



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**RECUPERACIÓN DE SALES DE PLATA EN LÍQUIDOS RADIOLÓGICOS
AGOTADOS USANDO ELECTROLISIS PARA DISMINUIR LA CONTAMINACION
DE EFLUENTES EN SURCO, LIMA - 2019.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTOR

Jhonatan Robinzon, Meza Segura (ORCID: 0000-0002-9355-1826)

ASESOR

Dr. Jorge Leonardo, Jave Nakayo (ORCID: 0000-0003-3536-881X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA-PERÚ

2019

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el guía y darnos fuerzas para continuar y poder cumplir uno de mis anhelos.

A mi familia que por ellos soy la persona que soy, para mis padres “Emilio y Estela”, hermanos por sus consejos, cariño, apoyo en los momentos difíciles y comprensión, me han dado todo lo que soy como persona, principios, valores y perseverancia para lograr mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

Este proyecto va dirigido primero a Dios ya que sin su guía y su bendición no se hubiera realizado y terminado este proyecto.

A la universidad Cesar Vallejo Facultad de Ingeniería Ambiental, y en especial a los docentes por haberme brindado las herramientas necesarias para poder desenvolverme en mi futura vida profesional.

Al Dr. Jorge Leonardo Jave Nakayo quien me asesoraron para el desarrollo de este proyecto y su orientación ofrecida, amistad y por los valiosos consejos.

A todas aquellas personas que han aportado en mi formación profesional ya sea en aula o fuera de ellas.

ÍNDICE

CARATULA.....	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
INDICE DE TABLAS	IV
INDICE DE FIGURAS	V
RESUMEN	VI
SUMMARY	VII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	19
2.1 Diseño de investigación.....	20
2.2 Variables, operacionales.....	23
2.3 Población y muestra.....	22
2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	24
2.5 Método de análisis de datos.....	35
2.6 Aspectos éticos.....	35
III. RESULTADOS.....	37
IV. DISCUSION.....	44
V. CONCLUSIONES.....	46
VI. RECOMENDACIONES.....	47
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	48
ANEXO.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición del baño fijador	11
Tabla 2 Composición porcentual en peso de cuatro clases de químicos fijadores	11
Tabla 3 Componentes del químico agotado	12
Tabla 4 Criterios de seguridad	14
Tabla 5 Tratamiento biológico de efluentes de foto procesamiento	16
Tabla 6 Operacionalización de variables	20
Tabla 7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	23
Tabla 8 Validación de Instrumentos	24
Tabla 9 Análisis de los químicos radiológicos agotados	25
Tabla 10 Resultados después de la recuperación	37
Tabla 11 Tabla de normalidad para el tratamiento del electrolisis de sales de plata.....	39
Tabla 12 Prueba de Levene para el tratamiento de electrolisis de sales de plata	40
Tabla 13 ANOVA para el tratamiento de electrolisis de sales de plata	41
Tabla 14 Comparación múltiple para tratamiento de electrolisis de sales de plata	42

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Componentes de la placa radiográfica	8
Figura 2 Proceso de revelado	10
Figura 3 Diamante NFPA	14
Figura 4 Recolección de la muestra	25
Figura 5 Esquematización para la recuperación de plata en químicos radiológicos	25
Figura 6 Medición de pH y Temperatura	26
Figura 7 Medición de pH y Temperatura	27
Figura 8 Recuperación de plata por electrolisis	28
Figura 9 Esquematización para la recuperación de plata en químicos radiológicos	29
Figura 10 Plata recuperada en el cátodo	33
Figura 11 Esquema de proceso	34
Figura 12 Porcentaje de recuperación de plata	38

