

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL
PRIVADO FRIGORÍFICO INDUSTRIAL VALLE VERDE
INVERSIONES TRECE S.A.C. MEDIANTE PROCESOS
ELECTROQUÍMICOS**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

ALESSIO BILL CARHUAPOMA NICHÓ

**HUACHO – PERÚ
2022**

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL
PRIVADO FRIGORÍFICO INDUSTRIAL VALLE VERDE
INVERSIONES TRECE S.A.C. MEDIANTE PROCESOS
ELECTROQUÍMICOS**

Sustentado y aprobado ante el Jurado Evaluador



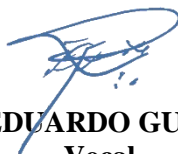
**Dra. MARIA DEL ROSARIO UTIA PINEDO
OJEDA**

Presidenta



Mg. TEODOSIO CELSO QUISPE

Secretario



Mtro. CAYO EDUARDO GUERRA LAZO
Vocal



Dr. VÍCTOR RAÚL COCA RAMÍREZ
Asesor

HUACHO – PERÚ

2022

DEDICATORIA

A mis padres Alessio Aristoteles Carhuapoma Nicho y Pilar Janet Nicho Alor, por la inspiración de lucha y el apoyo constante brindado para alcanzar cada vez más mis metas y por velar mis triunfos a pesar de las adversidades. A Dios por protegerme y guiar mis pasos durante mi carrera.

Alessio Bill

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme capacidad y fuerza, a mi asesor por sus valiosos aportes y experiencia que contribuyeron a desarrollar el presente trabajo. Así como a todos mis colegas, amigos y mi pareja por su incondicional apoyo cuando más lo necesitaba.

Muchas Gracias.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción de la realidad problemática	2
1.2. Formulación del Problema.....	3
1.2.1. Problema General	3
1.2.2. Problemas Específicos	3
1.3. Objetivos de Investigación	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos	3
1.4. Justificación	4
1.5. Delimitación	4
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes de la Investigación	5
2.1.1. Antecedentes Internacionales	5
2.1.2. Antecedentes Nacionales	5
2.2. Bases teóricas	6
2.2.1. Descripción de las PTAR	6
2.2.2. Parámetros característicos de las Aguas contaminada.	7
2.2.3. Fases de mecanismos de tratamiento en una PTAR.....	9
2.2.4. Aguas residuales de mataderos.....	10

2.2.5. Coagulación y electrocoagulación.....	12
2.2.6. Coagulación Eléctrica.....	13
2.2.7. Cambio respecto a la tecnología del mecanismo de EC.....	16
2.2.8. Detalle sobre la tecnología de EC.....	17
2.2.9. Reacciones dentro de la Coagulación Eléctrica.....	22
2.2.10. Cuantificaciones de vital importancia en el mecanismo de EC.....	23
2.3. Definiciones conceptuales	26
2.4. Hipótesis de la investigación	28
2.4.1. Hipótesis General	28
2.4.2. Hipótesis Específicas	28
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	29
3.1. Diseño metodológico	29
3.1.1. Tipo.....	29
3.1.2. Nivel	29
3.1.3. Diseño.....	29
3.1.4. Enfoque.....	31
3.2. Población y muestra	31
3.2.1. Población	31
3.2.2. Muestra	31
3.3. Operacionalización de variables	31
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	33
3.4.1 Técnicas a emplear	33

3.4.2. Descripción de los instrumentos.....	33
3.5. Técnicas para el procesamiento de información.....	33
CAPITULO IV: RESULTADOS	34
4.1. Análisis Fisicoquímico inicial de las aguas residuales del camal frigorífico industrial valle verde inversiones trece S.A.C.....	34
4.2. Determinación de la DBO ₅ Y LA DQO.	34
4.2.1. Determinación del %DBO ₅	34
4.2.2. Determinación del %DQO.....	35
4.3. Análisis Fisicoquímico de las aguas de residuales del camal después del tratamiento de electrocoagulación.	36
4.3.1. Determinación del %TURB.....	36
4.3.2. Determinación del %SDT.....	37
4.3.3. Determinación del %CE	39
4.3.4. Determinación del PH	40
4.4. Constrastación de Hipótesis	41
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
5.1. Conclusiones.....	44
5.2. Recomendaciones	44
CAPITULO VI: BIBLIOGRAFÍA	46
6.1. Referencias Bibliográficas.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas de la coagulación eléctrica	13
Tabla 2. Cuadro de Operacionalización de Variables	32
Tabla 3. Caracterización fisicoquímica inicial de las aguas residuales.	34
Tabla 4. Porcentaje de DBO5 a 2 y 3 amperios.....	34
Tabla 5. Porcentaje de DQO a 2 y 3 amperios	35
Tabla 6. Porcentaje de %TURB a 2 y 3 amperios.	36
Tabla 7. Porcentaje de SDT a 2 y 3 amperios.	37
Tabla 8. Porcentaje de CE a 2 y 3 amperios.	39
Tabla 9. Medicion del PH a 2 y 3 amperios.	40
Tabla 10. Promedios y desviaciones estándar.	41
Tabla 11. Resultados de las comparaciones entre los datos iniciales y los valores medidos como promedios para cada uno de los ítems DBO5, DQO turb ha diferentes tiempos y amperajes (amti)	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Reactor de EC detallado a una escala de laboratorio	18
Figura 2. Reactor de EC detallada a nivel de laboratorio.....	19
Figura 3. Reactor de EC detallado con electrodos de 2 polos en paralelo	20
Figura 4. Diagrama de electrocoagulación	22
Figura 5. Diagrama de flujo del diseño experimental a tratar	30
Figura 6. Porcentaje de DBO5 a 2 y 3 amperios	35
Figura 7. Porcentaje de DQO a 2 y 3 amperios	36
Figura 8. Porcentaje de TURB a 2 y 3 amperios.....	37
Figura 9. Porcentaje SDT a 2 y 3 amperios.....	38
Figura 10. Porcentaje CE a 2 y 3 amperios.	39
Figura 11. Medición del PH a 2 y 3 amperios.....	40

RESUMEN

Objetivos. Los objetivos principales de esta investigación es determinar de manera oportuna el procedimiento adecuado de electrocoagulación, teniendo en cuenta diversos factores para su realización entre ellos el tiempo, el amperaje, los electrodos y los porcentajes óptimos de disminución de contaminantes. **Metodología.** Para alcanzar los objetivos propuestos primeramente se caracterizó las aguas residuales del matadero, midiendo sus principales parámetros: DBO₅, DQO, PH, turbidez, C.E. y los S.T. Seguidamente las muestras se sometieron al proceso de electrocoagulación, en una cuba de vidrio cuyas dimensiones eran de 70 mm de largo por 100 mm de ancho, con electrodos de aluminio y hierro. Las variables del proceso fueron: tiempos de 10, 20 y 30 minutos y amperaje de 2 y 3 amperios, después de los cuales se realizó la medición de los parámetros para realizar la comparación con las muestras antes de ser sometidas al proceso electroquímico. **Resultados.** De los datos obtenidos de la caracterización fisicoquímica inicial se obtuvo una DBO₅ de 1991.64 mg/l, un DBQ de 4234.41 mg/l, una C.E de 2828.40 uS/cm, un SDT de 3408.19 mg/l, una turbidez de 285 NTU y por último un pH de 6.7. Después de ser sometidas las muestras al proceso de electrocoagulación se obtuvieron los siguientes valores promedios: DBO₅ = 63.733 mg/l; DQO = 232.89 mg/l; turbidez: 5.6 NTU y SDT: 229.5 mg/l. **Conclusión.** Se determinó que el método de electrocoagulación es muy eficiente para tratar las aguas residuales del camal, siendo las condiciones óptimas cuando se operó con una corriente de 3 amperios y un tiempo de 30 minutos llegando a reducir de manera eficiente un 96.80% en DBO₅ y un 94.50% en DQO.

Palabras claves: Electrocoagulación; aguas residuales, DBO₅ y DQO.

ABSTRACT

Objectives. The main objectives of this research is to determine in a timely manner the appropriate electrocoagulation procedure, taking into account various factors for its realization, including time, amperage, electrodes and the optimal percentages of contaminant reduction. **Methodology.** To achieve the proposed objectives, the slaughterhouse wastewater was first characterized, measuring its main parameters: BOD₅, COD, PH, turbidity, C.E. and the S.T. The samples were then subjected to the electrocoagulation process, in a glass tank whose dimensions were 70 mm long by 100 mm wide, with aluminum and iron electrodes. The process variables were: times of 10, 20 and 30 minutes and amperage of 2 and 3 amps, after which the parameters were measured to make the comparison with the samples before being subjected to the electrochemical process. **Results.** From the data obtained from the initial physicochemical characterization, a BOD₅ of 1991.64 mg/l, COD of 4234.41 mg/l, an EC of 2828.40 uS/cm, a TDS of 3408.19 mg/l, a turbidity of 285 NTU and by last a pH of 6.7. After the samples were subjected to the electrocoagulation process, the following average values were obtained: BOD₅ = 63,733 mg/l; COD = 232.89 mg/l; turbidity: 5.6 NTU and TDS: 229.5 mg/l. **Conclusion.** It was determined that the electrocoagulation method is very efficient to treat the residual waters of the slaughterhouse, being the optimal conditions when it was operated with a current of 3 amps and a time of 30 minutes, reaching an efficient reduction of 96.80% in DBO₅ and a 94.50% in COD.

Keywords: Electrocoagulation; wastewater, BOD and COD.

INTRODUCCIÓN

En todo el mundo, uno de los principales desafíos que enfrenta la humanidad hoy en día es reutilizar el agua residual contaminada que se utiliza para diversas actividades, principalmente en países del tercer mundo. La contaminación es a nivel global ya que los ríos, canales y diversos cuerpos de agua permanecen frecuentemente contaminados, esto se debe a la gran generación de efluentes emitidos por las industrias, no obstante, estos efluentes también son originados a partir de diversas acciones antropogénicas y mecanismos nativos.

Últimamente, algunos mecanismos geoquímicos no conocidos han afectado el agua subterránea de manera perjudicial, debido a que se encontró arsénico en la gran mayoría de países. Los países no tan desarrollados como el Perú también han presentado una elevada necesidad de limpiar estas aguas residuales debido al aumento constante de la población, la urbanización y los cambios climáticos.

La reutilización de estas mismas aguas es ahora una necesidad. No obstante, se debe desarrollar de manera apresurada diversos métodos innovadores o nuevos que presenten una alta eficacia y economía respecto al tratado de agua emitidas por las industrias.

Actualmente se desarrollan diversos métodos muy eficientes y eficaces respecto a la tecnología electroquímica, las cuales brindan un óptimo y adecuado tratamiento respecto al agua, debido a que no se requiere sustancias químicas contaminantes, entre una de ellas que presenta mayor énfasis es la electrocoagulación.

La electrocoagulación posee una comercialización rentable, este mecanismo posee un potencial altamente elevado, debido a que presenta muchas ventajas respecto a las técnicas simples convencionales. Además, los mecanismos de la CE aún no se han entendido claramente y se ha tenido muy poca consideración de los factores que influyen en la eliminación efectiva de especies iónicas, en particular iones metálicos, de las aguas residuales mediante esta técnica.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.Descripción de la realidad problemática

Es fundamental el tratamiento de las aguas residuales, ya que dificulta la calidad de la salud. En tal sentido, Larois, Gonzáles y Morales (2015) aseguran que más del 80% de la población de América Latina se encuentra concentrada en las ciudades y que, además, más del 70% de las aguas residuales son dispuestas a un cuerpo de agua sin ser tratadas. La contaminación de ríos, lagos y océanos debido a las aguas residuales se incrementa día a día. Estas aguas residuales, en su gran parte son originadas de las acciones antropogénicas, tales como son: la industria, la agricultura, la minería, construcción, etc.

Parte de estas aguas residuales proviene de las actividades en las plantas de beneficio del ganado vacuno, porcino y ovino, comúnmente denominados “camales” o “mataderos”. Estos efluentes en su mayoría están compuestos por agua mezclada con residuos de sangre, pelos o lana, excrementos y otros residuos sólidos, los cuales generan malos olores y contaminación que impactan negativamente en la salud de la población aledaña, si antes no son tratados apropiadamente, constituyendo un potencial riesgo para la salud pública. Muchas veces estos efluentes son destinados directamente y sin un tratamiento previo para el riego de cultivos de tallo bajo, para su consumo crudo, lo que origina un grave peligro de infección intestinal ocasionada por parásitos, virus y bacterias; o también son dispuestas directamente a los cuerpos de agua cercanos, como ríos, lagos o mares, constituyendo un inminente peligro para los sistemas acuáticos.

Ante la problemática expuesta es que el presente trabajo de investigación pretende dar un aporte para tratar los efluentes que pueden provenir de un camal o matadero, empleando como alternativa y haciendo uso de la electroquímica una de las tecnologías emergentes en el área de mecanismos para el trato de agua residual, como es la electrocoagulación.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cómo se determinará el tratamiento de las aguas residuales del camal privado frigorífico industrial valle verde inversiones trece S.A.C. mediante procesos electroquímicos?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Se podrá realizar un análisis fisicoquímico inicial de las aguas residuales del camal frigorífico industrial valle verde inversiones trece S.A.C.?
- ¿Como se determinará la DQO y la DBO5 de las aguas residuales del camal frigorífico industrial valle verde inversiones trece S.A.C. luego de su tratamiento?
- ¿Se podrá realizar un análisis fisicoquímico luego del tratamiento de las aguas residuales del camal frigorífico industrial valle verde inversiones trece S.A.C.?

1.3. Objetivos de Investigación

Determinar el tratamiento de las aguas residuales del camal privado frigorífico industrial valle verde inversiones trece S.A.C. mediante procesos electroquímicos.

