

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS
UNIDAD DE SEGUNDA ESPECIALIDAD



**“REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE LAS AGUAS
RESIDUALES GENERADAS POR LAVADO DE AUTOS
EMPLEANDO EL MÉTODO ELECTROCOAGULACIÓN”**

Tesis presentada por:

Rios Zapana, Paulino Flavio

**Para optar el Título de:
Segunda Especialidad en
Ingeniería y Gestión Ambiental**

**Asesor:
Dr. Esquicha Lirico, Elías David**

AREQUIPA PERU

2022

DEDICATORIA

Dedico principalmente a Dios por haberme dado la oportunidad de existir y haberme permitido llegar hasta el momento a lo que soy profesional, y con mucho cariño lo dedico a mi esposa Yeny Benita, a mis hijos Irvin y Lady y a mi hermano Pedro, que no dejo de apoyarme y brindarme consejos para llegar a la meta, por ser las personas pilares para llegar concluir el presente trabajo por su apoyo incondicional. Y amigos quienes me ayudaron incondicionalmente durante el periodo que demore en realizar la presente investigación.

AGRADECIMIENTO

A mis hijos Irvin y Lady por ser los guías de mi vida quienes en todo momento nunca dejaron de apoyarme motivarme quedo infinitamente agradecido, así como también a Dios nunca dejare de agradecer.

También quiero agradecer a mi asesor al. DR. ESQUICHA LARICO ELIAS DAVID, quien me guio y oriento más que un asesor como un amigo, y a la Sta. Cristina, por ese apoyo incondicional a quienes el señor colme de bendiciones.

A la Universidad Nacional de San Agustín Arequipa UNSA. a la facultad de Ingeniería de Procesos en especial a la unidad de segunda especialidad en Ingeniería y Gestión Ambiental a los docentes quienes complementaron con sus conocimientos mi formación profesional, gracias por todo el apoyo brindado.

A la Universidad Nacional de Moquegua UNAM. escuela profesional de Ingeniería Ambiental EPIAM. por permitirme realizar los experimentos en el laboratorio de procesos industriales

Mi reconocimiento a la licenciada Judiht Meléndez por su apoyo incondicional en realizar los análisis de las pruebas experimentales, también mi reconocimiento a mi amigo Francisco Moncada, por su apoyo en las pruebas experimentales, mi agradecimiento al Dr. Euler Tito Chura por su apoyo en la evaluación de resultados.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se realiza con el objetivo, de hacer la remoción de contaminantes, del agua residual de la industria de lavado de autos, mediante el método de electrocoagulación, utilizando como material de los electrodos, el aluminio tanto para el ánodo y cátodo, y los efectos de las variables operativas considerados como densidad de corriente entre (3 - 5 y 7) voltios, y la variable tiempo se consideró entre rangos (5 - 17.5 y 30) minutos, y la distancia entre electrodos entre (1.0 – 1.3 y 1.6) cm, se evaluaron los componentes como aceites y grasas (A y G), solidos suspendidos (SST), los fosfatos, y demanda química de oxígeno (DQO).

Con el control de otros parámetros de operación como densidad, solidos totales disueltos, turbidez y conductividad, y después de las pruebas experimentales realizadas, se logra determinar las condiciones óptimas, con las cuales se logran mayor remoción, vienen a ser, la distancia entre electrodos 1.3 cm. El tiempo de proceso de electrocoagulación de 17.5 minutos, y la intensidad de corriente de 5 voltios, que permite remociones de aceites y grasas (Ay G), fosfatos, reducción de la demanda química (DQO) y solidos suspendidos totales (SST).

Se consiguen los siguientes porcentajes de reducción de contaminantes según programa Statigrhis (91%, 95.65%, 99.63% y 94.23%), para los componentes prioritarios, como también la reducción de los parámetros físicos de operación como (STD), turbidez y conductividad, por lo que se puede concluir, que la remoción de contaminantes de los efluentes del lavado de autos, es posible mediante el método de electrocoagulación verificados en la presente investigación.

PALABRAS CLAVES: Electrocoagulación, aguas residuales, remoción de la contaminación.

ABSTRACT

This research project is carried out with the objective of removing contaminants from the waste water of the car wash industry by means of the electrocoagulation method, using aluminum as the material of the electrodes for both the anode and cathode and the effects of the operating variables considered as current density between (3 - 5 and 7) volts and the time variable was considered between ranges (5 - 17.5 and 30) minutes and the distance between electrodes between (1.0 - 1.3 and 1.6) cm the components were evaluated such as oils and fats (A and G), suspended solids (SST), phosphates and chemical oxygen demand (COD) and with the control of other operating parameters such as density, total dissolved solids, turbidity and conductivity and after tests Experiments carried out, it is possible to determine the optimal conditions that achieve greater removal come to be, the distance between electrodes 1.3 cm. The electrocoagulation process time of 17.5 minutes and the current intensity of 5 volts, which allows removal of oils and fats (Ay G), phosphates, reduction of chemical demand (COD) and total suspended solids (SST), and is achieve the following percentages of reduction of pollutants according to the Statgrahisc program (91%, 95.65%, 99.63% and 94.23%) for the priority components, as well as the reduction of the physical operating parameters such as (STD), turbidity and conductivity, therefore that it can be concluded that the removal of pollutants from car wash effluents is possible through the electrocoagulation method verified in the present investigation.

KEY WORDS: Electrocoagulation, wastewater, contamination removal.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT	iv
INTRODUCCION	xiv

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN GENERAL

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	17
1.2.1. Problema general	18
1.2.2. Problema específico	18
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.3.1. Objetivo general.....	19
1.3.2. Objetivos específicos.....	19
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.4.1. Justificación ambiental.....	22
1.4.2. Justificación económica.....	22
1.5. ALCANCES E LIMITACIONES	23
1.6. VARIABLES	23
1.6.1. Variables dependientes	23
1.6.2. Variables independientes	23
1.6.3. Operación de variables.....	23
1.7. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	25
1.8. HIPÓTESIS	26
1.8.1. Hipótesis general	26
1.8.2. Hipótesis específica	26

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ESTADO DEL ARTE	27
2.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	30
2.2.1. Antecedentes internacionales	30
2.2.2. Antecedentes nacionales.....	37

CAPÍTULO III

DIAGNOSTICO ANÁLISIS SITUACIONAL BASES TEÓRICAS

3.1. DIAGNOSTICO SITUACIONAL	40
3.1.1. Mapa de ubicación.....	41
3.2. INDUSTRIAS DE LAVADO DE AUTOS	42
3.2.1. Operaciones que se llevan a cabo en carwabs.....	42
3.2.2. Aguas residuales	44
3.3. NORMATIVIDAD SOBRE MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE AGUAS RESIDUALES.....	44
3.3.1. Decreto Supremo N.º 001-2015-Vivienda	44
3.3.2. Ley Nro. 29338, ley de recursos hídricos.....	46
3.3.3. D.S. N° 001-2010-AG. Reglamento de la ley de Recursos Hídricos	46
3.3.4. Norma Peruana OS.090	46
3.3.5. (VMA) para descarga al sistema de acantarillado físico químicos	47
3.3.6. (VMA) para descarga al sistema de alcantarillado inorgánicos	48
3.3.7. Penalidades por exceso de contaminantes emitidos en aguas residuales industriales al alcantarillado	48
3.4. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	51
3.4.1. Métodos de tratamiento de aguas residuales del CARWSH	51
3.5. MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN.....	53
3.5.1. Celda de electrocoagulación	54
3.5.3. Electrodo para electrocoagulación	57
3.5.4. Conductividad de la solución	57
3.5.5. Parámetros de control	57
3.5.6. Intensidad de corriente	57
3.5.7. Tiempo de electrocoagulación.....	58
3.5.8. pH.....	58
3.6. EVALUACIÓN DEL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN.....	58
3.7. FENÓMENOS DE ELECTROCOAGULACIÓN	61
3.7.1. Naturaleza química de reacciones	61
3.7.2. Factores que afectan la electrocoagulación.....	62
3.7.3. Distancia entre electrodos	62

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1. DESCRIPCIÓN DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	64
4.2. TOMA DE MUESTRA	65
4.2.1. Tipo de muestreo.....	65
4.2.2. Cálculo del volumen de agua utilizada lavado de autos	66
4.2.3. Caracterización de la muestra por componentes principales	66
4.3. DISEÑO DE EQUIPO DE CELDA DE ELECTROCOAGULACIÓN	68
4.3.1. Volumen efectivo de llenado	70
4.4. FUENTE DE PODER CARACTERÍSTICAS	72
4.5. ELECTRODOS.....	72
4.5.1. Materiales de los electrodos.....	74
4.6. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	74
4.6.1. Diseño experimental	75
4.7. DISEÑO FACTORIAL	75
4.8. UNIDAD DE ANÁLISIS DESPUÉS DE PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN.....	76
4.8.1. Procedimiento de tratamiento de la muestra de agua residual producto	76
4.8.2. Caracterización de la muestra	77
4.8.3. Caracterización del agua producto.....	78
4.8.4. Comprobación de la hipótesis	78
4.8.5. Influencia de la distancia entre electrodos	79
4.9. EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES	79
4.9.1. Determinación del aceites y grasas (A y G) por método de extracción con hexano	79
4.9.2. Determinación fosfatos	80
4.9.3. Determinación de solidos totales suspendido (SST)	81
4.9.4. Determinación de la materia orgánica (DQO).....	83
4.9.5. Determinación de parámetros físicos.....	83

CAPÍTULO V

IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DEL MÉTODO PROPUESTO

5.1. MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN.....	85
5.2. VARIABLES DE ESTUDIO	86
5.2.1. Diseño de tratamientos.....	88
5.2.2. Selección de electrodos.....	88
5.2.3. Implementación de la celda de electrocoagulación.....	89
5.3. PRETRATAMIENTO DE LA MUESTRA DE AGUA	91
5.4. PRUEBA PRELIMINAR DE EXPERIMENTACIÓN	91
5.4.1. Proceso de electrocoagulación	92
5.4.2. Prueba experimental Nro. 01.....	92
5.4.3. Prueba experimental Nro.02.....	93
5.4.4. Prueba experimental Nro. 03.....	93
5.4.5. Prueba experimental Nro. 04.....	94
5.4.6. Prueba experimental Nro.05.....	95
5.4.7. Prueba experimental Nro. 06.....	96
5.4.8. Prueba experimental Nro.07	96
5.4.9. Prueba experimental Nro.08.....	97
5.4.10. Prueba experimental Nro.09.....	98
5.4.11. Prueba experimental Nro. 10.....	99
5.4.12. Prueba experimental Nro. 11.....	100
5.5. RESULTADOS POR TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL	100
5.6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	101
5.7. CUADRO DE RESULTADOS ANTES Y DESPUÉS DEL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN.....	101

CAPÍTULO VI

EVALUACIÓN DE RESULTADOS

6.1. EVALUACIÓN DE RESULTADOS DEL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN.....	102
6.2. EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN ANTES Y DESPUÉS	104
6.2.1. Intensidad de corriente	105
6.2.2. Tiempo de operación	105

6.3. EVALUACIÓN DE LOS FACTORES INTERVINIENTES EL EN PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN.....	105
6.3.1. pH.....	105
6.3.2. Temperatura	105
6.3.3. Distancia entre electrodos	106
6.4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS CONSIDERANDO LOS PARÁMETROS ESTUDIADOS SEGÚN OBJETIVOS	106
6.4.1. Relación de la distancia entre electrodos y los parámetros fosfato, (A y G), (SST) y (DQO).	106
6.4.2. Relación de la intensidad de corriente – fosfatos, (A y G), (SST) y (DQO).....	107
6.4.3. Relación entre tiempo y los parámetros fosfatos, (A y G), (SST) y (DQO).....	108
6.5. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS	109
6.6. EVALUACIÓN DE REMOCIÓN DE FOSFATOS	109
6.7. EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA (DQO) ...	110
6.8. EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE ACEITES Y GRASAS (A y G)....	111
6.9. EVALUACIÓN DEL COMPONENTE SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)	112
6.10. EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN DE LOS COMPONENTES DE FORMA CONJUNTA.....	113
6.11. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS	114
6.12. RESULTADOS DE COMPARACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS DEL PROCESO.....	114
CONCLUSIONES.....	116
RECOMENDACIONES	117
BIBLIOGRAFIA	118
ANEXOS.....	123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operación de variables	23
Tabla 2.	Matriz de consistencia del proceso de remoción de contaminantes	25
Tabla 3.	Tratamientos de aguas residuales aceitosa	28
Tabla 4.	Tecnologías para procesamiento de aguas residuales oleosas	29
Tabla 5.	Parámetros de (VMA)	47
Tabla 6.	Parámetros para elementos en descarga en alcantarillado	48
Tabla 7.	Parámetros a evaluar del agua residual	66
Tabla 9.	Caracterización de muestra cruda de agua residual Antes de proceso.....	68
Tabla 10.	Dimensiones de la celda electroquímica para electrocoagulación...	68
Tabla 11.	Dimensiones de volumen ocupado por solución en la celda electroquímica	70
Tabla 12.	Distribución de volúmenes en base a fases dentro de la celda	72
Tabla 13.	Dimensiones de los electrodos	72
Tabla 14.	ANOVA para aceites y grasas (A y G).....	80
Tabla 15.	ANOVA para resultados de fosfatos	81
Tabla 16.	ANOVA de resultados de (SST)	82
Tabla 17.	ANOVA para resultados de (DQO) en agua residual	83
Tabla 18.	Resultados de las mediciones de parámetros físicos de muestra de agua	84
Tabla 19.	Variable dependiente	86
Tabla 20.	Variables independientes.....	86
Tabla 21.	De diseño de tratamientos	88
Tabla 22.	Condiciones de operación de la celda.....	89
Tabla 23.	Ensayo del primer experimento	92
Tabla 24.	Segundo experimento	93
Tabla 25.	Tercer experimento	93
Tabla 26.	Cuarto experimento.....	94
Tabla 27.	Quinto experimento	95
Tabla 28.	Sexto experimento	96
Tabla 29.	Séptimo experimento	96
Tabla 30.	Octavo experimento	97
Tabla 31.	Noveno experimento	98

Tabla 32. Decimo experimento	99
Tabla 33. Onceavo experimento	100
Tabla 34. Comparación de resultados antes y después de proceso.....	101
Tabla 35. Características muestra cruda	104
Tabla 36. De muestra con tratamiento por los11 ensayos	104
Tabla 37. Parámetros físicos del proceso.....	114
Tabla 38. Resultados de remoción y porcentaje de remoción de (A y G).....	129
Tabla 39. Resultados de la remoción de fosfatos.....	129
Tabla 40. Resultados de remoción de demanda química de oxígeno (DQO)	130
Tabla 41. Resultados de remoción de (SST).....	130
Tabla 42. Resultados la medicion de la turbidez del efluente tratado	131
Tabla 43. Resumen del análisis del efluente tratado por electrocoagulación	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Diagrama del proceso de investigación	18
Figura 2.	Mapa de ubicación del punto de muestreo	41
Figura 3.	Representación del proceso de electrocoagulación.....	54
Figura 4.	Celda electroquímica con distribución en serie y paralelo de electrodos.....	55
Figura 5.	Electro coagulador con placa de ánodo y cátodo	55
Figura 6.	Celda electroquímica con agitación mecánica	56
Figura 7.	Representación de celda electroquímica con lecho fluid izado	56
Figura 8.	Diagrama de flujos del proceso.....	65
Figura 9.	Equipo celda electroquímica de electrocoagulación	71
Figura 10.	Diagrama del proceso experimental.....	75
Figura 11.	Equipos de laboratorio EPIAM	76
Figura 12.	Proceso de determinación de (A y G)	80
Figura 13.	Proceso de filtrado al vacío para determinar SST	82
Figura 14.	Placas Petri para secado de filtro (SST).....	82
Figura 15.	Proceso electrocoagulación.....	86
Figura 16.	Proceso de electrocoagulación	89
Figura 17.	Equipo multi parámetro y medidor de pH	91
Figura 18.	Primer experimento.....	92
Figura 19.	Segundo experimento	93
Figura 20.	Tercer experimento.....	94
Figura 21.	Cuarto experimento	95
Figura 22.	Quinto experimento.....	96
Figura 29.	Sexto experimento	96
Figura 30.	Septimo experimento.....	97
Figura 31.	Octavo experimento.....	98
Figura 32.	Noveno experimento.....	98
Figura 33.	Decimo experimento.....	99
Figura 34.	Onceavo experimento.....	100
Figura 35.	Resultados de producto de proceso de electrocoagulación.....	101
Figura 36.	Remoción de fosfatos y % de remoción.....	110
Figura 37.	Remoción de (DQO).....	110

Figura 38. Remoción de (A y G)	111
Figura 39. Remoción de (SST)	112
Figura 40. Remoción de contaminantes (DQO), Fosfatos, (A y G) y (SST) ..	113
Figura 41. Valores parámetros físicos de efluente	115
Figura 42. Relación de tiempo (CE) y la reducción de fosfatos.....	124
Figura 43. Relación de la intensidad de corriente y la reducción de fosfatos	124
Figura 44. Distancia entre electrodos y la remoción de fosfatos.....	125
Figura 45. Relación entre tiempo y la reducción (DQO).....	125
Figura 46. Intensidad de corriente y la reducción de demanda química de oxígeno	126
Figura 47. Relación del tiempo y la reducción de (A y G)	126
Figura 48. Intensidad de corriente y los (SST)	127
Figura 49. Intensidad de corriente y reducción de fosfatos.....	127
Figura 50. Relación de intensidad de corriente – reducción de (SST)	128
Figura 51. Relación de pH y la conductibilidad del efluente tratado	132
Figura 52. Relación de pH – turbidez – conductividad del efluente tratado...	132
Figura 53. Porcentaje de reducción de turbidez - conductividad.....	133
Figura 54. Significancia de distancia entre electrodos en el proceso remoción (DQO)	134
Figura 55. Normalidad de remoción de (DQO).....	134
Figura 56. Relación de distancia entre electrodos y las otras variables.....	135
Figura 57. Representa el crecimiento del parque automotor 2000 - 2012	137
Figura 58. Resultados de análisis de la muestra de cruda del agua residual de lavado de autos	139
Figura 59. Resultados de muestra cruda de agua residual por (SST)	142
Figura 60. Resultados de muestra de agua tratada	144
Figura 61. Resultados de muestra de agua tratada por conductividad	147
Figura 62. Resultados de muestra de agua tratada puntos	149
Figura 63. Toma de muestra de canal de evacuación de agua residual.....	155
Figura 64. Medición de preservante a muestra de agua residual	155
Figura 65. Adición de preservante a muestra de agua residual para (DQO). 156	
Figura 66. Adición de preservante a muestra de agua residual para (A y G) 156	
Figura 67. Medición de la temperatura a gua residual.....	157
Figura 68. Muestras con preservante para traslado a laboratorio (LAS).....	157

INTRODUCCION

El presente trabajo tiene como objetivo, realizar la remoción de contaminantes de las aguas residuales generadas por la industria del lavado de autos, teniendo en cuenta, que esta industria en los últimos años ha crecido paralelo al crecimiento poblacional, a nivel mundial, por lo tanto la necesidad de contar con un vehículos para transportarse a sus centros de labores o cualquier actividad, que el ser humano realiza, requiere un complemento para una eficiente labor, en las sociedades modernas el auto se ha convertido en un instrumento de apoyo pero también requiere estar en condiciones de higiene satisfactorio , para lo cual requiere acudir a un centro como carwhs y conservar las condiciones necesarias.

Las aguas residuales a nivel mundial, es un problema generalizado, por lo que hay una infinidad de formas de generación, desde las generadas por consumos domésticos, y como las generadas por las industrias, teniendo en cuenta que cada industria genera un tipo de efluente en particular, los tratamientos para estas aguas oleosas son divergentes, por sus características particulares según sus componentes.

Se plantea el empleo de una tecnología, que en la actualidad viene tomando auge por ser una alternativa amigable, al medio ambiente, como es el método de electrocoagulación, que en países de. Europa se viene implementando para el tratamiento de aguas con características muy diversas el método es bastante simple, no usa reactivos químicos los residuos que se generan son en volúmenes pequeños.

Para el presente proyecto se utiliza una celda electroquímica, a nivel de laboratorio de material plástico, de 1.800 litros de volumen, con electrodos de aluminio tanto para cátodo, y ánodo, alimentado por energía eléctrica, a partir de un transformador con corriente continua, donde el ánodo sufre una degradación, pero aporta el elemento coagulante o se produce la oxidación mientras que el cátodo se mantiene, pero descompone el agua o actúa como reductor.

En el proceso se obtienen productos como materiales sedimentables y materiales del producto de la flotación de emulsiones, coloides y arcillas y en la zona central se encuentra el agua tratada.

Para el proceso se evaluaron tres variables como densidad de corriente, tiempo de desestabilización de componentes, del agua residual y la distancia entre electrodos, y con el control de parámetros físicos como conductividad, turbidez, solidos totales disueltos, pH y la velocidad de agitación en rpm.

Después de la evaluación se logró determinar, que, según el diseño experimental, se logró determinar que la densidad de corriente más óptima, es de 5 voltios el tiempo necesario es de 17.5 minutos, y la distancia entre electrodos es de 1.3 cm. Los cuales permiten remociones de contaminantes por encima del 90% en aceites y grasas, fosfatos, solidos suspendidos totales y demanda química de oxígeno (DQO).

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN GENERAL

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En los países como, Alemania, Francia, Suecia, Japón y España, han centrado su interés en el tratamiento de aguas residuales aceitosas y grasosas mediante procesos de coagulación flotación, filtración cerámica y otros métodos, y en aguas súper críticas Meabe, E., & Sempere, A. (2013) en el Perú, la empresa NOR autos Chiclayo SAC, aplica el proceso de electrocoagulación logrando remover mayor al 90% los aceites y las grasas de las aguas residuales de lavado de autos para cumplir con los VMA, (Flores Malca 2015)

La industria de lavado de autos va en constante crecimiento, como por la necesidad que se tiene por tener un auto, en condiciones de higiene, y que es parte complementaria para poder cumplir con las labores o actividades del ser humano, paralelo al crecimiento poblacional, crece la demanda por tener un automóvil, que según referencias del crecimiento del parque auto motor, a nivel nacional entre los años 2000 y 2012 según estadista del (INEI) donde se muestra un crecimiento de más del 243% en ese periodo que se muestra en el esquema de fuente SUNARP grafica Nro. 45, que muestra el incremento de unidades adquiridas, que da lugar al crecimiento de demanda en tener el vehículo en

condiciones de higiene satisfactoria, lo cual da lugar que las empresas (Car Wash), incrementen su atención, pero sin considerar, que a mayor demanda de lavado de autos, hay mayor demanda de agua, y por ende mayor generación de efluentes residuales, que son necesarios ser tratados o removidos en sus componentes, para luego ser reutilizados, dentro de la misma empresa u otra actividad, por lo que existe la necesidad, de plantear alternativas viables de solución al problema, por lo tanto, los impactos por efluentes líquidos por esta actividad podrían ser mitigados mediante el proceso de electrocoagulación, para disminuir la concentración de los contaminantes del efluente residual, el método aun no es una tecnología nueva, pero que ha sido poco estudiada y desarrollada, pese a la eficiencia que presenta y ha logrado alcanzar un aprovechamiento comercial importante en el tratamiento de aguas residuales, de diferentes procesos industriales ubicándose como una alternativa con mayores ventajas comparativas con referencia a las convencionales (Kobyas Can Bayramoglu 2003 .p.164. Restrepo, Arango y Cáceres 2006 p.59). En la ciudad de Arequipa el caso es evidente casi en todos los procesos industriales de lavado de autos, sus aguas residuales o efluentes no son tratados y en especial de la empresa Adrián ubicado en el distrito de José Luis Bustamante Rivero, avenida Pizarro por lo tanto existe la necesidad de emplear una medida de solución.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El agua es el recurso natural más importante para la vida en la Tierra. A pesar de su vital importancia, el agua se ha puesto prácticamente en un segundo plano en comparación con otras problemáticas tales como el calentamiento global (Pinto et al., 2017). Aun así, asuntos como la escasez de fuentes de agua dulce, el aumento de fuentes hídricas contaminadas, y el desperdicio, y mal uso de aguas potables, especialmente debido a procesos productivos, son situaciones que generan gran preocupación. Una de estas industrias que en los últimos años ha tenido un gran crecimiento debido al constante aumento de vehículos y que podría ser una de las más beneficiadas al implementar prácticas de manejo y reúso de agua es la del lavado de vehículos, esto es debido a su gran impacto ambiental, tanto por el uso excesivo de aguas potables como las descargas de efluentes, muchas de estas sin algún tipo de tratamiento. (Carrasquero et al., 2015)

En muchos países como Brasil, Colombia, se viene impulsando el rehusó del agua después del uso, teniendo en consideración los hechos podemos proponer la aplicación del proceso de electrocoagulación con control de factores como densidad de corriente, tiempo de electrocoagulación y la distancia entre electrodos que influyen en la remoción de contaminantes del agua residual de la industria lavado de autos de Carwash.

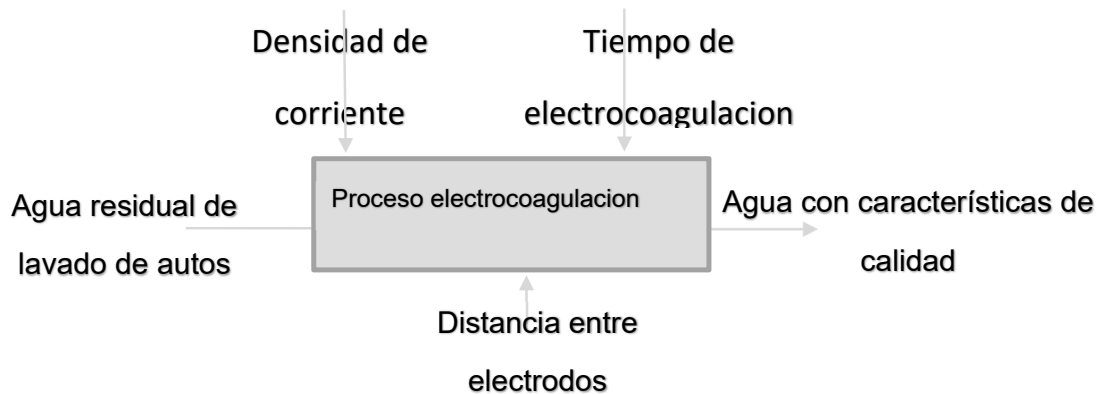


Figura 1. Diagrama del proceso de investigación

Fuente: elaboración propia.

1.2.1. Problema general

La remoción de contaminantes de las aguas residuales generadas por el proceso de lavado de autos, mediante el método de electrocoagulación con el control de los factores, como, densidad de corriente, tiempo de electrocoagulación y la distancia entre electrodos, agitación rpm, medición de pH y otros factores que permitirán desestabilizar los componentes del agua residual en la industria Carwash Adrián de la avenida Pizarro distrito de José Luis Bastamente y Rivero.

1.2.2. Problema específico

La desestabilización de los contaminantes del agua residual mediante el método de electrocoagulación, del agua de lavado de autos con la incidencia de la corriente eléctrica, para remoción de contaminantes, como DQO, aceites y grasas, solidos suspendidos totales, fosfatos, turbidez y otros componentes.

En el proceso de electrocoagulación de las aguas residuales del lavado de autos tiene influencia el tiempo necesario para diferentes intensidades de corriente y la formación de sólidos sedimentables y la flotación de componentes livianos para diferentes tiempos.

La distancia entre electrodos permite tener, mayor porcentaje de remoción de contaminantes y ahorro de energía por la aceleración de la velocidad de reacción de oxidación en el ánodo y reducción en el cátodo por el flujo de electrones a través de la solución acuosa.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

Remoción de los contaminantes de las aguas residuales generadas por la industria de lavado de autos empleando el método de electrocoagulación.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar los parámetros físicos químicos, del agua residual generada en la empresa LUBRICENTRO ADRIAN. Antes y después del proceso de electrocoagulación.
- necesario para la desestabilización de los componentes del agua residual y que de lavado de autos Evaluación de la intensidad de corriente eléctrica necesaria para el proceso de electrocoagulación en el tratamiento de las aguas residuales generadas por el proceso.
- Evaluar el tiempo permitirá la flotación y precipitación, mediante el proceso de electrocoagulación.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El agua representa el origen de la vida, la escasez de agua amenaza a todos, el bienestar de los medios de subsistencia estaría en peligro, la vida en el planeta podría colapsar sin este elemento, el agua no tiene sustituto. La electroquímica es una tecnología muy amigable para el medio ambiente ya que es muy adecuada para el tratamiento de diversos tipos de aguas residuales con compuestos orgánicos e inorgánicos por su gran especificidad y económica, se

emplea la corriente eléctrica como reactivo no emplea insumos químicos y de esta forma reduce el número de etapas y menos contaminación al medio ambiente.

La presente investigación se enfoca remover los contaminantes generados por el lavadero de autos del carwash Adrian. El crecimiento del parque automotor, en la variedad de autos dio como resultado el uso de servicios de lavado de autos, con más demanda y que esto conlleva al uso del líquido elemento agua en mayor proporción y por ende generación de aguas residuales con contaminantes que se descargan generalmente al sistema alcantarillado en la mayoría de los casos sin considerar el daño ambiental al recurso agua, que tiene implicancias posteriores a la ecología porque contiene elementos aceitosos como metales pesados e hidrocarburos, lo cual no es una actividad responsable mientras no se haga el tratamiento de los efluentes generados, el presente trabajo de investigación permitirá evaluar los componentes del efluente y remover mediante el método de electrocoagulación con fines de reusó del agua y no se descargue al sistema de alcantarillado con contaminantes.

Se pretende que esta actividad del lavado de autos sea sustentable económicamente, para el medio ambiente, y que no solo sea de uso y aprovechamiento de servicio, sin considerar el valor que tiene el agua, por esta razón el proyecto ayuda a dar adecuado y responsable uso, considerado que es necesario el crear una economía circular para sus efluentes a través del reaprovechamiento y rehusó de este recurso hídrico de alto valor para la vida, del mismo modo reducir los daños al medio ambiente.

El motivo que lleva a realizar el presente proyecto es contribuir, al uso adecuado y responsable uso del agua, y control de sus efluentes generados proponiendo una alternativa viable de aplicación para remover los contaminantes en este medio, y hacer un reusó del agua residual que en la actualidad no se realiza y que las empresas practiquen la conciencia y la cultura para el manejo del líquido elemento con el empleo de tecnologías limpias sin dañar el medio ambiente.

Teniendo en consideración que el proyecto no solo soluciona del problema de la contaminación por el efluente, también tendrá beneficios económicos para el empresario por cuanto podrá reaprovechar el agua que en la actualidad no se

aprovecha y realiza mayor consumo de agua su tarifa bajará por que realizará la recirculación del efluente generado.

