



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL**

**"Tratamiento de las aguas residuales de la PTAR Covicorti -  
Trujillo mediante el método de electrocoagulación"**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACÁDEMICO DE:**

**Bachiller en Ingeniería Ambiental**

**AUTORES:**

Jauregui Silvestre, Florcita del Pilar (ORCID: 0000-0002-3127-0770)

Melo Gariza, Baltazar Asunción (ORCID: 0000-0002-4067-6211)

**ASESOR:**

Dr. Cruz Monzón, José Alfredo (ORCID: 0000-0001-9146-7615)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

TRUJILLO – PERÚ

2020

## **DEDICATORIA**

Este informe es dedicado a Dios, por darnos la fuerza para convertir nuestros fracasos en logros y por darnos la fuerza necesaria para poder haber llega hasta este momento tan esperado por nosotros. A nuestros amados Padres, por su amor incondicional, cariño, afecto, comprensión, paciencia y apoyo en todo este largo recorrido, el amor que les tenemos es realmente invaluable. A todos aquellos que nos brindaron su apoyo incondicional y creyeron en este sueño que esta por convertirse en una realidad.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, nosotros agradecemos a Dios quien nos dio la vida, por nuestros padres por ser el eje principal de nuestras vidas, por mantenernos saludables, por brindar a docentes capacitados en lo largo de nuestros estudios, amigos quienes empujaron de manera indirecta nuestros sueños. A nuestros Docentes que formaron parte nuestra vida estos últimos años, agradecerles por enriquecer nuestro conocimiento día tras día. A nuestro asesor que en este último semestre ha sido parte fundamental, gracias por toda su comprensión, apoyo y cariño para con nosotros estará siempre en nuestros corazones.

## Índice de contenidos

<b>Carátula .....</b>	<b>i</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>.ii</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>iii</b>
<b>Índice de contenidos .....</b>	<b>iv</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>v</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>vi</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>.viii</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>ix</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>II. MÉTODO.....</b>	<b>16</b>
<b>III. RESULTADOS y DISCUSIÓN.....</b>	<b>18</b>
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>28</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>29</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>30</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>31</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>34</b>

## Índice de tablas

Tabla N° 1. <i>Resultados de Turbidez en 20 min</i> .....	18
Tabla N° 02. <i>Resultados de Turbidez en 40 min</i> .....	19
Tabla N° 03. <i>Resultados de Turbidez en 60 min</i> .....	20
Tabla N° 05. <i>Resultados de pH en 40 min</i> .....	22
Tabla N°06. <i>Resultados de pH en 60 min</i> .....	23
Tabla N°07. <i>Pruebas de normalidad de la turbidez</i> .....	24
Tabla N°08. <i>Prueba de homogeneidad de varianza de la turbidez</i> .....	24
Tabla N°09. <i>ANOVA de la turbidez</i> .....	25
Tabla N°10. <i>Medición prueba Tukey de la turbidez</i> .....	25
Tabla N°11. <i>Prueba de normalidad del pH</i> .....	26
Tabla N°12. <i>Prueba de la homogeneidad de varianza del pH</i> .....	26
Tabla N°13. <i>ANOVA del pH</i> .....	27
Tabla N°14. <i>Medición prueba Tukey del pH</i> .....	27

## Índice de figuras

<i>Figura N°01.</i> Resultados de Turbidez en 20 min.....	18
<i>Figura N°02.</i> Resultados de Turbidez en 40 min.....	19
<i>Figura N°03.</i> Resultados de Turbidez en 60 min.....	20
<i>Figura N°04.</i> Resultados de pH en 20 min .....	21
<i>Figura N°05.</i> Resultados de pH en 40 min .....	22
<i>Figura N°06.</i> Resultados de pH en 60 min .....	23

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo disminuir los niveles de Ph, turbidez, DBO y DQO de las aguas residuales de la PTAR- COVICORTI utilizando la Electrocoagulación como tecnología alternativa. Utilizamos como población las aguas residuales vertidas de la PTAR y en el laboratorio como muestra se utilizaron 3 litros de agua residual. Los datos fueron procesados utilizando estadística descriptiva para esto se utilizó Microsoft Excel 2016 y el programa estadístico SPSS versión 26 para así poder determinar cuál tratamiento era el más eficiente el cual nos dio como resultado que la turbidez alcanza a disminuir en un tiempo de 40 min ya que al llegar a los 60 min se vuelve inestable, en 20 min logra disminuir pero de una manera no significativa es por ello que con el estadístico nos marca que el mejor tiempo de remoción es el de 40 min. En la DBO no obtuvimos resultados ya que hicimos una prueba piloto donde se utilizaron las soluciones A y B para determinar presencia de oxígeno, al aplicarle dichas soluciones pudimos notar como la muestra se volvía lechosa y eso desde ya nos quiso decir que no tenía presencia de oxígeno y que ya no era necesario pasarlo por el equipo de DBO.