1.3.1. Objetivo General

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar un análisis fisicoquímico de las aguas residuales iniciales del camal frigorífico industrial valle verde inversiones trece S.A.C.
- Determinar la DQO y la DBO5 de las aguas residuales del camal frigorífico industrial valle verde inversiones trece S.A.C. luego de su tratamiento.
- Realizar un análisis fisicoquímico luego del tratamiento de las aguas residuales del camal frigorífico industrial valle verde inversiones trece S.A.C.

1.4. Justificación

La actual investigación presentada se justifica gracias a que brinda una adecuada solución a la problemática que se presenta de la disposición final de los efluentes líquidos de los camales o mataderos, proponiendo como alternativa una tecnología de gran potencial y que es medioambientalmente sostenible, de fácil operación, eficiente energéticamente y de muy bajo presupuesto, lo que brindaría una mayor competencia frente a otras alternativas, las cuales son el enfoque económico y salud pública.

Académicamente también se justifica ya que nos permite hacer una revisión de los elementos electroquímicos en el procedimiento de tratar los efluentes líquidos originados en los camales, no obstante, también se analizará los elementos analíticos, y las herramientas estadísticas.

1.5. Delimitación

Las muestras para el presente estudio se tomarán del camal privado Frigorífico Industrial Valle Verde Inversiones Trece S.A.C. , el cual se encuentra localizado en la provincia de Huaura, la parte experimental se ejecutará adentro de las instalaciones de la UNJFSC, Huacho - 2020.

Nos ayudara como esquema de estudio y realización dentro del tratar de aguas residuales provenientes de los diferentes camales o mataderos públicos y privados del país mediante el proceso electrocoagulación.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Martínez (2007) define en su investigación desarrollada, las siguientes conclusiones; La celda electroquímica con electrodos de aluminio se ve influenciada por el pH. En esta el proceso de disolución se ve influenciado por la carga eléctrica, más no por la salinidad y la naturaleza de los iones. De los tres tipos de agua ensayados, se ha determinado que el pH y la concentración de Al son los principales factores que intervienen en el proceso. La manera de operación del proceso incide significativamente en la fase de coagulación y electrocoagulación. El proceso de electroquímico genera menor costo de operación que el tratamiento convencional.

Malliquinga (2015) determina en su indagación desarrollada, las siguientes conclusiones; Que el camal genera efluentes líquidos que ocasionan impactos ambientales negativos. Que los parámetros Coliformes fecales y totales sobrepasan sus valores límites permisibles. De igual manera el DBO5 y el DQO. Con los cálculos adoptados permitieron determinar el caudal del efluente generados durante la evolución de las actividades del matadero.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Paitan y Sifuentes (2018) precisan en su investigación desarrollada, y concluyen lo siguiente; La cantidad carga y la duración de exposición afectan en el proceso de electrocoagulación del efluente. Tras el proceso de electrocoagulación se pudo disminuir la contaminación de los efluentes del matadero de equinos hasta los parámetros permisibles. Cuando interactúan variables de densidad de corriente a 33.88A/m² y 30 minutos se concluye que hay una mayor reducción de contaminantes.

Aguirre (2017) define en su investigación desarrollada, las siguientes conclusiones; Que el efluente del desolladero municipal se caracteriza por acontecer un parámetro de DBO5 de 1016 mg/L, sólidos totales equivalentes a 3042 mg/L y sólidos suspendidos literal a 1500mg/L, mayor a 1100x10³Nmp/100ml de coliformes totales y fecales, pH 6.95, T a 25[°]c y conductividad 1715.5 μ s/cm. Con los procesos electroquímicos se logró mostrar buenos

resultados a mayor Amperaje. Con el proceso de electrocoagulación se tiene buenos resultados para tratamiento del agua residual de camal.

Arce H (2019) determina en su investigación desarrollada, concluye lo siguiente; De acuerdo con los resultados obtenidos posterior al tratamiento del efluente, la intensidad de corriente sería 26 l/h y 40 A. Con los datos obtenidos posteriormente del tratamiento del efluente se eliminó un 94% de turbiedad, STD un 21%, CE 22%, DBO5 un 51%, DQO 63% Y aceites y grasas con una remoción de 94%. Con el método de electrocoagulación se logró una gran eliminación de contaminantes como el DBO5, DQO y Aceites y grasas.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Descripción de las PTAR

Bani (2011) precisa que el mecanismo enfocado para el tratar de las aguas residuales es algo respectivamente nuevo, no obstante, algunos mecanismos de drenaje se edificaron antes del año 1900. Muy antes de ese tiempo, se empleaba la “tierra nocturna”, que consistía en colocar cubetas a lo largo de las avenidas, estas cubetas eran recolectadas por los individuos de la ciudad, que tenían que vaciarlos dentro de unos recipientes conocidos como “carros de miel”. Estas mismas cubetas fueron enviadas a áreas rurales en donde se empleaban para la utilización en los terrenos agrícolas.

Bani (2011) define que en el año 1800 hasta 1900 aproximadamente, los inodoros con descarga llevaron a un incremento en la carga de desechos respecto a las tierras de cultivo. Debido a este desafío de transporte, las ciudades comenzaron a usar desagües pluviales y alcantarillas para transportar las aguas residuales a cuerpos de agua en contra de la recomendación de 1842 de Edwin Chadwick, el cual mencionaba "llueve al río y las aguas residuales al suelo".

La descarga de desechos en los cursos de agua provocó una gran contaminación y problemas de salud para los usuarios río abajo. Aproximadamente en el siglo XIX, para ser más precisos en el año 1842, un ingeniero cuyo nombre era Lindley fabrico el primer mecanismo de alcantarillado “moderno”, que servía como traslado de las aguas residuales en la ciudad de Hamburgo, ubicado en el país de Alemania.

Bani (2011) determina que la mejora del sistema Lindley se basa básicamente en la mejora de materiales y la inclusión de pozos y accesorios de alcantarillado; los principios de Lindley siguen siendo válidos hasta hoy en día.

Bani (2011) considera que el mecanismo de las aguas contaminadas se mostró de manera evidente y eficaz luego de que este supero el límite de asimilación respecto a los cuerpos de agua, por ende, los problemas de salud se tornaron fatigosos. Entre inicios del siglo XX, se emplearon diversas opciones, hasta que los mecanismos actuales que se emplean hoy en día se probaron en el año 1920. Sin embargo, su diseño fue empírico hasta mediados de ese mismo siglo.

Bani (2011) menciona que se elaboraron mecanismos centralizados de aguas contaminadas. El presupuesto del mecanismo de aguas contaminadas estaba en función a las entidades que descargan en dicha planta.

2.2.2. Parámetros característicos de las Aguas contaminada.

Esto es en función de su fuente, las aguas presentan o poseen algunos aspectos muy peculiares las cuales serán mencionadas a continuación.

Las aguas obtenidas de las industrias que presenten parámetros característicos similares a las domesticas, se pueden descargar juntas. No obstante, las aguas industriales necesitan un pre- tratamiento adicional siempre y cuando sean juntadas con las aguas de uso doméstico contaminadas ya empleadas y utilizadas.

Las peculiaridades de las aguas contaminadas son diferentes respecto a la industria o lugar en donde se emitan, por ende, la mayoría de ellas tienen que ser sometidas a diversos mecanismos para tratarlas, un ejemplo sencillo y práctico es una empresa que se encarga al procesamiento de cacao, es posible que tenga un recipiente de desnatado en su etapa previa al tratamiento con el fin de ser más fácil el manejo de esta agua, en cambio una planta encargada a la producción y comercialización de bebidas no es necesario que posea ese mecanismo, por ende se omite en el diseño.

En general, los contaminantes de las aguas residuales se clasifican en físicos, químicos y biológicos.

Respecto a diversos mecanismos medibles, con la finalidad de determinar los contaminantes se muestran a continuación:

Físicas:

- ✓ La CE que determina el porcentaje de sal dentro del agua residual.
- ✓ Los TDS que determinan las sales orgánicas presentes dentro del agua residual.
- ✓ Los SS que determinan de manera eficiente las partículas sólidas en suspensión dentro del agua residual.

Químicas:

- ✓ El OD nos muestra el porcentaje de oxígeno existente en el agua residual.
- ✓ La DBO5 que nos muestra la proporción adecuada que necesitan los organismos aeróbicos dentro del agua residual para que cumplan la función de descomponer la materia orgánica.
- ✓ La DQO que nos muestra o determinan el oxígeno semejante de la proporción de materia orgánica del agua residual que es idóneo a la oxidación mediante un oxidante químico más energético.
- ✓ El TOC que nos muestra o determinan la proporción total orgánica dentro del agua residual.
- ✓ Los $\text{NH}_4\text{-N}$ y $\text{NO}_3\text{-N}$ que nos muestran o determinan dentro de las aguas residuales el elemento del nitrógeno dentro de ellas, para ser más precisos del amonio y nitrato.
- ✓ El mecanismo de Kjeldahl, que nos permite determinar el nitrógeno amoniacal, encontrado dentro del agua residual.
- ✓ El Total-P que nos permite determinar la proporción de fosforo dentro del agua residual.

Biológicas:

- ✓ Los CT, que nos permiten determinar de manera eficiente los coliformes totales encontrados dentro del agua residual.
- ✓ Los CF, que nos permiten determinar los coliformes fecales encontrados dentro del agua residual, para ser más exactos de la *Escherichia coli*.

- ✓ La determinación eficiente de los helmintos es un método que determina de manera adecuada huevos de gusanos dentro del agua residual.

2.2.3. Fases de mecanismos de tratamiento en una PTAR

En la actualidad existen tres fases o niveles de tratamiento de agua los cuales son, el primario, secundario y terciario, no obstante, a veces es de vital importancia emplear un mecanismo preliminar, este será antes de someterlo al tratamiento primario.

Mecanismo preliminar: Este se enfoca y encarga en la erradicación de espesores y algunas arenillas que se encuentren en suspensión dentro de las aguas residuales. Los métodos o equipos que se emplean para la eliminación de dichos compuestos son tamiz y cámaras de arenas. Lo cual aumenta la mejoría en el funcionamiento de los equipos. No obstante, los dispositivos encargados principalmente a la medición del caudal, precisamente canales de ondas estacionarias son de vital importancia en la etapa mencionada. (FAO, 2016)

El primer tratamiento o también denominado tratamiento o mecanismo primario posee la finalidad de suprimir de manera óptima los sólidos tanto orgánicos e inorgánicos encontrados dentro del agua residual, a este proceso se le conoce como sedimentación.

En esta fase es posible suprimir hasta más del 40 por ciento de la DBO₅, así mismo también disminuye un 70 por ciento de sólidos suspendidos en el agua residual y el 66 por ciento de grasas. Así mismo también se suprime un poco de N₂ orgánico, P orgánico y metales pesados. No obstante, los microorganismos coloidales no son suprimidos en esta fase. El efluente de la fase de sedimentación inicial normalmente se le conoce como efluente inicial. (FAO, 2016)

El segundo tratamiento consiste principalmente en suprimir de manera eficiente los residuos orgánicos y sólidos suspendidos dentro del agua residual. El compuesto orgánico y coloidal se suprime a través del mecanismo biológico aeróbico. La supresión del compuesto orgánico ocurre cuando se suprimen los microorganismos nitrogenados y algunas sustancias como el fósforo, así mismo también se suprime organismos patógenos existentes dentro del agua residual. El mecanismo puede ejecutarse mecánicamente en filtros, mecanismos de lodos biológicos activados o de igual manera en no mecánicos como el mecanismo anaeróbico y estanques de estabilización. (FAO, 2016)

Finalmente, el último tratamiento que es el mecanismo terciario, en el cual se emplea para suprimir diversos componentes específicos dentro de las mismas aguas, las cuales no pueden ser suprimidas por medio de un tratamiento secundario. El mecanismo avanzado por así decirlo es capaz de eliminar de manera rápida y óptima proporciones de N₂, P, metales pesados y algunos microorganismos existentes dentro del agua residual.

Es posible emplear dos mecanismos avanzados en función a los filtros para efluentes secundarios, el primero es el filtro de arena y el segundo es algún tipo de material de membrana, que es capaz también de eliminar los helmintos dentro del agua residual. El método más reciente es la filtración por disco, que utiliza grandes discos de tela unidos a tambores giratorios para la filtración (FAO, 2016).

En esta fase, la desinfección se desarrollarla empleando cloro, ozono o también irradiando de manera óptima UV, esto es de vital importancia, ya que el agua tratada debe cumplir con los estándares internacionales propuestos de cada País, con el fin de ser reutilización dentro del sector agrícola o urbano (FAO, 2016).

2.2.4. Aguas residuales de mataderos

De acuerdo con Romero (1999) indica que son aquellas aguas que han sido empleadas para un uso industrial, que por algún medio son introducidas y llevadas a las cloacas por un mecanismo de alcantarillado”

Entre las diversas clasificaciones de aguas, se encuentran:

- ✓ Efluentes Domésticos
- ✓ Efluentes Municipales
- ✓ Efluentes Industriales
- ✓ Efluentes Grises
- ✓ Efluentes Negros

Aguas residuales de industrias Cárnicas

Están incluidas dentro de estas industrias los camales y plantas procesadoras de embutidos, fiambres, conservas, etc. Diversas propiedades de este medio abarcan una manera posible el tratamiento de emisión de contaminantes.

Antes de verter el agua residual se debe hacer un tratamiento para evitar contaminación del medio ambiente ya que estos contenidos generan valores muy altos en los parámetros del DBO5.

Las sustancias que se añade al agua residual son orgánicas y tienen un elevado contenido de nitrógeno, pero son elementos naturales que pueden descomponerse por acción de agentes biológicos.