La investigación para la remoción de los contaminantes de las aguas residuales del lavado de autos empleara una tecnología limpia como es la electrocoagulación que es amigable al medio ambiente los residuos generados son en menor cuantía.

Los beneficios sociales generados por la investigación son relevantes por cuanto se genera menor consumo de agua por industria de lavado de autos y mayor disponibilidad de agua para la sociedad

En la actualidad existe tecnologías muy apropiadas para remoción de contaminantes de las aguas residuales con resultados muy eficientes y uno de ellos es la electrocoagulación el mismo que ha tomado mayor importancia en la actualidad por ser tecnología limpia y amigable al medio ambiente y que no tiene implicancias negativas al ser empleado a la salud del ser humano.

Se pretende que esta actividad del lavado de autos sea sustentable económicamente para el medio ambiente, y que no solo sea de uso y aprovechamiento sin considerar el valor que tiene el agua, por esta razón el proyecto ayuda a dar adecuado y responsable uso, considerado que es necesario el crear una economía circular para sus efluentes a través del reaprovechamiento del mismo con menos danos al medio ambiente.

El adecuado y responsable uso del agua y control de sus efluentes generados una alternativa viable de aplicación para remover los contaminantes en este medio, y hacer un reusó del agua residual que en la actualidad no se realiza y que las empresas practiquen la conciencia y la cultura para el manejo del líquido elemento con el empleo de tecnologías limpias sin dañar el medio ambiente.

.1.4.1. Justificación ambiental

Teniendo conocimiento de la existencia de una gran cantidad de aguas residuales generadas en las industrias, como efluentes, mediante el método de electrocoagulación, permití recuperar las agua residuales con mínimos impactos ambientales ya que se considera como un proceso amigable y pasivo para el medio ambiente, pero con gran eficiencia en la remoción de contaminantes, de tipo orgánico e inorgánico considerando que el agua residual del lavado de autos podría representar como un punto de partida para el tratamiento de otros efluentes, considerando que el agua residual del lavado de autos tiene características con cargas orgánicas e inorgánicas que alteran la calidad de aguas y suelos lo cual repercute de la degradación de los ecosistemas por los impactos negativos como enfermedades daño a la salud humana y animales, con la realización de la presente investigación se logra experimentar que es posible la reutilización de aguas residuales industriales y manejo ambiental eficiente por lo tanto menor degradación del de los cuerpos de agua y suelos agrícolas. Shen, SY, Wang, (2012)

Neutralización de las partículas o especies iónicas presentes en el agua residual por los iones generados en el ánodo, de esta forma se reduce la repulsión electrostática prevaleciendo cargas de atracción de Van der Waals produciendo la coagulación formación de flósculos como resultado de la coagulación.

1.4.2. Justificación económica

Considerando que el proceso de electrocoagulación no usa insumos químicos, los costos involucrados está en el uso de la energía eléctrica, que podría considerarse como una desventaja por ser caro pero si se aprovecha otros tipos de energía, como es las energías renovables el proceso es económicamente factible para el tratamiento de aguas residuales en este presente investigación se utiliza la energía eléctrica convencional, que podría ser sustituida posteriormente por otros sistemas de energía, otra de las ventajas económicas es el mínimo equipo a usar, como la menor cantidad de residuo o lodo obtenido y de fácil disposición final.

1.5. ALCANCES E LIMITACIONES

Con el proyecto de investigación se precisa alcanzar la remoción de contaminantes presentes el agua residual del lavado de autos, primero a través de una caracterización y evaluación de sus características físicas, químicas y mediante el proceso de electrocoagulación se alcanza un producto de agua de calidad de agua de uso, las limitaciones es que probablemente los productos como lodos o fangos requieren mayores investigación con la finalidad de tener residuos menos contaminantes y amigables al medio ambiente.

1.6. VARIABLES

1.6.1. Variables dependientes

- Remoción de contaminantes para el mejoramiento de la calidad de agua

1.6.2. Variables independientes

- Intensidad de corriente para proceso de electrocoagulación
- Tiempo necesario para el proceso
- pH variación de la alcalinidad del agua residual

1.6.3. Operación de variables

Tabla 1. Operación de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO DE VARIABLE
Intensidad de corriente	electrocoagulación	voltios por área de electrodos	Amperios consumidos	Independiente
pH	Acido base.	Alcalinidad	Acidez	
Tiempo necesario	Proceso de electrocoagulación	Tiempo de exposición a la corriente	Minutos	
Remoción de contaminantes para mejoramiento de calidad de agua	remoción componentes de aguas residuales	Miligramos por litro	Cantidad de componente removido (%)	Variable dependiente

Fuente: elaboración propia

1.7. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 2. Matriz de consistencia del proceso de remoción de contaminantes

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores
Contaminantes existentes de las aguas residuales del proceso industrial lavado de autos	Remoción de contaminantes de las aguas residuales del lado de autos mediante método electrocoagulación	Es posible la remoción de contaminantes de las aguas residuales del lavado de autos mediante método de electrocoagulación	Variable dependiente. Remoción de contaminantes Variable dependiente Control de parámetros del proceso	Porcentaje de remoción. Características de las aguas obtenidas
Evaluación de los parámetros físico químicos de las aguas residuales del lavado de autos	Determinar los parámetros físico químicos que presenta las aguas residuales	Medición de los valores físico químicos que presenta las aguas residuales del lavado de autos	Características físico químicas del agua residual. Valores que representan la medición de los parámetros físico químicos	Valores que representan al medir las características físico químicas del agua residual. Instrumentos de medición y análisis
Cuál es la influencia de la densidad de corriente en el proceso de electrocoagulación en el tratamiento de aguas re	Determinar la importancia de la intensidad de corriente el proceso de electrocoagulación.	Densidad de corriente influye en el proceso de electrocoagulación del tratamiento del agua residual lavado de autos	Variable independiente influencia de (DC) Tratamiento de agua residual del lavado de autos	Instrumento de medición de consumo Costo que representa el consumo de corriente
Cuál es la influencia del tiempo de retención en el proceso de electrocoagulación del agua residual	Determinar el tiempo de retención del agua residual en el proceso de electrocoagulación	Cuál será la influencia del tiempo de retención en el proceso de	Variable independiente tiempo Variable dependiente	Cronometro de tiempo Variación del tiempo en el proceso de

del lavado de autos. electrocoagulación más optimo instrumento de medición electrocoagulación del agua residual

Fuente: elaboración propia

1.8. HIPÓTESIS

1.8.1. Hipótesis general

Es posible la remoción de los contaminantes de las aguas residuales generadas por la industria de lavado de autos empleando el método de electrocoagulación en la industria de lavado de autos

1.8.2. Hipótesis específica

- Es posible evaluar los parámetros físicos químicos del agua residual generada en la empresa LUBRICENTRO ADRIAN. Antes y después del proceso de electrocoagulación.
- Es posible la evaluación de la intensidad de corriente eléctrica necesaria para el proceso de electrocoagulación en el tratamiento de las aguas residuales generadas por el proceso de lavado de autos.
- Es posible evaluar el tiempo necesario para la desestabilización de los componentes del agua residual y que permitirá la flotación y precipitación de componentes de la solución.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ESTADO DEL ARTE

La problemática de la remoción de contaminantes aceitosas de los efluentes generados por las industrias, desde la década pasada era un problema, razón por la cual muchas tecnologías se pusieron a prueba, y una de ellas es el método electroquímico mediante el proceso por electrocoagulación, es una tecnología estudiada desde (1888) por científico WEBSTER en Londres, en (1906) se concedió la primera patente en Estados Unidos desarrollada por el científico alemán DIETRICH, aunque no tuvo acogida en la época debido a problemas financieros e incentivos dentro de los últimos años se han realizado estudios que apoyan la electrocoagulación como método viable para el tratamiento de efluentes líquidos de las industrias.

Morante G. (2002) realizo el trabajo de investigación para la revista colombiana de física Volumen 34 titulado utilización de la electrocoagulación en aguas residuales de producción de gelatinas S. A PROGEL S.A Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, los objetivos específicos fueron evaluar las propiedades que caracterizan a las aguas residuales antes del tratamiento y después del proceso de electrocoagulación química. Romero (1996). SALUD (1996) Estudio de tratamiento de aguas residuales con remoción de aceites, metales pesados y componentes orgánicos provenientes de emulsiones de aceites en agua. CHEN (1994), enfatizo decoloración de colorantes contenidos en una solución a tratar por electrocoagulación. Procesos tradicionales para el tratamiento de aguas residuales aceitosas según (YU et. 2013 p.8) y sus combinaciones en su aplicación.

Tabla 3. Tratamientos de aguas residuales aceitosa

Tipo de tratamiento	Efecto del tratamiento	Eficiencia
Silicato de Zinc poliacrilamida anicónica	Remoción de aceites	99.00%
Pili-cloruro de aluminio silicato de zinc	Remoción de DQO	71.8%
Tratamientos biológicos		
Biorreactor de membrana	DQO	97.05
filtro reactor biológico aireado	remoción de aceites	94.0%
Separación de membrana		
Ultrafiltración	Remoción de aceites	92.0%
Micro filtración	Remoción de aceites	97.0%
Membrana nano-porosa	Remoción de DQO	76.9 %

Fuente. (Y u. et. al .2013, 3-7 Forero Díaz y Blandón .1999. PP. 67-71)

Procesos aplicados en Alemania, Francia, Suecia, España y Japón para tratamiento de aguas residuales aceitosas y grasosas. Otras tecnologías de procesamiento de aguas residuales oleosas.

Tabla 4. Tecnologías para procesamiento de aguas residuales oleosas

País	Tecnología	Observaciones	Eficiencia	Referencia
Arabia Saudita	Fibras de Celulosa ACETILADAS	Fibras de celulosa ACETILADAS son ALEOFILICAS económicas y disponibles	Aceite 90%	(SABIR, 2015. Pp.1 - 28)
China	Coalescencia	Alto valor de uso de aceite recuperado sin embargo la información sobre los equipos de coalescencia y su aplicación aun es limitada en la actualidad	SS, 99. % Aceites 78.9 % y hierro total 99.8 %	(ZHAO, y Li, 2011 pp. .158-161)
Colombia y Turquía	Electrocoagulación	Eficiente en la destrucción de materia orgánica microorganismos patógenos. Preferible usar un reactor de aluminio debido a la eficiencia en la remoción de aceite y menor consumo de energía respecto a un reactor de hierro.	Aceites 100%	Morante 2002, pp.484-487 Restrepo, Arango y Cáceres. 2006 .59 - 61.
México	Adsorción Goma Arábica, cabello natural y artificial	Métodos eficientes y prácticos económicos	Aceites y grasas > 90%	(Vidales, LEOS y Campos, 2010, pp.29-33)
Irán	Micro filtración MF y Ultrafiltración UF	Se identificó que el proceso combinado de MF y UF, fue eficiente para aguas residuales para aceites compuestas aceites estables	Aceite y grasa 99.9% DQO 99.9 % y TDS 99.4%, total TSS 100%,	(MASOUDNIA RAISI, AROUJALIAN Y FATHIZADEH, 2014, pp.1-3)

concentradas en Turbiedad (ABBASI
emulsiones de agua 100% et.al,2012,p.29)

Fuente: elaboration propia

2.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

El constante aumento del volumen de agua residual aceitosa, se considera un problema ambiental que concentra atención en proponer investigaciones, muestran que los acetites y lubricantes usados son uno de los contaminantes más abundantes que se producen y se vierten al medio acuático Padilla-Padilla; et al (2018). Estados Unidos, Japón España y la Unión Europea consume al año un promedio de 3.6 millones de lubricantes esto implica que representa el 60% de los que se consumen (Jiménez y Ibarra 2012 p.129)

2.2.1. Antecedentes internacionales

Humberto Rubí Juárez (2016) se ensayaron remover aceites y grasas del lavado y engrasado del efluente de un carwash con contenido material suspendido líquido y solido en una celda de geometría paralelepípedo abierto con sus caras pequeñas tipo BATCH con electrodos de aluminio por un tiempo de 30 y 60 minutos con una densidad de corriente de en un rango de 5,3 a 21 m A/ cm² y una agitación de 60 rpm. Lográndose los mejores resultados en un tiempo de 60 minutos la remoción de aceites y grasas en la investigación de tesis doctoral. Toluca México.

Srirangsan et, al (2009). Se ensayaron en muestras de agua obtenidas de una fábrica de biodiesel las partes de los electrodos se arreglaron según el tipo de material de la forma siguiente: Fe-Fe, Fe-C. Al-Al, Al-C, C-C, las condiciones óptimas corresponden al aluminio actuando como ánodo, el grafito como cátodo con una densidad de corriente de 8.32 m A/cm². Tiempo de retención 25 minutos, pH inicial 6 se registró una disminución de 55.7 %, 97.5%, 97.8% en la DQO, SST y Aceites respectivamente, la energía consumida es de 6.92 KWh/m³.

Ahmed Samir Naje (2016) electrocoagulación de lecho rotado. Reactor (CE) para el tratamiento de aguas residuales textiles. El efecto de varios parámetros operativos como velocidad de rotación, densidad de corriente (CD), tiempo de

funcionamiento (RT), pH, temperatura y distancia entre electrodos (IED) sobre la eficiencia de eliminación de contaminantes. Además, el consumo de aluminio (Al) y energía eléctrica, así como los costos operativos en condiciones óptimas también fueron calculados. Los resultados indicaron que las condiciones óptimas para el tratamiento de aguas residuales textiles se lograron a $CD\ 4\ m\ A / cm^2$, RT 10 min, velocidad de rotación 150 rpm, pH 4.57, temperatura $25\ ^\circ C$ y IED 1 cm. El consumo de electrodos, el consumo de energía y el funcionamiento los costos fueron de $0.038\ kg / m^3$, $4.66\ kWh / m^3$ y $0.44\ US\ \$ / m^3$, respectivamente. Las eficiencias de eliminación de demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos totales (TSS), turbidez y el color fueron 97,10%, 95,55%, 98%, 96% y 98,50%, respectivamente, en los primeros 10 minutos de tiempo de reacción, mientras que el compuesto fenólico de las aguas residuales se eliminó casi por completo (99,99%). El experimental Los resultados confirman que el nuevo diseño del reactor con impulsores de ánodo rotados y anillos de cátodo proporcionó alta eficiencia de tratamiento con un tiempo de reacción reducido y con un menor consumo de energía.

El Abbas N (2015) la capacidad de la electrocoagulación (CE) para eliminar simultáneamente (DQO) y cromo de aguas residuales de curtido con cromo real en una electrocoagulación con agitación por lotes celda provista de dos electrodos a base de aluminio (aluminio / cobre / aleación de magnesio y aluminio puro). Efectos del tiempo de funcionamiento, la densidad de corriente y Se ha investigado la concentración inicial de Cr (III) y (DQO). Las concentraciones de Los contaminantes se han reducido con éxito a niveles ambientalmente aceptables incluso si el efluente concentrado requiere un largo tiempo de tratamiento de alrededor de 6 horas con 400 Densidad de corriente A / m^2 . Se descubrió que la aleación de aluminio era más eficiente que la pura Aluminio para eliminar (DQO) y cromo. se pueden obtener altos niveles de abatimiento con un tiempo de tratamiento más corto y densidades de corriente más bajas. El consumo de energía del proceso de electrocoagulación también fue discutido. La dilución a la mitad de los residuos concentrados conduce a una mayor reducción rendimiento tanto de (DQO) como de cromo con la mejor eficiencia energética.

Alexandre Loukanov (2020) La eliminación a gran escala de contaminantes coloidales de las actividades artesanales se llevó a cabo a través de sistemas bipolares optimizados. Electrocoagulación con menor consumo energético y electrodos de sacrificio de aluminio. Como resultado, sobre 90% de eliminación simultánea del contenido total de cromo, fósforo, demanda química de oxígeno y turbidez se logró durante un tiempo relativamente corto (10-30 min), pH neutro de (7.0 - 7.5) y densidad de corriente minimizada. Por optimización de los parámetros electroquímicos aplicados la eliminación de cromo coloidal cancerígeno y orgánico La mezcla se modeló de manera reproducible, y los niveles de purificación alcanzados de los efluentes fueron aceptable para su reutilización en el hogar. El uso práctico del diseño de electrocoagulación informado fue exitoso demostrado como una alternativa eficaz del método convencional actual para el tratamiento del bronceado, Aguas residuales industriales domésticas y artesanales en la ciudad de Fez, Marruecos

M. Priya, (2019) Este presente estudio investiga la eliminación de (DQO), aceite y grasa del efluente de agua de lavado de automóviles. Utilizando la técnica de electrocoagulación (TEC). El rendimiento se examinó variando la posición del Materiales de electrodo de sacrificio (Al, Fe, Sr y Cu) para la eliminación de DQO de las aguas residuales del automóvil. Para un tratamiento eficiente y económico la influencia de la distancia entre los electrodos (10 cm, 5 cm y 2,5 cm), La densidad de corriente (5 A / m² a 30 A / m²), el tiempo de reacción (10 a 60 min) y el pH del agua residual (4 a 10) fue monitoreado. Los posibles mecanismos asociados con la electrocoagulación y las actuaciones de influir Se discutieron las variables operativas de la electrocoagulación. El efecto de la aireación también se observó (con y sin). La reducción máxima de (DQO) obtenida con un electrodo de Cu (ánodo) e Al (cátodo) al pH original de aguas residuales 6.5. El porcentaje más alto del 95,1%, 92,5% y 99% de eliminación de (DQO), aceite y grasa y turbidez fue alcanzado con una distancia optimizada entre los electrodos de 5 cm, densidad de corriente de 25 A / m², el tiempo de reacción de 40 min y pH de 6. El costo del ECT estimado en INR 386.01 / m³ para el tratamiento de lavado de automóviles efluente de agua con variables operativas optimizadas y el pH natural de las aguas residuales. Para un rentable tratamiento, con

configuración de electrodo Cu e Al para la Eliminación de DQO, aceite y grasa de las aguas residuales del automóvil de forma eficiente y económica.

Agustín et. al. (2008) En un ensayo con electrodos de aluminio con NaCl como electrolito de soporte la electrocoagulación con aceite de palma, La corriente directa suministra a la solución oscila alrededor de 2A durante un periodo de 6 horas los análisis exhibieron en el color, turbiedad, pH, DQO, DBO₅, Cu, Cr, Fe, Mn, Pb, entre ellos destaca la reducción de DQO, DBO₅, Cr, Fe, Mn con porcentajes de 30%, 39%, 100%, 99%,100% la viabilidad técnica quedo demostrada añadiendo además el valor de reutilización de los compuestos orgánicos aislados por su antioxidante.

André L.A. (2020). Eliminación de compuestos orgánicos, calcio y estroncio de los efluentes de la industria del petróleo mediante electrocoagulación y adsorción simultáneas. La generación de efluentes líquidos con alta carga orgánica e inorgánica en la industria petrolera requiere un tratamiento adecuado para evitar la contaminación ambiental. Por lo general, los compuestos orgánicos refractarios, que no se degradan fácilmente con los métodos convencionales, requieren un paso de tratamiento avanzado. Además, el contenido inorgánico puede interferir negativamente con el proceso de tratamiento debido a la formación de incrustaciones derivadas de la precipitación de compuestos de baja solubilidad, principalmente sales a base de estroncio y calcio. El presente estudio tiene como objetivo la remoción de metales incrustantes como calcio y estroncio y materia orgánica refractaria del efluente de la industria petrolera por electrocoagulación asociada a la adsorción utilizando carbón de cáscara de coco considerando el contexto de descarga líquida cero. La electrocoagulación simultánea asociada a la adsorción presentó una economía del tiempo de tratamiento y el costo de capital en relación al proceso llevado a cabo por etapas individuales de adsorción seguidas de electrocoagulación, porque las eficiencias fueron similares. El tratamiento dio como resultado un residuo de 25 mg (O mg. L 2). L -1 (52% de eliminación) de materia orgánica medida como DQO, 88% de eliminación de calcio residual de (6,0 -1) y 72% de eliminación de estroncio (residual de 0.4 mg -1), lo que mejoró la calidad del agua recuperada. Además, se observa que el proceso de adsorción eliminó los compuestos orgánicos preferiblemente mientras que los metales se eliminaron por electrocoagulación.

Byron Geovanny (2013) Ecuador. El proyecto de tratamiento avanzado de aguas residuales del lavado y tinturado de jeans en la empresa "Mundo Color" mediante electrocoagulación, su objetivo es tratar las aguas residuales mediante la construcción de un prototipo, comparando todos los parámetros químicos del agua residual y el agua tratada. Se realizó un análisis de los diferentes métodos para tratamientos de aguas residuales, enfocándonos principalmente en el tratamiento por electrocoagulación, estudiando sus ventajas, desventajas y sus diferentes formas de funcionamiento. Se realizó un análisis del impacto ambiental que está generando la empresa, especialmente en el recurso agua. Se realizaron una serie de experimentos para poder determinar el método más eficiente, teniendo al tratamiento por electrocoagulación como el más idóneo para poder tratar el agua residual de la industria textil, luego de este análisis se procedió a construir el prototipo de una planta de tratamiento de aguas mediante electrocoagulación, que consta de un tanque ecualizador, una celda de electrocoagulación un sistema de remoción de lodos mediante barrido y un tanque sedimentador; éste proceso está semi-automatizado. Con el prototipo se logró verificar que el método de electrocoagulación logra remover los parámetros críticos del agua haciendo que éstos cumplan con la norma respectiva cabe recalcar que se obtuvo una mayor eficiencia en la remoción del color, logrando reducirlo en un 96%. Se recomienda implementar estos sistemas en las empresas de lavado y teñido de Jeans para evitar su alto nivel de contaminación.

Suresh Kumar (2020.) India. El proceso de electrocoagulación (EC) se considera un método eficaz para el tratamiento de agua y aguas residuales, ya que puede eliminar una variedad de contaminantes, tratar diversas aguas residuales industriales y manejar las fluctuaciones en la calidad y cantidad de contaminantes. El rendimiento del proceso de (EC) se puede mejorar significativamente en combinación con los procesos de degradación. Diferentes combinaciones de proceso (EC) con fenton, electro - Fenton, foto-Fenton, fotocátalisis, tratamiento sonó químico, ozonización, oxidación electroquímica indirecta, oxidación anódica y proceso de oxidación avanzada basado en radical sulfato se encuentran muy eficaces para el tratamiento de agua y aguas residuales. En la mayoría de los artículos se informó sobre el rendimiento mejorado del proceso de (EC) en combinación con el proceso de degradación.

Arboleda et, al (2015), Colombia, la tesis evaluación de un proceso de electrocoagulación en un reactor tipo Bach para la remoción del elemento de Cr+6 utilizando los electrodos de Al-Al y de Fe-Al para la capacidad de un laboratorio para optar el título de Ingeniero Ambiental, con el objetivo de Evaluar el tratamiento de electrolisis de oxidación y reducción en un reactor tipo Bach para la eliminación del Cromo hexavalente (Cr6+) que se encuentra en la composición de cromato utilizando electrodo de Aluminio (Al) que está en el ánodo y en cátodo el Aluminio y el Hierro en el ánodo - Aluminio para su eliminación (cátodo) en la capacidad de un ambiente de investigación. Como nuevas alternativas para la remoción de contaminantes, los sistemas de electrocoagulación admitir que tal vez del flujo de corriente y el complemento del electrolítica de los iones metálicos por el método de electrocoagulación claramente del ánodo de padecimiento, que se disuelve por la diferencia de potencial, por 60 minutos generando iones que consienten la acumulación de los contaminante, se usaran el compuesto, y que más tarde accede. Se realizó en la investigación en el ambiente de investigación de la Universidad Autónoma de Colombia. Empleando una celda cuyo volumen es 1936 mililitros; consistió en la variación de los electrodos Fe-Al el plan fue ejecutar las pruebas de los diferentes electrodos con determinadas distancias de 5 mm, 10 mm, 15 mm y la variación de pH inicial (4, 6 y 8); se llevaron a cabo todos estos experimentos, con un periodo de 30 minutos Al estimar la capacidad del porcentaje de remoción en el proceso de electrocoagulación utilizando electrodos de Al, con una distancia de 5 mm y pH (8). En el experimento de la muestra del efluente procedente de curtiembre, se observó que la remoción de Cr+6, se procedimientos con el tiempo de 40 min., logrando una eficiencia del 99%, este método es de fácil acceso económico Con el resultado se obtuvieron en las experiencias realiza; sobre la investigación de los productos utilizados en el electrodo, que distancia y a que rango de pH y el tiempo de residencia para obtener la eficacia del tratamiento del efluente procedentes de la curtiembre. El material de los electrodos, en el resultado realizó la prueba con 4 electrodos en materiales Fe-Fe-Fe-Fe, Al-Al-Al-Al y Al-Fe-Al-Fe, dando el mejor resultado fueron en Al-Al-Al-Al y con las condiciones iniciales de Cr+6 de 10 mg/L, que utilizando la configuración de Al-Al, arrojando un resultado de

0,38 mg/L y una eficiencia de remoción de 96%, llegando a la conclusión el método de la electrolisis de oxidación y reducción, utilizando una solución que se obtuvo un porcentaje del 99% de eficiencia de la remoción del compuesto de Cr+6, dando la disposición de la mezcla de 4 electrodos de Al con un tiempo de residencia de 40 minutos, distancia entre electrodos de 5 mm, pH de 8, existiendo una continua velocidad de agitación de 390 rpm.

Morales Bautista, (2015), Tratamiento de Agua Residual de Biodiesel por Electrocoagulación. Lograr el título de Ingeniero Químico Petrolero, con el objetivo de aplicar el método de electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales procedentes del biodiesel. Mediante una técnica electroquímica; llamada electrocoagulación, se trató agua residual de biodiesel. Del proceso a escala reducido para elabora el biodiesel a partir de aceite reusado se obtuvo el agua. El objetivo del estudio fue el de encontrar el tiempo y los electrodos que se ajusten al proceso, aminorando el índice de grasa y de turbidez. En las condiciones del procedimiento se consideran los terminales de polos, la concentración de corriente y el pH inicial. Se emplearon dos tipos de material de electrodos; Hierro (Fe) y aluminio (Al), de formas rectangulares, colocados en un sistema paralelo dentro de un reactor Bach. Los resultados mostrados fue que existe en el proceso de saneamiento para el agua contaminada con grasa y con biodiesel a los 20 minutos del proceso usando electrodos metálicos de Fe y Al. Existe una desigualdad entre ambos procesos, ya que la electrocoagulación con electrodos de hierro tendió a colorearse con óxidos férricos y se clarificó al momento de realizar el tratamiento con los electrodos de aluminio el agua tratada además la demanda de oxígeno (DO) y la dureza total del agua se reducía al utilizar electrodos de aluminio y aumenta al utilizar electrodos de hierro. El proceso se invirtió con respecto al pH. La alcalinidad tuvo el comportamiento igual que el pH. Con estos resultados se puede agregar el agua después del tratamiento al sistema de obtención a biodiesel o sistema de alcantarillado sin dañar al medio ambiente. Concluyendo que los electrodos de aluminio obtuvieron los mejores resultados debido a la baja turbidez con los 20 minutos, del proceso de electrocoagulación. Apreciación crítica, en la tesis anterior realizaron varios ensayos con los diferentes materiales de electrodos, concluyendo que la mejor opción es de los

electrodos de aluminio, ya que al momento de liberar los iones no oscurece el agua a tratar, es más eficiente los electrodos de aluminio.

2.2.2. Antecedentes nacionales

Flores Malca (2015). Propuesta de un sistema de tratamiento para la reutilización de aguas residuales generadas en el servicio de lavado del concesionario NOR AUTOS CHICLAYO S.A.C., la cual se dedica a la venta y mantenimiento de vehículos. Esta investigación se ha centrado en el mantenimiento vehicular específicamente en el proceso de lavado. El proceso de lavado, es un servicio gratuito que brinda la empresa para fidelizar a sus clientes luego de haber realizado un previo mantenimiento, sin embargo, este servicio está impactando negativamente al medio ambiente respecto a la generación de aguas residuales, caracterizada por su alta concentración de contaminantes y que lamentablemente están siendo emitidas al alcantarillado incumpliendo los Valores Máximos Admisibles dados por el Ministerio de Construcción y Vivienda. Este proyecto de investigación apunta hacia la propuesta de instalar un sistema de tratamiento viable que permita tratar eficientemente el agua residual industrial generada, para así mitigar los problemas ambientales y la contaminación presente en ellas. La empresa actualmente cuenta con un pre-tratamiento de aguas residuales: rejillas, desbaste y trampa de lodos, pero aun así no se cumple los VMA establecidos por la normatividad vigente (DBO 500 mg/L, DQO 1000 mg/L, SST 500 mg/L y grasas y aceites 100mg/l). Para ello se procedió a la caracterización de las aguas residuales antes y después de haber recibido el pre- tratamiento, dando como resultado: DBO 2860 mg/L, DQO 4281 mg/L, SST 4060 mg/L y grasas y aceites 1084, 21mg/l (antes del pre-tratamiento); DBO 2600 mg/L, DQO 4020 mg/L, SST 4000 mg/L y grasas y aceites 845,7mg/l (después del pretratamiento); seguido a ello se realizó la selección y diseño del sistema de tratamiento adecuado: Electrocoagulación, por su gran eficiencia de remoción (>90%), permitiendo cumplir con los VMA: DBO166,4 mg/L, DQO 297,48 mg/L, SST,3 mg/L y grasas y aceites 42,7 mg/L. Para fomentar la utilización eficiente del consumo de agua se implementará el área de lavado (maquinaria), ahorrando en un 21% su consumo y finalmente se desarrolló un análisis costo beneficio (se determinó que la propuesta es rentable debido a que la inversión es de s/. 24 569,56 y a las sanciones a pagar de S/. 31 250,

ahorrando un total de S/. 6 680, 44 al aplicar el sistema de tratamiento) y un flujo de caja (Se calculó que el dinero invertido en toda la propuesta de mejora se recuperaría en un período de dos años). Con la elección correcta del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales a aplicar, la empresa NOR Autos Chiclayo S.A.C. tendrá la oportunidad de ser reconocida a nivel regional y nacional como una empresa Eco Eficiente (certificación Eco –Toyota) y cuidadosa con el medio ambiente (Responsabilidad Ambiental); además

María Vanesa (2020). La técnica de electrocoagulación como una opción ante los procesos químicos convencionales en el tratamiento del agua residual originario de lavadoras para ser reutilizado en riego de vegetales. Cuatro factores se analizaron: la intensidad, tiempo, distancia y pH; con tres niveles para cada factor. Para mejorar el proceso de electrocoagulación sobre los factores de diseño, se diseñaron los experimentos de acuerdo al método de TAGUCHI. Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para ver el efecto de los variables sobre la remoción de la turbiedad y otros parámetros fisicoquímicos. Los resultados de los parámetros de mayor influencia en la remoción de la turbiedad fueron el tiempo y la intensidad a diferencia de los demás. La optimización de los factores sobre la alta remoción de los parámetros fisicoquímicos se adquirió a los niveles de intensidad 5 Amperios, tiempo de 15 minutos, distancia de 2 centímetros y a pH 7.5, con una remoción de 99.02% en turbiedad, 90.83% en Demanda Química de Oxígeno y 95.93% en Solidos suspendidos Totales, por lo cual el efluente tratado está por debajo del valor de la normativa del D.S. N° 004-2017-MINAM para la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales (Estándares de Calidad Ambiental) y el D.S.N°021-2009 VIVIENDA (Valores Máximos Admisibles) para su uso en riego de vegetales.