**Palabras clave:** Electrocoagulación, Turbidez, Calidad de agua

### **Abstract**

The objective of this research was to reduce the levels of Ph, turbidity, BOD and COD of the wastewater from the WWTP-COVICORTI using Electrocoagulation as an alternative technology. We used as population the wastewater discharged from the WWTP and in the laboratory as a sample 3 liters of wastewater were used. The data were processed using descriptive statistics for this, Microsoft Excel 2016 and the statistical program SPSS version 26 were used in order to determine which treatment was the most efficient, which gave us as a result that the turbidity decreases in a time of 40 min and that when it reaches 60 min it becomes unstable, in 20 min it manages to decrease but in a non-significant way, that is why with the statistic it indicates that the best removal time is 40 min. In the BOD we did not obtain results since we did a pilot test where solutions A and B were used to determine the presence of oxygen, when applying these solutions we could notice how the sample became milky and that from already meant that it had no presence of oxygen and that it was no longer necessary to pass it through the BOD equipment.

**Keywords:** Electrocoagulation, Turbidity, Water quality



## I. INTRODUCCIÓN

El agua dulce se está convirtiendo en un recurso cada vez más limitado debido al aumento de la contaminación del agua y, por lo tanto, a las industrias les está llamando la atención sobre las tecnologías de reutilización (Ribeiro et al., 2017. pp 34-40).

Los productos químicos en las aguas residuales industriales son uno de los principales contaminantes del agua. Se informó que aproximadamente el 40% de la población del mundo tiene escasez de agua y más del 25% de la población tiene problemas de salud relacionados con el agua. La mayoría de las aguas residuales industriales se drenan en los ríos sin un tratamiento detallado con muchos químicos dañinos (Lakherwal, 2014. pp12; Pera-Titus et al.pp 56, 2004; Xiao et al., 2015.pp 40).

En la actualidad el uso indiscriminado del recurso hídrico ha generado una insuficiencia de este valioso líquido, entre otros factores al aumento de la población, a los contaminantes en los cuerpos hídricos y su empleo en los procesos industriales. Debido a esto se deben elaborar distintos procesos de tratamiento para recuperar esta agua y satisfacer las necesidades de la población. Por tal razón es indispensable explorar técnicas nuevas que permitan tratar los efluentes industriales de todo tipo y de tal manera puedan cumplir la normativa ambiental vigente en el país “Valores Máximos Admisibles” D.S. N° 021-2009-VIVIENDA para los desagües industriales, la cual reglamenta y pena a las industrias que quebranten esta norma (Aguilar, Edwar 2015. pp 49-65).

Las aguas residuales que ingresan a la PTAR Covicorti abarcan una variedad de contaminantes debido principalmente a la carencia de control de las autoridades pertinentes y las características de las aguas residuales no domesticas que son descargadas a la red de alcantarillado que tienen como receptor final la PTAR Covicorti, dañando la maquinaria y equipo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales; afectando la maquinaria y equipo de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales en la PTAR Covicorti (Manual de operaciones, 2009).

De acuerdo a estudios se encontró que en cuanto al tratamiento por electrocoagulación una reducción de más del 60% de DQO. El sistema adaptado se aplicó sin contener una consecuencia sinérgica en la eliminación de materia orgánica, señalando que los procedimientos logran mejores frutos de manera independiente (HERNANDEZ Daniela, 2016. pp105 -115).

Por medio de la electrocoagulación se alcanzó remover el 90 % de DQO y el 56% de sólidos suspendidos en un tiempo de media hora, todo esto en condiciones normales sin modificar el nivel de pH. (SUAREZ Sebastián, 2014. pp 45-52).

El autor en su investigación sobre la remoción de arsénico por electrocoagulación, obtuvo un resultado muy favorable llegando a los 92.5% en un tiempo de dieciocho minutos (PORTO Hugo, 2014. pp 66-68).

El empleo de electrocoagulación a veinticinco minutos a las muestras de agua utilizando el método de EC logro obtener un porcentaje de casi 95 % en reducción de turbiedad, 65% en reducción de heces fecales además de un 65% en reducción de DBO (BARBOZA Gloria, 2011. pp 70).

Un estudio de la interrelación de los procesos de electrocoagulación y ozonificación, los resultados indicaron que laborando de manera individualista, la electrocoagulación ayuda a la remoción de DQO y la ozonificación lo hace con el nivel de color. Demostrando así que cada uno de los tratamientos es eficiente en su parámetro (SERRANO María, 2017. pp 134).

El electrodo que dio mejor resultado fue el ánodo de aluminio. De este panorama, la EC se transforma en un procesamiento electroquímico que posee conclusiones triunfantes en la purificación, perfeccionando los factores que lo constituyen, consiguiendo el desafío de salvaguarda y mantener el recurso (CARHUANCHO, Hans y SALAZAR Jorge, 2015. pp 76-77).

En la remoción de DQO, aceites y grasas en las aguas residuales de los lavaderos de autos utilizando la EC se manipularon las posiciones de los electrodos de sacrificio y de esto resulto un tratamiento eficiente y económico, la reducción de los parámetros sobrepasaban el 90 %. Con esto se demostró que es una de las mejores técnicas de remoción (PRIVA, M. y JEYANTH, J. 2019. pp 70).