RESUMEN

Los químicos radiológicos agotados son compuestos que puede ser perjudicial si tienen contacto con el ser humano o medio ambiente, estos residuos pueden ser aprovechados para la obtención de plata. Siendo así, esta investigación se elaboró para la recuperación de plata para disminuir la contaminación generada de dichos químicos radiográficos agotados. La plata es un metal pesado, metal contaminante para el medio ambiente que produce daño al ecosistema acuífero. La investigación fue de diseño experimental, la población los efluentes químicos radiológicos agotados desechados en una clínica ocupacional del distrito de Surco, siendo la muestra de 6 litros del residuo. Para poder obtener los resultados se tomó como instrumentos: Ficha de resultado de análisis, Ficha de registro de parámetros, Fichas de análisis fisicoquímicas del efluente tratado. Para la recuperación de sales de plata de los químicos radiológicos agotados se realizó con el método del electrolisis, elevando el pH con hidróxido de sodio con una temperatura ambiente 28.5 °C, con corriente constante en un tiempo de 4 horas y una agitación de una velocidad de 70 rpm. Los resultados finales indicaron que el mayor porcentaje de plata recuperada a partir de los químicos radiológicos agotados se dieron con Temperatura de 28.5 °C, 7.5 pH y corriente constante de 0.07 amp. La plata recuperada de los químicos radiológicos agotados puede ser fundida y ser vendida a las industrias y podrían ser usados como alternativa en joyería, platería, etc. Teniendo como finalidad disminuir la contaminación ambiental por este metal pesado.

Palabras claves: Químicos Radiológicos, plata, impacto ambiental, reciclaje.

SUMMARY

Exhausted radiological chemicals are compounds that can be harmful if they have contact with humans or the environment, these wastes can be used to obtain silver. Thus, this research was developed for the recovery of silver to reduce the pollution generated from said depleted radiographic chemicals. Silver is a heavy metal, a polluting metal for the environment that causes damage to the aquifer ecosystem. The research was experimentally designed, the population depleted radiological chemical effluents discarded in an occupational clinic in the Surco district, being the 6-liter sample of the residue. To obtain the results, the following were taken as instrument: Analysis result sheet, parameter record sheet, Physicochemical analysis sheets of the treated effluent. For the recovery of silver salts of depleted radiological chemicals, the electrolysis method was performed, raising the pH with sodium hydroxide at an ambient temperature of 28.5 °C, with a constant current in a time a 4 hours and a stirring of a speed 70 rpm. The final results indicated that the highest percentage of silver recovered from depleted radiological chemicals can be melted and sold to industries and could be used as an alternative in jewelry, silverware, etc. with the purpose of reducing environment pollution by this heavy metal.

Keywords: Radiological chemicals, silver, environmental impact, recycling.

I. **INTRODUCCIÓN:**

Anualmente, la plata que es producida en el mundo es utilizada para satisfacer cuatro principales sectores, estos son: El industrial, joyero, monedas y el fotográfico (placas radiográficas). Este último destina poco más del 45% a plata en productos radiográficos, las cuales una vez cumplida su función son desechadas casi el 100% ya sea en estado sólido o en solución. En la literatura se encuentra trabajos que han realizado la recuperación de plata en los desechos sólidos (placas radiográficas) mas no esta tan amplia la recuperación de plata en químicos radiológicos (LARA.C, 2009)

En las placas radiográficas existe una emulsión de haluros de plata sobre un material de soporte, el cual es de polietilentereftalato, las cuales son sometidas al baño de dos químicos radiológicos las cuales son el revelados y el fijador que ayudaran a la visualización de la imagen radiográfica. Este tipo de productos son usados usualmente para el revelado de las placas radiográficas, es un insumo muy importante en el servicio de rayos x convencional de cualquier centro de salud (KULCSAR. F Y DOLLE. R, 2017).

Lamentablemente los residuos químicos agotados específicamente radiológico (Fijador), carecen de una norma reglamentaria específica sobre su manejo, donde las normativas no profundizan sobre una buena gestión para los químicos radiográficos agotados desechados después de su uso. Estos residuos contienen diversas sustancias capaces de dañar al ser humano y al medio ambiente, aun así, estos químicos radiográficos están siendo desechados por el drenaje público (CHINCHILLA. E, 2010).

Los contaminantes más comunes y peligroso que existe para el agua es la plata, donde este metal lo encontramos en el líquido químico radiológico usado, en las placas radiográficas que son desechadas después de su uso. La gran composición toxicológico de la Ag retenida durante el proceso de revelado se va obtener en forma de sulfitos, debe ser monitorizado la concentración de plata en las aguas residuales para poder saber y comprobar que no exceda los LMP (KODAK, 2002).

Esta investigación busca en recuperar las sales de plata de los químicos radiológicos agotados usando el método de electrolisis para poder disminuir la contaminación del agua, como una alternativa de aprovechamiento de los residuos generados por los centros de salud.