Fernández Silva, (2019). Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales del SERVICENTRO SAN MIGUEL para minimizar el impacto ambiental sobre las fuentes de agua en primer lugar se realizó un análisis físico-químico de las aguas residuales, obteniendo como resultado un DBO = 629,2 mg/L; DQO = 1 333,28 mg/L; SST = 1 265 mg/L y A&G = 238,67 mg/L, además con la ayuda de la matriz de, LEOPOLD y la metodología de evaluación del riesgo ambiental se puede identificar y valorizar los factores ambiental más importantes como son el consumo de agua y la generación de aguas residuales.

Para determinar los tratamientos necesarios para la propuesta se utilizó el método de factores ponderados, dando como resultado: un desbaste de finos y grueso, una trampa de grasas, una coagulación-floculación y un filtro de carbón activado. Permitiendo así poder cumplir con los VMA al tener como resultado después del tratamiento una disminución para el DBO de 98,56%, para el DQO de 99,65%, para SST de 99,79% y A&G de 95,61%. Finalmente, en el análisis costos-beneficio se obtuvo una ganancia de S/ 0,36 por cada sol invertido en el desarrollo de la propuesta. Además, logrando disminuir el porcentaje del riesgo ambiental en un 17,53%.

Villanueva Salazar (2020). La eliminación y desinfección de contaminantes presentes en aguas residuales de lavadero de autos han sido elemento de indagación por diversos Investigadores debido a que sus efectos negativos sobre la salud y medioambiente son cada vez más complejos. Diversos estudios de investigación constataron que las aguas residuales salientes de lavaderos de automóviles contienen contaminantes con efectos negativos, generando un gran problema ambiental el cual requiere una respuesta práctica con responsabilidad social. Una serie de tecnología electroquímicas para la separación y eliminación de contaminantes se están desarrollando en los últimos años como la electrocoagulación, los sistemas acoplados con los oxidantes avanzados tienen el objetivo de aumentar la eficiencia de tratamiento, este tipo de tecnologías son considerados como una alternativa hacia los tradicionales. En esta investigación, se ejecutó la optimización en la eliminación de la turbiedad utilizando el método TAGUCHI en aguas residuales de lavado de autos mediante el módulo de electrocoagulación asistida con procesos de oxidación avanzada. El desarrollo experimental se llevó a cabo en un módulo de tipo BATCH re circulante electrocoagulación/ozono/rayos ultravioletas, con el objetivo de optimizar la reducción de la turbiedad para ello se utilizó la metodología TAGUCHI, se estudiaron cinco factores: voltaje, tiempo de tratamiento, pH, distancia entre electrodos y flujo de alimentación cada uno de ellos con 4 niveles operacionales. Los resultados demuestran que empleando la tecnología se logró optimizar la reducción de la turbiedad llegando a 98.93%, trabajadas a condiciones operacionales de voltaje (10 V), tiempo de tratamiento (50 min), pH (5), distancia

entre electrodos (1 cm) y flujo de alimentación (6 L/M), también se logró reducir la DQO (61.53%), DBO5 (44.23%), A y G (95.81%) y SAM (70.28%).

CAPÍTULO III

DIAGNOSTICO ANÁLISIS SITUACIONAL BASES TEÓRICAS

3.1. DIAGNOSTICO SITUACIONAL

La empresa CARWASH ADRIÁN S.A se encuentra ubicado en el departamento de Arequipa distrito de José Luis Bastamente y Rivero avenida Pizarro Nro. Que tiene como objetivo satisfacer directamente las necesidades de sus clientes busca contribuir con el medio ambiente disminuyendo la contaminación que emite dicha empresa cumpliendo ciertos programas ambientales en cuanto a la generación de aguas residuales con lo cual contribuye al desarrollo de la

sociedad y mantenimiento de las normas ambientales para la descarga de aguas residuales, con lo cual se promueve la protección del medio ambiente.

En cada evaluación el concesionario ha ido cumpliendo cada ítem, pero aún tiene dificultades en el tratamiento de sus aguas residuales, debido a que el agua residual obtenida por medio del servicio de lavado no tiene un tratamiento adecuado, siendo esta emitida a los alcantarillados incumpliendo con los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario D.S. N.° 001-20015- vivienda-MINAM, normativa que busca promover responsablemente la emisión de aguas residuales al alcantarillado con bajísimas cantidades de contaminantes.

3.1.1. Mapa de ubicación

La empresa de servicios de lavado de autos Carwahs Adrián se encuentra ubicado en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero exactamente en la avenida Pizarro a media cuadra de reservorio de agua potables con la avenida guardia civil según como se puede apreciar en la imagen presentada y señalizada.



Figura 2. Mapa de ubicación del punto de muestreo

Fuente: elaboración de Municipalidad distrital de José Luis Bustamante y Rivero

3.2. INDUSTRIAS DE LAVADO DE AUTOS

El presente proyecto tiene como finalidad reutilizar el agua que a diario se desechan, por las empresas irresponsablemente, no valoran el líquido elemento que es el agua, más aún si consideramos el cambio climático que provoca los escasos del agua en forma globalizada actualmente, existe un mercado amplio en el Perú, ya que cada 3 de 4 personas utiliza este tipo de servicios reutilización del agua. GONZALES MESTANZA (2018). Diariamente, los arequipeños son víctimas del caos vehicular que se vive en las calles, especialmente en horas cruciales. Este panorama se refleja en el último reporte del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y la Asociación Automotriz del Perú (AAP), que reportó que el parque automotor en la región alcanza la cifra de 193 mil 268 unidades, lo que significa que por cada ocho habitantes existe un vehículo Nelly Hanco (2018). Por lo tanto, el crecimiento poblacional genera paralelamente la demanda de autos y por esta razón requieren del servicio de ser lavados.

3.2.1. Operaciones que se llevan a cabo en carwaha

Las principales operaciones que se llevan a cabo en un servicio de lavado de autos son:

Recepción: Las unidades se registran para luego esperar el turno van hacia los lavaderos para recibir el servicio de lavado sin antes se realiza un inventario de bienes del vehículo.

Lavado: Una vez ubicado el vehículo en el lavadero se da la operación de lavado, esta operación es realizada de manera manual, la cual consiste en remover residuos, impurezas, suciedad de las partes exteriores del vehículo, utilizando las mangueras con agua levantamiento con grúa hidráulica para el lavado externo completo parte chasis y tolva.

Cepillado: Luego de haber lavado la unidad utilizando la presión del agua como removedor de impurezas leves, se procede al cepillado del vehículo, proceso manual cuya función es eliminar residuos por medio del uso de cepillos especiales junto con detergentes que permitirá remover eficientemente toda impureza del vehículo que sea difícil de eliminar.

Enjuagado: En esta etapa del proceso se busca eliminar todo el detergente y restos presentes en el carro por medio del agua expulsada por las mangueras de alta presión.

Secado: El vehículo luego de haber sido enjuagado bajará de la rampa hacia un área destinada para secado, esta operación se realiza manualmente y con franelas donde los encargados proceden a retirar la humedad de la superficie del auto hasta dejarlo completamente seco y listo para ser entregado.

3.2.2. Aguas residuales

Podemos considerar que, son cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada o alterada negativamente por influencia antropogénica las aguas residuales incluyen las aguas usadas, domésticas, urbanas y los residuos líquidos industriales o mineros eliminados o las aguas que se mezclaron con las anteriores son efluentes descargados, que podrían causar algún daño a la salud del ser humano y alterar el medio ambiente.

3.2.2.1. Aguas residuales del lavado de autos

Se considera como una agua industrial en una instalación de lavado de autos o coches que contienen contaminantes y pueden afectar microbiológicamente a los trabajadores, y a los clientes que no son protegidos en la mayoría de los centros de servicio Carwash, contra el posible peligro a su salud en el momento en que rocía el agua, según el área más aún si es cerrada la posibilidades es mayor aun si el agua que se utiliza es reciclada y sin tratamiento los aerosoles que se generan pueden causar la infección por las bacterias y los virus posiblemente peligroso al sistema inmune de las personas del entorno, la necesidad del tratamiento de este efluente generado tiene beneficios como cuidado de la salud del ser humano, como la conservación de especies animales y vegetales del medio ambiente en especial del CARWSH Adrián, las aguas residuales generadas no son tratadas y son descargadas al sistema de alcantarillado sin previo tratamiento por eso la necesidad de tratamiento para la remoción de contaminantes por el método de electrocoagulación los hongos, las bacterias tales como. LEGIONELLA, y los virus pueden ser eliminados del agua de lavado por la incidencia de la corriente eléctrica.

3.3. NORMATIVIDAD SOBRE MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE AGUAS RESIDUALES

Marco legal

3.3.1. Decreto Supremo N.º 001-2015-Vivienda

Artículo 1º.- Finalidad, Ámbito de aplicación y obligatoriedad de la norma.

La presente norma regula mediante Valores Máximos admisibles (VMA) las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias, equipos y asegurar su adecuado funcionamiento, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales.

Los Valores Máximos Admisibles (VMA) son aplicables en el ámbito nacional y son de obligatorio cumplimiento para todos los usuarios que efectúen descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario, su cumplimiento es exigible por las entidades prestadoras de servicios de saneamiento - EPS, o las entidades que hagan sus veces.

Artículo 2º.- Aprobación de Valores Máximos Admisibles (VMA) para el sector saneamiento

Apruébese los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario establecidos que forman parte integrante de la presente norma. Los usuarios cuyas descargas sobrepasen los valores contenidos (VMA), deberán pagar la tarifa establecida por el ente competente, la cual es complementaria al reglamento de la presente norma, pudiéndose llegar en los casos que se establezca en el reglamento, incluso a la suspensión del servicio de alcantarillado sanitario. Los parámetros contenidos en tablas no pueden ser sobrepasados en caso se sobrepase dichos parámetros, el usuario será sujeto de suspensión del servicio.

Artículo 9º.- Prohibiciones

Queda totalmente prohibido descargar directa o indirectamente a los sistemas de alcantarillado aguas residuales o cualquier otro tipo de residuos sólidos, líquidos o gaseosos que en razón de su naturaleza, propiedades y cantidad causen por sí solos o por interacción con otras descargas algún tipo de daño, peligro e inconveniente en las instalaciones de los sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales según lo indicado en el Reglamento de la presente norma.

3.3.2. Ley Nro. 29338, ley de recursos hídricos

Artículo 82° - Reutilización de agua residual

La autoridad Nacional, autoriza el reúso de agua residual tratada, con opinión del Consejo de cuenca, el titular de una licencia de uso de agua está facultado para realizar el agua residual que genere siempre que se trate de los mismos fines para los cuales fue otorgada la licencia. Para actividades distintas, se requiere autorización.

Los Valores Máximos Admisibles (VMA) son aplicables en el ámbito nacional y son de obligatorio cumplimiento para todos los usuarios que efectúen descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario; su cumplimiento es exigible por las entidades prestadoras de servicios de saneamiento – (EPS), o las entidades que hagan sus veces.

3.3.3. D.S. N° 001-2010-AG. Reglamento de la ley de Recursos Hídricos

Artículo 148° - Autorizaciones de re-uso de aguas residuales tratadas.

Podrá autorizarse el rehusó de aguas residuales únicamente cuando se cumplan con todas las condiciones que se detallan a continuación.

- Sean sometidos a los tratamientos previos y que cumplan con los parámetros de calidad establecidos para los usos sectoriales.
- Cuenten con la certificación ambiental otorgada por la autoridad ambiental sectorial competente, que considere específicamente la evaluación ambiental de re-uso de las aguas.
- En ningún caso se autorizará cuando ponga en peligro la salud humana y el normal desarrollo de la flora y fauna o afecte otros usos.

3.3.4. Norma Peruana OS.090

La presente norma está relacionada con las instalaciones que requiere un sistema de tratamiento de aguas residuales y los procesos que deben experimentar estas aguas antes de su descarga al puesto receptor (alcantarillado) o a su reutilización. Tiene como objetivo principal el desarrollo de proyectos de tratamiento de aguas residuales en los niveles preliminar, básico y definitivo. Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas

residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario D.S.Nro. 0012015-vivienda. En las siguientes tablas se muestran los (VMA) dados por el D.S. N° 001-2015-Vivienda para las descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario.

3.3.5. (VMA) para descarga al sistema de acantarillado fisico quimicos

Tabla 5. parámetros de (VMA)

Parámetro	Unidad	Expresión	(VMA) para descarga al sistema de alcantarillado
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	DBO ₅	500
Demanda química de oxígeno	mg/l	DQO	1000
Solidos suspendidos totales (SST)	mg/l	SST	500
Aceites y grasas	mg/l	Ay G	100

Fuente: ministerio de vivienda y construcción y saneamiento 2015

3.3.6. (VMA) para descarga al sistema de alcantarillado inorgánicos

Tabla 6. Parámetros para elementos en descarga en alcantarillado

Parámetro	Unidad	Expresión	VMA para descarga al sistema de alcantarillado
aluminio	Mg/l	Al	10
Arsénico	Mg/l	As	0.5
Boro	Mg/l	B	4
Cadmio	Mg/l	Cd	0.2
Cianuro	Mg/l	CN	1
Cobre	Mg/l	Cu	3
Como hexavalente	Mg/l	Cr ⁺⁶	0.5
Cromo total	Mg/l	Cr	10
Manganeso	Mg/l	Mn	4
Mercurio	Mg/l	Hg	0.02
Níquel	Mg/l	Ni	4
Plomo	Mg/l	Pb	0.5
sulfatos	Mg/l	SO ₄	1000
Sulfuros	Mg/l	S ⁻²	5
Zinc	Mg/l	Zn	10
Nitrógeno amoniacal	Mg/l	NH ₄	80
pH	Mg/l	pH	0.6-sep
Solido sedimentable	Mg/l	s.s.	8.5
Temperatura	Mg/l	T	35 A ⁺

Fuente: Ministerio de Vivienda y Construcción y Saneamiento 2015

3.3.7. Penalidades por exceso de contaminantes emitidos en aguas residuales industriales al alcantarillado

Si bien es cierto el DECRETO SUPREMO N° 001-2015-VIVIENDA tiene como finalidad garantizar que las empresas emitan sus aguas residuales dentro de los valores máximos admisibles al alcantarillado, para lograr mitigar la contaminación que estas generan, de no ser así el decreto explica que se realizará un pago por exceso de concentración emitida al alcantarillado la cual será aprobada por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), a continuación se explica a detalle en que consiste este pago y como calcular el monto a pagar de acuerdo a los excesos emitidos:

3.3.7.1. Decreto supremo N° 001-2015-vivienda

Artículo 4°.- Pago por exceso de concentración en la descarga de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario:

Las EPS o las que hagan sus veces, podrán cobrar a los usuarios no domésticos el pago adicional, de acuerdo a la normatividad vigente, correspondiente al exceso de concentración de los parámetros: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Aceites y Grasas (A y G), medidos en la caja de registro de la red de alcantarillado o un dispositivo adecuado para este proceso, conforme al procedimiento que se establecerá en el Reglamento de la presente norma. La metodología para la determinación de los pagos adicionales por exceso de concentración respecto de los valores máximos admisibles, será elaborada y aprobada por la SUNASS.

Artículo 5°.- Las EPS (Empresas prestadoras de servicio) o las entidades que hagan sus veces se encuentran facultadas en virtud de la presente norma a imponer el cobro de tarifas aprobadas por la SUNASS e incluso disponer la suspensión del servicio de descargas al sistema de alcantarillado en los casos que se regulen en el reglamento y que deriven de la vulneración de las tablas No 05 y 06.

3.3.7.2. Resolución de consejo directivo Nro. 025-2011-sunass metodología para determinar el pago adicional por exceso de concentración de los parámetros fijados en anexo 1 del D. S. Nro. 021-2009-vivienda.

Artículo N° 4°. - La SUNASS supervisará y fiscalizará a SEDAPAL el cumplimiento de efectuar el monitoreo y control de la concentración de parámetros de descarga de aguas residuales no domésticas en el sistema de recolección del servicio de alcantarillado sanitario, de acuerdo, a lo establecido por la normativa vigente, asimismo impondrá las sanciones correspondientes. Para este efecto aplicará el Reglamento General de Supervisión, Fiscalización y Sanción de las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento, aprobado Resolución de Consejo Directivo N° 003-2007-SUNASS-CD, en lo que corresponda.

3.3.7.3. Metodología para determinar el pago adicional por exceso de concentración de los parámetros fijados en el Anexo Nro. 1 y 2 del D.S. Nro.021-2009 Vivienda

1. Establecimiento de rangos en concordancia con el principio de incentivar la reducción de las descargas de los parámetros del anexo N° 1 del D.S. N° 021-2009-VIVIENDA, la presente metodología establece cinco (05) rangos de concentración de los parámetros (DBO, DQO, SST, A y G) en relación a los incrementos de concentraciones establecidas como valores máximos admisibles de las descargas de aguas residuales en el sistema de recolección del servicio de alcantarillado sanitario y la transición de estos valores en relación a la dilución de la ciudad y los efectos generados y proyectados en la operación y mantenimiento de la red colectora y plantas de tratamiento de desagüe, con la finalidad de incentivar en los usuarios no domésticos la adecuación de sus sistemas con un pre tratamiento antes de verter sus desagües a la red colectora.

3.4. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Para poder explicar el concepto y metodología de los diferentes tratamientos de aguas residuales industriales es necesario entender algunos conceptos básicos como los que se dentro de los tipos de tratamientos (pretratamiento, primario, secundario y terciario)

Todas las aguas residuales vertidas desde locales utilizados para efectuar cualquier actividad comercial o industrial, que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de escorrentía pluvial. (Rodríguez y otros 2006: 10) Considerando lo anterior, las aguas residuales industriales son aquellas que proceden de cualquier actividad industrial que en su proceso de producción, transformación o manipulación se usa el agua.

3.4.1. Métodos de tratamiento de aguas residuales del CARWSH

Se considera según los componentes que estas aguas podrían tener las aguas residuales en DQO, SST, (A y G), fosfatos y otros elementos traza basado en un análisis de laboratorio.

3.4.1.1. Electroquímico

La electroquímica es el estudio del intercambio entre química y la energía eléctrica. Las reacciones químicas producen efectos eléctricos y a su vez los fenómenos químicos son ocasionados por la acción de corrientes o voltajes. (Zumdahl S, 2000). Las tecnologías electroquímicas más utilizadas en el tratamiento de aguas residuales son: electrodeposición, electro flotación (EF), electro oxidación y electrocoagulación (EC).

3.4.1.2. Electrodeposición.

Esta técnica electroquímica puede ser utilizada para la galvanoplastia y para realizar recubrimientos de metales costosos sobre metales no costosos, con el objetivo de suministrar diferentes propiedades a la superficie y evitar sobrecostos, además, es utilizada en la recuperación de metales en industrias mineras, como por ejemplo la recuperación de cobre de las aguas residuales de las minas de cobre su mecanismo es muy sencillo y es básicamente una deposición catódica del metal (Stoker, 2007)

3.4.1.3. Electro flotación

El sistema de electro flotación se realiza en un tanque por el que pasa la corriente a tratar en el fondo del tanque, se localizan los electrodos de modo que el cátodo queda por encima del ánodo a través de estos electrodos circula una corriente eléctrica que provoca la electrólisis del agua con la consiguiente formación de pequeñas burbujas de oxígeno (en el ánodo) y de hidrógeno (en el cátodo). Dichas burbujas arrastrarán en su trayectoria ascendente hacia la superficie, las pequeñas partículas que se encuentren en suspensión en el efluente a tratar. Para favorecer la eliminación de los contaminantes se utilizan floculantes antes de tratar el agua en el sistema de electro flotación. CHEN, (2000), también se podría activar el proceso de flotación mediante la inyección de aire considerando que los materiales que compone el agua residual son a base de grasa y aceites.

3.4.1.4. Electro oxidación

El proceso electro oxidación consiste en la oxidación de contaminantes, por medio de radicales hidroxilos, provocando un rompimiento de enlaces químicos de la materia orgánica disuelta.

oxidantes, debido a su alto potencial estándar ($E=2.8$). Estos métodos son tecnologías promisorias para el tratamiento de aguas residuales, basado en el electro generación de radicales hidroxilos (-OH). Los cuales son especies fuertemente Estas especies son capaces de reaccionar de forma no selectiva con los contaminantes orgánicos, con el fin de producir compuestos menos tóxicos, como ácidos carboxílicos e incluso la mineralización total, es decir, la conversión a CO_2 , agua y iones inorgánicos.

3.4.1.5. Electrocoagulación.

Consiste en la generación de coagulantes in situ disolviendo eléctricamente los iones del material utilizado como electrodo. Los iones de metal son generados en el ánodo, y del cátodo es liberado hidrógeno gaseoso, el cual ayuda a la flotación de las partículas a la superficie del agua, este proceso también puede ser llamado electro floculación electroquímica.

3.5. MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN

Consiste en un proceso de desestabilización de los contaminantes del agua que estén en suspensión y emulsionados o disueltos, mediante la acción de corriente eléctrica directa de bajo voltaje y por la acción de electrodos metálicos de sacrificio normalmente aluminio/hierro se trata de un equipo compacto que opera en continuo, mediante un reactor, de especial diseño donde se hallan las placas o electrodos metálicos para producir la electrocoagulación. En este proceso se genera una elevada carga de cationes que desestabilizan los contaminantes del agua residual, se forman hidróxidos complejos estos tienen capacidad de adsorción produciendo agregados flósculos, con los contaminantes de densidades mayores que permite la precipitación o formación de lodos. De otro lado, por la acción del gas formado se genera turbulencia y se empuja hacia la superficie los flósculos de densidades menores en forma de espumas producidos por efecto gases como el hidrogeno producto de la descomposición del agua.

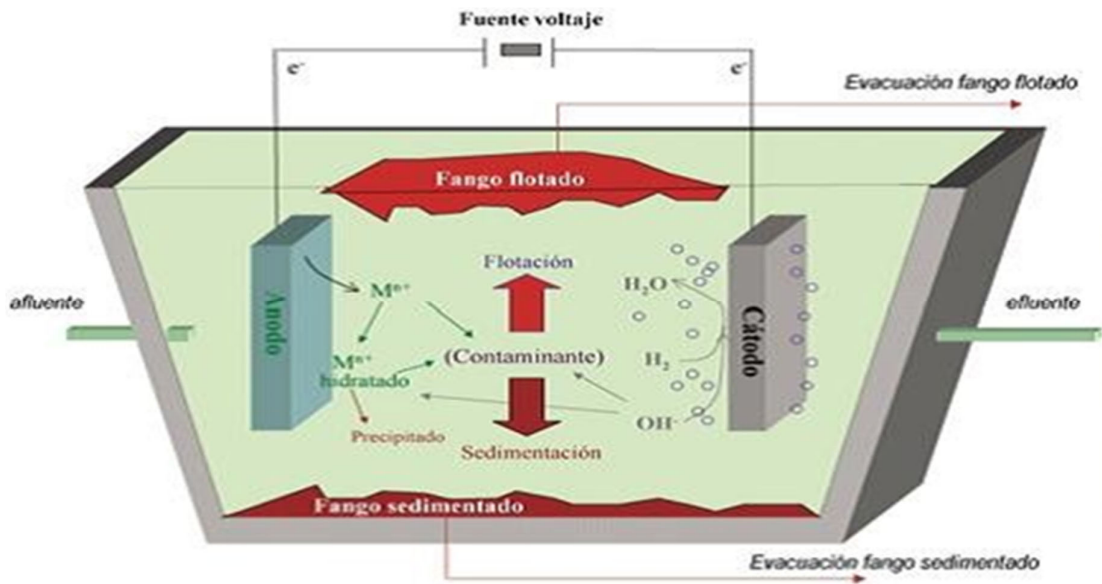


Figura 3. Representación del proceso de electrocoagulación

Fuente: elaboración propia

3.5.1. Celda de electrocoagulación

Los reactores utilizados para realizar la electrocoagulación en una operación por BATCH, en su forma más simple, está formado por una celda electroquímica con un ánodo y un cátodo dispuestos en forma vertical y conectada a una fuente de energía externa. El material anódico se corroe eléctricamente debido a la oxidación, mientras que el cátodo permanece pasivo, Álvaro Arango Ruiz 2005. Utilizan celdas con electrodos mono polares en paralelo o conectados en serie el sistema para la electrocoagulación requiere de una fuente de corriente directa un regulador de densidad de corriente y de un multímetro para leer los valores de corriente

3.5.2. Tipos de celdas de electrocoagulación

a) Reactor tipo BATCH

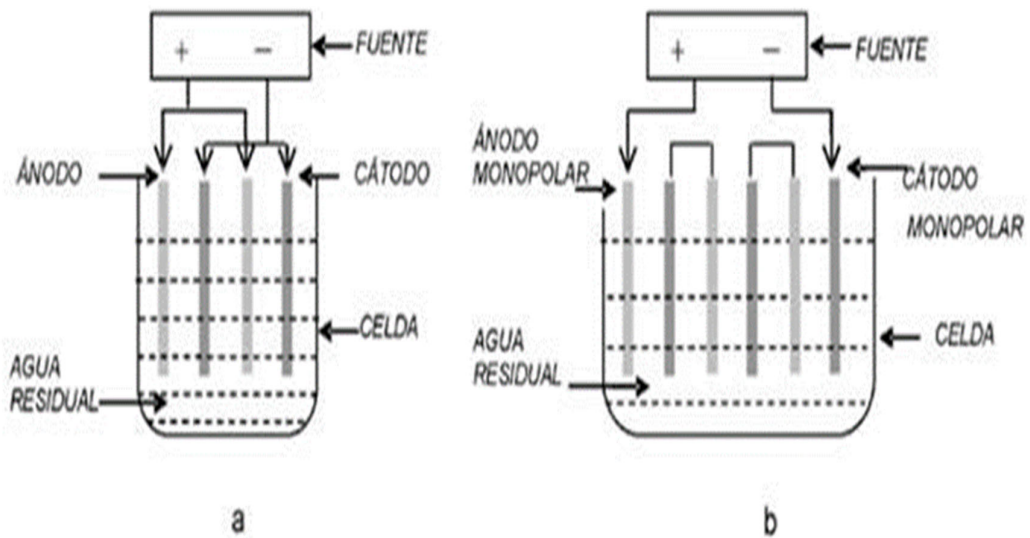


Figura 4. Celda electroquímica con distribución en serie y paralelo de electrodos

b) Reactor tipo prensa

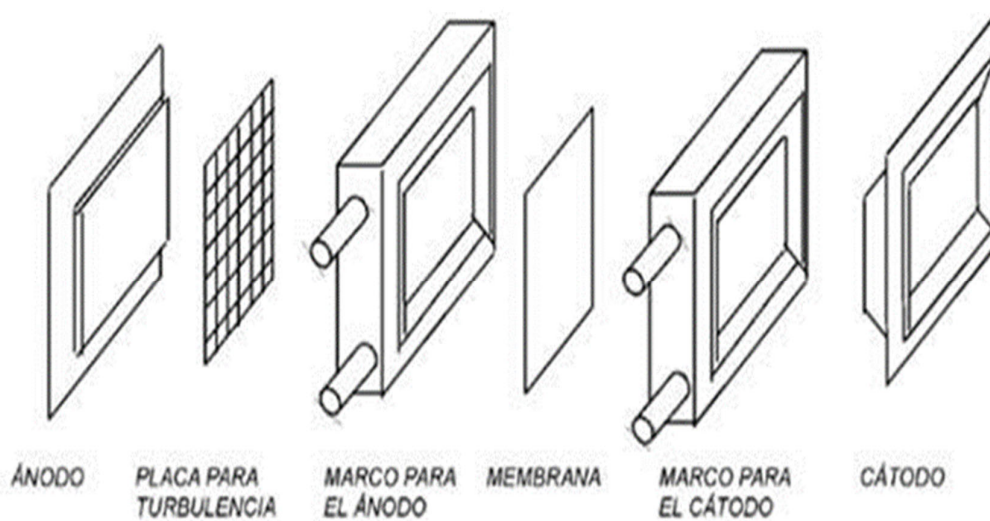


Figura 5. Electro coagulador con placa de ánodo y cátodo

c) Reactor tipo cilíndrico rotatorio

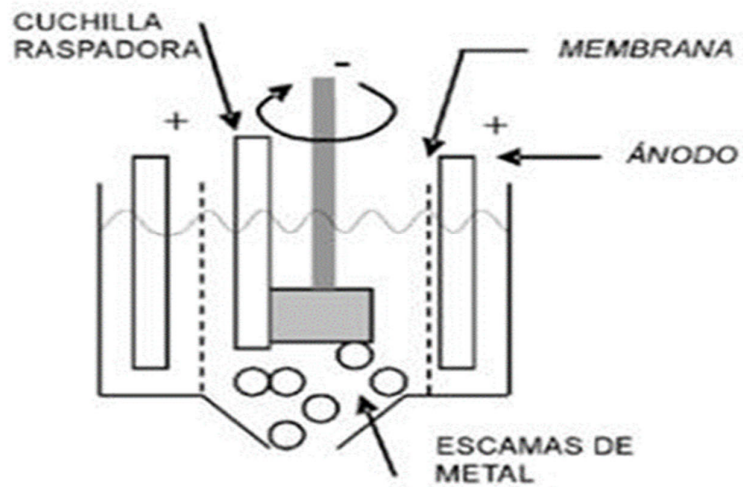


Figura 6. Celda electroquímica con agitación mecánica

d) Reactor de tipo lecho fluidizado

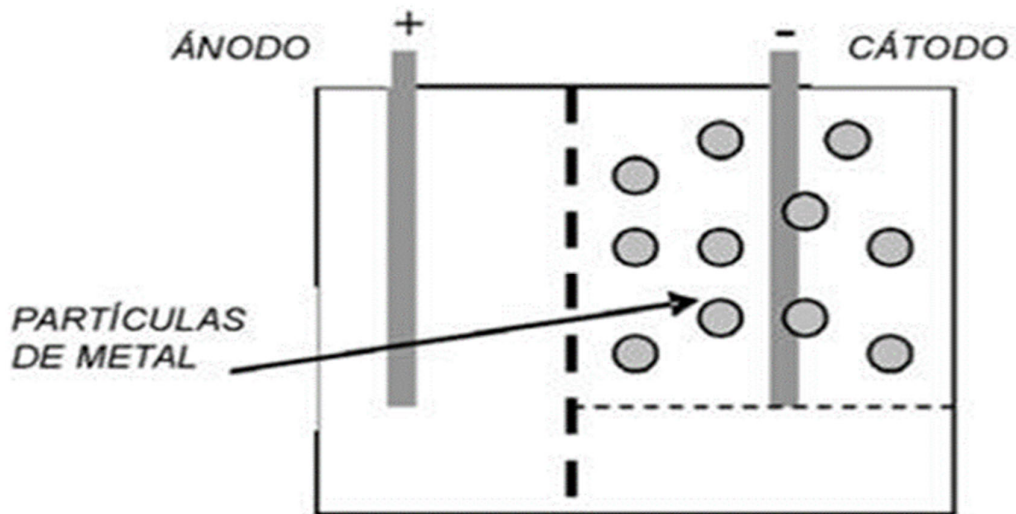


Figura 7. Representación de celda electroquímica con lecho fluidizado

3.5.3. Electroodos para electrocoagulación

El material del electrodo y el modo de conexión de los electrodos tienen un papel significativo en los costes del proceso de electrocoagulación. Kobya et al. (2011) se estudiaron el tratamiento de aguas residuales y compararon las actuaciones de varios modos de conexión del electrodo como una función del pH de las aguas residuales, la densidad de corriente y el tiempo de funcionamiento. Se estudiaron tres modos diferentes de conexión de los electrodos paralelo, en serie y bipolar.