En la remoción de contaminantes se utilizó la EC y empleó como fuente de energía un panel fotovoltaico implementando así dos formas de energías limpias. Terminado el proceso en el laboratorio experimental se demostró que el nivel óptimo de purificación fue de 20 minutos y los niveles de pH, DQO, DBO y niveles de aceites y grasas lograron bajar de manera altamente–considerable (RICCIO, Luis.2015. pp 89).

El término calidad del agua hace referencia a la condición de este recurso si se encuentra en buen estado, es decir limpia y calificado para algunas necesidades del ser humano. Esto quiere decir que sirve para la vida de algunos peces, pero no calificada para otras necesidades, como: natación, consumo humano e incluso para la industria (BAUTISTA Jorge, 2016. pp 169)

Se define aguas servidas al producto que surge del uso doméstico e industrial, son residuales pues ya pasaron por un proceso de utilización, es por ello que ya no es útil para el consumidor directo; se dice que son negras por su color característico, cuyas particularidades son en su mayoría son desechos de sanitarios (SOLANO Carlos, 2014. pp 55).

La turbidez es una característica o efecto visual que describe la claridad u opacidad del agua; dicho de otra manera, la turbidez es el atributo visual de un desplazamiento que logra que la luz sea reemitida y no retransmitida por medio del desplazamiento; así mismo, la terminología del pH que hace alusión a la condición que tiene alguna solución ya sea que esta se encuentre en un medio ácido o básico para denotar la densidad de iones de hidrógenos en una solución (BAUTISTA Jorge, 2016. pp 169).

La EC es un procedimiento que utiliza el origen de la coagulación–floculación en un reactor electrolítico. Consiste en un contenedor asignado de una máquina de energía y múltiples electrodos aportadores de los iones desestabilizadores de porciones coloidales las cuales sustituyen obligaciones de los compuestos químicos empleados en el procedimiento tradicional (Martínez, 2012. pp 96).

Los electrodos son una sucesión que suministran iones positivos y negativos. Al ánodo abastecido con iones metálicos denominados como electrodo de reemplazo, por la particularidad de su placa metálica que lo constituye se diluye, por otro lado la placa que constituye el cátodo sigue igual sin ninguna particularidad. Se estima que en el desarrollo de la EC actúan tres etapas: en primer lugar, se moldea el coagulante por oxidación electrolítica, después se da la desestabilización de contaminantes, para concluir con, la creación de flóculos por añadidura de fracciones del contaminante (Restrepo, 2006. pp 42).

El reactor electrolítico, en el cual ocurre la EC, es un recipiente de termoplástico. Esta fuente de energía impulsa la electricidad y los electrodos organizados de una manera intercalada en el reactor, los cuales son tapados por el agua que será examinada. Los componentes de los electrodos cambia dependiendo de la técnica empleada, estos pueden ser de Fe, Al, Cu, acero o mezclas de Al y Mg (Martínez, 2012. pp 96).

El reactor empleado para elaborar la EC en un proceso por Bach, está constituido por una celdilla electroquímica con un ánodo y un cátodo conectado a un surtidor de energía externa. El método para la EC solicita una fuente de energía directa, un ordenador de consistencia de electricidad y un multímetro para anotar los voltajes (Arango, 2005. pp 110).

La consistencia de electricidad se precisa como la corriente eléctrica solicitada por individualidad, las unidades empleadas son  $A/m^2$  regidas al sistema internacional. Este agente es de gran consideración en los procedimientos del electro coagulación, ya que es el único parámetro que se puede dominar directamente. La elección de densidad de corriente es indispensable para

examinar parámetros como el pH, T° y material de los electrodos, para incrementar la eficacia de la CE (Roa et al., 2014. pp 56).

El objetivo general fue eliminar las impurezas de las aguas residuales de la PTAR Covicorti mediante la electrocoagulación. Como objetivos específicos determinamos los siguientes: Analizar la turbidez, pH, DBO y DQO del agua residual de la “Planta de Tratamiento Covicorti”, antes y después de los tratamientos, así mismo evaluar el tiempo óptimo de la electrocoagulación.

La reutilización y recirculación son procedimientos que forman parte de las tácticas de manejo del recurso hídrico. Sin embargo, es esencial ejecutar tratamientos a las aguas residuales. Éstos tienen la obligación de satisfacer aspectos como ser adecuados para su propósito, poseer una gran efectividad y costos reducidos, y complementariamente traer ventajas ambientales.

Se propone la EC como opción tecnológica para el tratamiento de aguas residuales, haciendo realce en el uso para la remoción de ciertos parámetros como pH, DBO, DQO y turbiedad.

¿En qué medida se disminuirán el parámetro de pH, turbiedad, DQO Y DBO mediante el método de electrocoagulación en las aguas residuales de la PTAR Covicorti?

Utilizando el método de electrocoagulación en las aguas residuales se lograra reducir notablemente los niveles de pH, turbiedad, DQO Y DBO en las aguas residuales de la PTAR Covicorti.