Contaminante de vital importancia en los mataderos (Sangre)

Es una sustancia rica en prótidos y por lo tanto a excepción de las plantas pequeñas, esta resulta económicamente adecuado, razonable rescatarla. Industrias que no hacen un tratamiento a los productos no comestibles son las que no elaboran fertilizantes orgánicos con los desechos de matanza y están ubicadas en el lugar que no se vende la sangre en conjunto a otros productores, lo más probable es que esta sangre sea desechada con el agua residual.

Los procesos de mataderos se localizan en donde se realiza la matanza, los desechos que emanan en el lugar son de color pardo rojizo, los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno son altos porque tienen cantidades considerables de partículas que se encuentran suspendidas, la sangre, con mayor cantidad de nitrógeno se descompone fácilmente, los residuos tienen cantidades variables de estiércol, pelos, y suciedad.

Las pruebas realizadas de varias muestras de vertidos del lugar tomados de un camal mostraron un promedio de DBO5 de 2 000 y un contenido total de nitrógeno de unas 500 ppm con una cantidad de agua de 18 950 l/d.

Los efluentes como resultado del proceso de un sacrificio son complejos y variables, las causas dependen de lo siguiente: como animales sacrificados, fase de proceso, equipamiento y operaciones de limpieza, con altas concentraciones de materia orgánica, que están disueltas y en suspensión, normalmente está establecida por proteínas y productos en degradación. La presencia en altas concentraciones de grasas de efluentes de un camal influye negativamente en su tratamiento.

2.2.5. Coagulación y electrocoagulación

Ahora bien, cuando nos referimos a coagulación nos estamos refiriendo al mecanismo en el cual las partículas cargadas se presentan en un fenómeno denominado coloide, este coloide se aglomera de manera rápida en la superficie de las aguas residuales, seguido de la sedimentación. Aquí se puede emplear cualquier tipo de coagulante, como por ejemplo el alumbre cuya fórmula química se representa de la siguiente manera $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, este compuesto es una sustancia que se ha utilizado de manera amplia en el sector Industrial para tratar de manera eficiente y adecuadas en las aguas residuales. (Siringi, Home, Chacha, & Chacha, 2012)

El mecanismo de coagulación ha sido objeto de un estudio y revisión continua. Para ser más conocedores respecto al temas, se admite que la coagulación es originada o producida inicialmente por la disminución de la carga superficial llegando hasta un nivel en donde las partículas coloidales, preliminarmente niveladas por aversión electrostática, pueden aproximante lo necesario, con la finalidad de que las fuerzas de vanderWaal las conserven unidas y brinden la agregación. La disminución de la carga superficial es como resultado de la reducción del potencial averso, que posee en primera instancia la doble capa eléctrica que brinda la aparición de un electrolítico que posee una carga opuesta. (Siringi, Home, Chacha, & Chacha, 2012)

Mediante el mecanismo de EC, el coagulante es originado en el mismo sitio a través de una oxidación electrolítica, provocado por un metal compuesto de Hierro o aluminio denominado ánodo. Este mecanismo suprime las especies iónicas con cargas o metales, esto se debe a que estas reaccionan con un ion que presenta una carga opuesta dentro del mismo efluente residual. (Siringi, Home, Chacha, & Chacha, 2012)

La tecnología EC ofrece una alternativa al uso de sales metálicas o polímeros y la adición de polielectrolitos para romper emulsiones y suspensiones estables. El mecanismo como se mencionó anteriormente suprime metales, sólidos y algunos microorganismos orgánicos que son contaminantes de las aguas residuales, estos son eliminados gracias al uso de hidróxido de metal polimérico con una carga elevada. (Siringi, Home, Chacha, & Chacha, 2012)

Estos compuestos poseen la función de neutralizar de manera adecuada las cargas electrostáticas que se encuentran dentro de los sólidos suspendidos, así como algunas

sustancias aceitosas, con el fin de aumentar y facilitar la aglomeración de materia en la superficie y por ende la división respecto a la fase acuosa. (Siringi, Home, Chacha, & Chacha, 2012). El tratamiento provoca la precipitación de ciertos metales y sales.

2.2.6. Coagulación Eléctrica

El proceso de electrocoagulación implica una reacción de oxidación y reducción en la que ocurre la desestabilización de los contaminantes (suspendidos, emulsionados o disueltos) debido a la aplicación de corriente eléctrica a la solución electrolítica. El mecanismo de EC está constituido por una celda electrolítica y dos electrodos respectivamente metálicos, en este ejemplo se empleó el aluminio y el Hierro respectivamente, ambos están enlazados a una fuente de corriente eléctrica externa.

Ventajas y desventajas de la Coagulación eléctrica

Tabla 1

Ventajas y desventajas de la coagulación eléctrica

Ventajas	Desventajas
Reduce la contaminación de aguas residuales.	Los electrodos de sacrificio es necesario que se repongan ya que se disuelven con el uso.
Con el tratamiento las aguas vuelven a tener uso.	Es costoso su tratamiento en lugares donde la energía eléctrica sea alta para el sistema de tratamiento.
Su tratamiento permite una permite bajo costo debido a que genera menor cantidad de sólidos disueltos (Mollah y Yousuf, 2004).	Cuando el electrodo de sacrificio es oxidado impide el paso de la corriente eléctrica al sistema y así puede ser ineficiente su tratamiento.
Las partículas son arrastradas a la superficie por las burbujas, para mayor facilidad de remoción (Mollah y Yousuf, 2004).	Los lodos que se forman tienen concentraciones de hierro y aluminio. (Mollah y Yousuf, 2004).

Se necesita equipos con facilidad de manejo y fácil operación.	No es efectivo en la remoción de DBO5 soluble, proveniente de solventes y anticongelantes. (Arango,2005).
--	---

Fuente: (Malleh, M, & M, 2018)

Ahora bien, las placas colocadas dentro de la misma cuba electrolítica son denominadas comúnmente como electrodos de sacrificio, los cuales están compuestos por sustancias parecidas o distintas el nombre común de estas sustancias o placas son el ánodo y cátodo. En el mecanismo de EC, la solución anódica origina o provoca coagulantes en el mismo sitio, es decir en la cuba donde están colocados, así mismo también se genera iones hidroxilo y algo de gas H₂. Por ende, estos coagulantes ocasionan la creación de flóculos dentro de las aguas a tratar por medio de los hidróxidos metálicos, que en este caso puede ser el aluminio o hierro.

El gas H₂ originado gracias al cátodo atrae flóculos en la superficie del agua residual, lo que origina una gran flotabilidad. Ahora bien, algunas otras ventajas y desventajas originado por el mecanismo de EC se indican de manera detallada a continuación.

Otras ventajas de la coagulación eléctrica

- ✓ La EC necesita un sistema básico y simple, lo cual es sencillo de utilizar, posee una adecuada área operativa respecto a su manejo con las dificultades halladas dentro del funcionamiento.
- ✓ Las aguas residuales gestionadas por el mecanismo de CE brindan un agua óptima y adecuada respecto al sabor, color y otros parámetros requeridos por las normas vigentes.
- ✓ Los lodos provocados y originados por el mecanismo de EC poseen las propiedades de sedimentación rápida, así como también la de deshidratación, esto se debe a que estas sustancias presentan primordialmente óxidos e hidróxidos metálicos. En énfasis es un mecanismo de disminuida producción de lodos.
- ✓ Los flóculos originados y generados por el mecanismo de CE son idénticos a la mayoría de los flóculos originados químicamente, no obstante, estos son mayor

dimensión, posee menos agua unida, y tienen una mayor capacidad de resistencia respecto a los ácidos, por ende, son más rápidos de separarse por medio del mecanismo de filtración.

- ✓ El mecanismo de EC ocasiona efluentes que poseen una menor proporción de TDS que se refiere a sólidos disueltos, respecto a los generados por mecanismo químicos. Por ende, si el agua se reutiliza, el mínimo nivel de TDS contribuye de manera óptima a un disminuido costo en función al tratado y recuperación del agua.
- ✓ El mecanismo de EC brinda un adecuado beneficio respecto a la eliminación de las partículas coloidales más reducidas, esto se debe a que el campo eléctrico introducido aumenta el movimiento, generando una coagulación más rápida.
- ✓ El mecanismo de CE tiene por restricción evitar la utilización de productos químicos, por ende, no existe algún tipo de percance con el fin de neutralizar el excedente de sustancias químicas y por lógica no hay probabilidad de contaminación generada o provocada por los diversos compuestos introducidos en elevadas concentraciones, así como se produce la coagulación química nativa en aguas residuales en el sector industrial.
- ✓ El gas originado a partir de la electrolisis suele contener el contaminante adherido en la parte externa del agua residual, donde normalmente se concentra y suprime de manera más directa, efectiva y rápida.
- ✓ Los mecanismos dentro de la cuba de EC son más rápidos de controlar y guiar ya que no presentan partes móviles excesivas, generando un menor costo respecto al mantenimiento.
- ✓ Respecto a la técnica EC es posible emplearse de manera adecuada en sectores rurales en donde no existe la electricidad, esto se puede conectar directamente a un panel solar, debido a que esa corriente del panel es suficiente para procesar el mecanismo.

Otras desventajas de la coagulación eléctrica

- ✓ Los electrodos que se emplean dentro de la cuba electrolítica también denominados electrodos de sacrificio se mezclan de manera directa en las aguas residuales, esto es originado por la oxidación de los mismos electrodos y por ende deben cambiarse constantemente.

- ✓ La utilización de la corriente eléctrica a veces suele ser muy costosa en diversos lugares.
- ✓ Es posible que se genere una película completa de óxido no permeable dentro del cátodo, lo cual genera la disminución de la eficacia y eficiencia dentro de la celda de electrocoagulación.
- ✓ Es necesaria una elevada conductividad respecto a la suspensión dentro de los efluentes residuales.
- ✓ El hidróxido generado que por ende es gelatinoso tiende a solubilizarse en diversos casos.

2.2.7. Cambio respecto a la tecnología del mecanismo de EC

El mecanismo de CE empleado a las aguas residuales para tratarlas, es algo convencional empleado en su mayor parte durante los años 1900 hasta los 2000, la cual tuvo una eficacia óptima y un éxito considerable. Durante los últimos 20 años, la tecnología se ha ido empleando en los continentes de América y Europa, con el fin de tratar aguas que contengan metales en sus componentes. Así mismo también se ha mirado de manera objetiva que en el continente de América del Norte, el mecanismo de EC se ha empleado primordialmente para el tratamiento de aguas provenientes del sector de papel, minería y otras industrias fabricantes de metales (Siringi, Home, Chacha, & Chacha, 2012).

Así mismo, la EC se ha utilizado de manera directa en diversas aguas que poseen residuos de alimentos, aceites y algunas otras partículas contaminantes de productos químicos y mecánicos, otro aspecto que es de vital importancia recalcar, es en la utilización de lixiviados, residuos de tintas o algunas disoluciones que posean en su composición metales pesados. Por lo general, se realizan estudios empíricos sobre la CE para definir los principales parámetros operativos para amplias clases de aguas contaminadas o corrientes de desechos (Siringi, Home, Chacha, & Chacha, 2012).

El mecanismo de EC ha servido para reducir de manera óptima los recursos de fluido eléctrico y así mismo también aumentar de manera adecuada la proporción de producción de aguas tratadas. Este énfasis nos brinda algo relevante de información, aunque no es mucha, sobre las propiedades físicas y químicas primordiales, debido a que nos brinda el modelado adecuado respecto al proceso o el desarrollo del diseño de mecanismos mejorados,

también el adecuado control de los mismos mecanismos teniendo como base primordial las propiedades fisicoquímicas primordiales.

2.2.8. Detalle sobre la tecnología de EC

Respecto a la tecnología en función al proceso de EC, un reactor de EC debe estar compuesto por una cuba electrolítica, y en parte interior por dos electrodos, más conocidos como ánodo y cátodo, estos compuestos pueden ser metales característicos con buenas propiedades conductoras como el aluminio o el Hierro. Cuando estos electrodos son unidos o enlazados a una fuente eléctrica, el ánodo se corroe gracias a la oxidación ocurrida dentro de ese mecanismo, mientras que el cátodo es pasivo.

No obstante, la disposición empleada no es óptima en función al tratar el agua, esto se debe porque como indica la literatura y la experiencia, para una rapidez fiable de la solución del metal, se necesita emplear electrodos con grandes dimensiones. Esto es posible a través de electrodos monopolares, conectados o unidos paralelamente o también en serie. En breve se muestra una Figura detallada de una cuba EC y en su interior dos ánodos y cátodos respectivamente (Siringi, Home, Chacha, & Chacha, 2012).