3.5.4. Conductividad de la solución

Se puede emplear el método de medición de conductividad de una solución para determinar la concentración de una solución saturada de una sal poco soluble que no sufre hidrólisis. La conductividad del agua residual de lavado vehicular está en 15 mS/cm, y mientras más alta sea mayor será el consumo de energía, por tanto, a mayor conductividad mayor es la densidad de corriente de la misma manera que los conductores metálicos las soluciones electrolíticas obedecen la ley de Ohm

3.5.5. Parámetros de control

Una vez que fueron analizadas las variables mencionadas durante el proceso, se definen para este reactor un voltaje y una corriente constantes en razón a que la potencia indica un consumo de energía aceptable para el empleo de este equipo para la estandarización de la conductividad eléctrica se debe realizar la toma de medida en un recipiente aislado eléctricamente del reactor los controles de la densidad de corriente, tiempo de electrocoagulación y la distancia entre electrodos y la agitación en rpm están en la relación de acuerdo a la carga contaminante del agua residual.

3.5.6. Intensidad de corriente

en calórica aumentando la temperatura en el proceso Es la corriente eléctrica que se suministra en función de la característica de la solución efluente la eficiencia en la remoción y el consumo de energía se incrementan con el aumento en la densidad de corriente, el aumento de la conductividad incrementa el aumento del consumo energético, produciendo una pérdida por la

transformación de energía eléctrica de electrocoagulación la intensidad de corriente se expresa en amperios consumidos carga en culombios y tiempo en segundos.

3.5.7. Tiempo de electrocoagulación

Esta variable depende de las variables anteriores mencionadas por lo que es importante una evaluación de cada una en forma minuciosa para conseguir un proceso eficiente en tiempos cortos con altos beneficios generalmente se expresa en minutos.

3.5.8. pH.

El pH influye sobre la eficiencia del proceso, se ha determinado en algunos casos que la mayor eficiencia en la remoción de un contaminante se da dentro de un rango específico de pH, e incluso este rango puede ser amplio. En términos generales las mejores remociones se han obtenido para valores de pH cercanos a 7, demanda química de oxígeno, el pH inicial es un factor esencial para el proceso de electrocoagulación y desempeña un papel importante en la eliminación del aceite del agua residual diferentes condiciones de pH representan diferentes tipos de flósculos.

3.6. EVALUACIÓN DEL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN

En el material electrodos ocurre una serie de reacciones que proporcionan iones tanto positivos como negativos, en el ánodo por oxidación proporciona iones metálicos o electrodo de sacrificio debido a que se disuelve, mientras que el cátodo permanece sin alterarse aun siendo del mismo material (Restrepo Mejía 2006) los iones producidos desestabilizan las cargas que poseen las partículas contaminantes presentes en el agua residual cuando estas cargas se han neutralizado los sistemas que los mantienen unidos desaparecen dando lugar a la electrocoagulación.

y finalmente la formación de los floculos donde se produce la agregación de las partículas de los contaminantes que luego son precipitados y flotados. Donde se aprecia tres etapas las cuales podemos considerar como la formación del

coagulante a partir del ánodo por oxidación, luego se da la desestabilización de componentes y emulsiones

Se trata de un proceso electroquímico, la electrocoagulación donde se produce los mecanismos de oxidación que suministra electrones por parte del ánodo para eliminar contaminantes en la solución mientras que en cátodo suministrara electrones para reducir los contaminantes de la solución.

Las reacciones más importantes que pueden sufrir las partículas de contaminantes son: Hidrólisis, electrólisis, reacciones de ionización y formación de radicales libres. Estas reacciones cambian las propiedades del sistema agua-contaminantes, que conlleva a la eliminación de la carga contaminante del agua. (Mollah, 2001).

De acuerdo a la ley de Faraday, que rige el proceso de electrocoagulación, la cantidad de sustancias formadas en un electrodo es proporcional a la cantidad de cargas que pasan a través del sistema, y el número total de moles de sustancia formada en un electrodo está relacionado estequiométricamente con la cantidad de electricidad puesta en el sistema (Rajeshwar, 1997).

Como ya se mencionó, durante la (EC) el ánodo provee iones metálicos disolviéndose para agregar los agentes coagulantes que separan los contaminantes del agua, lo que provoca un aumento de la concentración del material de los electrodos en el agua, Esta concentración que se produce es posible estimarla a partir de la ley de Faraday (Mollah, 2001):

$$n = \frac{iT}{zF} \quad (1)$$

n: Número de moles

i: Densidad de corriente

T: Tiempo d electrólisis en segundos

Z: Valencia del elemento de los electrodos, 3 para el Al

F: Constante de Faraday F=95600 C/mol

Y la concentración en la solución en mol/L se calcula mediante

$$M = \frac{n}{V} \quad (2)$$

Donde:

[M]: Concentración molar en mol/L

n: Número de moles

V: Volumen total del agua a tratar

La densidad de corriente es la relación entre la corriente aplicada y el área de los electrodos, y se calcula mediante:

$$i = \frac{I}{A} \quad (3)$$

Dónde:

i: Densidad de corriente

I: Corriente aplica en Amperes

A: Área total del ánodo en

Conociendo la corriente que se aplica a los electrodos para llevar a cabo la electrocoagulación, es muy sencillo calcular la potencia consumida por el proceso empleando la siguiente ecuación:

$$P = \frac{EIT}{V} \quad (4)$$

Dónde:

P: Potencia consumida en (W h /m³)

E: Tensión aplicada

I: Corriente aplicada en Amperes

T: Tiempo de electrólisis en horas

V: Volumen total del agua a tratar en m³

Con todas las ecuaciones se descritas se permite diseñar el proceso de electrocoagulación para la remoción de contaminantes en el agua sea suficiente, tomando en cuenta el aumento de los niveles de concentración del material del electrodo y la potencia consumir durante el tratamiento.

Evaluación de la intensidad de corriente en el proceso de electrocoagulación

Evaluación del tiempo de requerido para el proceso de electrocoagulación

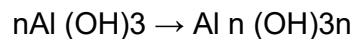
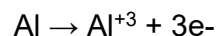
3.7. FENÓMENOS DE ELECTROCOAGULACIÓN

La electrocoagulación tiene un carácter físico químico ya que se realizan procesos de separación de contaminantes por agregación, y desestabilización de componentes del agua residual, solo por la acción de la corriente eléctrica que incide sobre la solución que al pasar a través de la solución y los metales como ánodo y cátodo de aluminio, crea las condiciones para que se produzca el fenómeno de la desestabilización de contaminantes de la solución por acción química y física como oxidación en el ánodo o corrosión por que se produce el sacrificio de este componente mientras que en el cátodo solo se libera electrones que provoca la descomposición la formación de las tres fases dentro de la solución.

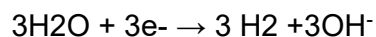
3.7.1. Naturaleza química de reacciones

Considerando en el caso convencional donde el aluminio actúa como ánodo las posibles reacciones químicas serian:

En el ánodo:



En el cátodo:



Los iones Al^{3+} en combinación con los OH^- reaccionan para formar algunas especies manométricas como $Al(OH)_2^+$, $Al_2(OH)_2^+$, $Al(OH)_2^+$, y otras poliméricas, tales como $Al_6(OH)_{153}^+$, $Al_7(OH)_{174}^+$, $Al_8(OH)_{204}^+$, $Al_{13}O_4(OH)_{247}^+$ y $Al_{13}(OH)_{345}^+$ que por procesos de precipitación forman el $Al(OH)_3(s)$, como se muestra en la reacción de ánodo. El $Al(OH)_3(s)$ es una sustancia amorfa de carácter gelatinoso, que expone una gran área superficial con propiedades absorbentes y que es propicia para los procesos de adsorción y atracción de las partículas contaminantes.

3.7.2. Factores que afectan la electrocoagulación

Podríamos considerar que el proceso está afectado por diferentes factores, concentración del contaminante, pH, conductividad, temperatura y la naturaleza misma del agua residual a tratar estos factores determinan y controlan las posibles reacciones que se podrían generar ocurrir en el sistema y la formación del coagulante, el incremento de la eficiencia con la temperatura es atribuido al incremento en la actividad de destrucción de la película de óxido de aluminio de la superficie del electrodo los que se relacionan más directamente con la efectividad del mismo (Pretorius, et al, 2011). El agua residual de lavado de autos generalmente está influenciada por los componentes aceites y grasas.

3.7.3. Distancia entre electrodos

Es uno de los factores que influye en proceso por cuanto permite desestabilizar los componentes del agua residual relacionado con la conductividad de la solución se trata tener la distancia más adecuada para poder aprovecharla cinética de reacción más rápida tanto de sedimentación y la flotación de componentes livianos.

El conocimiento adecuado de las variables permite identificar cuales afectan la electrocoagulación, decidiendo como ejercer el proceso para lograr una remoción alta de contaminantes.

3.7.3.1. Variable electrodo

Estas variables están enfocadas a las características físicas y químicas de los electrodos, estos dependen del material, los más usados según pruebas previas,

revisadas en la bibliografía son hierro y aluminio. El área superficial que depende del tamaño del electro coagulador y por último la condición superficial refiriéndose al desgaste de los electrodos generado por la electrólisis.

3.7.3.2. Variable solución

Estas variables se tienen en cuenta por las características físicas y químicas del agua dispuesta a tratar; en este caso la concentración del contaminante, el volumen de agua, el pH y la conductividad. El pH influye en la eficiencia de la corriente en el proceso de la solubilidad del metal para formar el hidróxido. El rango del pH donde la remoción tiene una mayor eficiencia es de 6 a 8. En el caso de la conductividad al aumentar la densidad de corriente este aumento se realiza con electrolitos como cloruro de sodio o cloruro de calcio.

3.7.3.3. Variables externas

Se tiene en cuenta el tiempo porque es la variable que afecta el proceso, este depende de la corriente. A partir de una selección adecuada del tiempo el tratamiento resultara ser eficiente.

3.7.3.4. Variables eléctricas

Las variables eléctricas a tener en cuenta es la aplicación de voltaje, la corriente arrojada, esto para determinar el tipo de fuente de alimentación para que funcione el proceso de electrocoagulación. La eficiencia en la remoción y el consumo de energía se incrementan con el aumento en la densidad de corriente, el aumento de la conductividad incrementa el aumento del consumo energético, produciendo una pérdida por la transformación de energía eléctrica en calórica aumentando la temperatura en el proceso de electrocoagulación. (Escobar, 2014).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1. DESCRIPCIÓN DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN

Las aguas residuales de la industria de lavado de autos de la industria Adrián S: A., ubicado en la avenida Pizarro del distrito de José Luis Bustamante, Arequipa, tiene la siguiente de secuencia de operaciones, almacenamiento, trampa de grasa, de agua residual, tamizado o cribado para materiales solidos de tamaños mayores.

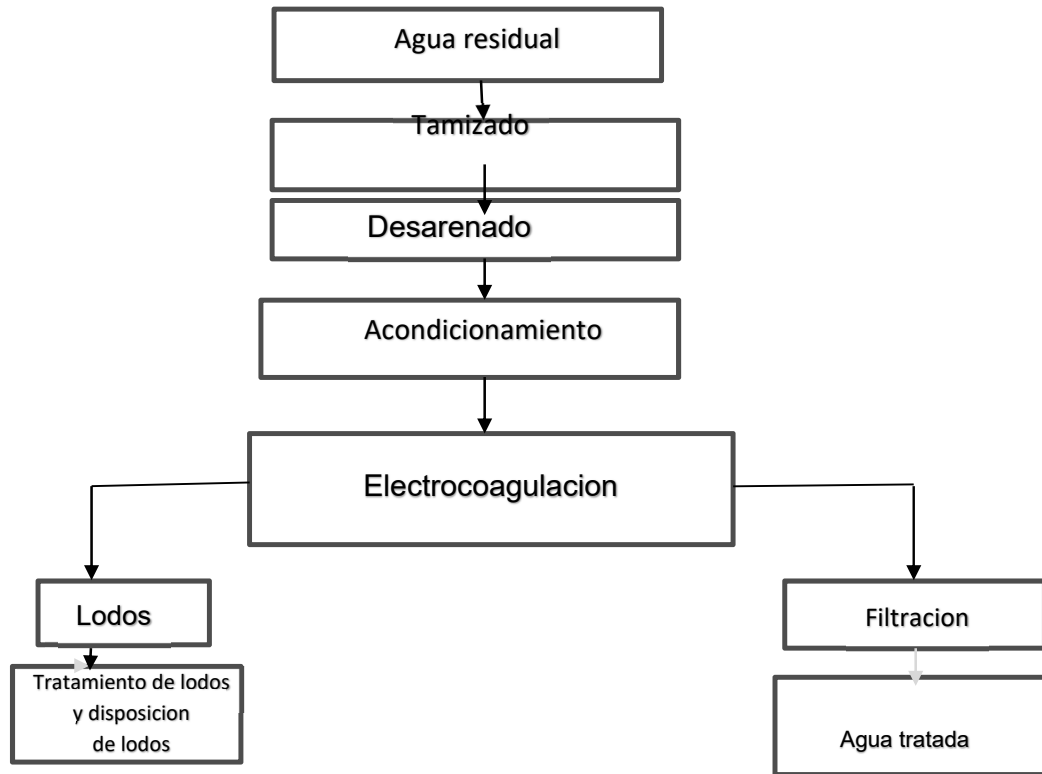


Figura 8. Diagrama de flujos del proceso

Fuente: elaboración propia

4.2. TOMA DE MUESTRA

Es una representación del total de agua residual generado por una cantidad mínima, pero con las características de la población muestra de agua, del Car wahs Adrián, para análisis y tratamiento, se consideró una muestra de un volumen total de 45 litros en tres etapas de toma.

4.2.1. Tipo de muestreo

Se consideró un muestreo aleatorio simple por qué, en un muestreo aleatorio simple toda la población tiene la misma probabilidad de ser seleccionados. La selección de la muestra puede realizarse a través de cualquier mecanismo probabilístico en el que todos los elementos tengan las mismas opciones de salir. Medición de parámetros y análisis de muestra inicial en laboratorio UNAM escuela profesional de Ingeniería ambiental EPIAM, con el respectivo análisis de muestra cruda laboratorio analítico del Sur (L.A.S), y CERPER de Arequipa.

Tabla 7. Parámetros a evaluar del agua residual

<p>Laboratorio de procesos industriales de la escuela profesional Ingeniería Ambiental, de la UNAM sede ILO.</p> <ul style="list-style-type: none"> • pH • Temperatura • Sólidos suspendidos totales • SST • DQO • Turbidez • Conductibilidad • Fosfatos • A y G • SDT 	<p>Laboratorios analíticos del sur S.A y CERPER, Arequipa</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aceites y Grasas • SST • Turbidez • DQO • Temperatura • Fosfatos • Conductividad
---	---

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Cálculo del volumen de agua utilizada lavado de autos

Según el consumo de agua utilizado por lavado de cada auto se puede determinar el consumo diario semanal y mensual y valorizar según los costos de la empresa de prestadora de servicios como las EPS.

Tabla 8. El consumo de agua en carwaha

Total, de lavado de autos/día	Volumen de agua/auto, litros	Volumen semanal	Volumen mensual
22	50 litros	6600 litros	171.600 litros =
unidades			171.6 m ³

Fuente: elaboración propia

4.2.3. Caracterización de la muestra por componentes principales

La muestra de agua se lleva a un análisis químico en el laboratorio para poder determinar las concentraciones iniciales de los contaminantes, y hacer un

análisis para la toma de decisión en cuanto al proceso a aplicar como los parámetros de control de variables dependientes.

Tabla 9. Caracterización de muestra cruda de agua residual Antes de proceso.

Conductividad	Temperatura	Turbidez	A y G	DQO	SST	Fosfatos
mS/cm	°C	NTU	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
0.962	18.8	1900	74	2490	3240	2.33

Fuente: resultados de Laboratorios Analíticos del sur (L.A.S)

Los análisis se realizaron en los laboratorios de la Empresa L.A.S, laboratorios analíticos del Sur, ubicado en el parque industrial de Rio Seco I Sur de la ciudad de Arequipa. Paralelo también fueron medidos algunos parámetros en los laboratorios de procesos industriales de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Moquegua sede ILO.

4.3. DISEÑO DE EQUIPO DE CELDA DE ELECTROCOAGULACIÓN

El volumen del reactor, o celda de electrocoagulación se ha considerado que es de una forma rectangular tiene las dimensiones largo, ancho, altura, de un material plástico por considerarse que se trabaja con corriente eléctrica desde una fuente de poder cuyo volumen total se determinó con las siguientes variables.

$$\text{Volumen celda } V.C = L \times A \times H \quad (5)$$

$$VC = 15 \times 14 \times 13 = 2730 \text{ cm}^3$$

Tabla 10. Dimensiones de la celda electroquímica para electrocoagulación

CELDA ELECTROQUÍMICA	Altura	13.00	cm.
	Ancho	14.00	cm.
	Largo	15.00	cm.

Capacidad máxima	2730	Cm ³
------------------	------	-----------------

Fuente: elaboración propia.

4.3.1. Volumen efectivo de llenado

El volumen de llenado está en función de la capacidad de la celda electrocoagulación con la diferencia que debe tener un nivel de volumen menor por lo tanto la altura de llenado será considerada con las siguientes medidas.

Tabla 11. Dimensiones de volumen ocupado por solución en la celda electroquímica

CELDA ELECTROQUÍMICA	Altura	10.50	cm.
	Ancho	14.00	cm.
	Largo	15.00	cm.
	Capacidad máxima	2205	Cm ³

Fuente: elaboración propia

La celda de electrocoagulación está diseñada, para considerar tres regiones en la cual se considera la superior para depósito de lodos de flotación muy livianos o menos densos, y las espumas, la región media de reacciones electroquímicas donde se lleva a cabo la desestabilización de lodos componentes contaminantes del agua residual y la zona inferior zona de sedimentación depósito de lodos de precipitación de los componentes más pesados formados por las reacciones que se produjeron, distribución de áreas en la celda de electrocoagulación según capacidad de celda considerando del volumen disponible el 20% será ocupado por los electrodos distribuidos según, Álvaro Arango Ruiz (2007)

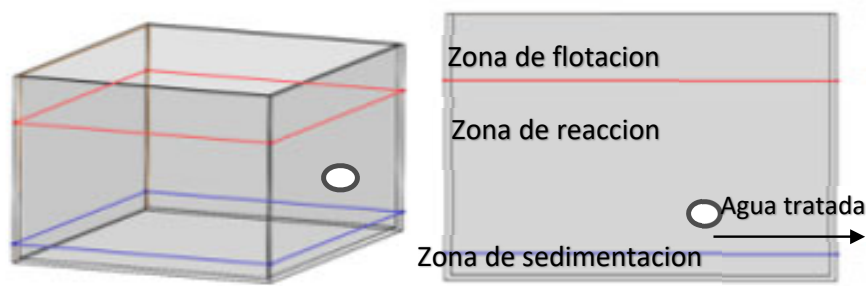


Figura 9. Equipo celda electroquímica de electrocoagulación

Fuente: elaboración propia

Tabla 12. Distribución de volúmenes en base a fases dentro de la celda

ZONIFICACIÓN DE CELDA	EQUIVALENCIA	UNIDAD DE MEDIDA
Área de flotación	¼ del volumen de celda	682.5 cm ³
Área de desestabilización	2/4 del volumen de celda	1365 cm ³
Área de lodos sedimentados	¼ de volumen de celda	682.5 cm ³

Fuente: elaboración propia

4.4. FUENTE DE PODER CARACTERÍSTICAS

Consta de un rectificador de corriente de alterna a continua de una capacidad de 20 amperios con un selector de distribución de voltaje desde 1 voltio hasta 12 voltios para el uso a diferentes capacidades según el efluente y la concentración de los contaminantes.

4.5. ELECTRODOS

Las dimensiones de los electrodos se consideraron de acuerdo a las dimensiones de la celda electroquímica, para electrocoagulación, teniendo en cuenta los espacios libres para poder eliminar los materiales flotantes, como los materiales sedimentables ,y la respectiva facilidad de distribución de los electrodos de aluminio con las dimensiones de 10 cm de ancho por 10 cm de largo, de forma cuadrado con un espesor de 0.3 milímetros con área total de electrodos de 100 cm² por cara de un total de 04 electrodos total área expuesta de 800 cm². se consideraron un total de 04 electrodos, todos de aluminio por considerarse el material con mejores resultados, se consideró una distancia según la bibliografía más adecuada de 08 cm. Entre electrodos con la finalidad de aprovechar el proceso de oxidación y reducción en menor tiempo.

Tabla 13. Dimensiones de los electrodos

Aspecto	Dimensión	Unidades
largo	10	cm.

ELECTRODOS	Ancho	10	Cm
	Espesor	0.3	Mm
	Distancia entre electrodos según el caso	1.0 y 1.6.	cm.
	Área por cara electrodo	100	Cm ²

Fuente: elaboración propia

4.5.1. Materiales de los electrodos

Los materiales que se investigaron fueron varios como hierro, aluminio, acero inoxidable cobre y otros, pero por su mayor eficiencia se utiliza el aluminio tanto como ánodo y cátodo que tiene mayor poder de remoción para aceites y grasas y solidos suspendidos teniendo en consideración que es un material de bajo costo y fácil de alcance en el mercado. Él material de aluminio es uno de los que tiene mayor uso por ser un excelente coagulante con costos bajos y disponibilidad en el mercado, muchas investigaciones indican como resultado que es un material que requiere baja tensión de voltaje que oscila entre 2 a 5 voltios, confirmado por más de 35 investigadores sobre los materiales de los electrodos donde se verifica la funcionabilidad de electrodos de aluminio.

4.6. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El proceso es una investigación explicativa y experimental, aplicación de tecnología para experimentar la causa y efecto del efluente para la solución de un problema con el fin de remover los contaminantes del agua residual del lavado de autos y disminuir el impacto ambiental que causa el agua residual generado cuando no es tratado para su disposición final adecuadamente.

4.6.1. Diseño experimental

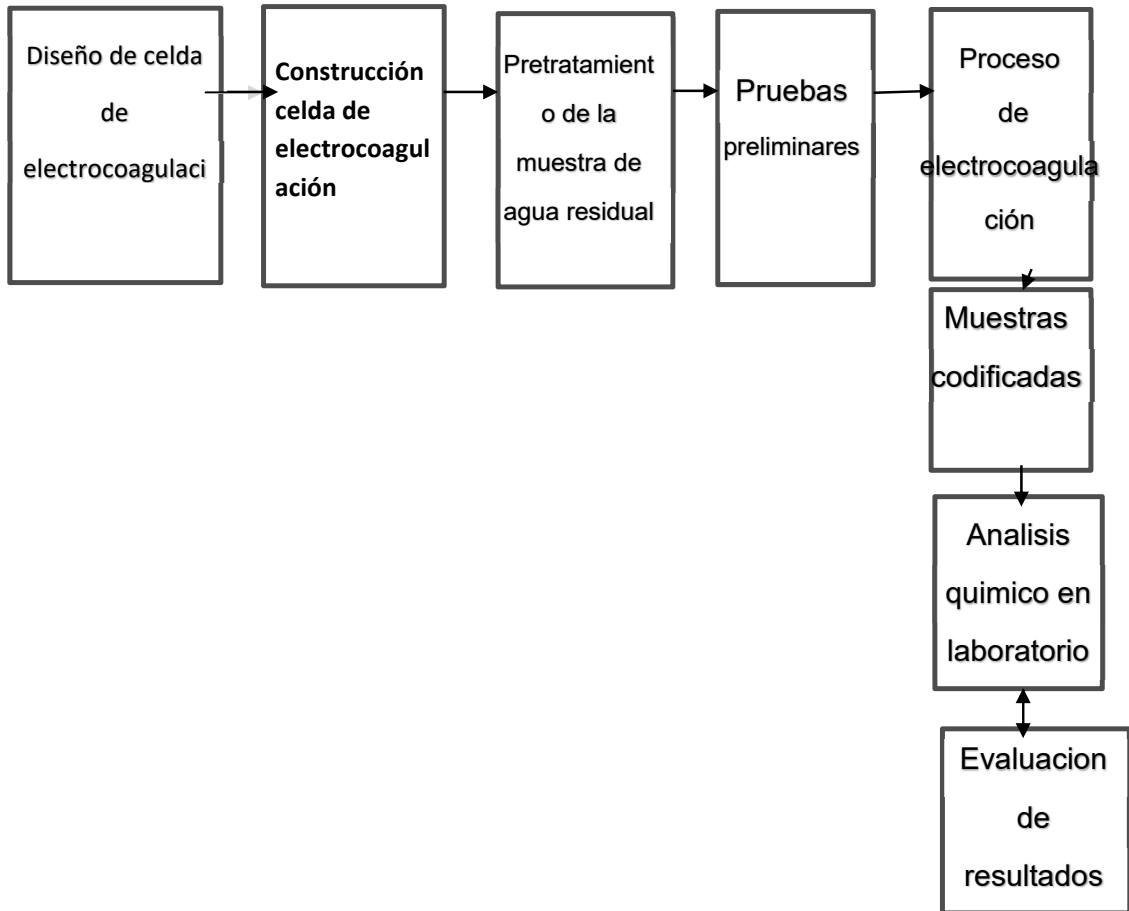


Figura 10. diagrama del proceso experimental

4.7. DISEÑO FACTORIAL

Para la evaluación se utilizará el diseño factorial 2^k en este caso con tres factores 8 tratamientos diferentes que corresponde a todas las maneras de combinaciones de dos factores con dos niveles nivel bajo y nivel alto para los tres factores a evaluar los factores son intensidad de corriente y tiempo de electrocoagulación distancia entre electrodos, tres repeticiones en el centro para remoción de contaminantes, voltaje (3 y 7) voltios distancia entre electrodos (1 y 1.6) cm y tiempo (5 y 30) minutos.

4.8. UNIDAD DE ANÁLISIS DESPUÉS DE PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN



Figura 11. Equipos de laboratorio EPIAM

Fuente: elaboración propia

4.8.1. Procedimiento de tratamiento de la muestra de agua residual producto

Se ensayaron pruebas de preliminares, posteriormente se procede a ensayar el total según diseño propuesto por StagraphyCS en un Nro. de 11 ensayos los mismos que se detallan en la implantación del proceso en el siguiente (capítulo IV) el producto obtenido se le evalúa por las variables como Fosfatos, (aceites y grasas), SST y DQO con la respectiva medición de propiedades físicas como pH. Turbidez, conductividad, SDT y Temperatura.

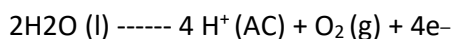
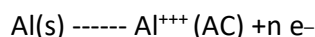
4.8.2. Caracterización de la muestra

La muestra es llevada al laboratorio de análisis con el cumplimiento de los protocolos respectivos, como es tiempo y empaque para la muestra con la finalidad de mantener su composición considerando que el agua residual contiene materiales orgánicos que podrían cambiar si no se tiene en cuenta los protocolos para este tipo de aguas residuales.

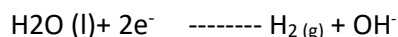
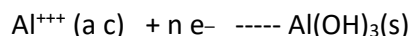
4.8.2.1. Influencia de la densidad de corriente en la desestabilización de componentes

Lo cual se lleva cabo en una celda de electroquímica utilizando electrodos de aluminio con la aplicación de una intensidad de corriente adecuada promoviendo la oxidación y reducción, con la finalidad de la separación de materiales livianos por flotación y sedimentación para materiales pesados, en una celda simple de electrocoagulación donde hay solo ánodo y cátodo las reacciones que ocurren son reacciones electroquímicas de Mollah et. (2004).

Ánodo. Reacciones de oxidación



Cátodo. Reacciones de reducción



Según expuesto por Mollah et. (2004), se considera que los procesos de electrocoagulación intervienen tres etapas, inicialmente se forma coagulante por oxidación electrolítica del metal del ánodo, luego se da la desestabilización de los contaminantes y emulsiones, finalmente se produce la formación de flósculos por agregación de partículas del contaminante o adsorción de estas en el coagulante.

4.8.2.2. Influencia del tiempo en la electrocoagulación

El proceso de electrocoagulación está determinado por el tiempo necesario para la desestabilización de los componentes del agua residual por medio de la oxidación y reducción como el proceso de sedimentación al caer las partículas al fondo del reactor como el arrastre por el hidrogeno de los materiales orgánicos hacia parte superior por flotación por medios mecánicos lo cual se lleva a cabo por sedimentación y filtración, para la eliminación de los materiales solidos floculados en el proceso de electrocoagulación con la obtención del agua en condiciones de uso.

4.8.3. Caracterización del agua producto

Se tomaron muestras con la finalidad de realizar un análisis en laboratorio, para la verificación de los componentes y realizar la comparación con la caracterización del agua residual sin tratar, y posterior al tratamiento las variables de operación y la influencia que tienen con cada uno de ellos, principalmente por, aceites y grasas, DQO, SST, Fosfatos. Con medición de parámetros como pH, conductividad, turbidez, temperatura entre otros, la comparación de resultados de CERPER y laboratorios de procesos industriales EPIAM.