## **II. MÉTODO**

### **2.1. Tipo y diseño de investigación**

#### **2.1.1. Tipo de Investigación.**

Tipo de investigación fue cuantitativa, experimental con un diseño de estímulo creciente

#### **2.1.2. Población, muestra y muestreo**

La población fue todas las aguas residuales vertidas de la PTAR. Las muestras fueron tres litros de agua residual de la PTAR y el muestreo fue de tipo no probabilístico. Los criterios de selección fueron las aguas residuales vertidas de la PTAR- Covicorti, por otro lado tenemos los criterios de exclusión que serán las aguas residuales de otras plantas de tratamiento

#### **2.1.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

La técnica a utilizar fue la observación y el instrumento la guía de observación en el laboratorio. Se demostrará la veracidad de los datos.

#### **2.1.4. Procedimiento**

- Se tomó las muestras de agua para ser llevadas a un laboratorio para analizarlas y obtener la muestra control. Se vierte las aguas en el equipo especializado para realizar la electrocoagulación por un periodo de 20 min, se realiza este proceso por tres veces sacando un promedio para obtener nuestra toma de muestra
- Se vierte las aguas en el equipo especializado para realizar la electrocoagulación por un periodo de 40 min, se realiza este proceso por tres veces sacando un promedio para obtener nuestra toma de muestra 2.
- Se vierte las aguas en el equipo especializado para realizar la electrocoagulación por un periodo de 60 min, se realiza este proceso por tres veces sacando un promedio para obtener nuestra toma de muestra 3.

- Luego comparamos las tres muestras y analizamos los resultados obtenidos para ver en cuanto tiempo podremos obtener un resultado óptimo para el tratamiento de las aguas residuales

#### **2.1.5. Método de análisis de datos**

Los datos fueron procesados utilizando estadística descriptiva para esto se utilizó Microsoft Excel 2016 y el programa estadístico SPSS versión 26.

#### **2.1.6. Aspectos éticos**

Se demostrará la veracidad de los datos y también el respeto y la conservación a la biodiversidad y medio ambiente así como también las condiciones de bioseguridad en la conservación de la muestra

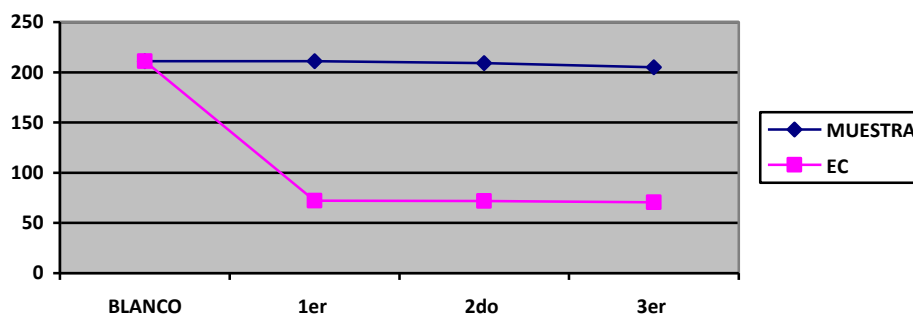
### III. RESULTADOS y DISCUSIÓN

#### 3.1. RESULTADOS

Tabla N° 1. *Resultados de Turbidez en 20 min*

Repeticiones	Muestra	Electrocoagulación
Blanco	211 NTU	211 NTU
1	211 NTU	72 NTU
2	209 NTU	71.9 NTU
3	205 NTU	70.6 NTU

Fuente: Elaboración propia



**Figura N°01.** Resultados de Turbidez en 20 min

Fuente: Elaboración propia

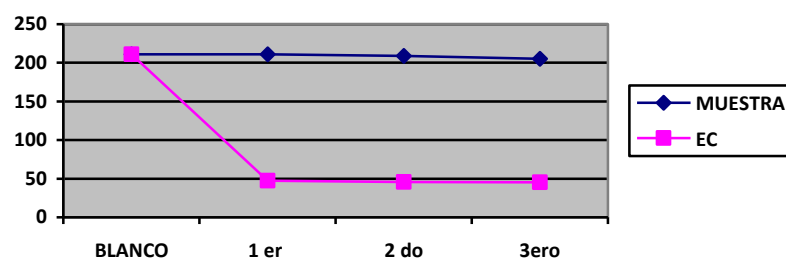
En la tabla N° 01 y figura N° 01, podemos observar que nuestras tres repeticiones en el tiempo de 20 minutos la turbidez al ser sometida a la EC nos da un promedio de 71,5.