Considerando a realidad problemática de estudios realizados nacional como internacionalmente, donde confirman que los químicos radiográficos agotados son dañinos para el medio ambiente entre ellos tenemos:

FLORES. L (2011). En su artículo de investigación afirma que es importante destacar que la reacción que se produce entre los cristales de plata de las placas radiográficas y el químico radiográfico producen un compuesto que es dañino para el ser humano y el medio ambiente ya que pueden inhibir diferentes procesos biológicos, es por eso que los químicos radiológicos agotados son considerados como residuos peligrosos y tóxicos para el medio ambiente por contener una concentración de plata mayor de 5 mg/l.

CHINCHILLA. E; RODRIGUEZ. E (2010). En su artículo afirma que en San Salvador, así como en la mayor parte de El Salvador, y diversas ciudades de Latinoamérica, que esta problemática se ve muy común en la eliminación de los químicos radiográficos agotados ya que a nivel nacional existe clínicas privadas que arrojan como efluentes municipales, la cual es preocupante ya que los químicos radiológicos poseen características similares a los efluentes industriales, por lo cual necesita un manejo diferente al resto de aguas residuales domésticas.

Según OMS (2007). Señala que el total de residuos químicos generados por la población de la salud, aproximadamente el 80% son residuos comunes (comparables con los residuos domésticos), el 20% restante son considerados como residuos peligrosos que pueden ser infecciosos, toxicológicos o radioactivos. La dificultad se genera que ese 20% de residuos peligrosos se juntan con el 80% de los residuos comunes o domésticos debido a su manejo inapropiado, se estaría generando un 100% de desechos infecciosos en el centro de salud.

RAMALLO, (1996). En su artículo de investigación “*Tratamiento de aguas residuales*” donde tiene como objetivo la recuperación de metales pesados desechados por los desagües. En donde en las últimas décadas, el medio ambiente acuático se ha visto amenazado por estas descargas la agricultura, los desechos industriales y de origen urbano. Los contaminantes de los cuerpos de agua que afectan directamente a los peces son: Temperatura, pH, presión de oxígeno, alcalinidad y dureza del agua; contaminantes absorbentes o reflectantes, como el boro, restos carbonosos, desechos de papel y metales pesados. Estos últimos son los responsables más frecuentes de las intoxicaciones minerales entre ellos se encuentra la plata, cobre, plomo, mercurio, zinc, cromo, cadmio, hierro y magnesio, los cuales se introducen en los sistemas acuáticos por desagües, residuos de las industrias que van generando contaminación ambiental.

GUNNAR NORDBERG, (2014). Los compuestos inorgánicos que contienen plata como amonio y plata como la azida, los compuestos acetiluro de plata, el pricato, el clorato de plata se debe de preservar en ambientes frescos con mucha ventilación, lugares oscuros sin la presencia de la luz, alejados sin que produzca una contaminación con productos orgánicos u otros materiales fáciles de oxidación.

RIGOLA, (1989). En su artículo de investigación “*Tratamiento de aguas industriales*” donde tiene como objetivo el tratamiento de los efluentes generados por las industrias. En donde muchos de estos residuos de metales que tiene una densidad alta no son especialmente tóxicos y muchos de ellos son necesarias para el ser humano, independientemente que a determinadas concentraciones de metales puedes ser muy tóxicos. Sin embargo, hay una serie de componentes que en algunas de sus formas pueden presentar una serie de problemas medio ambientales y es común nombrarlo con el nombre de metales pesados. Debido a su toxicidad, larga persistencia en el ambiente, sus propiedades de bioacumulación y no biodegradabilidad en la cadena alimenticia, los metales pesados constituyen un conjunto muy importante de contaminantes ya que pueden ocasionar cambios genéticos, fisiológicos y bioquímicos en un ser vivo.

RAMALLO Y RIGOLA (1989). Tiene como objetivo disminuir la contaminación de los metales pesados de los sistemas acuáticos. Así mismo, los niveles de metales pesados suspendidos en los sistemas acuáticos se han elevado considerablemente por las actividades de la minería, industrias y agricultura, por lo que es trascendente que siendo presente en el ámbito acuático sean monitoreados, así podemos controlar la calidad el agua, salud animal, salud humana y poder preservar el medio ambiente, siendo los peces una fuente muy importante de alimentación humana. Los metales pesados se introducen en el ecosistema acuático tales como ríos, presas, lagos y mares por diversas formas. Donde ellos pueden ser acumulados por los organismos vivos acuáticos tales como peces y mejillones provocando un gran riesgo los ecosistemas expuestos a estos metales pesados y a los mismos organismos.