4.8.4. Comprobación de la hipótesis

la contrastación de la hipótesis, con la finalidad de determinar y comprobar la influencia que tienen algunas variables en el proceso a través los experimentos que se ejecutaron para cada variable analizada como son, fosfatos, (A y G), DQO y SST. Y otros parámetros físicos de control medibles con instrumentación de laboratorio y campo los mismos que se detallan en el ítem (4.9) paso a paso para cumplimiento de objetivos.

Se realizó el análisis de los componentes de la muestra cruda antes del proceso de electrocoagulación del agua residual del lavado de autos carwahs identificándose componentes tal como se verifica en las tablas Nro. (14-15-16 y 17). Se determinó la influencia de la intensidad de corriente para la desestabilización de componentes al realizar las pruebas experimentales en el proceso de electrocoagulación del agua residual.

Se determinó el tiempo necesario para la desestabilización de componentes en el proceso de electrocoagulación conjuntamente con la distancia de electrodos que tiene mayor significancia según programa Statigrhapics aplicado para evaluación de resultados donde se evidencia como el mejor experimento con 5 voltios de intensidad de corriente, tiempo de 17.5 minutos y distancia entre electrodos de 1.3 cm. Para cada parámetro evaluado, (AyG), Fosfatos, (SST) y (DQO).

4.8.5. Influencia de la distancia entre electrodos

Los resultados se evaluaron por método estadístico mediante la ilustración de gráficas y diagramas representando en histogramas comparando cada una de la variable interviniente para determinar la variable de mayor importancia en el proceso y que tenga mejores resultados para su aplicación para la obtención de agua con calidad de rehusó observándose que el parámetro de mayor importancia es la distancia entre electrodos por considerarse que es el espacio donde se lleva a cabo la desestabilización de componentes por oxidación y reducción resultados en la gráfica Nro.19.

4.9. EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES

4.9.1. Determinación del aceites y grasas (A y G) por método de extracción con hexano

Según el protocolo para monitoreo de efluentes y cuerpo marino receptor del 2002 publicado el diario el peruano, se consideraron una muestra de 500 ml en envase de vidrio ámbar preservada con 2.5 ml. De ácido clorhídrico y 1.1 ml de ácido sulfúrico y refrigerada para su posterior análisis, por método **Extracción Soxlhet** Se utilizaron 12 peras de extracción 11 para muestras y un blanco con muestras de agua residual de 250 ml. Y hexano extractaste de 30 ml ,20 ml y 10 ml en tres etapas luego se filtró.



Figura 12. Proceso de determinación de (A y G)

Fuente: elaboración propia

Tabla 14. ANOVA para aceites y grasas (A y G)

Analysis of Variance for Reduccion de Aceites y grasas					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A:Densidad de corriente	0.02	1	0.02	0.37	0.6026
B:tiempo	9.90125	1	9.90125	185.65	0.0053
C:Distancia entre electrodos	13.005	1	13.005	243.84	0.0041
AB	0.03125	1	0.03125	0.59	0.5240
AC	0.02	1	0.02	0.37	0.6026
BC	12.2513	1	12.2513	229.71	0.0043
ABC	0.01125	1	0.01125	0.21	0.6911
Lack-of-fit	3.18561	1	3.18561	59.73	0.0163
Pure error	0.106667	2	0.0533333		
Total (corr.)	38.5323	10			

Fuente: resultados de programa statgraphisc

la tabla de análisis de varianza para aceites y grasas se observa que la variable de significancia es la distancia entre electrodos un (p) valor de (0.0043). y como segunda variable el tiempo.

4.9.2. Determinación fosfatos

Según el protocolo para monitoreo de efluentes y cuerpo marino receptor del 2002 publicado el diario el peruano se utilizó el método de espectrofotométrico para el análisis se consideraron muestra de agua de 100 ml el mismo que guarda durante 72 según protocolo determinó por método de absorción con

permanganato de potasio por titulación y finalmente con lecturas en el equipo de absorción atómica absorbancia resultados en tabla Nro.40.

Tabla15. ANOVA para resultados de fosfatos

Analysis of Variance for Reduccion de fosfatos					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A Densidad de corriente	0.00125	1	0.00125	234.38	0.0042
B Tiempo	0.002312	1	0.002312	433.50	0.0023
C Distancia entre electrodos	0.0022445	1	0.0022445	420.84	0.0024
AB	0.000288	1	0.000288	54.00	0.0180
AC	0.0012005	1	0.0012005	225.09	0.0044
BC	0.0021125	1	0.0021125	396.09	0.0025
ABC	0.0003645	1	0.0003645	68.34	0.0143
Lack-of-fit	0.000437879	1	0.000437879	82.10	0.0120
Pure error	0.0000106667	2	0.00000533333		
Total (corr.)	0.0102205	10			

Fuente: resultados de programa statgraphisc

Tabla de análisis de varianza para la remoción de fosfatos de las variables estudiadas la de mayor significancia es la de distancia entre electrodos con un (p) valor de (0.0024). seguida del tiempo.

4.9.3. Determinación de solidos totales suspendido (SST)

Según el protocolo para monitoreo de efluentes y cuerpo marino receptor del 2002 publicado el diario el peruano se determinó por filtración al vacío utilizando filtro de fibra de vidrio con sucesivas lavadas se lleva a la placa Petri correspondiente y luego secadas en estufa mínimo 1 hora y pesadas según protocolo.



Figura 13. Proceso de filtrado al vacío para determinar SST

Fuente: elaboración propia

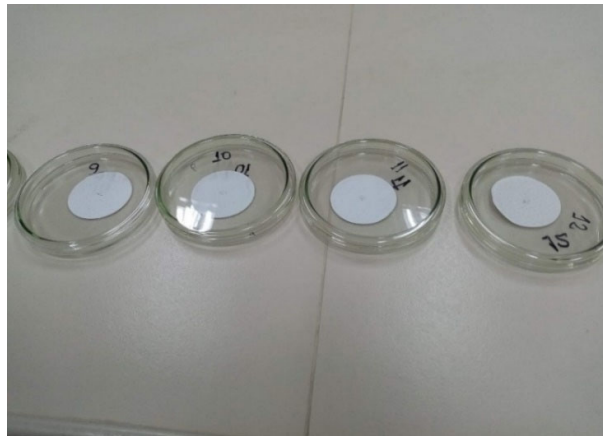


Figura 14. Placas Petri para secado de filtro (SST)

Fuente: elaboración propia

Tabla 16. ANOVA de resultados de (SST)

Analysis of Variance for SST					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A.Densidad de corriente	78.7512	1	78.7512	14.56	0.0623
B.Tiempo	177.661	1	177.661	32.84	0.0291
C.Distance entre electrodos	617.761	1	617.761	114.19	0.0086
AB	7.03125	1	7.03125	1.30	0.3724
AC	145.351	1	145.351	26.87	0.0353
BC	117.811	1	117.811	21.78	0.0430
ABC	19.5312	1	19.5312	3.61	0.1978
Lack-of-fit	60.4231	1	60.4231	11.17	0.0791
Pure error	10.82	2	5.41		
Total (corr.)	1235.14	10			

Fuente: resultados de programa statgraphisc.

Tabla representa el análisis de varianza para los sólidos suspendidos de las variables estudiadas el que tiene mayor significancia es el de distancia entre electrodos en la remoción de solidos suspendidos con (p) valor de (0.0086) y como segunda variable el tiempo.

4.9.4. Determinación de la materia orgánica (DQO)

Según reglamento técnico sanitaria española para abastecimiento y control de calidad de aguas se trata con un reactivo oxidante el permanganato de potasio en la oxidación producida de reactivo del cual mediante cálculo se deduce la cantidad de materia orgánica en el agua analizada como mg O₂ /l disuelto. Se determinó como miligramos de oxígeno por litro o equivalente de oxígeno por litro de agua contaminada en el lavado de autos por titulación resultados tablas.

Tabla 17. ANOVA para resultados de (DQO) en agua residual

Analysis of Variance for remocion de materia organica DQO					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A:densidad de coriente	4.35125	1	4.35125	4.30	0.1737
B:Tiempo	63.2812	1	63.2812	62.61	0.0156
C:distancia entre electrodos	139.612	1	139.612	138.12	0.0072
AB	4.77405	1	4.77405	4.72	0.1618
AC	110.261	1	110.261	109.08	0.0090
BC	14.3112	1	14.3112	14.16	0.0639
ABC	25.9921	1	25.9921	25.71	0.0368
Lack-of-fit	0.529214	1	0.529214	0.52	0.5445
Pure error	2.0216	2	1.0108		
Total (corr.)	365.134	10			

Fuente: resultados de programa statgraphisc

Tabla de análisis de varianza para la remoción de DQO de las variables estudiadas se observa el de mayor significancia la variable distancia entre electrodo con un (p)valor de (0.0072), variable de mayor significancia, seguidamente el tiempo

4.9.5. Determinación de parámetros físicos

Para la evaluación de los parámetros físicos se utilizó equipos termómetro digital para medir la temperatura, multi parámetro para pH, turbidez, conductividad, para el pesaje se utilizó balanza analítica para solidos suspendidos con cuatro dígitos y otra balanza de tres dígitos para el control de peso de los electrodos,

así como también se utilizó material de vidrio tal como aparece en las evidencias imágenes de equipos.

Tabla 18. Resultados de las mediciones de parámetros físicos de muestra de agua

Nº MUESTRA	PH	Conductividad (uS/cm)	STD (mg/L)	Turbidez (NTU)	% REDUCCION TURBIDEZ
1	6.56	1234	615	83.80	
2	7.11	1333	660	17.10	79.59
3	7.47	1325	659	3.09	96.31
4	7.23	1312	653	3.04	96.37
5	7.20	1326	654	3.34	96.01
6	7.31	1316	653	2.31	97.24
7	7.91	1282	634	1.79	97.86
8	7.89	1274	631	1.55	98.15
9	8.24	1180	584	1.16	98.62
10	8.05	1214	602	1.30	98.45
11	8.23	1188	588	1.61	98.08
12	8.33	1224	607	3.22	96.16

Fuente: Tabla de resultados de medición de parámetro físicos en el proceso de tratamiento de aguas del lavado de autos.

CAPÍTULO V

IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DEL MÉTODO PROPUESTO

5.1. MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN

Esta técnica consistió en introducir corriente eléctrica en el agua residual a través de placas metálicas, colocados en paralelo de material aluminio, la corriente eléctrica proporciona la fuerza electromotriz que provoca las reacciones químicas de desestabilización, a los contaminantes presentes el medio acuoso formando agregados, produciendo partículas sólidas que son menos coloidales y menos emulsificador, cuando esto se presenta los componentes hidrofóbicos flotan y los componentes hidrófilos precipitan, ocurre la sedimentación y formación de lodos, y la flotación por formación de espumas o llamado flotación o decantación por (Mollah,et.2000),proceso en cual ocurrió la generación del coagulante en situ por disolución de iones de aluminio en el ánodo proceso de oxidación y liberación de iones hidrogeno gaseoso en forma de burbujas en el cátodo de aluminio que permite la desestabilización de componentes de la solución acuosa del a agua residual en estudio.

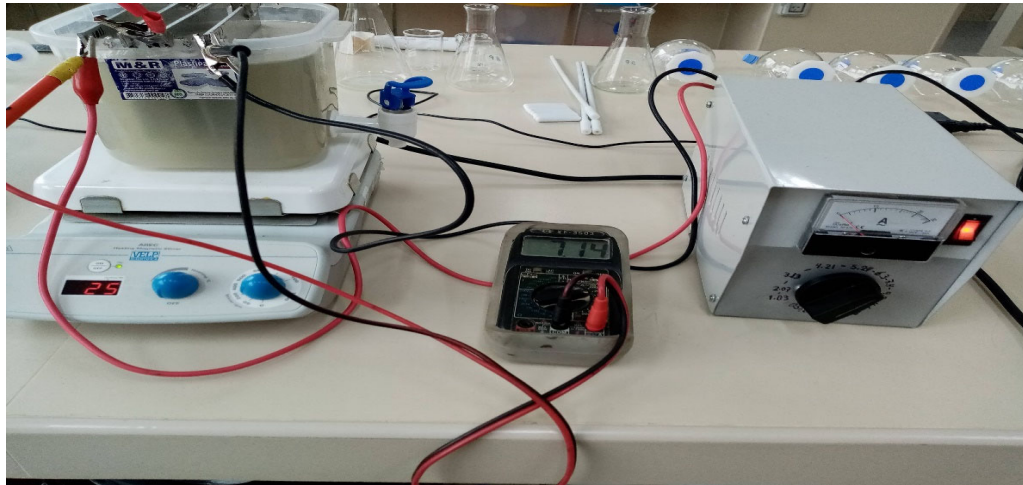


Figura 15. Proceso electrocoagulación

Fuente. Elaboración propia.

5.2. VARIABLES DE ESTUDIO

La investigación de tipo experimental con tres factores, densidad de corriente, tiempo de electrocoagulación y distancia entre electrodo.

Tabla 19. Variable dependiente

Factor	Unidad de medida
Remoción de contaminantes	%

Fuente: elaboración propia

Tabla 20. Variables independientes

Factores de evaluación, nivel menor y mayor	Niveles según programa Statgraphics
Densidades corrientes entre (3 y 7) voltios	(3- 5- 7) (voltios)
Tiempos entre (5 y 30) minutos	(5-17.5- 30) (minutos)
Distancia entre electrodos entre (1 y 1.6) cm.	(1-1.3 - 1.6) (cm.)

Fuente: Elaboración propia

5.2.1. Diseño de tratamientos

El tratamiento a realizarse se considera de acuerdo al número de factores que participan empleando el sistema estadístico Statgraphics con un total de 11 ensayos bajo diferentes condiciones.

Tabla 21. De diseño de tratamientos

Nro. Ensayo	Densidad de corriente (voltios)	Tiempo (minutos)	Distancia entre electrodos (cm.)
1	5	17.5	1.3
2	3	5	1.0
3	7	5	1.0
4	3	5	1.6
5	7	5	1.6
6	5	17.5	1.3
7	3	30	1.0
8	7	30	1.0
9	3	30	1.6
10	7	30	1.6
11	5	17.5	1.3

Fuente: elaboración propia

Total, de pruebas experimentales 08 con tres repeticiones en el centro un total de 11 experimentos (ensayos). El procedimiento experimental se realiza de acuerdo a lo propuesto en el punto de diseño experimental (4.7).

Descripción del método

5.2.2. Selección de electrodos

Se considera para este caso láminas de aluminio identificado con norma (NTP) 342.410:1981 (revisada el 2016) aluminio y sus aleaciones. Productos laminados planos. Tolerancias dimensionales, La Edición Reemplaza a la (NTP) 342.410:1981 (revisada el 2011), los mismo son cortados en función de las dimensiones de la celda de electrocoagulación considerando el nivel solución a la cual será sumergido previamente será decapado en una solución de ácido sulfúrico con una concentración muy baja para la eliminación de agentes como grasa y aceites el total de electrodos que considera es de 04 unidades distribuidos en forma paralela de acuerdo al diseño.

5.2.3. Implementación de la celda de electrocoagulación

Se considera de material plástico tal como especifica en el diseño de celda punto Nro. Considerando las tres zonas de zona de desestabilización, zona de sedimentación de lodos y zona de flotación de materiales livianos, el volumen total de la celda es de distribuidos.

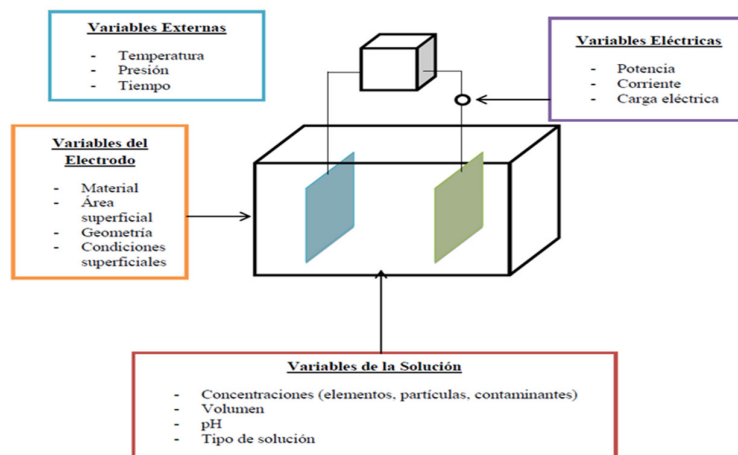


Figura 16. proceso de electrocoagulación

Tabla 22. Condiciones de operación de la celda

Rubro	Unidades
Muestra de agua residual	Litros
Volumen de la celda	cm ³

Densidad de corriente

Voltios

Tiempo de operación proceso

Minutos

Tipo de operación

Bach

Fuente: elaboración propia

5.3. PRETRATAMIENTO DE LA MUESTRA DE AGUA

Previo a la implementación del proceso se realizó un pre tratamiento de la muestra de agua con medición de los parámetros físicos con instrumentos que cuenta el laboratorio y preparación de la muestra de agua con los métodos físicos como tamizado y desarenado para la eliminación de solidos componentes de materia orgánica de tamaños mayores, considerando que el proceso de electrocoagulación es para eliminar aceites y grasas, SST disueltos, DQO y emulsiones.



Figura 17. Equipo multi parámetro y medidor de pH

Fuente: elaboración propia

5.4. PRUEBA PRELIMINAR DE EXPERIMENTACIÓN

Se realiza en vacío con la finalidad comprobar todas las conexiones y distribución de electrodos, conexiones a la fuente generadora, distancias entre electrodos, solución adecuada, nivel de solución en celda electroquímica, área expuesta de los electrodos a la solución, en ellos electrodos sistema de agitación, tipo de corriente y medición de pH.

5.4.1. Proceso de electrocoagulación

Presentación de proceso y medición de datos adicionales como temperatura de inicio, conductibilidad, pH turbidez entre otros con la finalidad de poder ser controlados en al proceso.

5.4.2. Prueba experimental Nro. 01

La condición de operación de esta prueba se lleva a cabo en el laboratorio de procesos industriales de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental EPIAM de la UNAM sede ILO.

Tabla 23. Ensayo del primer experimento

Densidad de corriente (V)	Distancia entre electrodos cm	Tiempo Minutos	pH	Agitación rpm.	Temperatura °C
5	1.3	17.5	8.13	200	25

Fuente: elaboración propia

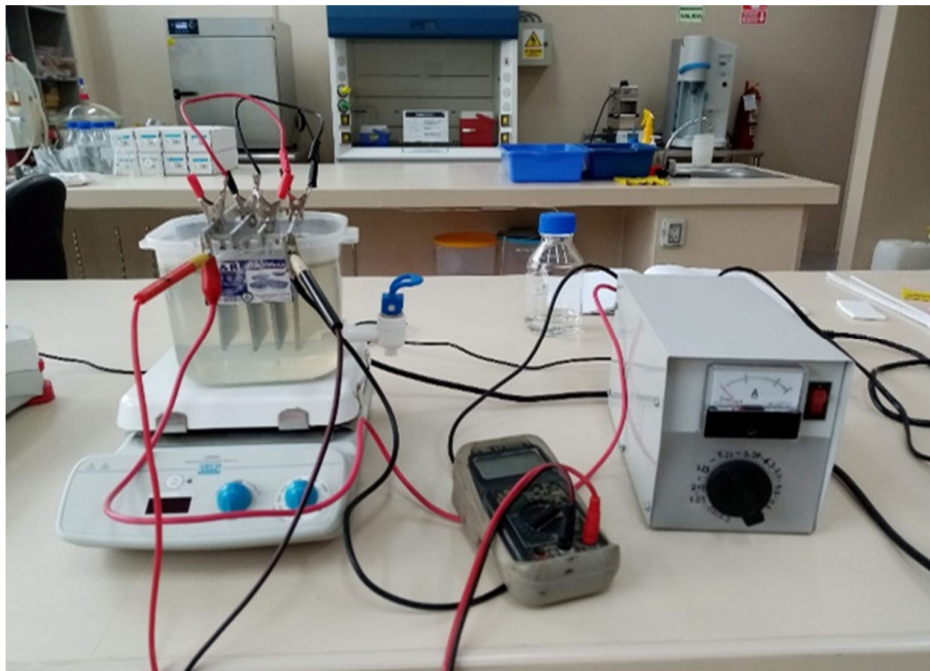


Figura 18. Primer experimento

Fuente: elaboración propia

5.4.3. Prueba experimental Nro.02

Condiciones de operación del proceso de electrocoagulación en los laboratorios EPIAM.

Tabla 24. Segundo experimento

Densidad de corriente (V)	Distancia entre electrodos cm	Tiempo Minutos	pH	Agitación rpm.	Temperatura °C
3	1.0	5	7.47	200	25

Fuente: elaboración propia



Figura 19. Segundo experimento

Fuente: elaboración propia

5.4.4. Prueba experimental Nro. 03

Condiciones de operación del proceso de electrocoagulación, en laboratorios EPIAM.

Tabla 25. Tercer experimento

Densidad de corriente	Distancia entre electrodos	Tiempo	pH	Agitación rpm.	Temperatura
-----------------------	----------------------------	--------	----	----------------	-------------

corriente (V)	electrodos cm	Minutos			°C
7	1.0	5	7.5	200	25

Fuente: elaboración propia



Figura 20. Tercer experimento

Fuente: elaboración propia

5.4.5. Prueba experimental Nro. 04

Condiciones de operación del proceso de electrocoagulación laboratorios EPIAM.

Tabla 26. Cuarto experimento

Densidad de corriente (V)	Distancia entre electrodos cm	Tiempo Minutos	pH	Agitación rpm.	Temperatura °C
3	1.6	5	7.53	200	25

Fuente: elaboracion propia

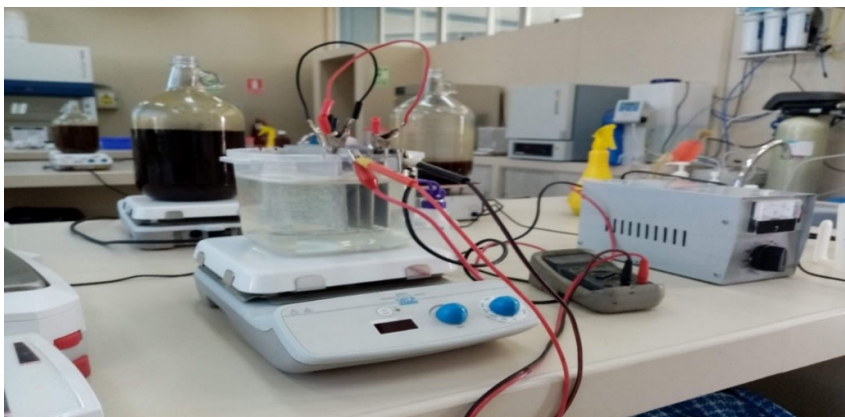


Figura 21. Cuarto experimento

Fuente : elaboracion propia.

5.4.6. Prueba experimental Nro.05

Condiciones de operación del proceso de electrocoagulación laboratorio EPIAM.

Tabla 27. Quinto experimento

Densidad de corriente (V)	Distancia entre electrodos cm	Tiempo Minutos	pH	Agitación rpm.	Temperatura °C
3	1.6	5	7.4	200	25

Fuente: elaboración propia

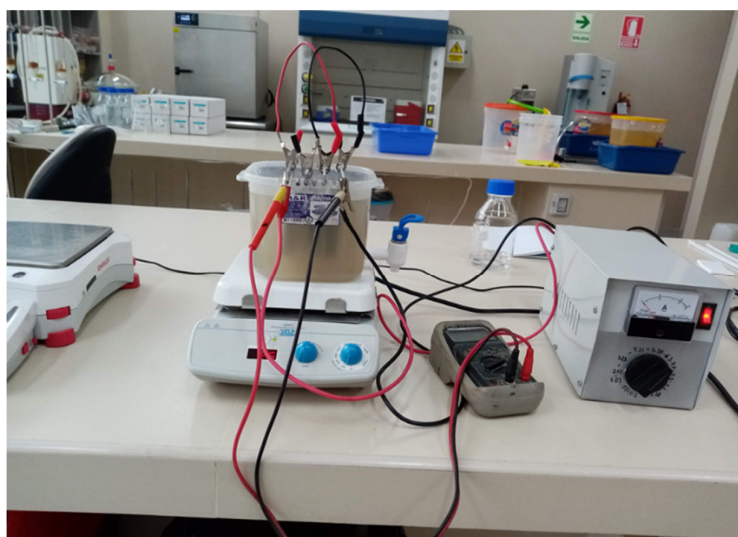


Figura 22. Quinto experimento

Fuente: elaboración propia

5.4.7. Prueba experimental Nro. 06

Condiciones de operación del proceso de electrocoagulación laboratorios EPIAM.

Tabla 28. Sexto experimento

Densidad de corriente (V)	Distancia entre electrodos cm	Tiempo Minutos	pH	Agitación rpm.	Temperatura °C
5	1.3	17.5	7.41	200	25

Fuente: elaboración propia



Figura 29. Sexto experimento

Fuente: elaboración propia

5.4.8. Prueba experimental Nro.07

Condiciones de operación del proceso de electrocoagulación laboratorios EPIAM.

Tabla 29. Séptimo experimento

Densidad de corriente (V)	Distancia entre electrodos cm	Tiempo Minutos	pH	Agitación rpm.	Temperatura °C
3	1.0	30	7.74	200	25

Fuente: elaboración propia



Figura 30. Séptimo experimento

Fuente: elaboración propia

5.4.9. Prueba experimental Nro.08

Condiciones de operación del proceso de electrocoagulación laboratorios EPIAM.

Tabla 30. Octavo experimento

densidad de corriente (V)	Distancia entre electrodos cm	Tiempo Minutos	pH	Agitación rpm.	Temperatura °C
7	1.0	30	7.41	200	25

Fuente: elaboración propia.

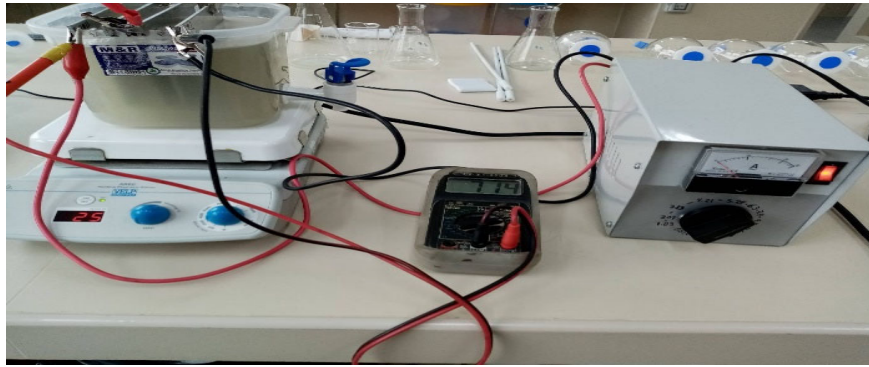


Figura 31. Octavo experimento

Fuente: elaboración propia

5.4.10. Prueba experimental Nro.09

Condiciones de operación del proceso de electrocoagulación laboratorios EPIAM.

Tabla 31. Noveno experimento

Densidad de corriente (V)	Distancia entre electrodos cm	Tiempo Minutos	pH	Agitación rpm.	Temperatura °C
3	1.6	30	7.84	200	25

Fuente: elaboración propia



Figura 32. Noveno experimento

Fuente: elaboración propia

5.4.11. Prueba experimental Nro. 10

Condiciones de operación del proceso de electrocoagulación en laboratorios EPIAM.

Tabla 32. Decimo experimento

Densidad de corriente (V)	Distancia entre electrodos cm	Tiempo Minutos	pH	Agitación rpm.	Temperatura °C
7	1.6	30	7.48	200	25

Fuente: elaboracio propia

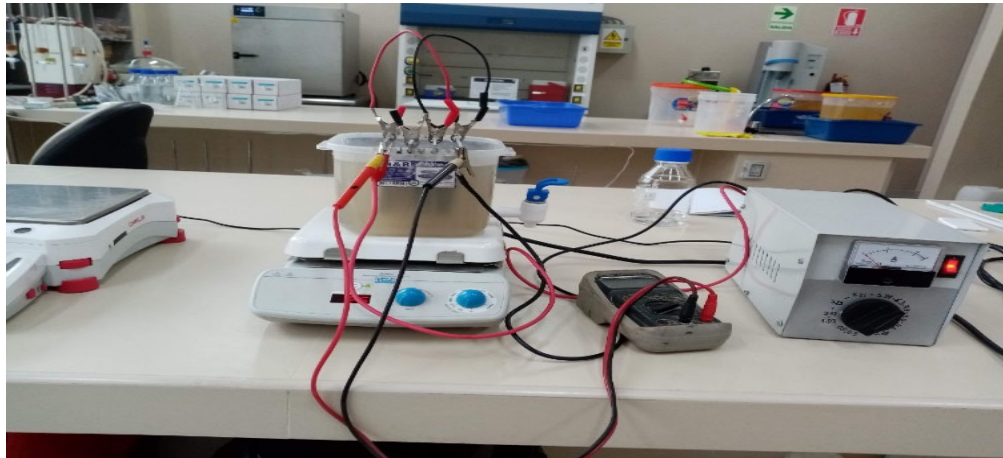


Figura 33. Decimo experimento

5.4.12. Prueba experimental Nro. 11

Condiciones de operación del proceso de electrocoagulación en laboratorios EPIAM.

Tabla 33. Onceavo experimento

Densidad de corriente (V)	Distancia entre electrodos cm	Tiempo Minutos	pH	Agitación rpm.	Temperatura °C
5	1.3	17.5	7.95	200	25

Fuente: elaboración propia

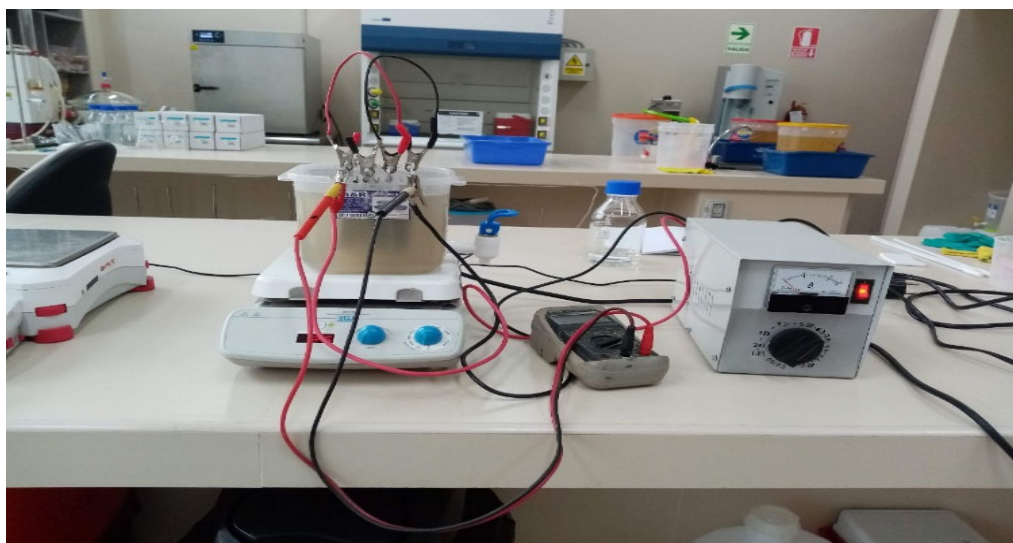


Figura 34. Onceavo experimento

Fuente: elaboración propia

5.5. RESULTADOS POR TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

En cada tipo de prueba según el diseño las muestras fueron tomadas y codificadas y almacenadas según la norma para luego ser llevados al laboratorio de análisis conforme a los protocolos establecidos para sus respectivos análisis por los métodos correspondientes parte al laboratorio CERPER sede en la ciudad de Arequipa para su análisis correspondientes y paralelo se lleva a cabo en los laboratorios de la EPIAM, en cuanto a los parámetros físicos y químicos

como la determinación de aceites y grasas , solidos suspendidos totales , demanda química DQO y Fosfatos general en cuanto a componentes específicamente laboratorios de procesos industriales y laboratorio de aguas los mismos que presenta en tablas según priorización de componentes.