Tabla N° 02. **Resultados de Turbidez en 40 min**

Repeticiones	Muestra	Electrocoagulación
Blanco	211 NTU	211 NTU
1	211 NTU	47.5 NTU
2	209 NTU	45.8 NTU
3	205 NTU	45.3 NTU

Fuente: Elaboración Propia



**Figura N°02.** Resultados de Turbidez en 40 min

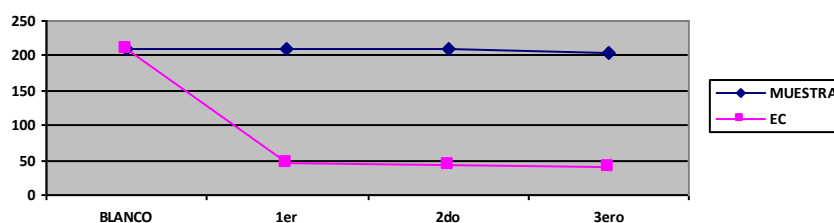
Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 02 y figura N° 02, podemos observar que nuestras tres repeticiones en el tiempo de 40 minutos la turbidez al ser sometida a la EC nos da un promedio de 46,2

Tabla N° 03. **Resultados de Turbidez en 60 min**

Repeticiones	Muestra	Electrocoagulación
Blanco	211 NTU	211 NTU
1	211 NTU	46.6 NTU
2	209 NTU	42 NTU
3	205 NTU	40 NTU

Fuente: Elaboración propia



**Figura N°03.** Resultados de Turbidez en 60 min

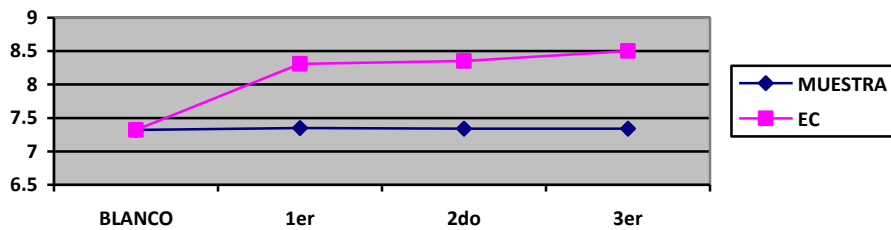
Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 03 y figura N° 03, podemos observar que nuestras tres repeticiones en el tiempo de 60 minutos la turbidez al ser sometida a la EC nos da un promedio de 42.8.

Tabla N° 04. *Resultados de pH en 20 min*

Repeticiones	Muestra	Electrocoagulación
Blanco	7.32	7.32
1	7.35	8.31
2	7.34	8.35
3	7.34	8.50

Fuente: Elaboración propia



**Figura N°04.** Resultados de pH en 20 min

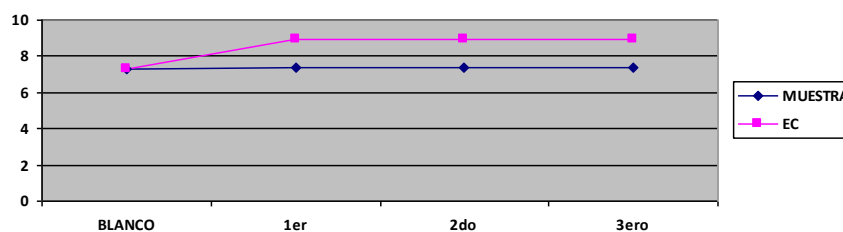
Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 04 y figura N° 04, podemos observar que los niveles de pH se elevaron pasando de un neutro a un alcalino.

Tabla N° 04. **Resultados de pH en 40 min**

Repeticiones	Muestra	Electrocoagulación
Blanco	7.32	7.32
1	7.35	8.94
2	7.34	8.95
3	7.34	8.95

Fuente: Elaboración propia



**Figura N°05.** Resultados de pH en 40 min

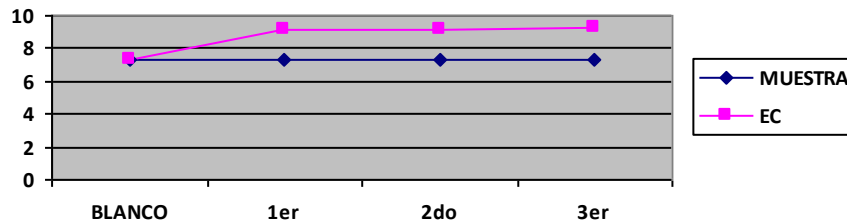
Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 05 y figura N° 05, podemos observar que los niveles de pH se elevaron pasando de un neutro a un alcalino.

Tabla N°05. **Resultados de pH en 60 min**

Repeticiones	Muestra	Electrocoagulación
Blanco	7.32	7.32
1	7.35	9.11
2	7.34	9.14
3	7.34	9.23

Fuente: Elaboración propia



**Figura N°06.** Resultados de pH en 60 min

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 06 y figura N° 06, podemos observar que los niveles de pH se elevaron pasando de un neutro a un alcalino siendo la repetición las más alcalina

- Los análisis de DBO, no se llegó a realizar ya que al aplicar la solución A y B obtenemos que la muestra no reacciona dándonos como muestra que no tiene demanda bioquímica de oxígeno por formarse de una manera lechosa.

Tabla N°06. **Pruebas de normalidad de la turbidez**

Pruebas de normalidad							
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	GRUPO	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MEDICIÓN	1,00	,306	4	.	,742	4	,032
	2,00	,415	4	.	,699	4	,011
	3,00	,269	4	.	,851	4	,229

Fuente: Elaboración Propia

Elegimos la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk ya que nuestra es menor de 30. Podemos observar que para la variable turbidez los resultados siguen una distribución normal ya que tienen una significancia menor que 0.05.