EISLER, (1997). En su artículo de investigación *“Peligros de la plata para peces, vida silvestre e invertebrados”* donde tiene como objetivo las consecuencias que tienes el metal pesado la plata suspendida en cuerpos acuáticos. En donde el metal de la plata iónica es extremadamente tóxico para la flora y la fauna que las concentraciones acuosas de 1-5 ug/litro eliminaron especies sensibles de organismos acuáticos, incluidas especies representativas de insectos, anfípodos, truchas, platijas y tortugas marinas. En concentraciones de agua nominales de 0,5-4,5 ug/litro, las acumulaciones de los metales en su mayoría, las especies de organismos expuestos fueron altas donde tuvieron reacciones adversas en el crecimiento de algas, almejas, ostras, caracoles, anfípodos y truchas.

REMTAVARES, (2010). En el artículo de investigación *“Contaminación de las aguas costeras por plata”* donde la contaminación por metales pesados se va elevando, la plata se ha convertido en una preocupación ambiental en los últimos años. Los efluentes que contienen plata se encuentran entrelazadas por la minería e industrias y con más frecuencia a las industrias fotográficas. El metal de la plata es uno de los más nocivos para la vida microbiana y el ecosistema acuático, a pesar de la baja toxicidad para los seres humanos. Por particular en los suelos, la plata en su toxicidad se observa la presencia de la nanopartículas de plata en el suelo por el uso de germicidas la cual

reduce la actividad enzimática y la cual su transferencia final será en un medio acuático.

WALTER RESEARCH, (2010). En la revista de investigación “Contaminación por plata” informa sobre un complejo análisis de la presencia del metal que es la plata en aguas costeras europeas. El trabajo fue realizado por diversos grupos de investigación de Coruña de las Universidades Británicas de Plymouth y Southampton. Para realizar este trabajo se realizaron múltiples análisis de las zonas costeras de Coruña, fiordo Gullmar (Suecia), Mar Adriático (Costa Italiana) y Estuarios (Reino Unido). Los resultados emitidos fueron relacionados por los vertidos de aguas residuales y la concentración elevada de metales pesados.

DROGUI, (2011). En su artículo de investigación “*Desarrollo de tecnologías electrolíticas y membranales para la eliminación de compuestos fitosanitarios y la desmineralización de agua*” donde nos menciona que las soluciones con concentraciones altas del metal de Arsénico contenidas en una misma solución. La corriente efectiva con una intensidad de corriente de 1.0 Amp y un tiempo de retención de 10 a 60 minutos, en donde un resultado favorable se dio en el minuto 50 logrando como resultado un mayor porcentaje de remoción de Arsénico (99.92%) el cual tuvo una concentración inicial de 24.94 mg/litro y se logró disminuir hasta 0.0188 mg/litro.

WOOD, (1994). En su artículo de investigación donde la toxicidad aguda de la plata para las especies acuáticas varía drásticamente según la composición química y se correlaciona con la disponibilidad de plata iónica libre. En los sistemas acuáticos naturales, la Ag iónica se acompleja y absorbe rápidamente por los materiales disueltos y suspendidos que suelen estar presentes. Las especies del río de la plata donde son complejas y absorbidas en aguas naturales al menos 1 orden de magnitud menos tóxica para los organismos acuáticos que el ion de plata libre. Por lo tanto, el nitrato de plata, que está presente diariamente y causa disociación, es extremadamente tóxico para la trucha arco iris; el calor de 7 días es de 9,1 ug/litro.

El tiosulfato de plata contaminante persistente en el medio ambiente, el AgCl y el sulfuro de plata fueron relativamente benigno, presumiblemente debido a la capacidad de los aniones para eliminar la plata iónica de la solución.