5.6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Las muestras de agua de cada proceso fueron distribuidas en cantidades de litro tanto para análisis en los laboratorios de CERPER y EPIAM –UNAM



Figura 35. Resultados de producto de proceso de electrocoagulación

Fuente: elaboración propia

5.7. CUADRO DE RESULTADOS ANTES Y DESPUÉS DEL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN

Tabla 34. Comparación de resultados antes y después de proceso

comparacion de los resultados un antes y un despues					
Antes del proceso			despues del proceso		
Paramtro	valor	Unidades	Parametro	valor	Unidades
fosfatos	2.33	mg/l	Fosfato	0.023	mg/l
AyG	74	mg/l	AyG	1.8	mg/l
DQO	2490	mg/l	DQO	99.6	mg/l
SST	3240	mg/l	SST	11.5	mg/l
Turbidez	1900	NTU	Turbidez	12.5	NTU
C.E.	0.962	mS/cm	C.E.	1282	uS/cm
Temperatura	18.8	°C	Temp	25	°C
pH	7.45	phmetro	pH	7.41	phmetro

CAPÍTULO VI

EVALUACIÓN DE RESULTADOS

6.1. EVALUACIÓN DE RESULTADOS DEL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN

El proceso de electrocoagulación (EC) aplicado con un análisis de componentes, un antes y un después de tratamiento del agua residual para evaluar la variación en la remoción de contaminantes, como aceites y grasa (A y G), Demanda química de oxígeno (DQO), como mgO_2/l , fosfatos y sólidos suspendidos totales (SST), y el control de parámetros físicos. Así mismo se evaluó el comportamiento de las variables como densidad de corriente, tiempo de desestabilización de componentes en el proceso por (EC) y la distancia entre electrodos, en cual para determinar la remoción de contaminantes se aplicó a los resultados la siguiente relación.

$$\% R = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100 \quad (6)$$

C_0 = Concentración de contaminante de muestra cruda sin tratar

C = Concentración del contaminante después del tratamiento

6.2. EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN ANTES Y DESPUÉS

Los parámetros de control medidos después del proceso de electrocoagulación mediante instrumentos como phmetro digital, multi parámetro los mismo que se detallan como valores para las 11 muestras tratadas y la muestra cruda sin tratar antes del proceso, realizado en los laboratorios de procesos industriales de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental de la UNAM.

Tabla 35. Características muestra cruda

caracterización de muestra sin tratar		
Parametro	valor	Unidad
Fosfatos	2.33	mg/l
A y G	74	mg/l
DQO	2490	mg/l
SST	3240	mg/l
Turbidez	1900	NTU
CE	0.962	mS/cm
Tem.	18.8	°C
pH	7.45	phmetro

Fuente: elaboración propia

Tabla 36. de muestra con tratamiento por los 11 ensayos

Nº MUESTRA	PH	Conductividad (uS/cm)	STD (mg/L)	Turbidez (NTU)	% REDUCCION TURBIDEZ
1	6.56	1234	615	83.80	
2	7.11	1333	660	17.10	79.59
3	7.47	1325	659	3.09	96.31
4	7.23	1312	653	3.04	96.37
5	7.20	1326	654	3.34	96.01
6	7.31	1316	653	2.31	97.24
7	7.91	1282	634	1.79	97.86
8	7.89	1274	631	1.55	98.15
9	8.24	1180	584	1.16	98.62
10	8.05	1214	602	1.30	98.45
11	8.23	1188	588	1.61	98.08
12	8.33	1224	607	3.22	96.16

Fuente: elaboración propia

6.2.1. Intensidad de corriente

La intensidad de corriente alimenta al sistema de proceso por electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales del lavado de autos se realizó en tres niveles según diseño (3- 5 y 7) voltios considerándose según diseño el valor que mejor eficiencia de remoción es de 5 voltios en un tiempo de 17.5 minutos a una distancia de 1.3 cm, de distancia entre electrodos eso nos evidencia que mientras menos espacio entre electrodos más posibilidad de desestabilización de componentes del agua residual para la formación de sedimentos y espumas de flotación tal como muestra en tabla de anexos.

6.2.2. Tiempo de operación

El tiempo es una variable muy importante debido a que permite optimizar el proceso y ahorro de energía lo cual depende de la distancia entre electrodos tal como se puede verificar en las evaluaciones que cuanto menor distancia más rápido se realiza el proceso de oxidación y reducción el mismo que se ensayó con tres tiempos según diseño experimental y se verificó que el experimento Nro.06 fue con mejores resultados los tiempos evaluados fueron (5 -17.5 y 30) minutos el mejor es de 17.5 minutos pero con menos consumo de energía solo 3 voltios

6.3. EVALUACIÓN DE LOS FACTORES INTERVINIENTES EL EN PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN

6.3.1. pH

El parámetro pH no vario mucho se mantiene en un rango de 6.5 y 8.5 por que probablemente que no se adiciona insumos químicos el pH más cuanto más se acerca al neutro la operación es más eficiente.

6.3.2. Temperatura

La temperatura tiene ligera influencia en el proceso por cuanto tiende subir por la incidencia de la corriente eléctrica, pero en niveles muy bajos tal como se muestra en las tablas

6.3.3. Distancia entre electrodos

Es parámetro de mayor interés por cuanto resulta siendo el más importante ya se relacionan todos los demás parámetros permite que el proceso puede acelerar cuando esta distancia es menor la desestabilización de componentes es mucho más rápido porque el espacio que recorren los electrones es corto provocando la oxidación en ánodo y reducción en cátodo.

6.4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS CONSIDERANDO LOS PARÁMETROS ESTUDIADOS SEGÚN OBJETIVOS

6.4.1. Relación de la distancia entre electrodos y los parámetros fosfato, (A y G), (SST) y (DQO).

La relación de la distancia entre electrodos y el componente fosfato para el tratamiento del agua residual se ha considerado, distancias entre (1-1.3 y 1.6) cm. haciendo un análisis de resultados de las gráficas mostradas podemos verificar que cuando la distancia es de 1.3 cm ,hay mayor probabilidad de la remoción de fosfatos identificamos concentraciones de (0.019-0.023 y 0.019) mg/l con estas concentraciones se logra eficiencias de remoción de (99.18%,99.0 % y99.18%) comparado con los resultados del programa Statgraphis también están por encima de 90% de eficiencia de remoción lo cual demuestra que la distancia entre electrodos es significativa para la remoción de fosfatos. Se verifica en la tabla Nro.40.

Respecto al análisis de resultados de la distancia entre electrodos y aceites y grasas (A y G), también influye cuando la distancia es de 1.3 cm. que podemos verificar en la gráfica y las concentraciones en la tabla para este caso se tiene concentraciones de (2.2 – 1.8 y 2.2) mg/l con porcentajes de eficiencia de remoción de (99.18%,99.01% y 97.02%) resultados que también comparado con los del programa son importantes para el caso de aceites y grasas.

Distancia entre electrodos y la demanda química de oxígeno (DQO) el cual según las gráficas podemos verificar que la distancia entre electrodos también tiene influencia, para el valor de 1.3 cm. cuyos resultados de concentración son (15.84 – 99.6 y 16.5) mg/l comparado con los otros que sobrepasan los 300 mg/l la

distancia más adecuada es de 1.3 cm. Y con tiempo menor de remoción, pero con porcentajes de remoción de (99.36%,99.35% y 96.6. %)

La evaluación de la distancia entre electrodos y los sólidos suspendidos (SST) después de la verificación de la tabla y la gráfica se puede determinar que la distancia de mayor interés es el de 1.3 cm entre electrodos cuyas concentraciones demuestran (9.8 - 14.4 y 11.5) mg/l con porcentajes de remoción de (99.69%, 99.55% y 99.64%).

6.4.2. Relación de la intensidad de corriente – fosfatos, (A y G), (SST) y (DQO)

EL análisis para el parámetro intensidad de corriente con la remoción de fosfatos que según el diseño experimental se propuso de (3 – 5 y 7) voltios relacionados con la remoción de fosfatos se verifica que la variable intensidad de corriente de mayor interés es de 5 voltios con una distancia entre electrodos de 1.3 cm. lo cual demuestra de la significancia de esta variable de interés.

La relación de la intensidad de corriente con el componente (A y G) según un análisis de resultados podemos verificar que de los tres valores propuestos según diseño el valor de 5 voltios tiene mejor resultado y con concentraciones siguientes (2.2-1.8 y 2.2) mg/l con porcentajes de remoción de (97.02%,97.56% y97,02%) lo cual demuestra que la intensidad de corriente influye en un término medio y en tiempo moderado menor al máximo de 17.5 minutos.

La relación de la intensidad de corriente, y los sólidos suspendidos totales SST según tabla de resultados y grafica de los mismos demuestra que de los valores propuestos la mayor incidencia y con resultados consecutivos el de 5 voltios cuyas concentraciones presentes es de (9.8-14.4 y 11.5) mg/l cuyos porcentajes de remoción es de (99,69%,97.55 %y 99.64%) con relación al tiempo es también menor al máximo propuesto.

Relación de intensidad de corriente con la demanda química de oxígeno (DQO) según los valores propuestos de intensidad de (3 - 5 y 7) voltios la intensidad de mayor incidencia seria 5 voltios al considerase valores de mayor representatividad de resultado y con concentraciones de (15.84-99.6 y 16,6) mg/l y cuyos porcentajes de remoción son (99.36%,96.0% y 99.35%) también se

puede verificar que tiempo es menor con mejores porcentajes de remoción.
Gráficas en anexos

6.4.3. Relación entre tiempo y los parámetros fosfatos, (A y G), (SST) y (DQO)

La relación de parámetro tiempo en los resultados obtenidos con los componentes del agua residual producto del proceso de electrocoagulación.

Donde la relación tiempo - fosfatos según la tabla de resultados y la gráfica correspondiente considerando que el tiempo según diseño se consideró como (5- 17.5 y 30) minutos, según el análisis de resultados se puede verificar que en un tiempo de 17.5 minutos presenta las siguientes concentraciones de (0.019- 0.023 y 0.019) mg/l los mismos que presentan porcentajes de remoción de (99.18%,99.01% y 99.02) por tanto los fosfatos son removidos con mayor eficiencia en este nivel de tiempo.

Relación tiempo y (A y G) como componente principal del efluente tratado por método de electrocoagulación, según el diseño experimental propuesto los resultados en tablas, y las gráficas correspondientes, se puede evaluar que el tiempo de mayor incidencia es de 17.5 minutos de los tres que se propuso por diseño experimental con concentraciones de (2.2.- 1.8 y 2.2) mg/l cuyos porcentajes de remoción son (97.02% ,97.57% y 97.02%), se puede evidenciar que los tiempos son importantes para la remoción de (A y G) con mayor eficiencia.

Relación del tiempo – los sólidos suspendidos totales (SST) de acuerdo a lo propuesto según diseño el componente del agua residual como solido suspendidos totales según tabla de datos y grafica correspondiente se tiene el mejor tiempo de 17.5 minutos con concentración de los componentes de (9.8 – 14.4 y 11.5) mg/l con porcentajes de remoción de (99.69%,99.55% y 99.64%) se puede evidenciar en los resultados que es el tiempo más óptimo en la remoción de solidos suspendidos totales.

Relación del tiempo y el componente de demanda química de oxígeno (DQO) o materia orgánica presente en el agua residual se verifica que este componente requiere un tiempo más adecuado para su remoción es de 17.5 minutos con

concentraciones de (15.84-99.6 y 16.5) mg/l cuyos porcentajes de remoción son (99.36%, 96% y 93.35%) por lo tanto se puede concluir que los compuestos orgánicos pueden ser descompuestos en tiempos cortos pero la distancia entre electrodos también tiene influencia con las tres variables estudiadas según la significancia demostrada en el programa statigrhpics.

6.5. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS

Los parámetros físicos fueron evaluados en el laboratorio de procesos industriales de EPIAM –UNAM por considerarse que fue donde se llevaron los análisis de los 4 componentes como aceites y grasas (A y G), sólidos suspendidos totales (SST), Fosfatos y demanda química de oxígeno (DQO) considerando que son los que requieren análisis, los mismos que también fueron analizados por la certificadora, para la muestra cruda laboratorios Analíticos del Sur (LAS) y para producto la certificadora CERPER de la ciudad de Arequipa.

Dentro del análisis de los resultados de medición de los parámetros de control se puede verificar, tanto en la tabla Nro. 38. como la gráfica Nro.6 En anexos que evidencia un comportamiento sin mucha alteración en los resultados podemos verificar que son casi horizontal también se realiza un análisis por comparación entre estos valores, para una interpretación los resultados donde se verifica que la densidad se mantiene próximo a la neutralidad.

6.6. EVALUACIÓN DE REMOCIÓN DE FOSFATOS

De acuerdo a los ensayos que ejecutaron en el laboratorio y llevados a un análisis de resultados a la certificadora CERPER y laboratorio de procesos industriales de la EPIAM, el proceso de análisis se llevó a cabo de acuerdo a protocolo que se verifica en anexo, el equipo empleado fue de absorción atómica por absorbancia se tiene los resultados con remociones entre 94 y 99 % considerando ambos análisis y tal como muestra la gráfica que el porcentaje de remoción es bastante importante porque el proceso también importante en los 11 tratamientos realizados

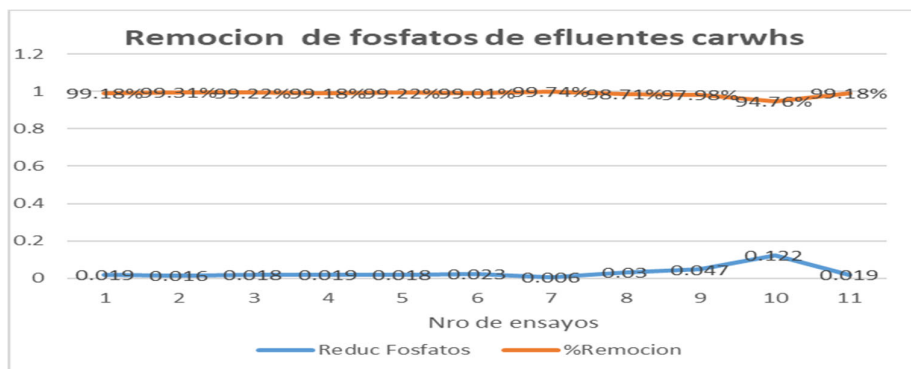


Figura 36. Remoción de fosfatos y % de remoción

Fuente: elaboracion propia

La grafica representa el porcentaje de remoción de fosfatos línea naranja y la línea azul las concentraciones de fosfato en cada ensayo se puede apreciar.

6.7. EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA (DQO)

La evaluación se realizó después del proceso de electrocoagulación y antes del proceso, para verificar la reducción que tiene mediante análisis de laboratorio CERPER y laboratorio de procesos industriales de la EPIAM –UNAM mediante el método titulación con permanganato de potasio conforme a protocolo evidenciado en anexos que permitió hacer una remoción entre 94 y 99 % tal como se puede verificar las gráficas correspondientes. Los mismos que se ensayaron como materia orgánica considerando el oxígeno disuelto en mg/l. de oxígeno, los resultados demuestran que el proceso es eficiente para la remoción de contaminantes del efluente carwahs.

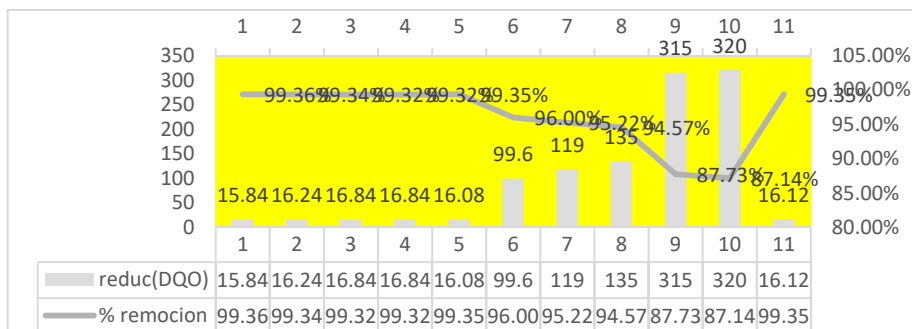


Figura 37. Remoción de (DQO)

Fuente: elaboración propia.

La grafica representa la remoción de (DQO) en porcentaje y las barras representan las concentraciones en cada ensayo

6.8. EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE ACEITES Y GRASAS (A y G)

El componente principal del efluente por considerarse de mayor concentración en la muestra cruda tal como constan en los análisis del laboratorio certificado laboratorios analíticos del Sur (LAS), de igual forma que los componentes después del proceso d electrocoagulación, los análisis se llevaron a cabo en los laboratorios de CERPER y laboratorio de procesos industriales de la EPIAM – UNAM por el método de extracción de extractor Soclex conforme al protocolo que se tiene y evidenciable en anexos., con una eficiencia según el diseño ejecutado de un total de 11 ensayos para todos se evidencia una remoción del 90 a 97 % tal como se verifica en las gráfica Nro. y tabla Nro.39. Demuestran la eficiencia del proceso para la remoción de aceites y grasas (A y G) con altos porcentajes de remoción.

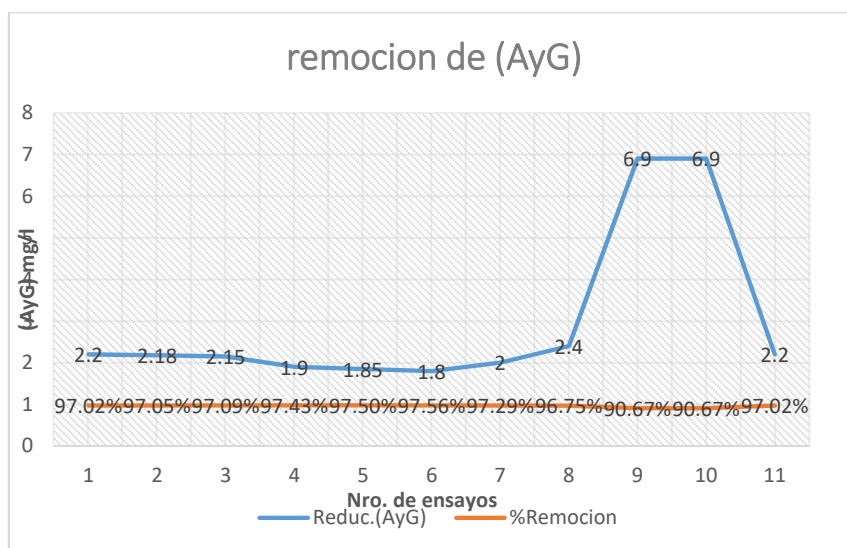


Figura 38. Remoción de (A y G)

Fuente: elaboración propia

La grafica representa la concentración de (A y G) en la línea azul y en la línea naranja el porcentaje de remoción.

6.9. EVALUACIÓN DEL COMPONENTE SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)

El componente común en las aguas residuales, en este caso con mayor predominancia en el efluente de agua residual carwahs por tratarse del proceso de lavado de autos, de igual forma que el componente antes mencionado fue analizado en la muestra cruda por el laboratorio laboratorios Analíticos del Sur (LAS) antes del proceso de electrocoagulación y posterior el análisis por la certificadora CERPER, y el laboratorio de procesos industriales de la EPIAM – UNAM. conforme a protocolos existentes verificables en anexos, en el laboratorio de procesos industriales, se aplicó el método de filtrado al vacío con sucesivos lavados, se utilizó como filtro de fibra de vidrio luego se secó en placas Petri en mufla y luego se fue pesado en balanza analítica. Y se puede verificar los resultados de remoción del contaminante con eficiencias altas lo cual demuestra que el proceso funciona para la remoción de solidos suspendidos de las aguas residuales carwahs.

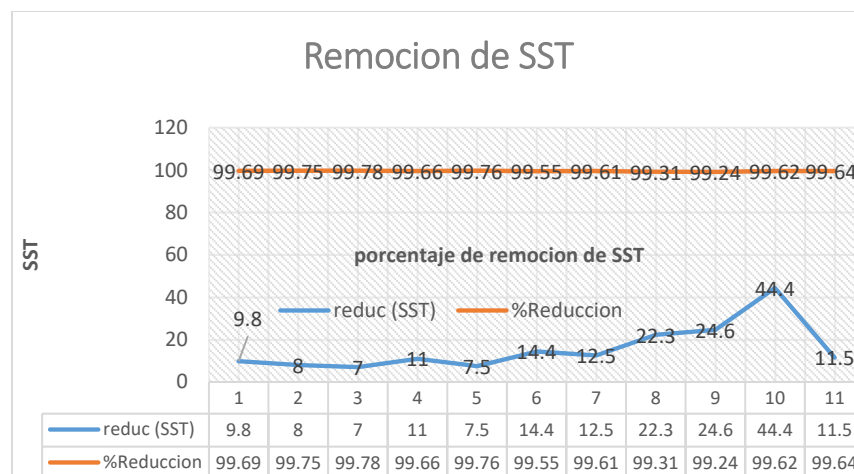


Figura 39. Remoción de (SST)

Fuente: elaboración propia.

La grafica representa la concentración de (SST) en cada ensayo con la línea azul y la naranja el porcentaje de remoción.

6.10. EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN DE LOS COMPONENTES DE FORMA CONJUNTA

Los componentes del efluente que tuvieron que ser analizados por un método según protocolo tuvieron y luego ser comparador sus respectivas remociones según análisis de laboratorio certificado CERPER y laboratorio de procesos Industriales de la EPIAM – UNAM los resultados demuestran que las eficiencias de remoción están dentro de los márgenes aceptables por arriba de los 90% eso demuestra que el proceso funciona considerando las variables de estudio como intensidad de corriente, tiempo de electrocoagulación y distancia entre electrodos , para el estudio de componentes como (A y G) , fosfatos, (SST) y (DQO) así como la reducción de parámetros físicos como solidos totales disueltos (STD) turbidez y conductividad.

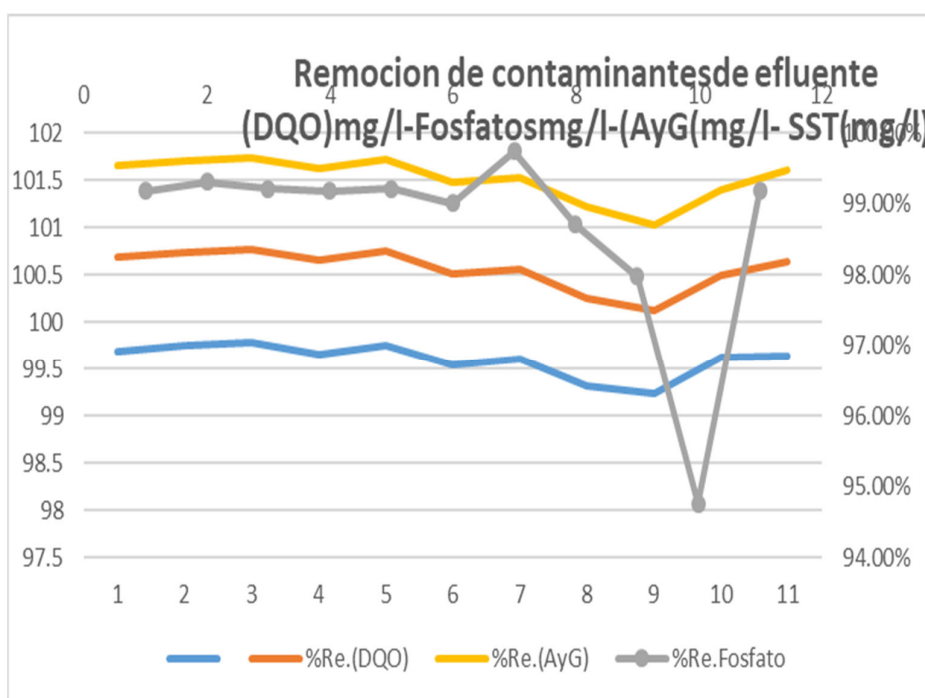


Figura 40. Remoción de contaminantes (DQO), Fosfatos, (A y G) y (SST)

Fuente: elaboración propia

La grafica representa la relación de los 4 componentes principales con sus porcentajes de remoción y se aprecia que todos están por encima de 90%.

6.11. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS

Los parámetros físicos fueron evaluados en el laboratorio de procesos industriales de EPIAM –UNAM por considerarse que fue donde se llevaron los análisis de los 4 componentes como aceites y grasas (A y G), sólidos suspendidos totales (SST), Fosfatos y demanda química de oxígeno (DQO) considerando que son los que requieren análisis los mismos que también fueron analizados por la certificadora CERPER de la ciudad de Arequipa.

Dentro del análisis de los resultados de medición de los parámetros de control se puede verificar tanto en la tabla como la gráfica que evidencia un comportamiento sin mucha alteración en los resultados podemos verificar que son casi horizontal también se realiza un análisis por comparación entre estos valores para una interpretación mejor según gráficos especialmente la densidad se mantiene término intermedio dentro de lo aceptable.

6.12. RESULTADOS DE COMPARACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS DEL PROCESO

Tabla 37. Parámetros físicos del proceso

pH	Cd.(uS/cm)	STD mg/l	Tur.NTU
7.11	1333	660	17.10
7.47	1325	659	3.09
7.23	1312	653	3.04
7.20	1326	654	3.34
7.31	1316	653	2.31
7.91	1282	634	1.79
7.89	1274	631	1.55
8.24	1180	584	1.16
8.05	1214	602	1.30
8.23	1188	588	1.61
8.33	1224	607	3.22

Fuente: elaboración propia.

La tabla representa los valores de los parámetros físicos de control y sus relaciones en el proceso de cada ensayo del experimento.

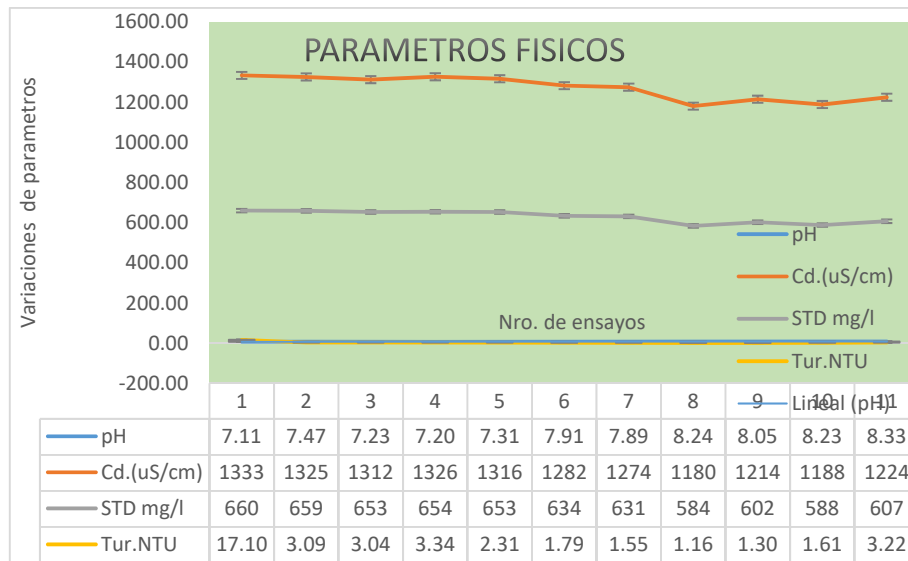


Figura 41. Valores parámetros físicos de efluente

Fuente: elaboración propia

La grafica representa los valores registrados del efluente tratado y su comportamiento y su relación entre valores medidos.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Se verifico los componentes, del agua residual por caracterización del efluente, generado por el lavado de autos del carwhs Adrián, de la avenida Pizarro del distrito de José Luis Bustamante y Rivero, antes del proceso, y después del proceso de electrocoagulación, cumpliendo con los respectivos protocolos donde se pudo diferenciar las características del agua cruda y el agua tratada y sus porcentajes de reducción en cada uno de los ensayos respectivos.

SEGUNDA: Se ha evaluado la influencia de la densidad de corriente para la desestabilización de componentes del agua residual, se consideró (3-5 y7)voltios según diseño y se determinó que valores de mayor interés es de (5) voltios, para el caso de una celda electroquímica de un volumen practico de (1.800) litros con 04 electrodos de aluminio.

TERCERA: La incidencia del tiempo se ha evaluado en todo el proceso a través de los tratamientos con (5-17.5 y 30) minutos y se determinó que el tiempo más recomendable es de (17,5) minutos para los componentes de análisis como para intensidad de corriente y distancia entre electrodos.

CUARTA: También se ha evaluado la distancia entre electrodos que es la variable de mayor significancia por cuanto tiene mucha incidencia en el proceso y se puede verificar en los resultados evidenciados que cuanto más corto es la distancia mayor poder de desestabilización de componentes que permite la formación de solidos sedimentables y la flotación de compuestos orgánicos del agua residual del lavado de autos distancias recomendables de (1.3) cm. de distancia considerando los efectos de estas variables de operación se logra eficiencias de remoción como, (91% (A y G), 95.65% fosfatos, 99.63% (DQO)y 94.23% (SST).

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se recomienda que el proceso de tratamiento de aguas residuales del lavado de autos requiere, un estudio completo de sus componentes, los mismos que son bastante variados tanto en orgánico como inorgánicos.

SEGUNDA: Se recomienda hacerlos estudios por separados de los productos de sedimentos y flotación en proceso de electrocoagulación.

TERCERA: Se recomienda realizar un tratamiento de lodos por métodos adecuados por cuanto cada proceso es diferente del otro.

CUARTA: Se recomienda utilizar energía renovable para el proceso lo cual podría ayudar en rebajar los costos de operación.