Tabla N°07. **Prueba de homogeneidad de varianza de la turbidez**

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de			
		Levene	gl1	gl2	Sig.
MEDICIÓN	Se basa en la media	5,127	2	9	,033
	Se basa en la mediana	3,373	2	9	,081
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	3,373	2	5,985	,104
	Se basa en la media recortada	5,008	2	9	,035

Fuente: Elaboración Propia

En la prueba de homogeneidad de varianza para la variable turbidez podemos notar que siguen una distribución normal ya que su significancia es menor que 0.05.

Tabla N°08. **ANOVA de la turbidez**

<b>ANOVA</b>					
<b>MEDICIÓN</b>					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	161928,667	2	80964,333	1,730	,231
Dentro de grupos	421130,250	9	46792,250		
Total	583058,917	11			

**Fuente:** Elaboración Propia

Como p no es menor que 0.05 se rechaza la hipótesis alternativa, es decir que la medias poblacionales son iguales.

Tabla N°9. **Medición prueba Tukey de la turbidez**

<b>MEDICIÓN</b>		
HSD Tukey <sup>a</sup>		
Subconjunto para alfa = 0.05		
GRUPO	N	1
3,00	4	189,7500
2,00	4	399,2500
1,00	4	461,2500
Sig.		,232

**Fuente:** Elaboración Propia

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Podemos observar que los grupos con mayor nivel de aceptación son el 1 y 2.

Tabla N°10. **Prueba de normalidad del pH**

Pruebas de normalidad							
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	NUMERO	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
MEDICIÓN	1,00	,371	4	.	,726	4	,023
	2,00	,439	4	.	,634	4	,001
	3,00	,422	4	.	,682	4	,007

Fuente: Elaboración Propia

Elegimos la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk ya que nuestra es menor de 30. Podemos observar que para la variable pH los resultados siguen una distribución normal ya que tienen una significancia menor que 0.05.

Tabla N°11. **Prueba de la homogeneidad de varianza del pH**

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de			
		Levene	gl1	gl2	Sig.
MEDICIÓN	Se basa en la media	4,342	2	9	,048
	Se basa en la mediana	,948	2	9	,423
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,948	2	3,845	,463
	Se basa en la media recortada	3,390	2	9	,080

Fuente: Elaboración Propia

En la prueba de homogeneidad de varianza para la variable pH podemos notar que siguen una distribución normal ya que su significancia es menos que 0.05.



Tabla N°12. **ANOVA del pH**

<b>ANOVA</b>					
<b>MEDICIÓN</b>					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	155716,167	2	77858,083	1,611	,252
Dentro de grupos	434828,750	9	48314,306		
Total	590544,917	11			

**Fuente:** Elaboración Propia

Como p no es menor que 0.05 se rechaza la hipótesis alternativa, es decir que las medias poblacionales son iguales.

Tabla N°13. **Medición prueba Tukey del pH**

<b>MEDICIÓN</b>		
<b>HSD Tukey<sup>a</sup></b>		
<b>Subconjunto para alfa = 0.05</b>		
<b>GRUPO</b>	<b>N</b>	<b>1</b>
1,00	4	620,7500
2,00	4	854,0000
3,00	4	870,0000
Sig.		,293

**Fuente:** Elaboración Propia

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

#### **IV. DISCUSIÓN**

Es necesario emplear nuevas tecnologías para tratar las aguas que salen con dirección al mar ya que se supone son aguas tratadas que no deberían tener ni contaminantes, ni verse turbia. Cuando se recolecto la muestra se observó como las aguas así sucias que venían de la PTAR-Covicorti eran vertidas al mar y a unos cuantos pasos la gentes estaba pescando, la biodiversidad acuática está sobreviviendo con este tipo de aguas y los peces que fueron pescados quizá ya abran pasado por nuestras mesas (Aguilar, Edwar 2015. pp 52).

Así mismo en un tiempo de 30 minutos logro disminuir los niveles de turbidez, nosotros le podemos decir que llegando a los 40 minutos los niveles de turbidez aún siguen bajando sin volverse inestables (SUAREZ Sebastián, 2014), y en 25 minutos logro disminuir la turbidez, nosotros logramos disminuir de manera muy significativa en tan solo 20 minutos y aún podemos seguir probando si antes de los 20 minutos se podría ya obtener niveles altos de remoción (BARBOZA Gloria, 2011), por ultimo para nosotros el nivel óptimo fue de 40 minutos, aunque no queremos decir que desde los 20 minutos los niveles de turbidez disminuyan (RICCIO Luis, 2015. pp.105).

La calidad hace referencia al buen estado, en este caso buen estado del agua pero ya vemos que estas aguas no tienen un buen estado por lo tanto no son aptas para nosotros como seres humanos que indirectamente lo estaríamos consumiendo por medio de los animales acuaticos asi mismo podemos notarlo desde que vemos la turbidez a simple vista sin ningun analisis (BAUTISTA Jorge, 2016. pp 169).