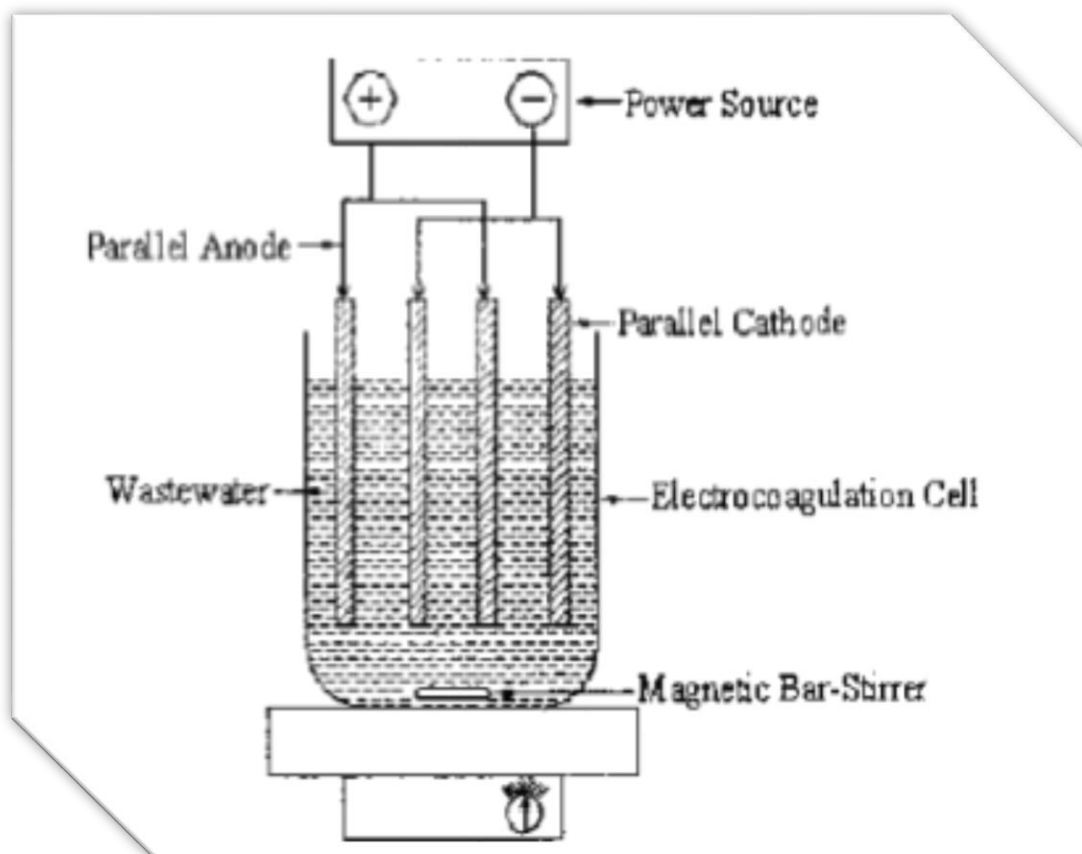


Figura 1. Reactor de EC detallado a una escala de laboratorio

Principalmente, el mecanismo está conformado de dos pares de láminas metálicas conductoras ubicadas dentro de un par de electrodos paralelos y conectadas a una fuente eléctrica, así como se detalla en la figura 1.

La configuración empírica necesita de manera oportuna un cajón de resistencia con el fin de equilibrar la densidad de corriente, y a su vez también necesita un multímetro, cuya finalidad es poder medir los datos obtenidos del fluido eléctrico. Las láminas de metal en donde se transfiere el flujo eléctrico se le denomina electrodos de sacrificio (Siringi, Home, Chacha, & Chacha, 2012).

Ahora bien, el conocido ánodo de sacrificio por así llamarlo tiene la capacidad de disminuir de manera potencial la solución del mismo ánodo y por ende disminuye la pasivación del cátodo. Dichos electrodos como se mencionó con anterioridad pueden estar compuesto por un mismo material o diversos materiales conductores de corriente eléctrica. En breve se

observa la figura 2, en donde se visualiza cada par de electrodos, que están unidos en la parte interna entre sí y que no poseen alguna conexión de manera externa. La coordinación de electrodos de un solo polar con cubas colocadas en serie es eléctricamente parecida a una sola cuba con una cantidad elevada de electrodos y conexiones (Siringi, Home, Chacha, & Chacha, 2012).

Respecto a la disposición de las cubas ubicadas y colocadas en serie, es necesario una elevada diferencia de potencial en diferencia a las de paralelo, con la finalidad de que fluya el fluido eléctrico, esto se debe a que estas celdas poseen una elevada resistencia. No obstante, el mismo fluido eléctrico pasara por todos los electrodos. Otro punto importante para recalcar es que, ubicadas paralelamente, el fluido eléctrico se va a repartir entre la cantidad de electrodos puestos o colocados en la cuba electrolítica (Siringi, Home, Chacha, & Chacha, 2012).

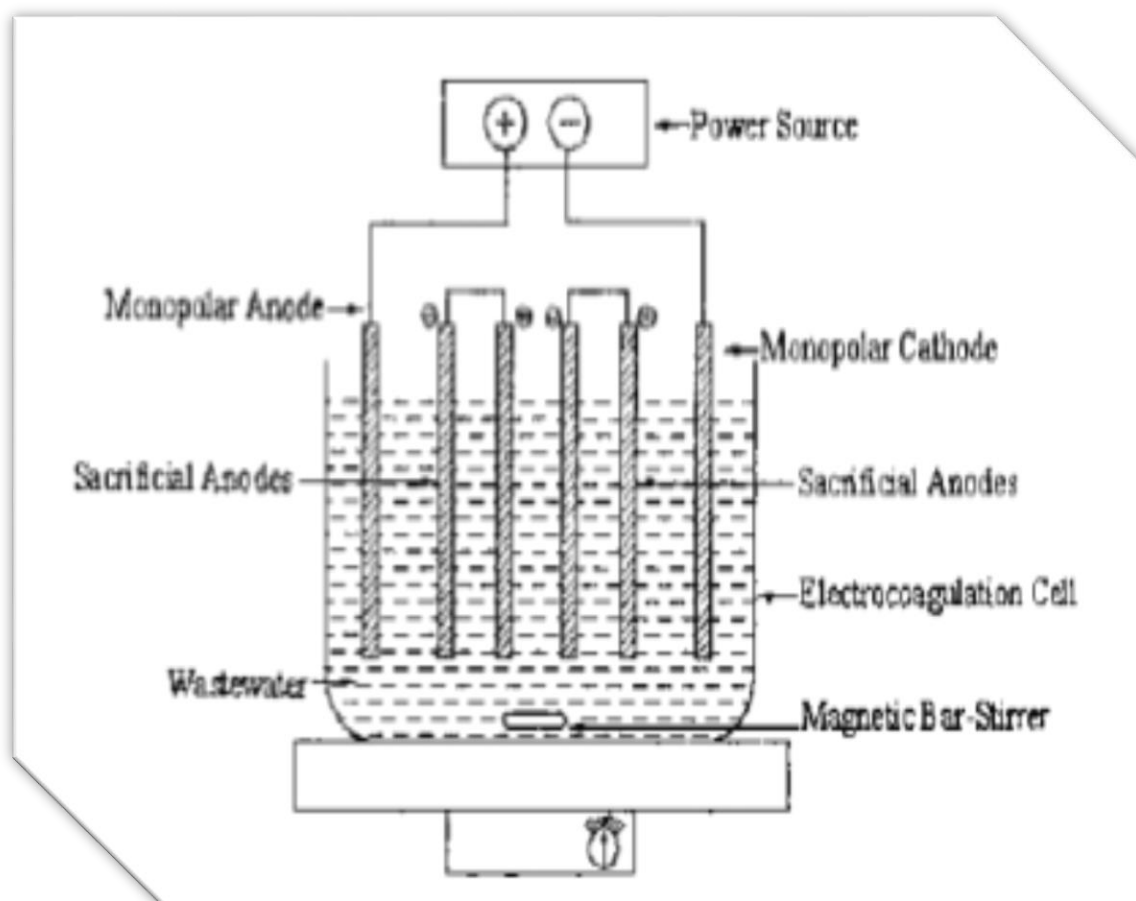


Figura 1. Reactor de EC detallada a nivel de laboratorio.

No obstante, diversos literatos expertos en el tema de EC, ha empleado diversos electrodos bipolares con electrodos en paralelo. En este ejemplo los electrodos que sirven para el sacrificio son ubicados y puesto entre los electrodos paralelos, sin tener alguna conexión de fluido eléctrico, así como se ilustra en la imagen 3. Ahí mismo se observa como únicamente dos electrodos que son de un solo polo son conectados a la fuente de fluido eléctrico sin ninguna conexión entre los de sacrificio (Siringi, Home, Chacha, & Chacha, 2012).

Esta disposición de celda proporciona una configuración simple, lo que facilita el mantenimiento durante el uso. Cuando se emplea un fluido eléctrico y este pasa por los electrodos, los lados que no están cargados se cargan de manera instantánea. Los electrodos que son empleados como de sacrificio en este ejemplo son conocidos como electrodos de dos polos (Siringi, Home, Chacha, & Chacha, 2012).

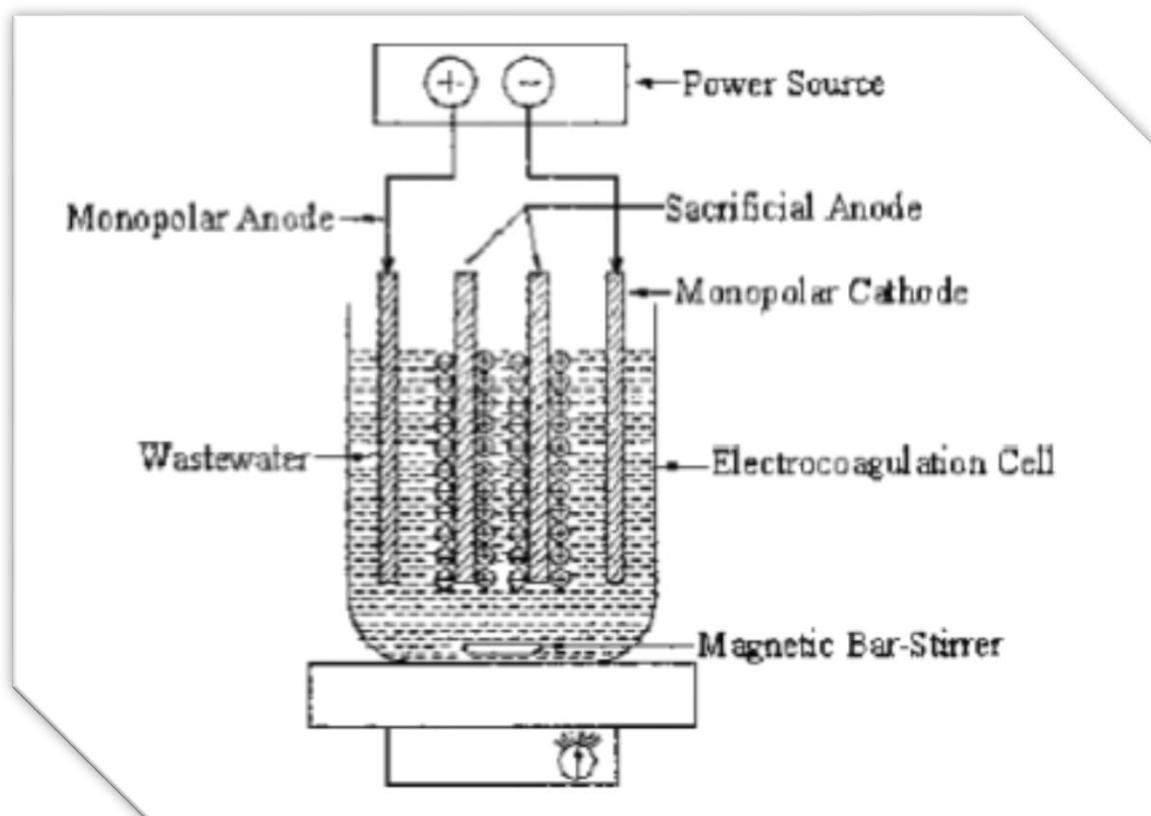


Figura 2. Reactor de EC detallado con electrodos de 2 polos en paralelo

Por ende, a través de la electrolisis, en la parte positiva se generan un sin fin de reacciones anódicas, por el contrario, en la parte negativa, suceden el sin fin de reacciones catódicas. Las láminas de metal consumibles, como por ejemplo el aluminio, se emplean comúnmente como electrodos de sacrificio, con la finalidad de originar de manera constante iones dentro de la cuba electrolítica (Siringi, Home, Chacha, & Chacha, 2012).

Los iones expulsados dentro de los electrodos neutralizan de manera directa las cargas que poseen las partículas y así mismo se genera de manera inmediata la coagulación. Los iones expulsados tienen la propiedad de suprimir o erradicar contaminantes no deseables a través de reacciones químicas, o también funcionándose con los coloides para que posteriormente sean eliminados a través de flotación electrolítica.

Por otro lado, mientras más partículas coloidales posea el agua se está tratando, mayor es la posibilidad de que exista ionización, y se origine radicales libres, que por lo consiguiente pueden perturbar las características fisicoquímicas de los contaminantes dentro de las aguas residuales (Siringi, Home, Chacha, & Chacha, 2012).

Como dato obtenido, el nivel reactivo y excitado provoca de manera rápida que los contaminantes sean expulsados del agua y por ende se eliminen o se conviertan en contaminantes menos solubles. Se ha encontrado que los electrodos inertes, así como por ejemplo el Titanio acompañado con el paso de fluido eléctrico, son capaces de eliminar de manera óptima iones metálicos de la disolución posteriormente iniciado la coagulación (Siringi, Home, Chacha, & Chacha, 2012).

Con el fin de brindar una seguridad respecto a la eliminación más óptima de los iones no queridos, el agua puede ser sometido por diversos mecanismos de celdas que posean electrodos compuestos de diferentes metales. En diversos casos, el agua que se encuentre contaminada puede ser sometida a los confines anulares que se encuentran entre ambos electrodos y por ende se puede someter a diversos campos eléctricos constantes tantos positivos como negativos. Para brindar una adecuada optimización en función a la eliminación, las propiedades del agua como por ejemplo el pH, la potencia presente de oxidación y la conductividad, se deben adecuar respecto a los contaminantes específicos (Siringi, Home, Chacha, & Chacha, 2012).

El parámetro de conductividad es posible adecuarlo para contaminantes especiales. En el mecanismo de la EC, se introduce un campo eléctrico durante un pequeño lapso y la difusión a tratar se traslada a un sistema clarificador en donde la disolución de agua y diversos contaminantes es dividida en una capa flotante, una proporción rica en minerales y por último una capa de agua purificada. La sustancia introducida se precipita respecto a la fuerza gravitacional. El agua clarificada es posible obtenerla a partir de diversos o diferentes mecanismos convencionales (Siringi, Home, Chacha, & Chacha, 2012).