BIBLIOGRAFIA

1. Meabe, E; (2013). Filtración cerámica para el tratamiento y reutilización de aguas aceitosas de origen industrial. *Tecno agua*, (4), 64-69.
2. Flores Malca, M. I. (2015). Propuesta de un sistema de tratamiento para la reutilización de aguas residuales generadas en el servicio de lavado del concesionario NOR Autos Chiclayo SAC.
3. Salazar et, al. (2017). *Fundamentos básicos de estadística*. (libro).
4. Carrasquero et, al. (2015). Remoción de nutrientes en aguas residuales de un matadero de reses usando un reactor biológico secuencial. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(2), 43-60.
5. Morante, G. (2002). Electrocoagulación de aguas residuales. *Revista colombiana de física*, 34(2), 484-487.
6. Rubí Juárez, H. (2016). Tratamiento combinado electrocoagulación-electro oxidación de aguas residuales oleosas provenientes de servicios de lavado y engrasado.
7. Shen, SY, (2012). Efecto del electrolito y el ánodo sobre el rendimiento de oxígeno disuelto en el procesamiento electro catalítico de aguas residuales. *Ciencias de la ingeniería ambiental*, 29 (7), 654-659.
8. Padilla-Padilla, et, al. (2018). Análisis situacional del tratamiento de aceites automotrices residuales. 3(7), 172-187.00
9. A. A.-G. et. al, (2016). Treatment of Wastewater from car Washes Using Natural Coagulation and Filtration System, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, p. 136.
10. Al-Raad, A. A., (2020). Optimized parameters of the electrocoagulation process using a novel reactor with rotating anode for saline water treatment. *Environmental Pollution*, 265, 115049.
11. Priya, M. (2019). Removal of COD, oil and grease from automobile wash water effluent using electrocoagulation technique. *Microchemical Journal*.

12. Palomino Romero, (2013). Tratamiento de aguas residuales de biodiesel mediante procesos combinados de electro flotación y electro oxidación. Ciencia y tecnología de la separación, 48 (13), 2073-2079.
13. Al-Raad, AA, et, al. (2020). Optimización de los parámetros del proceso de electrocoagulación mediante un novedoso reactor con ánodo giratorio para el tratamiento de agua salina. Contaminación ambiental, 265, 115049.
14. Villanueva Salazar, C. B. (2021). optimización en la eliminación de la turbiedad utilizando el método Taguchi en aguas residuales de lavado de autos “mi kahomy”, mediante el módulo de electrocoagulación asistida con poas, distrito amarilis-provincia huanuco-2020.
15. Gonzales Mestanza, M. C., & Miranda Huerta, O. G. (2018). Plan de negocios de una empresa de lavado de autos enfocada en el medio ambiente mediante la reutilización del agua y la inclusión social como factores diferenciadores.
16. Loukanov, A. et, al. (2020). Eliminación a gran escala de contaminantes coloidales de aguas residuales artesanales mediante electrocoagulación bipolar con electrodos de sacrificio de aluminio. Resultados en Química, 2, 100038
17. Gonzales Mestanza, M. C., & Miranda Huerta, O. G. (2018). Plan de negocios de una empresa de lavado de autos enfocada en el medio ambiente mediante la reutilización del agua y la inclusión social como factores diferenciadores
18. P.V. Nidheesh, et, al. (2020.) India. An overview on combined electrocoagulation-degradation processes for the effective treatment of water and wastewater
19. Byron Geovanny. (2013) Ecuador. El proyecto de tratamiento avanzado de aguas residuales del lavado y tinturado de jeans en la empresa “Mundo Color” mediante electrocoagulación
20. André L.A. (2020) Brasil. Eliminación de compuestos orgánicos
21. Hernández Flórez, (2019). Evaluación del sistema de electrocoagulación para disminuir la carga contaminante a escala de laboratorio (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América)

22. Arévalo Aranda, C. P. (2016). Influencia de la densidad de corriente y tiempo de residencia en la reducción de arsénico de efluentes artificiales mediante el proceso electrocoagulación.
23. Serrano Santa María, A. M. (2017). Influencia de la densidad de corriente y la distancia entre electrodos en la remoción del color y demanda química de oxígeno de efluentes de recurtido usando la electrocoagulación-ozonificación.
24. Poma Javier, (2016). Remoción de contaminantes de aguas residuales urbanas por el método de electrocoagulación.
25. Ricio Yauri, L. F. (2015). 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.
26. Aguilar Mancco. (2018). Evaluación de un Sistema de Electrocoagulación de Flujo Continuo para la Remoción de Cromo (VI) y DQO de Curtiembre-Huachipa-2018.
27. Byron Geovanny (2013) Ecuador. El proyecto de tratamiento avanzado de aguas residuales del lavado y tinturado de janes en la empresa "Mundo Color" mediante electrocoagulación
28. Paitan De La Cruz, L. Á., & Palomino Barrientos, D. C. (2017). Remoción de Arsénico del agua potable del Distrito de Quero Provincia de Jauja, por el Método de Electrocoagulación, a nivel laboratorio.
30. Alvear Peña, P. J., & Olivo Orozco, R. F. (2018). Diseño y construcción de un sistema prototipo de electrocoagulación para tratamiento de aguas residuales de procesos de tinturado de empresas textiles (Bachelor's thesis, Quito, 2018.).
31. Monsalve Osorio, J. A., & Cardona Gómez, S. (2015). Electrocoagulación para reúso de aguas residuales del proceso de impresión en la industria papelera
32. Bermúdez Errázuriz, M. D., & Salazar Cuellar, S. A. (2019). Aplicación de fotocatalisis heterogénea y electrocoagulación en depuración de Cromo y Cadmio en agua residual proveniente de una industria metalmeccánica (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química).

33. Pinto, L., et al. (2017) climático: avances y barreras en mitigación y adaptación en el sureste de México. Los Sistemas Agroforestales de México.
34. Franco cogollo, j. e., & Cárcamo Meza, j. d. (2017). Evaluación de la eficiencia de un reactor de electrocoagulación a escala piloto para la remoción de algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos presentes en las aguas
35. Agustín et, al. (2008) En un ensayo con electrodos de aluminio con NaCl como electrolito de soporte la electrocoagulación.
36. Bohórquez Baturone, J. (2016). Tratamiento de aguas grises para su reutilización y posible implantación en buques de la Armada.
37. Mendoza Burgos, A. G., & Sánchez Guzmán, A. L. (2019). Remoción de sulfuros y turbidez en los efluentes de pelambre de curtiduría, mediante electrocoagulación.
38. Ninan Valer, K. G., & Zambrano Jarandilla, M. C. (2019). Tratamiento de los lixiviados del relleno sanitario de Jaquira por electrocoagulación.
39. Vásquez Acuña, B. L. (2020). Aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y fierro para la reducción de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales del camal SAGEISA en el año 2018.
40. Ahmed Samir Naje a, Shreeshivadasan Chelliapan a, c, *, Zuriati Zakaria b, Saad A. Abbas a (2016)
41. S. Elabbas N. Ouazzani L. Mandi F. Berrekhis M. Perdicakis S. Pontvianne M-N. Pons F. Lopicque J-P Leclerc 2015.
42. Alexandre Loukanov a,d,*, Nouha El Allaoui b, Anass Omor b, Fatima Zahra Elmadani b, Kenza Bouayad c, Seiichiro Nakabayashi a (2020)

GLOSARIO DE TERMINOS /ACRONOMICOS

1. (CE), ELECTROCOAGULACIÓN
2. (A Y G) ACEITES Y GRASAS
3. (SST) SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES
4. (SDT) SOLIDOS DISUELTOS TOTALES
5. (DQO) DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO
6. (D.E) DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS
7. (NTU) TURBIDEZ
8. (MS/CM) MILICEN POR CENTÍMETRO
9. (V) VOLTAJE
10. (A) AMPERAJE
11. (VMA) VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES
12. (UA/CM) MICRO CIEN POR CENTÍMETRO
13. (DC) DENSIDAD DE CORRIENTE
14. (C.E) CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA
15. (RT) TIEMPO DE RETENCIÓN
16. (RPM) REVOLUCIONES POR MINUTOS

ANEXOS

ANEXO 01. Reducción de concentración de componentes contaminantes

ANEXO 02. Resultados de remoción de componentes contaminantes principales

ANEXO 03. Graficas de relación de parámetros físicos

ANEXO 04 Resultados de programa estadístico statgraphisc

ANEXO 05 Resumen tabla de análisis en laboratorio

ANEXO 06. Grafica de análisis de crecimiento automotor

ANEXO 07. Relación de variación entre (E.E) y la remoción de fosfatos

ANEXO: 08. Resultados de caracterización de muestra cruda

ANEXO: 09. Resultado de análisis de muestra cruda por (SST)

ANEXO: 10. Resultados de análisis de muestra de agua tratada

ANEXO: 11. Resultado de medición de conductividad de muestra de agua tratada.

ANEXO: 12. Resultados de muestra de agua tratada.

ANEXO. 13. Imágenes de toma de muestra de agua

ANEXO 01. Reducción de concentración de componentes contaminantes

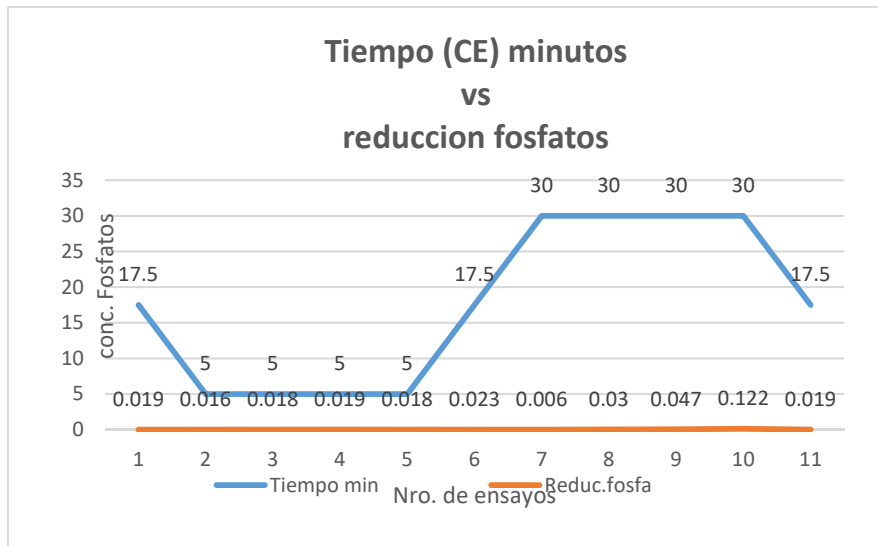


Figura 42. Relación de tiempo (CE) y la reducción de fosfatos

Fuente: elaboración propia

La grafica representa del tiempo de reducción de fosfatos y la concentración de fosfatos en los ensayos respectivos en total.

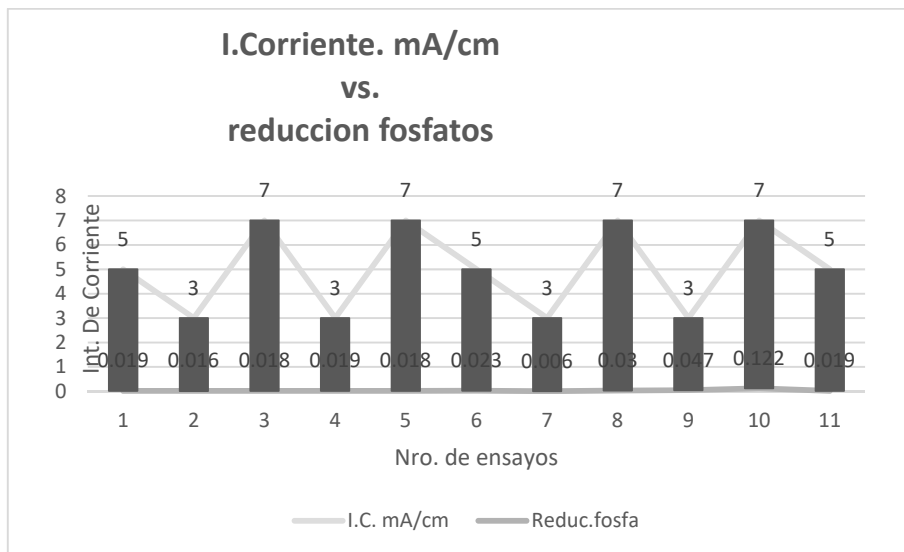


Figura 43. Relación de la intensidad de corriente y la reducción de fosfatos

Fuente: elaboración propia

La grafica representa la relación de la intensidad de corriente con la reducción del fosfato las barras representan la corriente incidente en 5 voltios más óptimo.

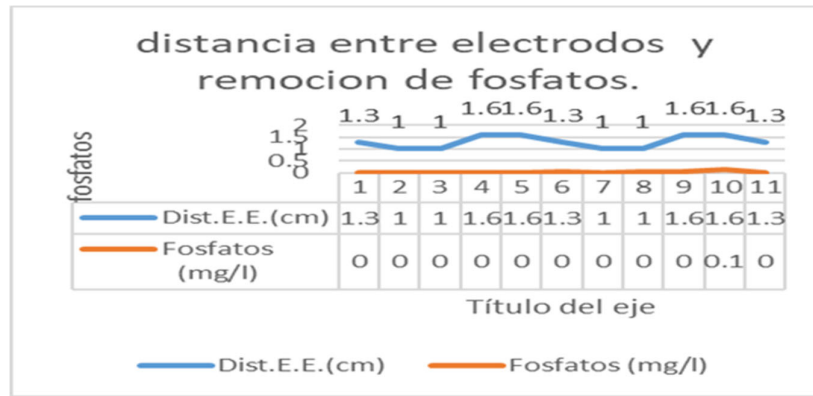


Figura 44. Distancia entre electrodos y la remoción de fosfatos

Fuente: elaboración propia

La grafica representa la relación de la distancia entre electrodos y la reducción de fosfatos y se observa se presenta que el experimento de mayor remoción es de una distancia de 1.3 cm de distancia entre electrodos.

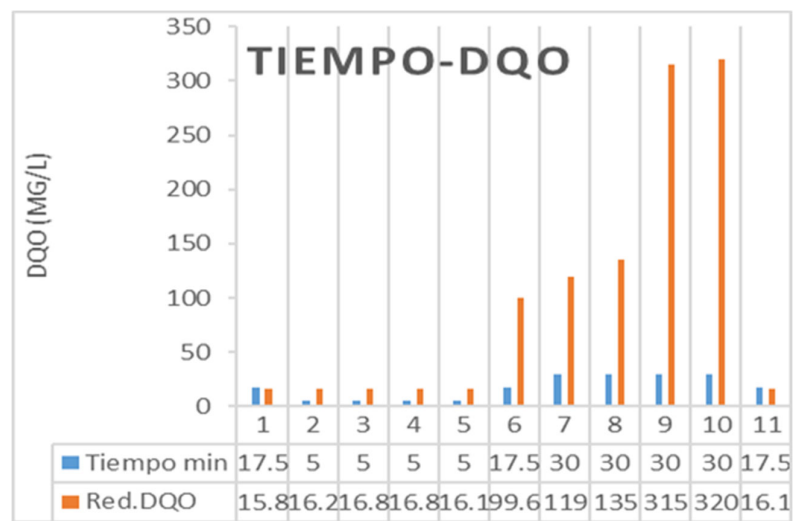


Figura 45. Relación entre tiempo y la reducción (DQO)

Fuente: elaboración propia

Grafica que explica como varia la concentración de la reducción (DQO) cuando varía el tiempo y su relación con el número de ensayos.

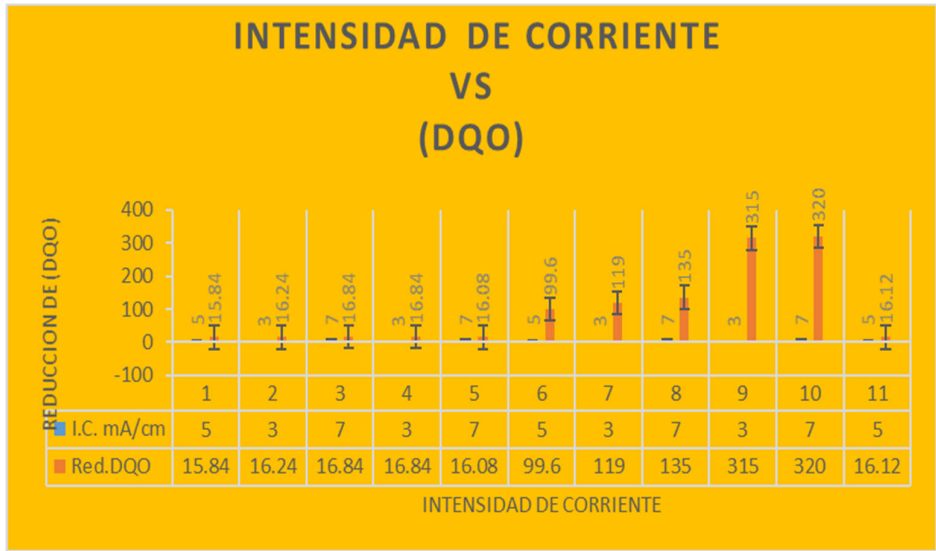


Figura 46. Intensidad de corriente y la reducción de demanda química de oxígeno

Fuente: elaboración propia

La grafica representa la variación de la intensidad de corriente y la reducción de la demanda química (DQO)

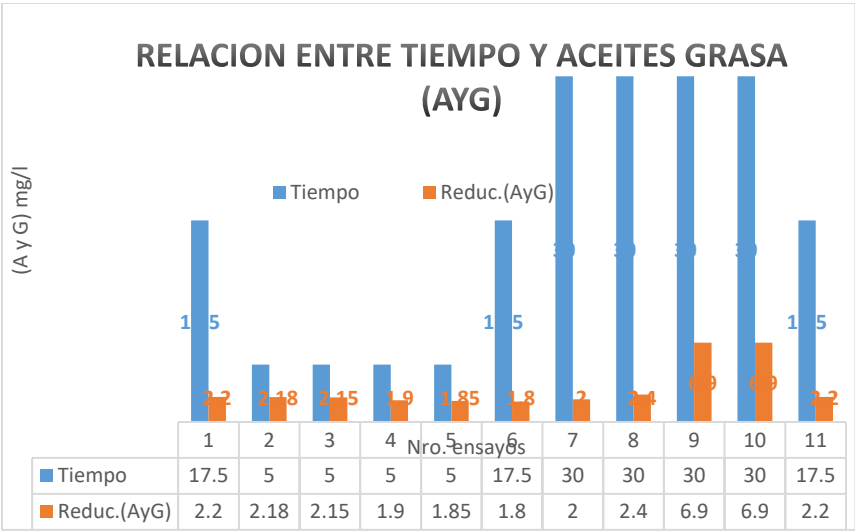


Figura 47. Relación del tiempo y la reducción de (A y G)

Fuente: elaboración propia

La grafica relaciona la variación del tiempo y la reducción de aceites y grasas con concentraciones muy uniformes con respecto al tiempo uniforme.

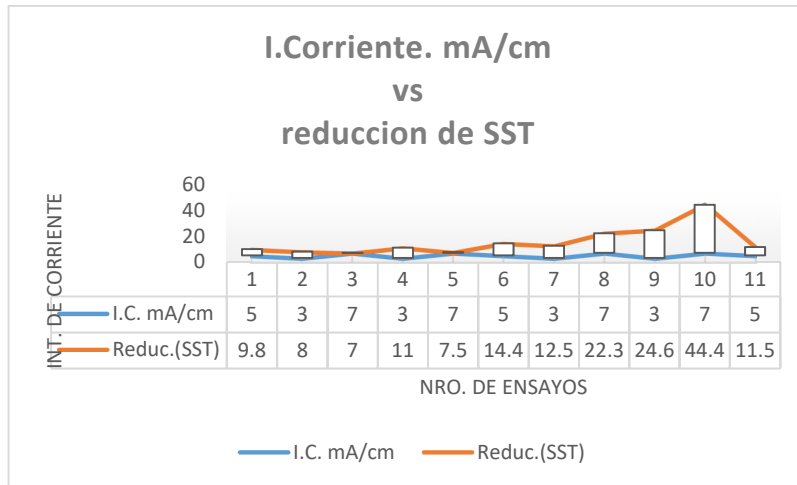


Figura 48. Intensidad de corriente y los (SST)

Fuente: elaboración propia

La grafica representa la variación de la intensidad de corriente en la remoción de los SST y se observa que es casi homogénea.

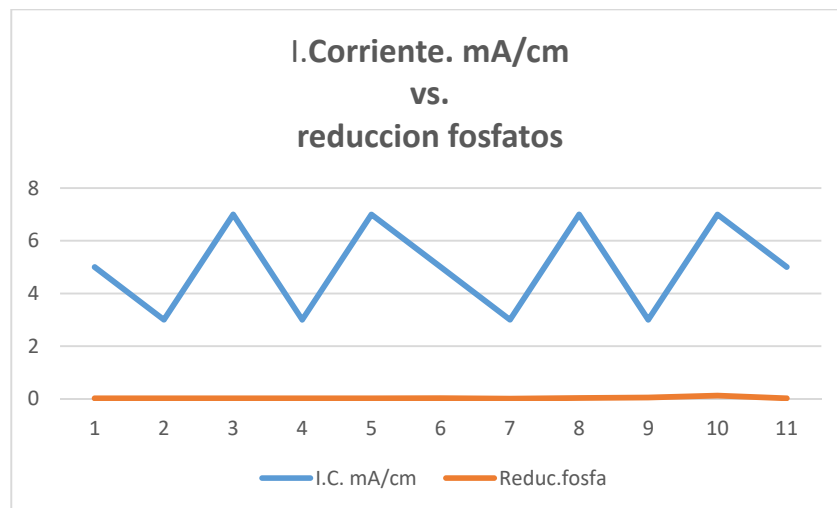


Figura 49. Intensidad de corriente y reducción de fosfatos

Fuente: elaboración propia

La intensidad de corriente en todos experimentos tiene un comportamiento con reducciones de fosfatos en 5 voltios como parámetro más recomendable con tiempo y distancia entre electrodos más adecuado.

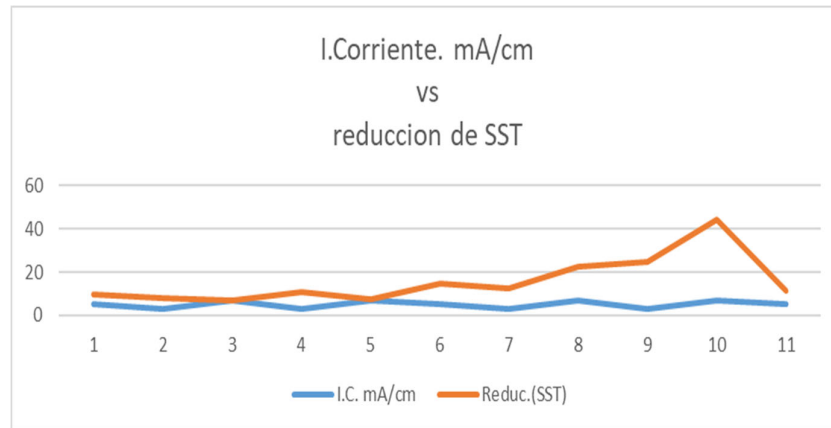


Figura 50. Relación de intensidad de corriente – reducción de (SST)

Fuente: elaboración propia

La grafica indica la relación de la intensidad de corriente y la reducción de los sólidos suspendidos en los once experimentos con intensidad de 5 voltios.

ANEXO 02. Resultados de remoción de componentes contaminantes principales

Tabla 38. Resultados de remoción y porcentaje de remoción de (A y G)

Resultados de remocion de (A y G)		
Nro.	Valor	%Remocion
1	2.2	97.02%
2	2.18	97.05%
3	2.15	97.09%
4	1.9	97.43%
5	1.85	97.50%
6	1.8	97.56%
7	2	97.29%
8	2.4	96.75%
9	6.9	90.67%
10	6.9	90.67%
11	2.2	97.02%

Fuente: elaboración propia

El resultado de la remoción del tratamiento del efluente en sus 11 pruebas experimentales presenta la menor concentración en el ensayo 6 lo cual indica un buen porcentaje de remoción de este parámetro (A y G).

Tabla 39. Resultados de la remoción de fosfatos

Resultados de remocion de fosfatos		
Nro.	valor	%Remocion
1	0.019	99.18%
2	0.016	99.31%
3	0.018	99.22%
4	0.019	99.18%
5	0.018	99.22%
6	0.023	99.01%
7	0.006	99.74%
8	0.03	98.71%
9	0.047	97.98%
10	0.122	94.76%
11	0.019	99.18%

Fuente: elaboración propia.

El resultado de la remoción de fosfatos del efluente tratado del total de ensayos realizados se observa que el experimento 6 está relacionado con un porcentaje de remoción significativa por cuanto guarda relación con otros parámetros evaluados.

Tabla 40. Resultados de remoción de demanda química de oxígeno (DQO)

Resultados de remocion de la(DQO)		
Nro.	valor	% remocion
1	15.84	99.36%
2	16.24	99.34%
3	16.84	99.32%
4	16.84	99.32%
5	16.08	99.35%
6	99.6	96.00%
7	119	95.22%
8	135	94.57%
9	315	87.73%
10	320	87.14%
11	16.12	99.35%

Fuente: elaboración propia

El resultado de la remoción del contaminante (DQO) del efluente tratado del total de experimentos, la que guarda relación con los valores otros parámetros es el ensayo 6 en la distancia entre electrodos que es la más significativa del proceso.

Tabla 41. Resultados de remoción de (SST)

Resultados de remocion de (SST),mg/l		
Nro.ensayo	reduc (SST)	%Reduccion
1	9.8	99.69
2	8	99.75
3	7	99.78
4	11	99.66
5	7.5	99.76
6	14.4	99.55
7	12.5	99.61
8	22.3	99.31
9	24.6	99.24
10	44.4	99.62
11	11.5	99.64

Fuente:elaboracion propia.

Los del total de tramientos ejecutados el experimento 6 tiene mayor significancia por que guarad relacion a la distantacia entre electrodos segun programa empleado.

Tabla 42. Resultados la medicion de la turbidez del efluente tratado

Resultados de remocion de turbidez		
Nro	NTU	% Remocion
1	11	99.42%
2	9	99.52%
3	8	99.57%
4	9	99.52%
5	10	99.47%
6	12.5	99.34%
7	10.5	99.44%
8	18.6	99.02%
9	9.2	99.51%
10	13.5	99.28%
11	10	99.47%

Fuente: elaboración propia

La tabla nos indica la variación de la reducción de la turbidez en las once pruebas experimentales en el efluente tratado y con relación a la muestra cruda se observa porcentajes de reducción por encima de 90 %.

ANEXO 03. Graficas de relación de parámetros físicos

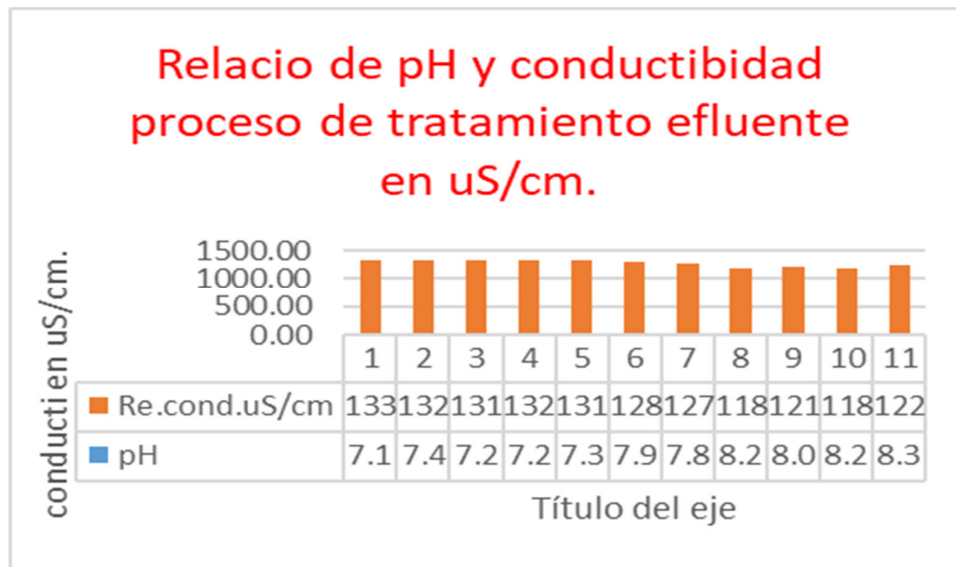


Figura 51. Relación de pH y la conductibilidad del efluente tratado

Fuente: elaboración propia

La grafica muestra el comportamiento del pH frente a la conductividad en los once experimentos.

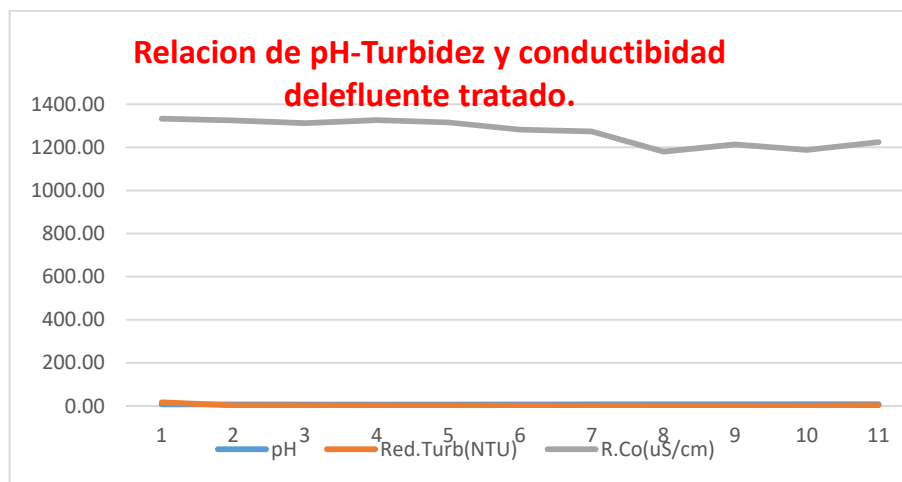


Figura 52. Relación de pH – turbidez – conductividad del efluente tratado

Fuente: elaboración propia

La gráfica representa la relación de los tres parámetros físicos de control como pH, turbidez y conductividad y se observa que tienen un comportamiento lineal.