A la EC normal se le agrego la flotación volviéndola ECF y al realizar el tratamiento se determinó que su tiempo óptimo fue de 25 minutos determinando que la EC Y ECF son tecnologías innovadoras y eficientes (Tuane Emerick)

## **V. CONCLUSIONES**

Se logró satisfactoriamente eliminar las impurezas de las aguas residuales de la PTAR- Covicorti utilizando el proceso de EC.

Se logró obtener los valores de pH y Turbidez de las muestras de la PTAR- Covicorti. En la DBO no obtuvimos resultados ya que hicimos una prueba piloto y le aplicamos las soluciones A y B para determinar a simple vista si presentaba oxígeno, al aplicarle dichas soluciones pudimos notar como la muestra se volvía lechosa y eso desde ya nos quiso decir que no tenía presencia de oxígeno y que ya no era necesario pasarlo por el equipo de DBO.

El tiempo optimo en la EC se determinó que es de 40 min, ya que empieza el agua a limpiarse, cuando sube ya en el tiempo de 60 min se limpia pero se satura y todo vuelve a como estaba antes

.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Estudiar la influencia del pH en el desarrollo de electrocoagulación de una manera mucho más profunda.
- Proponer un diseño experimental donde la variable independiente sea el material de los electrodos, realizando pruebas con otros tipos de materiales como acero inoxidable, cobre, plomo, entre otros; con el fin de determinar su influencia en los resultados del proceso de EC.

## REFERENCIAS

- RIBEIRO MEIRELLES, Marilia. DINIZ LEAO, Monica, COSTA DE AMORIM, Camila. Textile wastewater reuse after additional treatment by Fenton's reagent. California, 2017. pp 34-40.
- International Journal of Environmental Research and Development. ISSN 2249-3131 Volume 4, Number 1 (2014), pp. 41-48
- AGUILAR ASCON, EDWAR. Evaluación de una celda de electrocoagulación a escala laboratorio para el tratamiento de agua. Tesis (Doctor en Ingeniería Química y Ambiental). Perú: Universidad nacional del centro del Perú, 2015. 49-65 pp
- RICCIO YAURI, Luis. Remoción de contaminantes de aguas residuales urbanas del colector agua de las vírgenes por electrocoagulación, a nivel de laboratorio, utilizando como fuente energética un panel fotovoltaico, Ecuador, 2015. pp 75-89.
- Manual de operaciones y mantenimiento de planta de tratamiento de aguas residuales covicorti. 2009
- HERNANDEZ RODRIGUEZ, Daniela. Tratamiento acoplado fisicoquímico-electrocoagulación para incrementar la remoción de la materia orgánica en un agua residual de rastro municipal. Toluca. Universidad Autónoma del Estado de México, 2016. pp.105-115
- SUAREZ HIDALGO, Sebastián. Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales provenientes de las descargas de un centro comercial de la ciudad de Quito mediante proceso de electrocoagulación y adsorción en carbón activado. Quito. Escuela politécnica nacional. Ecuador, 2014. pp. 45-52.
  
- PORTO HUAQUIPACO, Hugo. Evaluación de la remoción de arsénico por electrocoagulación de aguas mineras. Puno. Universidad nacional del altiplano. Perú, 2014. pp 66-68.

- Reducción de la carga de contaminantes de las aguas residuales de la planta de tratamiento de totora-Ayacucho empleando la técnica de electrocoagulación. Lima. Universidad nacional de ingeniería. Perú, 2016. pp.45-48.
- SERRANO SANTA MARIA, Alfonso. Influencia de la densidad de corriente y la distancia entre electrodos en la remoción de color y la demanda química de oxígeno de efluentes de recurtido usando la electrocoagulación. Ozonificación. Trujillo. Universidad Nacional de Trujillo. Perú, 2017.pp 134.
- MARTINEZ GARCIA, Jasser y GONZALES SILGADO, Luis. Evaluación del poder coagulante de la tuna (opuntia ficus indica) para la remoción de turbidez y color en aguas crudas. universidad de Cartagena facultad de ingeniería programa de ingeniería química Cartagena de indias, 2012. 96 pp.
- CARHUANCHO ALCÁNTARA, Hans Moner y SALAZAR ESCOBAR, Jorge Luis. Estudio del efecto de la electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales a nivel de laboratorio en la planta de tratamiento de aguas residuales covicorti en la ciudad de trujillo – la libertad”. Universidad nacional de trujillo. Perú, 2015.pp 76-77.
- SOLANO FLORES, Carlos. Aplicación de un ANOVA bifactorial y modelamiento en el tratamiento por floculación de aguas residuales del camal municipal de Andahuaylas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú, 2014. pp 55.
- BAUTISTA SANTOS, Jorge. Evaluación y tratamiento del agua proveniente del canal de regadío del distrito de cerro colorado, para su uso en piscinas. Tesis. Recuperado el 18 de setiembre en la Universidad Nacional de San Agustín.Perú, 2016. ´pp 169.
- Roa, G., Linares, I. y Amaya, A. Aplicaciones electroquímicas al tratamiento de aguas residuales. México, D.F, 2014.pp 100.

