÉSAR-2009, Cesara Valley  
 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Examen Teórico, Práctico, de Análisis de Casos, de Planificación  
 1.4 Autor(A) de Instrumento: Florencia Tardá, Fátima Sánchez y Pamela Pacheco

II. ASPECTOS DE VALIDACION

CRITERIOS	INDICADORES	NIVEL DE NIVELACION												
		INACEPTABLE	ACCEPTABLE					ACCEPTABLE						
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													
4. ORGANIZACION	Existe una organización lógica.													
5. SURENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.													
6. INTERCONEXIONADO	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													

III. OPINION DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACION :

Lima, 12 de Julio del 2019  
 PROMEDIO: **85 %**  
 FIRMA DEL EXPERTO/OPONENTE  
 DNI No. 08163197 Tel. 919442288

VALIDACION DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES  
 1.1 Apellidos y Nombres: ACOSTA SUSVALDIZO, ESTEBAN HORACIO  
 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente, UNICÉSAR-2009, Cesara Valley  
 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Examen Teórico, Práctico, de Análisis de Casos, de Planificación  
 1.4 Autor(A) de Instrumento: Florencia Tardá, Fátima Sánchez y Pamela Pacheco

II. ASPECTOS DE VALIDACION

CRITERIOS	INDICADORES	NIVEL DE NIVELACION												
		INACEPTABLE	ACCEPTABLE					ACCEPTABLE						
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													
4. ORGANIZACION	Existe una organización lógica.													
5. SURENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.													
6. INTERCONEXIONADO	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													

III. OPINION DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACION :

Lima, 12 de Julio del 2019  
 PROMEDIO: **85 %**  
 FIRMA DEL EXPERTO/OPONENTE  
 DNI No. 08206132 Tel. 919442288

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombre: ACEVEDO SUAREZ ROSARIO LOPEZ  
 1.2. Cargo e institución donde labora: INVESTIGADORA ASISTENTE DE INVESTIGACIÓN  
 1.3. Nombre del instrumento antes de evaluación: ENCUESTA PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS DOCENTES EN EL AULA  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: ROSA ROSARIO ACEVEDO SUAREZ

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	NIVEL DE VALORACIÓN												
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible													
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													
3. ACTUALIDAD	Existe una organización lógica													
4. ORGANIZACIÓN	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													
5. SUFFICIENCIA	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.													
6. HETEROGENEIDAD	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													
7. CONSISTENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													
8. COHERENCIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.													
9. METODOLOGÍA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													
10. PERTINENCIA														

III. OPINION DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

	85 %
--	------

Lima, 13 de Enero del 2019  
  
 FIRMANTE EXPEDIENTE INFORMANTE  
 C.I.P. N° 20950  
 DNI N° 8200957. Tel. 920198326