2.2.9. Reacciones dentro de la Coagulación Eléctrica

En la fase de la electrocoagulación intervienen diferentes factores, los que tienen mayor relevancia son: la concentración y naturaleza de los contaminantes, el pH del efluente y la conductividad. Son los que controlan y determinan los mecanismos reaccionados dentro del sistema.

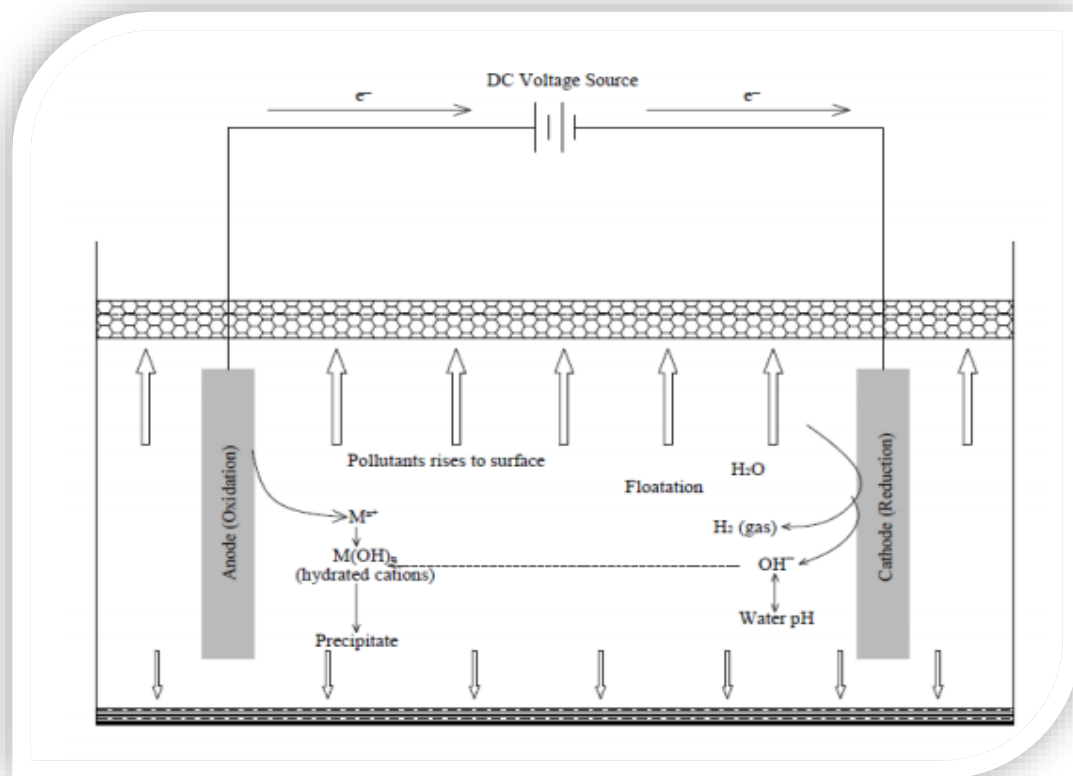
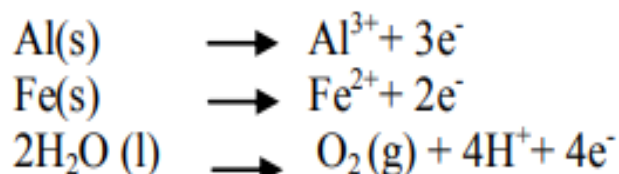


Figura 3. Diagrama de electrocoagulación

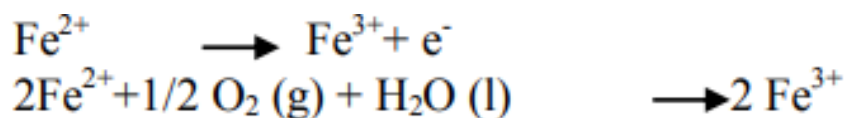
Fuente: (Malleh, M, & M, 2018)

De acuerdo con (Malleh, M, & M, 2018) el mecanismo de reacción aplicando el método electroquímico ilustrado en la imagen anterior empleando electrodos de aluminio y hierro es el siguiente:

Reacción Anódica:



La oxidación del ánodo o el oxígeno atmosférico oxida el ion ferroso a Fe^{3+} +



Reacción Catódica:



2.2.10. Cuantificaciones de vital importancia en el mecanismo de EC.

a) Tiempo de Electrolisis

Ahora bien, el tiempo de hidrolisis representa un impacto significativo respecto a la eficiencia de erradicación de contaminantes mediante el mecanismo de EC, así mismo también indica y determina la proporción de coagulante obtenido y el presupuesto del proceso. Un incremento respecto al tiempo de EC hasta un nivel adecuado tiende a incrementar de manera óptima la erradicación de contaminantes, pero por ende no incrementaría más allá del nivel adecuado y correcto (Malleh, M, & M, 2018).

En énfasis, se indica que la densidad de corriente permanente logra incrementar la generación de coagulante, así mismo también el tiempo de EC, lo que por lógica se expresa en una mayor eficacia de eliminación. Ahora bien, desarrollando de manera adecuada el tiempo óptimo de electrolisis y el incremento de la carga de coagulante no elevan la erradicación de contaminantes respecto a la representación de una cantidad necesaria de flóculos (Malleh, M, & M, 2018).

La cantidad de tiempo presente en la electrolisis presenta un alto impacto no positivo respecto al presupuesto del mecanismo, esto se debe más que todo al incremento excesivo de energía y a que los electrodos estarán sometidos a un tiempo más largo de electrolisis (Malleh, M, & M, 2018).

Distancia entre electrodos

Ahora bien, la separación que poseen los electrodos entre sí; juega un papel de vital importancia respecto a la potencia, esto se debe a que el campo electrolítico está en función a la distancia de ambos electrodos, en pocas palabras a la del ánodo y cátodo dentro de la cuba electrolítica. Una adecuada y optima separación entre electrodo brinda una eficacia de erradicación de contaminantes mayor. La separación mínima entre ambos electrodos brinda una disminuida erradicación de contaminantes dentro de la cuba electrolítica (Malleh, M, & M, 2018).

Cuanto mayor sea la distancia entre electrodos, más lento será el movimiento de los iones generados. Esto es originado por el movimiento lento que poseen los iones respecto a la distancia de los electrodos, mientras más separados se encuentren, se necesitará más tiempo para formar los flóculos respecto a la coagulación, por ende, se reducirá de manera el valor adecuado y por lo tanto genera una disminución de eficiencia dentro de la cuba de EC (Malleh, M, & M, 2018).

Densidad actual

Una de las características de mayor relevancia respecto al sistema operativo de la EC, es la densidad del fluido eléctrico, en pocas palabras el flujo llevado por área de la placa de electrodo. De acuerdo con diversos estudios, se emplea una gran diversidad de densidades de flujo eléctrico que van comprendidas entre 1.5 a 120 miliamperios, esto va a ser en función al tipo de estudio que se desee realizar. Los procesos de separación que involucran celdas de flotación o grandes tanques de sedimentación requieren una alta densidad de corriente, mientras que el proceso EC integrado con filtro de arena y carbón necesita una baja densidad de corriente (Malleh, M, & M, 2018).

A una elevada densidad del flujo eléctrico, existe mínimo desprendimiento de energía al caldear el agua, lo que brinda como respuesta a una menor eficacia del flujo eléctrico. Para

generar un elevado rendimiento de flujo eléctrico mediante el mecanismo de EC, es de vital importancia ajustar la densidad de corrientes en función a las demás características operativas, entre las cuales son la T° , pH y el flujo de caudal. En el mecanismo de EC, la densidad del flujo eléctrico y los tipos de aniones son los que brindan una definición del rendimiento de la corriente eléctrica (Malleh, M, & M, 2018).

PH

Respecto al pH, este parámetro será de vital importancia a la hora de determinar la conductividad óptima de la mezcla, la solución del electrodo y así mismo también la generación de hidróxidos en el mecanismo de EC. Diferentes indagaciones experimentales respecto a la EC, indican que a una elevada eficacia del fluido eléctrico, la utilización de electrodos de Al suceden en medios ácidos o alcalinos, muy diferentes que a emplear un medio neutro (Malleh, M, & M, 2018).

La naturaleza de los contaminantes determina la eficiencia de la CE; sin embargo, se encontró que la eliminación de contaminantes con un pH cercano a 7 fue la mejor. Ahora bien, a un pH neutro, el gasto de fluido eléctrico fue elevado, esto se debe a los diferentes cambios de conductividad. La consecuencia que genera el PH dentro de una celda de electrocoagulación no es tan significativa a una elevada conductividad. Por ejemplo, el rendimiento de la CE con electrodos de Al se reduce de manera significativa a un pH de 10 (Malleh, M, & M, 2018).

El pH óptimo para el tratamiento de aguas residuales por coagulación electroquímica varía de 6,5 a 7,5.

Temperatura

La temperatura influye significativamente en la eficiencia de eliminación de contaminantes mediante el uso del proceso EC. La temperatura puede tener un efecto positivo o negativo en el proceso de coagulación electroquímica, por lo que en un proceso de CE que se realiza a temperatura ambiente es necesario conocer los factores que provocan variaciones de temperatura durante el proceso (Malleh, M, & M, 2018).

El incremento de la T° reduce de manera directa la eficacia de erradicación de contaminantes, esto se debe a la reducción de la generación hidróxido metálico. A una menor

T°, el rendimiento respecto a la erradicación de contaminantes es demasiado baja, esto se debe a la poca velocidad que presente respecto a la solución anódica. La T° influye de manera directa en el mecanismo de CE al cambiar y variar la velocidad de las reacciones y la cinética de las burbujas originadas (Malleh, M, & M, 2018).

Concentración inicial de contaminantes

Ahora bien, respecto a la concentración inicial que presenta el agua de contaminantes, es considerado una de las características más primordiales en función a la erradicación de contaminantes por el mecanismo de electrocoagulación. De acuerdo con los estudios y la bibliografía, un incremento en la concentración de estos mismos contaminantes, teniendo de manera oportuna todas las demás características constante, reduce de manera óptima la eficacia de la erradicación de contaminantes del mecanismo de CE. Esto es gracias a que ese punto es una característica fija, la cual indicada de manera adecuada la proporción de coagulante producido, lo cual no es adecuado para la formación de flóculos con una alta concentración de contaminantes (Malleh, M, & M, 2018).

Por ende, es necesario un periodo de tiempo más extenso para la EC, con la finalidad de disminuir la concentración del contaminante dado al porcentaje deseado. La densidad de contaminantes dentro del agua residual no solo disminuye la eficacia de la CE. Sino que también incrementa el consumo de electricidad al incrementar la resistencia de la mezcla (Malleh, M, & M, 2018).

2.3. Definiciones conceptuales

Aguas residuales

Son restos líquidos originados principalmente en diversas industrias, la más común son provenientes de fábricas dedicadas a la elaboración de un producto.

Aguas domesticas

Son denominadas también aguas municipales, estas aguas son provenientes de diferentes hogares de una comunidad, así mismo también son generadas de edificios o hoteles, estas aguas normalmente son clasificadas en aguas grises y negras.

Aguas grises

Son aquellas aguas residuales que provienen principalmente de los lavamanos, duchas, tinas, lavadoras, lavarropas, jacuzzi, y que aportan en su mayoría sólidos suspendidos y pequeñas cantidades de grasas y coliformes fecales.

Sistema de alcantarilla

Es la colocación de tuberías específicamente para el transporte o traslado de aguas contaminadas.

Influente

Son aguas que aún no son sometidas a un tratamiento e incluso no entran a la planta de tratamiento, ni tampoco han estado sometidas a un mecanismo de operación unitaria.

Efluente

Es el flujo líquido proveniente de una planta de tratar agua o también de un proceso unitario.

Lodo

Es una mezcla lechada no tan sólida proveniente de un mecanismo de tratar aguas residuales.

Sistema en el sitio

Este es un método de eliminación de aguas residuales que se lleva a cabo en el punto de producción de desechos, como dentro de las casas individuales sin transporte.

Los métodos in situ incluyen métodos secos (letrinas de pozo, inodoros de compostaje), métodos de ahorro de agua (letrina con descarga y letrina de agua con pozos de remojo y métodos de alto nivel (inodoro con tanque séptico y pozo de drenaje)), que no se vacían).

Sistema fuera del sitio:

Este mecanismo, permite a las aguas trasladarlas a otro sitio o un lugar de producción.

Los métodos fuera del sitio son las letrinas de cubo, los inodoros con cisterna y la eliminación de bóvedas y cisternas y el sistema de alcantarillado convencional.

Turbiedad:

La turbiedad, como medida de las propiedades de transmisión de la luz de un agua, es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión

2.4. Hipótesis de la investigación**2.4.1. Hipótesis General**

Es viable determinar el tratamiento de las aguas residuales del camal privado frigorífico industrial valle verde inversiones trece S.A.C. mediante procesos electroquímicos.

2.4.2. Hipótesis Especificas

- Es posible realizar una caracterización fisicoquímica de las aguas residuales iniciales del camal frigorífico industrial valle verde inversiones trece S.A.C.
- Es posible determinar la DQO y la DBO5 de las aguas residuales del camal frigorífico industrial valle verde inversiones trece S.A.C. luego de su tratamiento.
- Es factible realizar una caracterización fisicoquímica luego del tratamiento de las aguas residuales del camal frigorífico industrial valle verde inversiones trece S.A.C.

CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño metodológico

3.1.1. Tipo

La investigación es de tipo experimental.

3.1.2. Nivel

El nivel de investigación es descriptivo.