- M. Priya y J. Jeyanthi, Eliminación de bacalao, aceite y grasa del efluente del agua de lavado de automóviles utilizando la técnica de electrocoagulación, *Microquímica*. Perú, 2019.pp 70
- MORANTE, Gonzalo. Electrocoagulación de aguas residuales. Universidad Nacional de Colombia. Colombia, 2002.pp 109
- P.V. Nidheesh, Ashitha Gopinath , K.V. Anupama , M. Suresh Kumar. Treatment of dairy industry wastewater by combined aerated electrocoagulation and phytoremediation process. *Chemosphere*, 2020.pp 6
- Liu, H., Wu, Y., Li, M., Ma, H., Li, M., Zhu, K., Jian zhang, Chen, G., Wang, Z., Wang, S., Electrocoagulation Pre-treatment to simultaneously Remove Dissolved and Colloidal Substances and Ca<sup>2+</sup> in Old Corrugated Container Wastewater, *Chemosphere*,2020.pp 30
- Emerick, T., Vieira, JL, Silveira, MHL y João, JJ. Proceso de electrocoagulación asistido por ultrasonido aplicado al tratamiento y reutilización de aguas residuales de matadería porcina. *Journal of Environmental*,2020.pp43
-

## ANEXOS

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
<p><b>-Variable independiente:</b></p> <p><b>El método de Electrocoagulación</b></p>	<p>Procedimiento que emplea la coagulación-floculación en un reactor electrolítico. Este es un recipiente abastecido de un surtidor energético y múltiples electrodos que aportan iones desestabilizadores que sustituyen la labor de los compuestos químicos que se emplea en el procedimiento común. (MORA NTE Gonzalo, 2002)</p>	<p>Se tomara el tiempo con un cronometro</p>	<p>Horas, minutos y segundos</p>	<p>Cuantitativa de razón</p>



---

<b>-Variable dependiente:</b>	El excedente de aguas residuales en las PTAR cuya infraestructura es indeficiente, por ello los efluentes tratados exceden los LMP, y no se cumplen los ECA. Esto acarrea problemas ambientales como la contaminación de los cuerpos hídricos y la concepción de malos olores que ocasionan conflictos con la población.(OE FA,2014)	Utilización del pH-metro	del	Turbidez		
<b>Tratamiento de las aguas de la PTAR</b>		Método de Winlker	de	DBO		Cuantitativa de razón
				pH		

---

1. Obteniendo la muestra



Fuente: Propia

2. Muestra obtenida en un bidon de 7L



Fuente: Propia

### 3. Preparacion de nuestra celda de EC



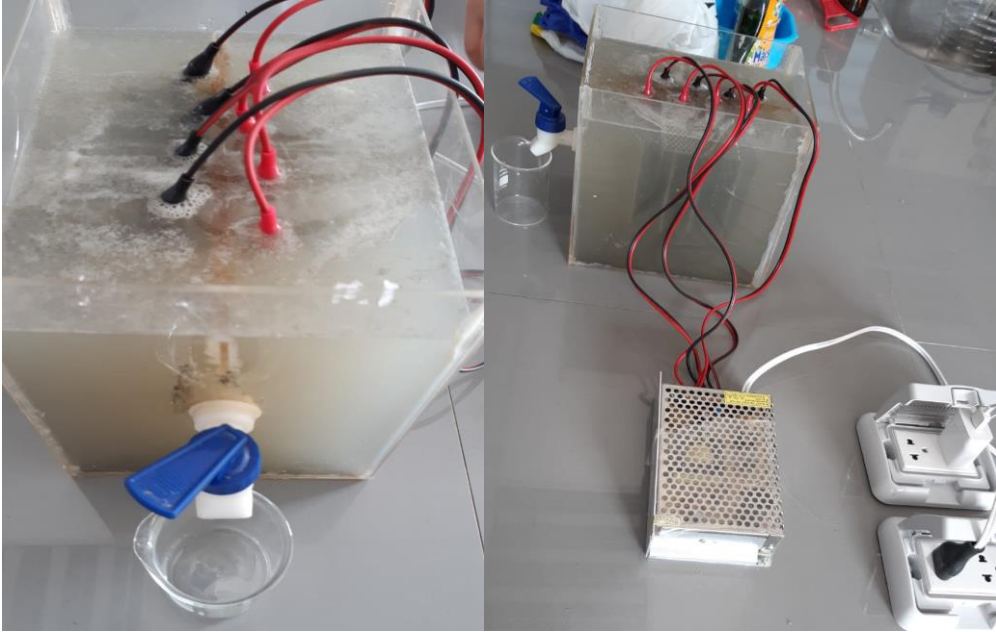
Fuente: propia

### 4. Llenado de nuestra celda para empezar el analisis.



Fuente: propia

5. Tiempo 0, inicio de la EC



Fuente: propia

6. Tiempo de EC en 20 min.



Fuente: propia

7. Tiempo de EC en 40 min.



Fuente: propia

8. Tiempo de EC en 60 min.



Fuente: propia

9. Analisis en el turbidimetro



Fuente: Propia

10. Analisis de pH



Fuente: Propia