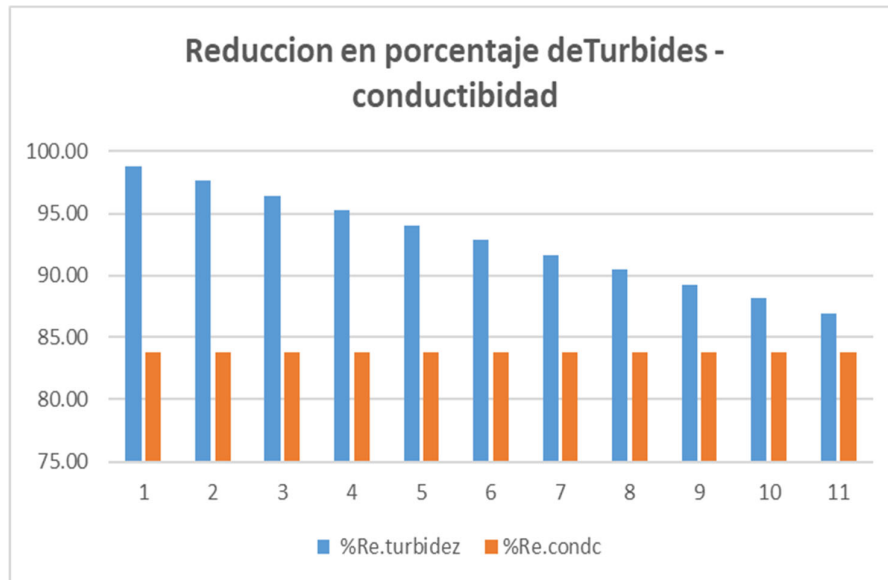


Figura 53. Porcentaje de reducción de turbidez - conductividad

Fuente: elaboración propia

La grafica indica que ambos parámetros físicos como turbidez y conductividad son reducidos en los once experimentos

ANEXO 04 Resultados de programa estadístico statgraphisc

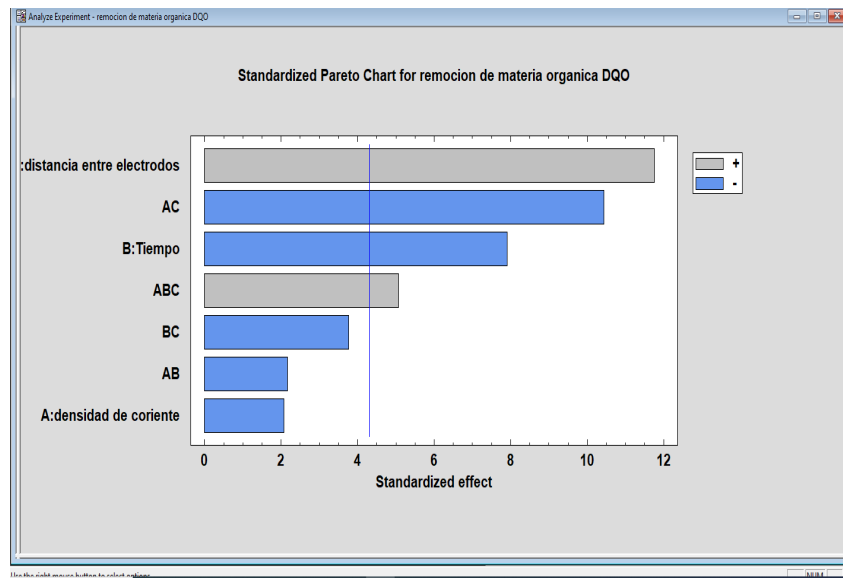


Figura 54. Significancia de distancia entre electrodos en el proceso remoción (DQO)

Fuente: elaboración propia

La grafica indica que las variables estudiadas como intensidad de corriente, tiempo y distancia entre electrodos, la que índice es la distancia entre electrodos para la remoción de materia orgánica o (DQO)

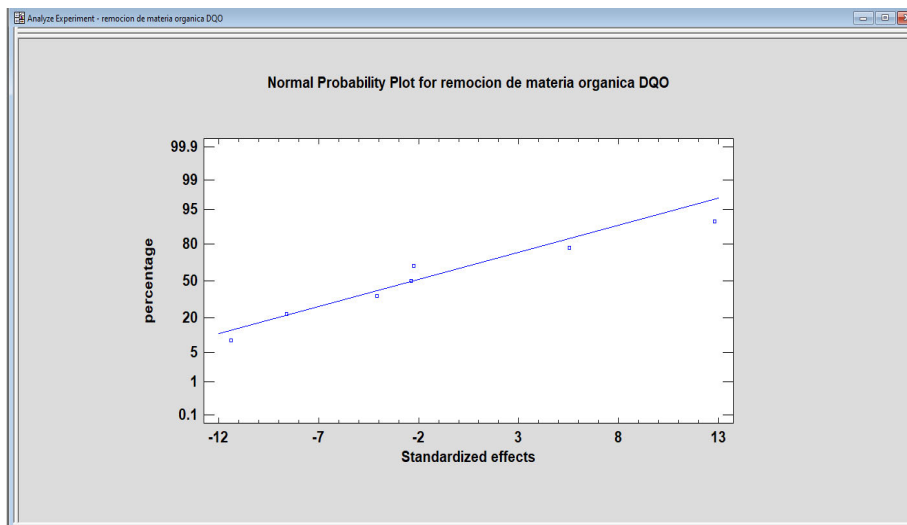


Figura 55. Normalidad de remoción de (DQO)

Fuente: elaboración propia

La grafica nos muestra como varían los valores de la reducción de la (DQO) en los once experimentos en forma casi recta como muestra la grafica

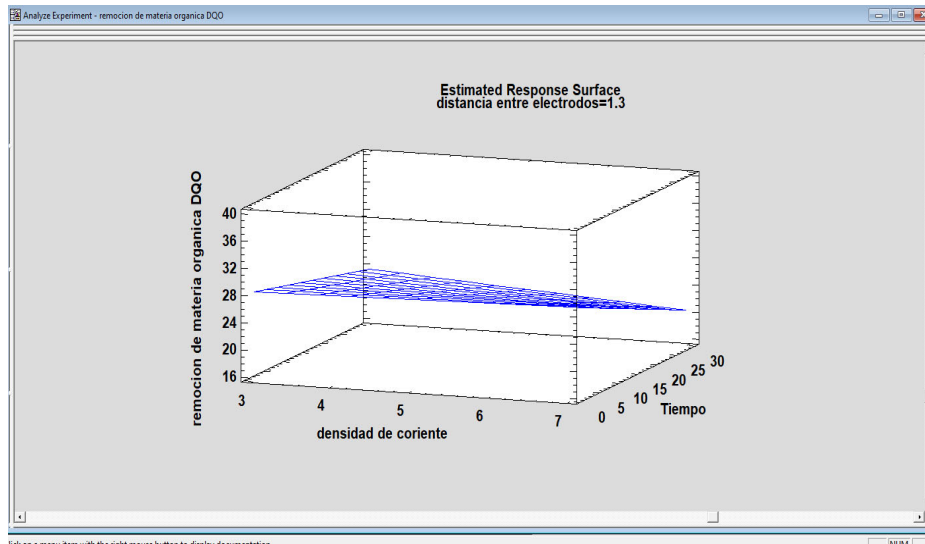


Figura 56. Relación de distancia entre electrodos y las otras variables

Fuente: elaboración propia

La grafica de superficie de respuesta para la evaluación de las tres variables estudiadas como intensidad de corriente, tiempo y distancia entre electrodos para una operación optimizada para la reducción de la (DQO).

ANEXO 05 Resumen tabla de análisis en laboratorio

Tabla 43. Resumen del análisis del efluente tratado por electrocoagulación

ANALISIS DE EFLUENTE TRADADO DE CARWASH									
FECHA	Nº MUESTRA	ANALISIS FISICO QUIMICOS							
		pH	Conductividad (uS/cm)	STD (mg/L)	Turbidez (NTU)	Materia Organica mg O2/L	ACEITES Y GRASAS (mg/L)	SST (mg/L)	Fosfatos (mg/L)
	1	8.13	797	388	6.81		26.00	7.20	
	2	7.47	826	405	54.30		72.00	46.00	
	3	7.59	802	392	9.10		27.20	10.00	
	5	7.53	784	386	17.80	5.36	35.20	29.20	0.17
	6	7.45	792	379	0.72	5.72	28.00	9.20	0.13
	7	7.41	760	372	1.53	4.96	26.00	9.60	0.05
	8	7.74	698	340	0.77	10.40	27.60	1.20	0.03
	9	7.41	747	366	0.85	3.96	25.60	2.00	0.03
	10	7.84	717	349	0.73	2.44	20.40	12.40	0.01
	11	7.48	767	377	1.06	7.32	32.00	8.80	0.28
	8R	7.95	713	347	0.52		17.6	9.2	
	11R	7.44	756	371	1.42		21.2	7.2	
8/11/2021	1	6.56	1234	615	83.80	122.96	238.00	44.00	2.21
8/11/2021	2	7.11	1333	660	17.10	15.84	110.40	9.00	0.92
8/11/2021	3	7.47	1325	659	3.09	16.24	43.60	14.00	0.28
8/11/2021	4	7.23	1312	653	3.04	16.84	53.60	15.50	0.39
8/11/2021	5	7.20	1326	654	3.34	16.84	52.40	20.50	0.53
8/11/2021	6	7.31	1316	653	2.31	16.08	58.40	7.50	0.02
8/11/2021	7	7.91	1282	634	1.79	24.08	132.00	21.00	0.21
8/11/2021	8	7.89	1274	631	1.55	16.12	97.20	26.00	0.39
8/11/2021	9	8.24	1180	584	1.16	13.76	87.20	9.00	0.06
8/11/2021	10	8.05	1214	602	1.30	28.4	92.80	24.00	0.24
8/11/2021	11	8.23	1188	588	1.61	15.72	125.60	35.50	0.28
8/11/2021	12	8.33	1224	607	3.22	16.12	58.80	37.00	0.44

Fuente: elaboración propia

La tabla resumen presenta los resultados del tratamiento del efluente por los 4 componentes principales y los resultados de la medición de los parámetros físicos en el proceso.

ANEXO 06. Grafica de análisis de crecimiento automotor

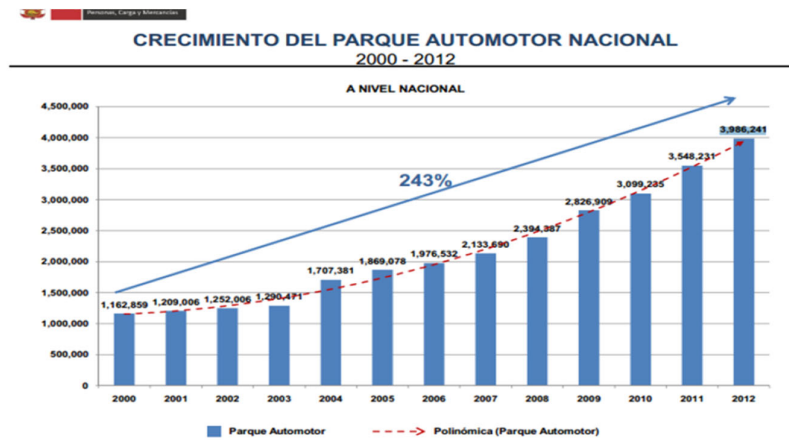


Figura 57. Representa el crecimiento del parque automotor 2000 - 2012

Fuente: INEI Solís Apaza Mauricio André.

La grafica representa el crecimiento poblacional y el crecimiento de los autos en relación a la demanda donde se observa un crecimiento más del 200% según el INEI en el año 2000 y 2012.

ANEXO 07. Relación de variación entre (E.E) y la remoción de fosfatos


Tabla 45. Relación distancia (E. E.) y la remoción de fosfatos.

Dist. E.E.(cm)	Fosfatos (mg/l)
1.3	0.019
1	0.016
1	0.018
1.6	0.019
1.6	0.018
1.3	0.023
1	0.006
1	0.03
1.6	0.047
1.6	0.122
1.3	0.019

Fuente: elaboración propia.


ANEXO: 08. Resultados de caracterización de muestra cruda

Figura 58. Resultados de análisis de la muestra de cruda del agua residual de lavado de autos



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

Registro N° LE-050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00365

Fecha de emisión: 28/08/2021

Página 1 de 3
Clave generada : 4E754ED1

Señores : RIOS ZAPANA PAULINO FLAVIO
 Dirección : URBANIZACIÓN LAMBRAMANI PS, CERCADO - AREQUIPA
 Atención : RIOS ZAPANA PAULINO FLAVIO
 Proyecto : REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS POR LAVADO DE AUTOS EMPLEANDO EL MÉTODO ELECTROCOAGULACIÓN

PROTOCOLO DE MUESTREO


Muestreo realizado por : Cliente : RIOS ZAPANA PAULINO FLAVIO
 Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 246-21
 Fecha de recepción : 23/08/2021
 Fecha de ensayo : 23/08/2021
 Plan de muestreo : Muestreado por el cliente
 Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente
 Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb. AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG21000653	AGUA DE CARWASH	Agua Residual - Agua Residual Industrial	URB. LA ENCALDA / JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO / AREQUIPA	-16.4265499 ; -17.5146360	23/08/2021	8:07

(c) Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Condiciones de recepción de la muestra
Cooler refrigerado

Observación
-



Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
 Gerente de Operaciones
 M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e IAC


(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

**<Valor numérico>=Límite de detección del método, **<Valor Numérico>=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <http://www.laboratoriosanaliticosdesur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)



DA/01/15/2021



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00365


Fecha de emisión: 28/08/2021

Página 2 de 3

Clave generada : 4E754ED1

RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	*807	*811	*866	858	880	
		C E	T	Turbidez	PC4-3	Aceites y Grasas	DQD
		mS/cm	°C	NTU	mg/L	mg/L	mg O ₂ /L
AG21000663	AGUA DE CARWASH	0,962	18,8	1900	2,33	74,0	2490


 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
 Gerente de Operaciones
 M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00365

Fecha de emisión: 28/08/2021

Página 3 de 3


Código generado : 4E754ED1

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
*007	ASTM D 1125 - 95 Método de ensayo estándar para la conductividad eléctrica y resistividad del agua] - 50] mS/cm
*011	Método de ensayo para la determinación de Turbidez en agua] 0.1 - 1000] NTU
*006	Método de ensayo para fosfatos por fotometría] 0.018 - 100] mg/L
058	Método de ensayo para determinación de Aceites y grasas en agua. Método Desarrollado (válidase) 2013. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)] 0.30 - 1000] mg/L
002	Demanda química de oxígeno en aguas DQO SMEAW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD) Closed reflux, Colorimetric Method (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)] 0 - 10000] mg O2/L

* : Límite de detección † : Límite de cuantificación

----- Fin del informe -----



Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de INAC e ILAC"

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Límite de detección del método, "<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier omisión o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.


Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>

Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipe-Perú.(054)443294 - (054)444502




ANEXO: 09. Resultado de análisis de muestra cruda por (SST)

Figura 59. Resultados de muestra cruda de agua residual por (SST)



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayos
Acreditado

Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00366

Fecha de emisión: 31/08/2021

Página 1 de 3
Clave generada : D77C1F6B

Señores : RIOS ZAPANA PAULINO FLAVIO
Dirección : URBANIZACION LAMBRAMANI FS, CERCADO - AREQUIPA
Atención : RIOS ZAPANA PAULINO FLAVIO
Proyecto : *REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS POR LAVADO DE AUTOS EMPLEANDO EL MÉTODO ELECTROCOAGULACIÓN

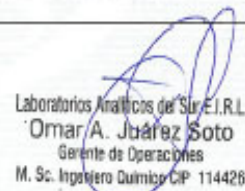
PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : RIOS ZAPANA PAULINO FLAVIO **Fecha de recepción :** 23/08/2021
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 246-21 **Fecha de ensayo :** 23/08/2021
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente **Nro de muestras :** 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb. AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG21002603	AGUA DE CARWASH	Agua Residual - Agua Residual Industrial	URB. LA ENCALDA / JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO / AREQUIPA	-18.4265409 ; -17.5146380	23/08/2021	8:07

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.


Condiciones de recepción de la muestra
cooler refrigerado
Observación



Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
 Gerente de Operaciones
 M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114428

Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e LAC
 (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.
 Valor numérico="Límite de detección del método, *Valor Numérico*="Límite de cuantificación del método
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.
 Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier omisión o corrección en el contenido del presente documento lo anula.
 Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú (054)443294 - (054)



VALOR EN RESULTADO

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00366

Fecha de emisión: 31/08/2021

Página 2 de 3
Clave generada : D77C1F6B

RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	*798	846
		SAAM	SST
		mg/L	mg/L
AG21000583	AGUA DE CARWASH	0,132	3240

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de ILAC e ILAC

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

*«Valor numérico»=Límite de detección del método, *«Valor Numérico»=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Cada terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización expresa de LAS. Cualquier asistencia o corrección en el contenido del presente documento lo anula.


Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú (054)443294 - (054)444562



ANEXO: 10. Resultados de análisis de muestra de agua tratada

Figura 60. Resultados de muestra de agua tratada



CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003



INACAL
IA - Peru
Laboratorio de
Acreditación

Registro N° LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-03618/21

Página: 1/3

Solicitante	: PAULINO FLAVIO RIOS ZAPANA
Domicilio legal	: URB. LAMBRAMAHI F-6 CERCADO
Producto declarado	: AGUA DE PROCESO
Lugar de Muestreo	: PROYECTO INVESTIGACION
Fecha de Muestreo	: 2021-09-27
Cantidad de Muestras para el Ensayo	: 8.0 Litros Muestra proporcionada por el solicitante
Forma de Presentación	: En Fresco de Plástico Y Vidrio, Cerrado, Refrigerado Y Preservado
Identificación de la muestra	: Según se indica
Fecha de recepción	: 2021-09-27
Fecha de inicio del ensayo	: 2021-09-27
Fecha de término del ensayo	: 2021-10-02
Ensayo realizado en	: Laboratorio Ambiental Arequipa
Identificado con	: HS 21098314 (EXMA-12084-2021)
Validez del documento	: Este documento es válido solo para la muestra descrita
Referencia	: Este informe de ensayo reemplaza al informe de ensayo 2-02749/21 emitido el día 06 de octubre de 2021.

Proyecto:				
Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
	MTRA A	---		
MTRA B	---	---	---	---
MTRA C	---	---	---	---



AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

“EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”

INFORME DE ENSAYO N° 2-03618/21

Página 2/3

RESULTADOS

Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Estación de Muestreo			
			MTRA A	MTRA B	MTRA C	
			Fecha y Hora de Muestreo	2021-09-27	2021-09-27	2021-09-27
			Tipo de Muestra	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
			Resultado	Resultado	Resultado	
Parámetros Físico - Químicos						
Sólidos Totales Suspendidos	2,5	mg/L	14,4	12,5	22,3	
Fosfatos	0,006	mg/L	0,023	<0,006	0,030	
(*) Turbiedad	0,1	UNT	12,5	10,6	16,6	
Parámetros Orgánicos						
(*) Aceites y Grasas	0,50	mg AyG /L	1,80	2,00	2,40	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	2,5	mg/L	96,6	119	135	

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

CONTROLES DE CALIDAD

Ensayos	BM		Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
	< Límite Detección	LFB					
Demanda Química de Oxígeno (L.D: 2,50 mg O2/L)	< 2,50	102,5	85% - 115%	2,7	2,2	0,71	<20%
Sólidos Totales Suspendidos (L.D: 2,5 mg/L)	< 2,5	100,9	85% - 115%	14,3	14,5	1,11	≤ 5%
Fosfato (L.D: 0,006 mg/L)	< 0,006	97,1	85% - 115%	0,023	0,022	2,09	<20%

Ensayos	BM		Criterio de aceptación	LFM / ORP	LFMD / ORP-DUP	RPD	Criterio de aceptación
	< Límite Detección	LFB					
Aceite y grasas (L.D: 0,50 mg/L)	< 0,50	96,25	76-114%	36,5	37,5	2,63	≤ 11%

BM: Blanco del Método
LFB: Blanco Fortificado de Laboratorio
LFM: Matriz Fortificada de Laboratorio
LFMD: Duplicado de Matriz Fortificada de Laboratorio
% RPD: Diferencia Porcentual Relativa



INFORME DE ENSAYO N° 2-03618/21

Página 3/3

MÉTODOS

- (*) **Aceites y Grasas:** EPA Method 1664, Revisión B, 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM: Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non polar Material) by extraction and Gravimetry.
 - Demanda Química de Oxígeno (DQO):** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed.2017. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
 - Fosfatos:** SMEWW-APHA AWWA-WEF PART 4500-P E, 23 rd Ed. 2017. PHOSPHORUS, ASCORBIC ACID METHOD
 - Sólidos Totales Suspendedos:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 2540 D,23 rd Ed. 2017. SOLIDS, TOTAL SUSPENDED SOLIDS DRIED AT 103 - 105 °C
 - (*) **Turbiedad:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed.2017. Turbidity, Nephelometric Method
- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.
Arequipa, 17 de diciembre de 2021

CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A


Lid. Eddie Mendez Mamani
R.D.N. N° 776
JEFE DE LABORATORIO AREQUIPA

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral mutuo de los miembros firmantes de la IAAC e ILAC"

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 285572


CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com


"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

ANEXO: 11. Resultado de medición de conductividad de muestra de agua tratada

Figura 61. Resultados de muestra de agua tratada por conductividad



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 003



INACAL
DA - Para
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro Nº LE - 003


INFORME DE ENSAYO N° 2-03619/21

Página 1/2

Solicitante	: PAULINO FLAVIO RIOS ZAPANA
Domicilio legal	: URB. LANERAMANI F-8 CERCADO
Producto declarado	: AGUA DE PROCESO
Lugar de Muestreo	: PROYECTO INVESTIGACION
Fecha de Muestreo	: 2021-09-27
Cantidad de Muestras para el Ensayo	: 1,0 Litros Muestra proporcionada por el solicitante
Forma de Presentación	: En Frasco de Plástico Y Vidrio, Cerrado, Refrigerado Y Preservado
Identificación de la muestra	: Según se indica
Fecha de recepción	: 2021-09-27
Fecha de inicio del ensayo	: 2021-09-27
Fecha de término del ensayo	: 2021-10-02
Ensayo realizado en	: Laboratorio Ambiental Arequipa
Identificado con	: HS 21008314 (EXMA-12064-2021)
Validez del documento	: Este documento es válido solo para la muestra descrita

Proyecto

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
MTRA A	---	---	---	---
MTRA B	---	---	---	---
MTRA C	---	---	---	---



AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

TEL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE*

INFORME DE ENSAYO N° 2-03619/21

Página: 2/2

RESULTADOS

Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Estación de Muestreo		
			MTRA A	MTRA B	MTRA C
Parámetros Físico - Químicos					
Conductividad	—	uS/cm	12 500	1 140	14 200

CONTROLES DE CALIDAD

Ensayo	BM < Límite Detección	LFB	Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
Conductividad (L: 1 uS/cm)	—	—	85% - 115%	12 500	12 500	0,0	<20%

BM: Blanco del Método
LFB: Blanco Fortificado de Laboratorio
% RPD: Diferencia Porcentual Relativa

MÉTODOS

Conductividad: SREWA-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed.2017. Conductivity. Laboratory Method

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 05 de octubre de 2021

CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.


Lic. Eddie Mendoza Mamani
C.O.F. N° 778
JEFE DE LABORATORIO AREQUIPA

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral mutuo de los miembros firmantes de la IAAC e ILAC"

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

ANEXO: 12. Resultados de muestra de agua tratada

Figura 62. Resultados de muestra de agua tratada puntos



INFORME DE ENSAYO N° 2-00526/21

Página 1/3

Solicitante	: RIOS ZAPANA, PAULINO FLAVIO
Domicilio legal	: URB. LAMBRAMANI F-6 - CERCADO - AREQUIPA - AREQUIPA
Producto declarado	: AGUA DE PROCESO
Lugar de Muestreo	: AREQUIPA AV. PIZARRO JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO
Fecha de Muestreo	: 2021-10-01
Cantidad de Muestras para el Ensayo	: 6.0 Litros Muestra proporcionada por el solicitante
Forma de Presentación	: En Frasco de Plástico Y Vidrio, Cerrado, Refrigerado Y Preservado
Identificación de la muestra	: Según se indica
Fecha de recepción	: 2021-10-02
Fecha de inicio del ensayo	: 2021-10-02
Fecha de término del ensayo	: 2021-10-11
Ensayo realizado en	: Laboratorio Ambiental Arequipa
Identificado con	: HS 21086585 (EXMA-12518-2021)
Validez del documento	: Este documento es válido solo para la muestra descrita

Proyecto:				
Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
	MTRA 1-D	---		
MTA 2-E	---	---	---	---



AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

INFORME DE ENSAYO N° 2-00526/21

Página 2/3

RESULTADOS

Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Estación de Muestreo	
			MTRA 1-D	MTA 2-E
			Fecha y Hora de Muestreo	2021-10-01 16:00
		Tipo de Muestra	Agua de Proceso	Agua de Proceso
		Resultados	Resultados	
Parámetros Físico - Químicos				
Sólidos Totales Suspendedos	2,5	mg/L	24,6	44,4
Fosfatos	0,006	mg/L	0,047	0,122
Turbiedad	1	UNT	9,20	13,5
Parámetros Orgánicos				
Aceites y Grasas	0,50	mg AyO /L	6,40	6,90
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	2,5	mg/L	315	320

CONTROLES DE CALIDAD

Ensayos	BM	LFB	Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
	< Límite Detección						
Fosfato (L.D: 0,006 mg/L)	< 0,006	96,4	85% - 115%	0,04	0,04	2,03	<20%
Demanda Química de Oxígeno (L.D: 2,50 mg O2/L)	< 2,50	100,3	85% - 115%	362	362	0,18	<20%
Sólidos Totales Suspendedos (L.D: 2,5 mg/L)	< 2,5	103,2	85% - 115%	44,7	44,14	1,29	± 5%

Ensayos	BM	LFB	Criterio de aceptación	LFM / ORP	LFMD ORP-DUP	RPD	Criterio de aceptación
	< Límite Detección						
Aceites y Grasas (L.D: 0,50 mg/L)	< 0,50	94,0	78-114%	37,60	37,20	0,26	± 11%

BM: Blanco del Método
LFB: Blanco Fortificado de Laboratorio
LFM: Matriz Fortificada de Laboratorio
LFMD: Duplicado de Matriz Fortificada de Laboratorio
% RPD: Diferencia Porcentual Relativa



EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

INFORME DE ENSAYO N° 2-00526/21

Página 3/3

MÉTODOS

Aceites y Grasas: EPA Method 1664, Revisión B, 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non polar Material) by extraction and Gravimetry.
Demanda Química de Oxígeno (DQO): SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed.2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Fosfatos: SMEWW-APHA AWWA-WEF PART 4500-P E, 23 rd Ed. 2017. PHOSPHORUS, ASCORBIC ACID METHOD
Sólidos Totales Suspensivos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 2540 D,23 rd Ed. 2017. SOLIDS, TOTAL SUSPENDED SOLIDS DRIED AT 103 ± 105 °C
Turbiedad: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed.2017, Turbidity, Nephelometric Method

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 26 de octubre de 2021

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A



Lic. Eddin Mandoza Mamani
C.P. N° 774
JEFE DE LABORATORIO AREQUIPA

INFORME DE ENSAYO N° 2-00628/21

Página 2/2

RESULTADOS

					Estación de Muestreo	MTRA 1-D	MTA 2-E
					Fecha y Hora de Muestreo	2021-10-01 16:00	2021-10-01 16:10
					Tipo de Muestra	Agua de Proceso	Agua de Proceso
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados			
Parámetros Físico - Químicos							
Conductividad	---	uS/cm	913	883			

MÉTODOS

Conductividad: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed.2017. Conductivity, Laboratory Method

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 26 de octubre de 2021

CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A


Lic. Eddin Mendoza Mamani
C.O.P. N° 774
JEFE DE LABORATORIO AREQUIPA

INFORME DE ENSAYO N° 2-00628/21

Página 1/2

Solicitante : RIOS ZAPANA, PAULINO FLAVIO
 Domicilio legal : URB. LAMBRAMANI F-6 - CERCADO - AREQUIPA - AREQUIPA
 Producto declarado : AGUA DE PROCESO
 Lugar de Muestreo : AREQUIPA AV. PIZARRO JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO
 Fecha de Muestreo : 2021-10-01
 Cantidad de Muestras para el Ensayo : 8.0 Litros
 Muestra proporcionada por el solicitante
 Forma de Presentación : En Frasco de Plástico Y Vidrio, Cerrado, Refrigerado Y Preservado
 Identificación de la muestra : Según se indica
 Fecha de recepción : 2021-10-02
 Fecha de inicio del ensayo : 2021-10-02
 Fecha de término del ensayo : 2021-10-11
 Ensayo realizado en : Laboratorio Ambiental Arequipa
 Identificado con : HS 21008385 (EXMA-12518-2021)
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita

Proyecto:				
Puntos de muestreo	Coordenadas UTM		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	WGS 84			
	ESTE	NORTE		
MTRA 1-D	----	----	----	----
MTA 2-E	----	----	----	----


 AREQUIPA
 Calle Teniente Rodríguez N° 1415
 Miraflores - Arequipa
 T. (054) 265572

 CALLAO
 Oficina Principal
 Av. Santa Rosa 801, La Perla - Callao
 T. (511) 319 9000

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

INFORME DE ENSAYO N° 2-00628/21

Página 2/2

RESULTADOS

		Estación de Muestreo	MTRA 1-D	MTA 2-E
		FICSA8 / HPSB 88	2021-10-01	2021-10-01
		Muestreo	16:00	16:10
		Tipo de Muestra	Agua de Proceso	Agua de Proceso
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados
Parámetros Físico - Químicos				
Conductividad	—	µS/cm	913	883

MÉTODOS

Conductividad: SMERW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed 2017, Conductivity, Laboratory Method

OBSERVACIONES

Prohíbe la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 26 de octubre de 2021

CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A


Lic. Edulio Mendoza Marmari
C.O.P. N° 778
JEFE DE LABORATORIO AREQUIPA

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

ANEXO. 13. Imágenes de toma de muestra de agua



Figura 63. Toma de muestra de canal de evacuación de agua residual

Se muestra, la toma de muestra de agua residual del lavado de autos en el canal de evacuación al sistema de alcantarillado.



Figura 64. Medición de preservante a muestra de agua residual

Cumpliendo con la toma de muestra del agua residual se mide el ácido sulfúrico para la preservación de muestra de agua.



Figura 65. Adición de preservante a muestra de agua residual para (DQO)

Medición de muestra de agua según protocolo la cantidad necesaria de un litro tal como exige el laboratorio de análisis como laboratorios analíticos (L A S)



Figura 66. Adición de preservante a muestra de agua residual para (A y G)

Medición del ácido de preservación para aceites y grasas en botella ámbar en cantidad de un litro.



Figura 67. Medición de la temperatura a agua residual

Medida de parámetros físicos de campo como temperatura pH.



Figura 68. Muestras con preservante para traslado a laboratorio (LAS)

Según protocolo las muestras se tienen listo para su transporte al laboratorio de las muestras preservados y las condiciones de refrigeración tal como indica la norma en el protocolo del muestreo de agua residual.