3.1.3. Diseño

Respecto al diseño se obtuvieron las muestras del camal privado Frigorífico Industrial Valle Verde Inversiones Trece **S.A.C.**, lo primero que se realizó fue pesar la muestra total obtenida del camal, posteriormente se pasó a determinar sus parámetros principales entre los cuales son la DBO₅, DQO, PH, turbidez, conductividad eléctrica y los sólidos totales, con la finalidad de registrarlos en nuestra base de datos, en este caso se utilizó el programa Excel para los cálculos, seguidamente se separó en diferentes submuestras, para someterlas al proceso de electrocoagulación, por simultaneo se armó la celda electrolítica, que consistía de una cuba de vidrio cuyas dimensiones eran de 70 mm de alto con 100 mm de ancho, los electrodos empleados eran de aluminio y hierro los cuales se colocó de manera adecuada conectados a la fuente de poder diferenciando el ánodo y cátodo, seguidamente se procedió al proceso de electrocoagulación con los tiempos adecuados y el amperaje variante, se trabajó con 2 y 3 amperios y el tiempo de 10, 20 y 30 minutos respectivamente, finalmente después de realizar el proceso de electrocoagulación se pasó a la medición de dichas muestras, comparando de manera adecuada los parámetros vitales a encontrar como la DQO, DBO₅, la turbidez, la conductividad y el PH, con la finalidad de encontrar cual es el mecanismo óptimo para la electrocoagulación de las aguas del camal privado Frigorífico Industrial Valle Verde Inversiones Trece **S.A.C.**

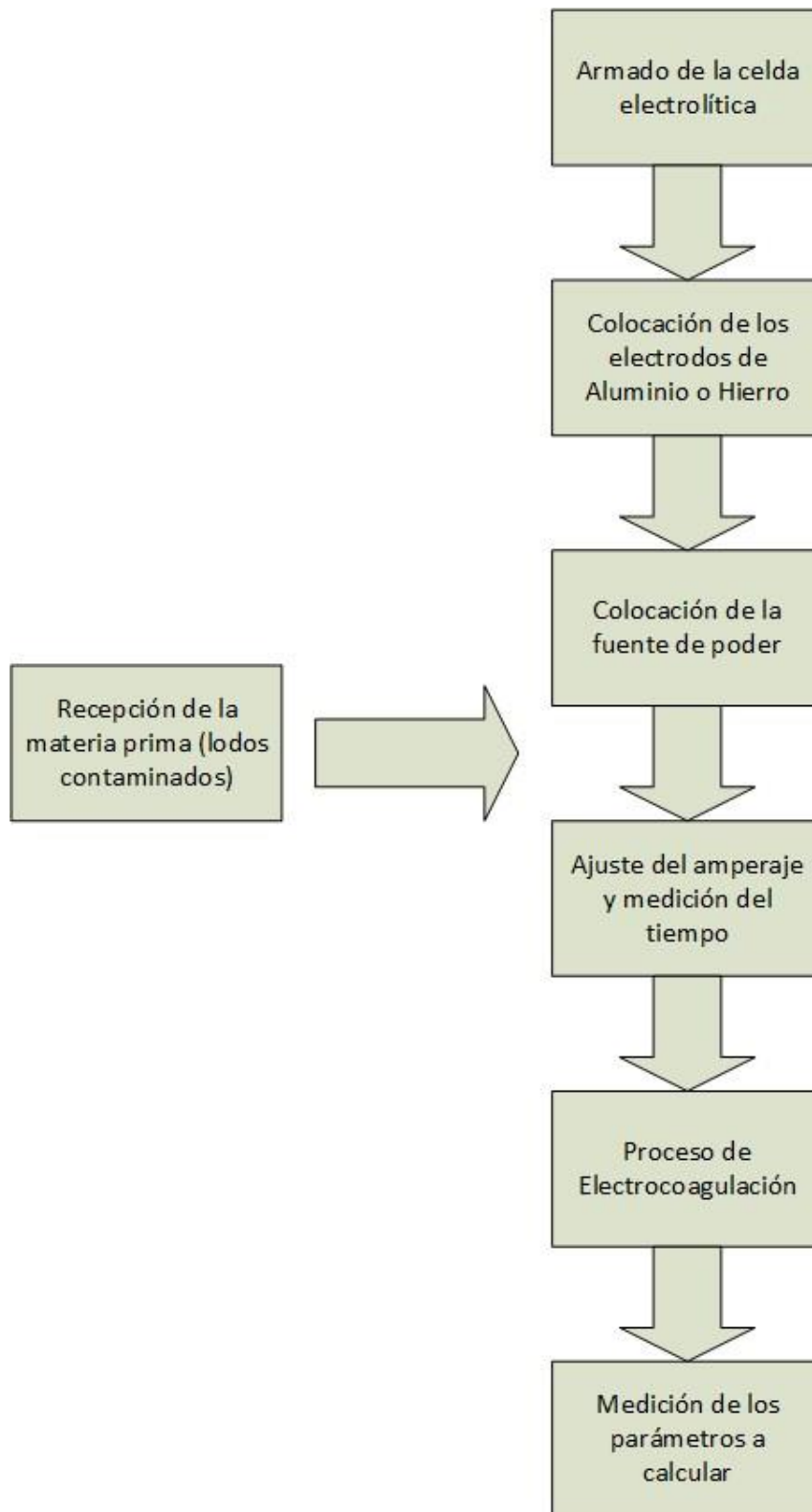


Figura 4. Diagrama de flujo del diseño experimental a tratar

3.1.4. Enfoque

El enfoque de la investigación se clasifica como cuantitativa.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Las aguas residuales provenientes del camal privado Frigorífico Industrial Valle Verde Inversiones Trece **S.A.C.**, ubicado en el Distrito de Huaura, provincia de Huaura, se utilizará como población.

3.2.2. Muestra

Para el estudio actual, el tipo de muestreo es aleatorio, el tipo de muestra es compuesto y de acuerdo con las normas y protocolos establecidos para el manejo de aguas residuales.

3.3. Operacionalización de variables

Tabla 2

Cuadro de Operacionalización de Variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Procesos Electroquímicos	Son mecanismos de reacciones en el cual se emplea corriente eléctrica con la finalidad de ocasionar una reacción química dentro de un espacio cerrado.	Se emplea una celda de electrocoagulación, en la cual se utilizan dos electrodos conectados a una fuente de energía continua.	Electrocoagulación	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tiempo ✓ Voltaje ✓ Amperaje
Aguas residuales	Son residuos líquidos obtenidos después de una manipulación o utilización, en este caso del camal frigorífico industrial valle verde inversiones trece S.A.C, producida a través de sus actividades o acciones generadas por la empresa.	Caracterización fisicoquímica en el laboratorio de Análisis para determinar sus principales propiedades	Grado de contaminación Caracterización fisicoquímica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ DBO5 ✓ DQO ✓ Conductividad eléctrica ✓ Turbidez ✓ pH

Fuente: Elaboración propia

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.4.1 Técnicas a emplear

De acuerdo con los recursos obtenidos una de las técnicas empleadas con la finalidad de recolectar los datos son el análisis directo, otra técnica de vital importancia es la recolección de información documental.

3.4.2. Descripción de los instrumentos

Los instrumentos que se encargaran de adquirir información se encuentran basados en los reglamentos actuales, cuya finalidad es reaprovechar de manera oportuna las aguas obtenidas del camal, para su futura reutilización, entre algunos de ellos se describen en breve:

- Cuaderno de notas.
- Cámara fotográfica.
- Bibliografía anexada respecto al tema.
- PH metro.
- Lista de control de datos.
- Multímetro digital.

3.5. Técnicas para el procesamiento de información

De acuerdo con el procesamiento de datos, se emplearon diversos métodos informáticos, entre los cuales se encuentran los programas más convencionales para el adecuado uso de la investigación, los cuales son:

- ✓ Microsoft Excel.
- ✓ Microsoft Word.
- ✓ Software especializado para medir los datos.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. Análisis Físicoquímico inicial de las aguas residuales del camal frigorífico industrial valle verde inversiones trece S.A.C.

Tabla 3

Caracterización físicoquímica inicial de las aguas residuales

Parámetro	Dato obtenido
DBO ₅ (mg/l)	1991,6
DQO (mg/l)	4234,4
C.E (uS/cm)	2828,4
ST (mg/l)	3408,2
TURB (NTU)	285,33
PH	6,7

Fuente: Elaboración propia

4.2. Determinación de la DBO₅ Y LA DQO.

4.2.1. Determinación del %DBO₅

Tabla 4

Porcentaje de DBO₅ a 2 y 3 amperios

AMP	t, min	%DBO ₅		
2	10	37,5	44,3	36,7
2	20	49,2	47,3	51,5
2	30	86,0	82,7	79,4
3	10	42,4	45,1	43,3
3	20	87,3	89,6	88,5
3	30	96,8	96,6	97,0

Fuente: Elaboración propia

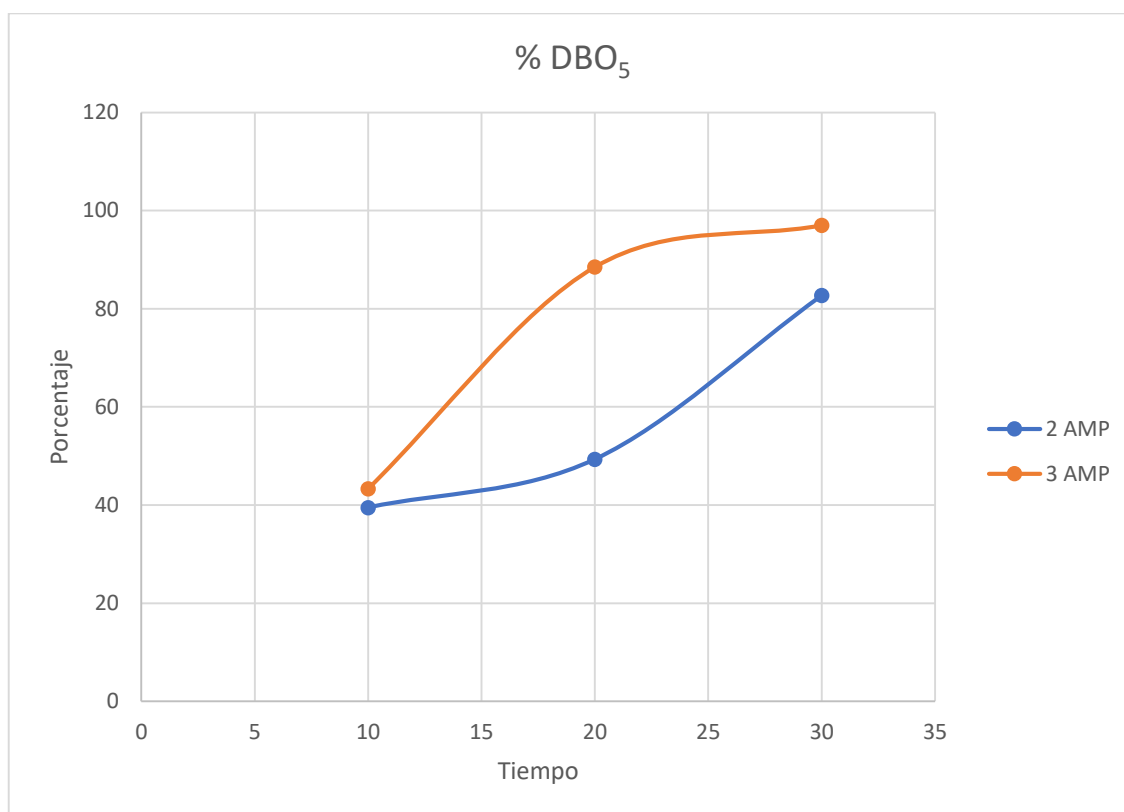


Figura 5. Porcentaje de DBO₅ a 2 y 3 amperios

4.2.2. Determinación del %DQO

Tabla 5

Porcentaje de DQO a 2 y 3 amperios

AMP	t, min	%DQO		
2	10	47,4	47,9	49,6
2	20	78,7	79,8	81,2
2	30	82,8	77,7	80,5
3	10	57,6	54,5	56,1
3	20	86,2	83,3	84,4
3	30	93,9	95,1	94,5

Fuente: Elaboración propia

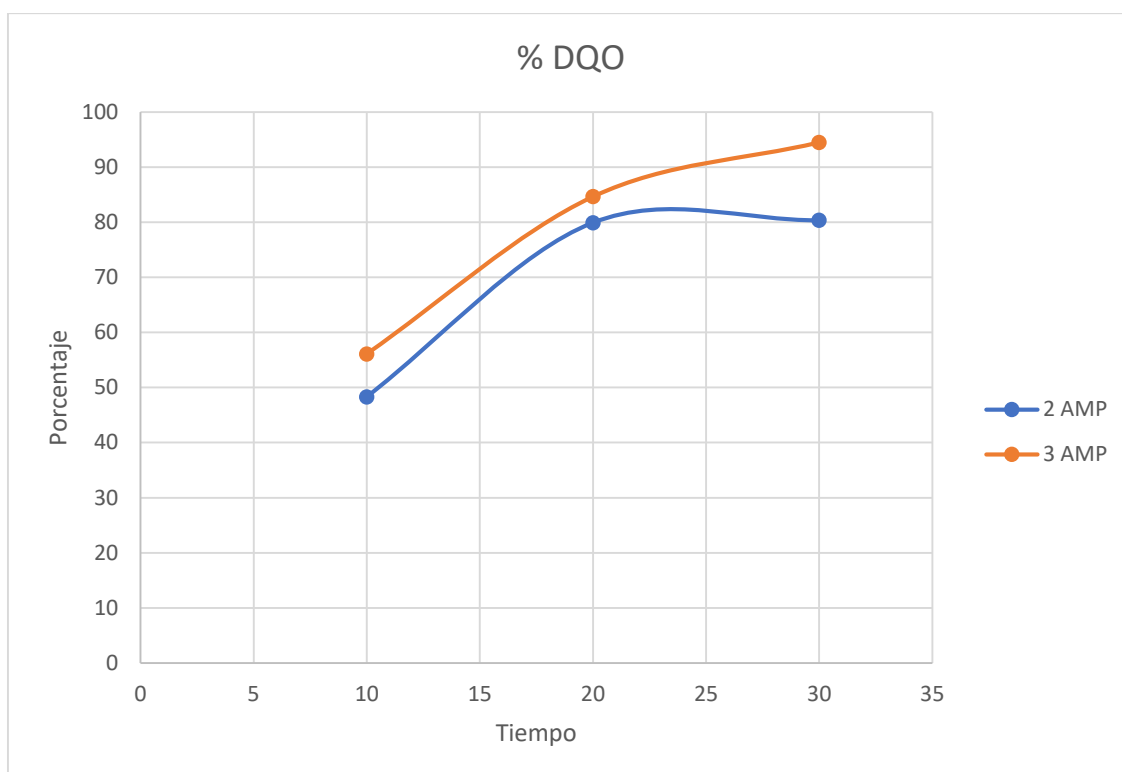


Figura 6. Porcentaje de DQO a 2 y 3 amperios

4.3. Análisis Físicoquímico de las aguas de residuales del camal después del tratamiento de electrocoagulación

4.3.1. Determinación del %TURB

Tabla 6

Porcentaje de %TURB a 2 y 3 amperios

AMP	t, min	%TURB		
2	10	82,4	83,1	84,4
2	20	91,6	92,0	90,8
2	30	93,7	93,8	92,8
3	10	88,2	89,4	90,1
3	20	98,2	97,8	98,0