RATTE, (1999). En su artículo de investigación “*Bioaccumulation and toxicity of silver compounds*” en general, la acumulación de la plata en las plantas terrestres de los suelos es baja, incluso si el suelo se modifica con lodos de depuración que contiene plata o las plantas se cultivan en relaves de minas de Ag, donde la plata se acumula principalmente en las raíces. El proceso en germinación fue la fase más sensible para las plantas cultivadas en soluciones que contienen varias concentraciones de AgNO₃. Donde se esperaban resultados adversos sobre la germinación en concentraciones altas superiores a 0,75 mg de plata/litro (como nitrato de plata) para la lechuga y 7,5 mg/litro para el ryegrass (*Lolium perenne*) y otras plantas utilizadas informaron que las pulverizaciones que contienen 9,8 mg de plata/litro eliminan la siembra del maíz (*Zea mays*), y las pulverizaciones que contiene 100-1000 mg de plata/litro matan las plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) y frijol (*Phaseolus spp*), las semillas de maíz, lechuga (*Lactuca sativa*), avena (*Avena Sativa*), nabo (*Brassica rapa*), soja (*Glycine max*).

Asimismo, las **Teorías relacionadas al tema** sobre las propiedades físicas de la plata son muchas, empezaremos con la **Conductividad** de la plata que es un metal blando, posee así la más alta conductividad eléctrica y térmica. Si consideramos de 100 °C la conductividad térmica de la plata: el cobre es el metal que le sigue con 73 °C; el oro con 53 °C y el aluminio 31°C, mientras que todos los metales comunes poseen menor conductividad térmica (Ardila. E; Zarate. A 2009). También la **Dureza y resistencia** en estado de pureza la plata es relativamente más blanda que el cobre y menos que el oro, ofrece poca resistencia a la tensión aleada en pequeñas proporciones con otros metales, por ejemplo, con el cobre aumenta su estado de dureza como su resistencia y he ahí el empleo de esta aleación para la producción de monedas, vajillas, etc.

Presenta resistencia agente corrosivos, pero no se combina fácilmente con el azufre y se mancha de negro por la presencia del sulfuro de plata (Alcazar. M 2002). Otra de

sus propiedades es la **Densidad** que es de 10.5 gr/l, por el laminado alcanza 10.6 gr/l. J. Perry, (1987).

Otras propiedades son:

Peso atómico	: 107.7
Numero atómico	: 47
Punto de función	: 960.5 °C
Punto de ebullición	: 1950.0 °C
Conductividad térmica	: 0.999 cal/ (seg) (cm2) (°C/cm)
Resistividad	: 1.50 microhmios-cm a 20 °C
Calor específico	: 0.0559 cal/gr °C
Calor latente de fusión	: 24.9 cal/gr
Calor de vaporación	: 556 cal/gr
Potencial electroquímico estándar	: 0.799 vol
Valencia	: (Ag) +1

El **uso de la plata** por lo general la plata extraído se emplea en la elaboración de monedas. La moneda en la aleación de la plata, ordinariamente con cobre para darle resistencia mecánica y resistencia al uso.

En la industria de la joyería consume cantidades considerables, tanto en plata esterlina como en otras aleaciones de plata y como plateado galvánico.

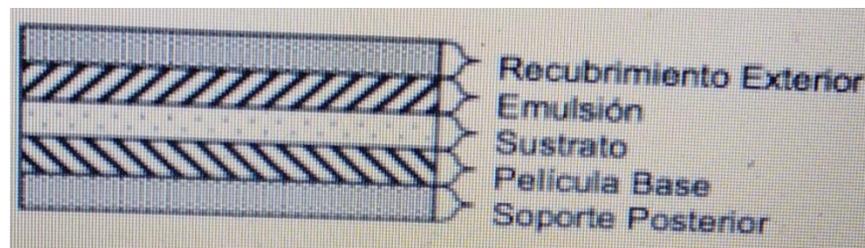
En la industria fotográfica también emplean cantidades enormes de plata de haluros, la cual la causa de su sensibilidad a la luz son empleados en la preparación de emulsiones para el revelados de las películas.