3	30	98,6	96,8	98,7
---	----	------	------	------

Fuente: Elaboración propia

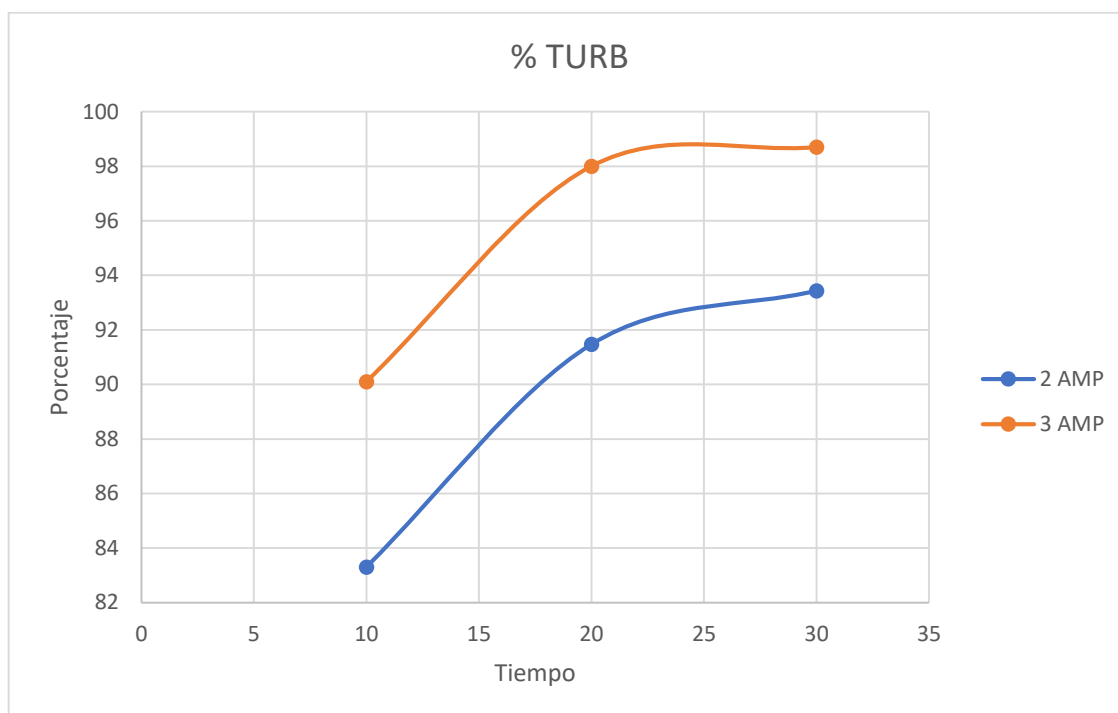


Figura 7. Porcentaje de TURB a 2 y 3 amperios

4.3.2. Determinación del %SDT

Tabla 7

Porcentaje de SDT a 2 y 3 amperios

AMP	t, min	%SDT		
2	10	79,8	78,3	81,6
2	20	82,4	83,6	80,1
2	30	84,8	84,9	82,6
3	10	84,5	86,6	86,0

3	20	87,3	86,6	89,7
3	30	92,9	92,5	94,4

Fuente: Elaboración propia

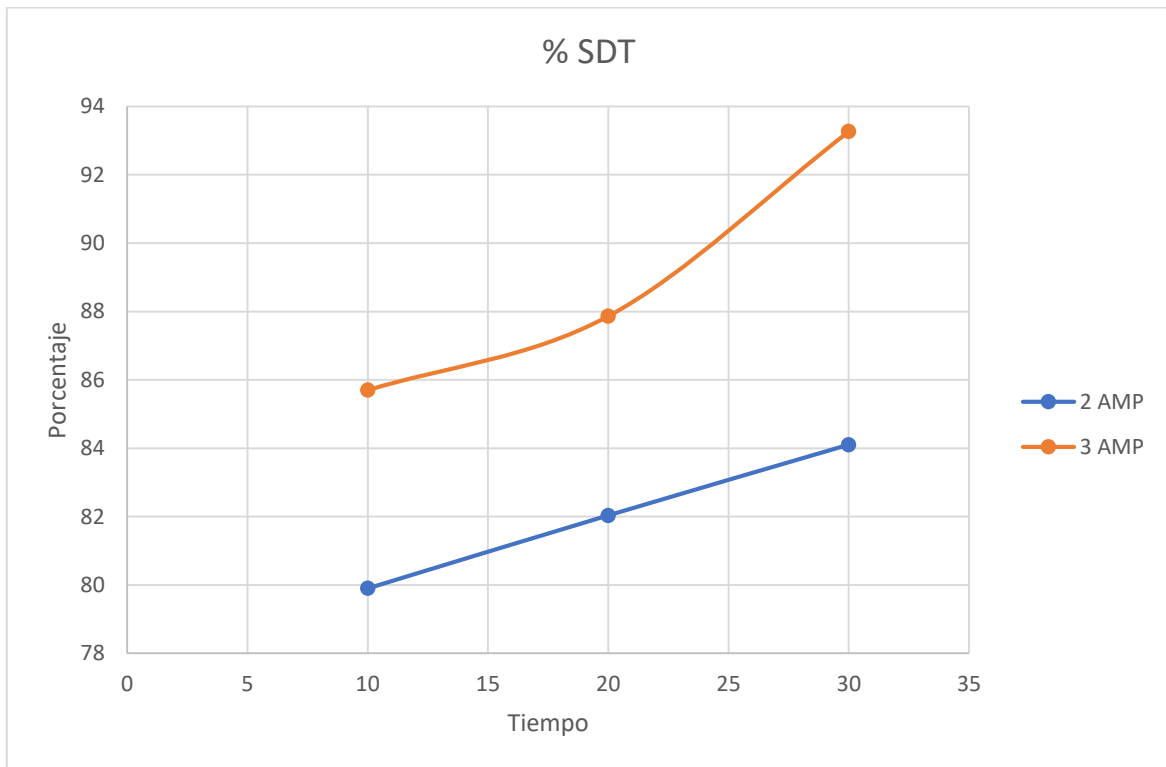


Figura 8. Porcentaje SDT a 2 y 3 amperios

4.3.3. Determinación del %CE

Tabla 8

Porcentaje de CE a 2 y 3 amperios

AMP	t, min	%CE		
2	10	26,17	29,57	31,49
2	20	34,04	35,10	32,77
2	30	49,57	49,04	54,91
3	10	32,26	36,22	35,99
3	20	54,78	57,48	56,96
3	30	69,00	66,62	66,79

Fuente: Elaboración propia

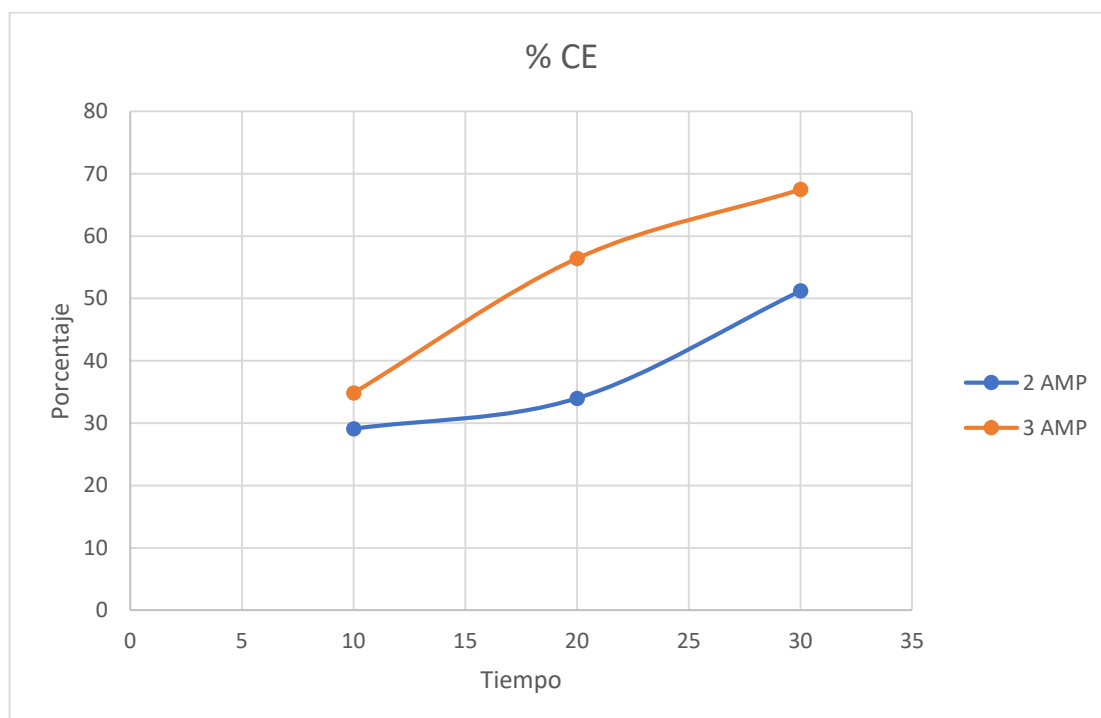


Figura 9. Porcentaje CE a 2 y 3 amperios

4.3.4. Determinación del PH

Tabla 9

Medición del PH a 2 y 3 amperios

AMP	t, min	PH		
2	10	6,9	6,8	6,9
2	20	7,5	7,3	7,0
2	30	7,7	8,0	7,7
3	10	7,8	7,9	8,1
3	20	7,7	8,3	7,9
3	30	7,8	8,5	8,1

Fuente: Elaboración propia

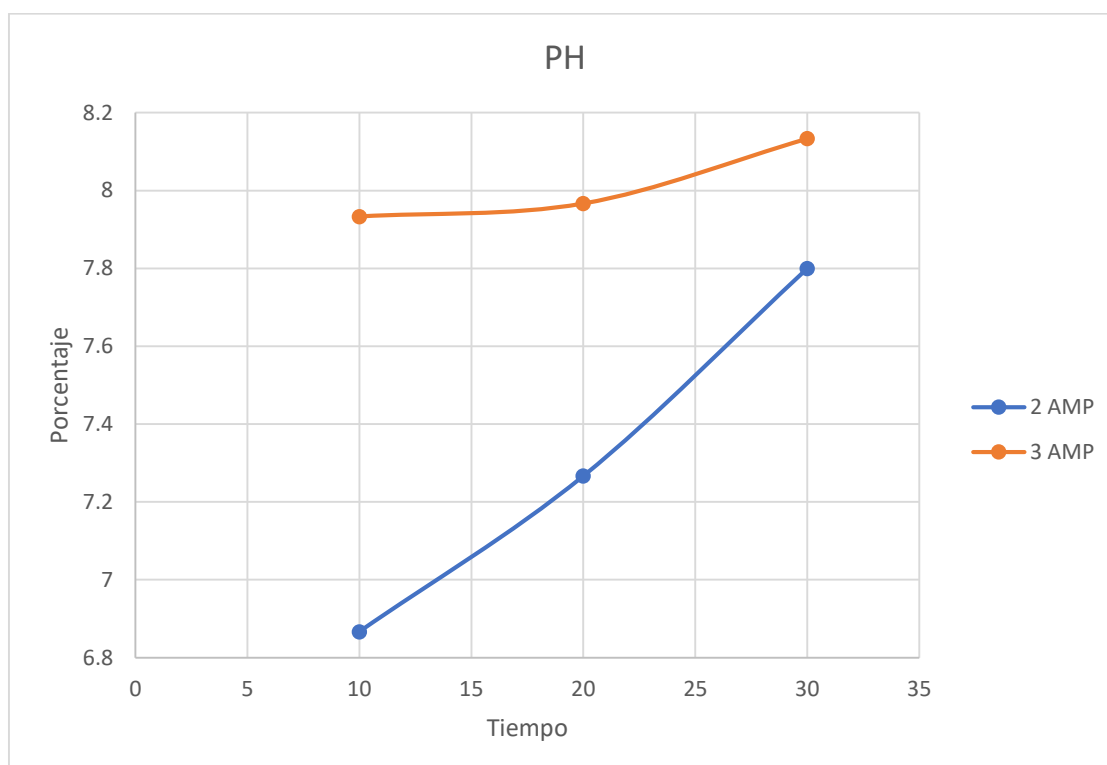


Figura 10. Medición del PH a 2 y 3 amperios

4.4. Contrastación de Hipótesis

La contrastación de la hipótesis se a través de la prueba de ANOVA, Mediante el software estadístico SPSS.

Tabla 10

Promedios y desviaciones estándar

AMP	2			3			D,E,
	t, min	10	20	30	10	20	
	1244,8	1011,8	278,8	1147,2	252,9	63,7	475,856003
DBO5	1109,3	1049,6	344,6	1093,4	207,1	67,7	
	1260,7	965,9	410,3	1129,3	229,0	59,7	
PROM	1204,9	1009,1	344,6	1123,3	229,7	63,7	
D,E,	83,2	41,9	65,7	27,4	22,9	4,0	
	2227,3	901,9	728,3	1795,4	584,3	258,3	648,079689
DQO	2206,1	855,4	944,3	1926,7	707,1	207,5	
	2134,1	796,1	825,7	1858,9	660,6	232,9	
PROM	2189,2	851,1	832,8	1860,3	650,7	232,9	
D,E,	48,8	53,1	108,2	65,6	62,0	25,4	
	50,2	24,0	18,0	33,7	5,1	4,0	14,4263209
TURB	48,2	22,8	17,7	30,2	6,3	9,1	
	44,5	26,3	20,5	28,2	5,7	3,7	
PROM	47,7	24,3	18,7	30,7	5,7	5,6	
D,E,	2,9	1,7	1,6	2,7	0,6	3,1	
	688,5	599,8	518,0	528,3	432,8	242,0	107,1138
SDT	739,6	558,9	514,6	456,7	456,7	255,6	
	627,1	678,2	593,0	477,1	351,0	190,9	
PROM	685,0	612,3	541,9	487,4	413,5	229,5	
D,E,	56,3	60,6	44,3	36,9	55,4	34,1	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11

Resultados de las comparaciones entre los datos iniciales y los valores medidos como promedios para cada uno de los ítems DBO5, DQO turb ha diferentes tiempos y amperajes (amti)

	COMP	Dif	IC 95%	Tcalc	p-valor	Diferencia
DBO5	AmTi 2-10	787	(-413; 1987)	2,82	0,048	significativa
	AmTi2-20	983	(-5648; 7613)	0,41	0,702	no significativa
	AmTi 2-30	1648	(878; 2418)	5,94	0,004	Alt, significativa
	AmTi 3-10	868	(104; 1632)	3,16	0,034	significativa
	AmTi 3-20	1762	(998; 2526)	6,41	0,003	Alt, significativa
	AmTi 3-30	1928	(1165; 2691)	7,02	0,002	Alt, significativa
DQO	COMP	Dif	IC 95%	Tcalc	p-valor	Diferencia
	AmTi 2-10	2045	(1003; 3087)	5,45	0,006	Alt, significativa
	AmTi 2-20	3383	(2341; 4426)	9,01	0,001	Alt, significativa
	AmTi 2-30	3402	(2348; 4455)	8,97	0,001	Alt, significativa
	AmTi 3-10	2374	(1330; 3418)	6,31	0,003	Alt, significativa
	AmTi 3-20	3584	(2540; 4627)	9,53	0,001	Alt, significativa
TURB	AmTi 3-30	4002	(2962; 5041)	10,69	0,000	Alt, significativa
	COMP	Dif	IC 95%	Tcalc	p-valor	Diferencia
	AmTi 2-10	237,63	(214,04; 261,22)	27,97	0,000	Alt, significativa
	AmTi 2-20	261,03	(237,75; 284,31)	31,13	0,000	Alt, significativa
	AmTi 2-30	266,63	(243,36; 289,90)	31,82	0,000	Alt, significativa
	AmTi 3-10	254,63	(229,77; 279,49)	28,43	0,000	Alt, significativa
AmTi 3-20	279,63	(256,49; 302,77)	33,54	0,000	Alt, significativa	
AmTi 3-30	279,73	(256,08; 303,38)	32,84	0,000	Alt, significativa	

Fuente: Elaboración propia

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente:

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig,
AMPERAJE	Hipótesis	652005,869	1	652005,869	0,823	0,416
	Error	3169063,676	4	792265,919 ^a		
AMPERAJE(TIEMPO)	Hipótesis	3169063,676	4	792265,919	332,563	0,000
	Error	28587,620	12	2382,302 ^b		

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente:

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig,
AMPERAJE	Hipótesis	637508,681	1	637508,681	0,322	0,601
	Error	7916853,182	4	1979213,296 ^a		
AMPERAJE(TIEMPO)	Hipótesis	7916853,182	4	1979213,296	462,060	0,000
	Error	51401,433	12	4283,453 ^b		

Fuente: Elaboración propia

Los amperajes no influyen porque no hay diferencia significativa entre 2 y 3 amp por ser el p-valor > alfa = 0,05; pero los tiempos si difieren por ser el p-valor < alfa = 0,05.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El proceso más eficiente y adecuado respecto al tratamiento de aguas contaminadas del camal, referente a la bibliografía fue el de método electroquímico, lo cual fue adecuadamente utilizada brindando resultados óptimos de acuerdo a las aguas.
- Respecto a los datos obtenidos de la realización de la caracterización fisicoquímica inicial se obtuvo una DBO5 de 1991,64 mg/l, un DBQ de 4234,41 mg/l, una C,E de 2828,40 uS/cm, un SDT de 3408,19 mg/l, una turbidez de 285 NTU y por último un pH de 6,7.
- El mejor tratamiento para la determinación del DBO5 se trabajó con una corriente continua de 3 amperios, durante un tiempo de 30 minutos, dándonos como resultado una media de 63,733 mg/l, restantes en la muestra, comprobando así una eliminación de contaminación del 96,80 %; lo cual es aceptable y adecuado al tratamiento.
- El mejor tratamiento para la determinación del DQO se trabajó con una corriente continua de 3 amperios, durante un tiempo de 30 minutos, dándonos como resultado una media de 232,89 mg/l, restantes en la muestra, comprobando así una eliminación de contaminación del 94,50 %, lo cual es óptimo respecto al tratamiento.
- Respecto a la caracterización fisicoquímica de las muestras se tomaron solamente las que cumplían con los parámetros óptimos obtenidos, con un amperaje de 3 y un tiempo de 30 minutos, se pudo eliminar el 98,3 por ciento de turbidez dentro de la muestra, dando como resultado una muestra mucho más limpia y menos contaminada.
- Los parámetros como los residuos totales se redujeron en un 93,27 % de la muestra inicial, la conductividad eléctrica se redujo a un 67,47 % de la inicial, y el pH subió a 8,13, dando a entender que la muestra obtenida después del tratamiento de electrocoagulación se volvió levemente alcalina.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda aplicar diversos métodos con el fin de comparar cuál de los métodos empleados genera una mayor eficiencia respecto al tratamiento de agua del camal.

- Es recomendable analizar el mecanismo empleando otro amperaje y tiempo de remoción, con la finalidad de dar resultados mucho más exactos respecto a los parámetros fisicoquímicos del agua tratada.
- Se recomienda emplear otros métodos para la caracterización de la DBO5 y la DQO con la finalidad de tener una precisión más acertada respecto a los parámetros obtenidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguirre, Y. H. (2017). *Electrocoagulación para la remoción de carga contaminante del efluente del matadero municipal de Tingo María* (tesis de pregrado). Recuperado de https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1379/YHTA_2017,PDF?sequence=1&isAllowed=y
- Bani, R. (2011). *Wastewater Management*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/221911472_Wastewater_Management
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016). *Tratamiento y uso de aguas residuales en la agricultura - Documento de riego y drenaje de la FAO 47*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/t0551e/t0551e06.htm#TopOfPage>
- Huamani, F., y Cruz, I. (2019). *Tratamiento del efluente industrial de una planta de beneficio de reses, mediante el metodo de electrocoagulación de flujo a escala piloto Lima* (tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/4493/TESIS%20IVAN%20CRUZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Larois, J, F., Gonzáles, C, y Morales, Y, (2015). Las Aguas Residuales y sus Consecuencias en el Perú, *Saber y Hacer*, 2 (2), 9-25, Recuperado de <https://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2,2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>
- Mallesh, B., M, Krishna, B., y Manoj, K , (2018). A Review of Electrocoagulation Process for Wastewater Treatment, *Revista internacional de investigación ChemTech*, 11 (11), 1-15, Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/324154235_A_Review_of_Electrocoagulation_Process_for_Wastewater_Treatment

- Malliquinga, E.V.(2015). *Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas residuales del camal Municipal de Pedro Vicente Maldonado Ecuador* (tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio,utc,edu,ec/bitstream/27000/2694/1/T-UTC-00230.pdf>
- Martínez, F.(2007). *Tratamiento De Aguas Residuales Industriales Mediante Electrocoagulación Y Coagulación Convencional* (tesis de maestría). Recuperado de <http://composi,info/arenas-fundicin-a-la-arena,html>
- Paitan, M, y Sifuentes, G, (2018). *Remoción De Contaminantes De Aguas Residuales De Un Matadero De Equinos Por El Método De Electrocoagulación A Nivel De Laboratorio* (tesis de pregrado). Recuperado de <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4376>
- Romero (1999). *Tratamiento de Aguas residuales Colombia*. Recuperado de <http://142,93,18,15:8080/jspui/handle/123456789/68>
- Siringi, D, O., Home, P., Chacha, J, S., y Chacha, J, S, (2012). *Es la electrocoagulación una solución al tratamiento de aguas residuales y suministro de agua limpia para uso diario* Texas

ANEXO



Figura 11. Camal Privado Frigorífico Industrial Valle Verde S.A.C.



Figura 12. Sacando muestras para el análisis Físicoquímico.



Figura 13. Recopilando muestras del camal.



Figura 14. Medición de Parámetros.

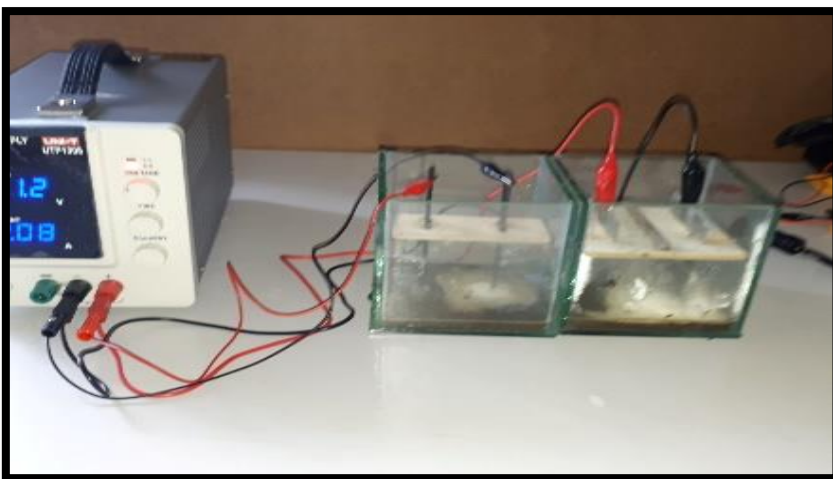


Figura 15. Celda de Electrocoagulación.

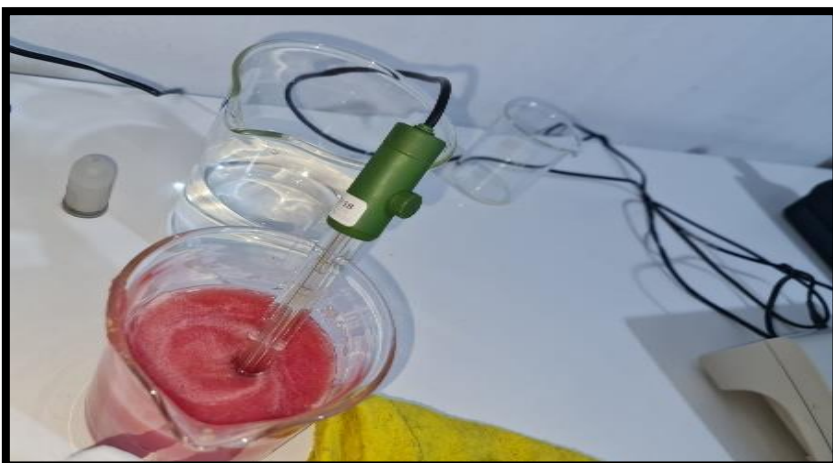


Figura 16. Medición de SDT.

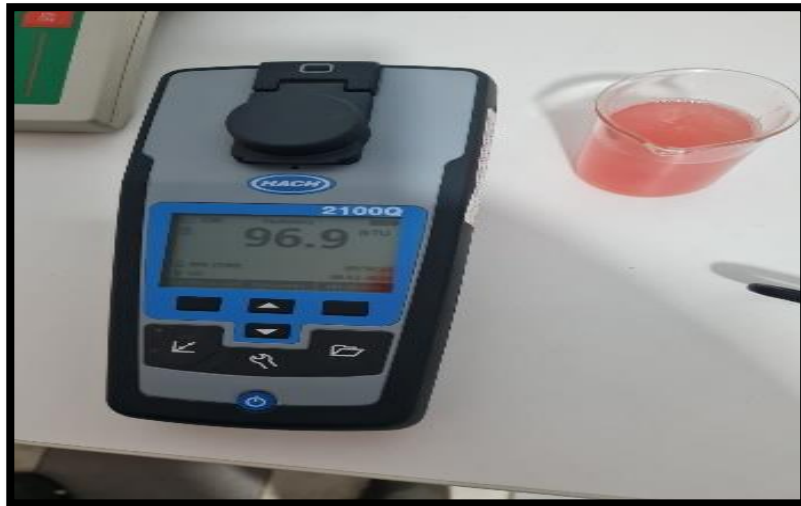


Figura 17. Medición de Turbidez.