Por su gran poder reflector de luz la plata es utilizada para la elaboración de espejos. Las **Propiedades de los químicos radiológicos** los químicos fijadores agotados están sometidos, dentro del régimen legislativo ambiental peruana, como residuos peligrosos y muy peligros. En este trabajo se presentará sus características físicas, donde se genera, características químicas y toxicológicas; los tipos de tratamiento y como hacer o asignar un acercamiento a su gestión (Alcazar. M., 2002). Los **Proceso de generación de imágenes** son una cadena o sistema de generación de imagen que todos los elementos que participan en la

generación de la imagen radiográfica, desde los insumos son adquiridos hasta que la imagen radiográfica.

En todas las etapas de generación de imagen se pueden generar efectos negativos que dan por resultado una imagen en una placa radiográfica por la exposición a los rayos x, esto a la vez son sometidas a un revelado por un procesador radiográfico, donde este contiene los químicos radiográficos que facilitan la visualización de la imagen, teniendo un periodo establecido de uso y luego ser desechado y nuevamente preparar uno nuevo químico para la obtención de una imagen de calidad (Pizzutiello, 1999).

Para la **Exposición** el material radiográfico consiste de un material polimérico o película producida a base de plástico, vidrio o papel; recubierto por una emulsión compuesta de un material polimérico que presenta una infinidad de numerosos cristales de haluros de Ag fotosensible ver FIGURA 1. Los haluros de Ag utilizados en las emulsiones fotográficas y radiográficas incluyen el bromuro de plata(AgBr), cloruro de plata(AgCl), yoduro de plata(AgI) (Fotográficas y artes visuales de México).

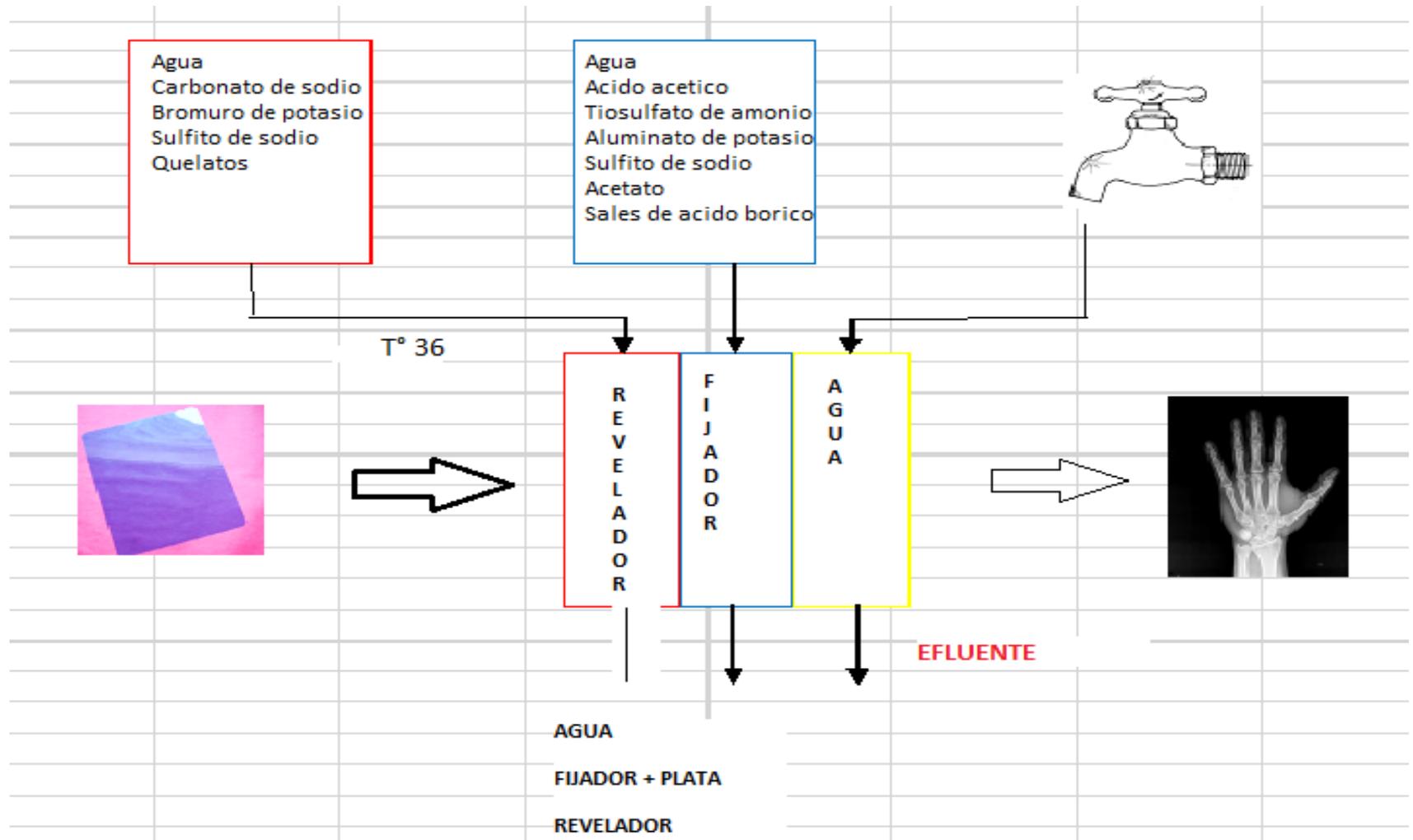


Fuente: Fotografía y Artes Visuales de la Ciudad México. Inf. Tec. de fotografía
Figura 1: Componentes de una placa radiográfica.

El **Revelado** se elabora con un fin de revelar una imagen de utilidad alguna, la imagen mostrada debe ser mejorado o amplificado, transformando así otras moléculas de haluros de plata en Ag elemental, hasta que la imagen sea visualizada en la placa de polímero. Lo anterior a este procedimiento se genera de manera química mediante un proceso llamado desarrollo o revelado. Como su propio nombre lo identifica, la imagen visibilizada es sumergida a una solución química que va a colaborar al revelado. La cual tiene un agente

químico que disminuirá el pH que frecuentemente es alcalino. Para obtener los resultados con una posibilidad mayor de calidad y lograr un resultado favorable con características deseadas en la imagen obtenida final realizada, es necesario paralizar la reacción que está generando el revelador inmediatamente por medio de un lavado con agua sin contenido de ningún químico. Este proceso consiste, específicamente, en ácido acético(CH_3COOH) diluido en 19 litros de líquido puro y causando la detención sobre la acción del agente revelador. Hoy en día, el lavado que se realiza en la detención del mezclado con frecuencia donde la siguiente solución elaborada en este proceso, el fijador, ayudara para formar un lavado con agua de un rango de pH entre 4 a 6 que se combinara con la paralización del revelado con el fijado de la imagen obtenida de la placa radiográfica (Bober,T., 2004 pp. 277).

En el **Fijado** de la imagen, es el siguiente paso que la placa radiográfica va a recorrer con la imagen ya que ha sido revelado y transformado en una imagen con un tono a plata metálica, el residuo que queda es la emulsión que presenta una gran cantidad de haluros de plata no visibles en la base del tanque. Siendo así que eventualmente estas sales se convertirán en Ag elemental si se exponen a una luz directa o al calor para poder visualizarlas deben ser extraídas del fondo del tanque una vez que el químico haya sido gastado con una cantidad de placas reveladas. El fijador es un componente químico que se disuelve con agua selectivamente las moléculas de haluro de Ag, poniendo así a las partículas de Ag elemental adyacentes intactos (Ibid, pp. 277). (Figura 2)



Fuente: Elaboracion propia

Figura 2: Proceso del revelado

La tabla 1 detalla la composición de la mezcla del fijador y su función para generar las imágenes:

Tabla 1. combinación del lavado con fijador.

INGREDIENTE	RESULTADO QUÍMICO	COMPETENCIA
Activador	Ácido acético	Neutralizador de revelador y parar su acción
Agente fijador	Tiosulfato de amonio	Eliminar los haluros de plata
Endurecedor	Alumbre de potasio	Endurecer y encoger la emulsión
Preservante	Sulfito de sodio	Establecer el equilibrio químico.
Tampón	Acetato	Mantener el pH
Agente secuestrador	Ácido Bórico/sales	Destruir los iones de aluminio
Disolvente	Agua	Disolver los componentes

Fuente: Bushong, s.c. Manual de radiología para técnicos. Elsevier; 2005; pg 660.

La cantidad en la que los anteriores componentes mencionados se encuentran activos en el líquido fijador depende del tipo de procedimiento para el cual ha sido fabricado. Subsisten en el presente cuatro clases importantes de baños de fijador: a) El empleo de la producción de imágenes radiográficas; b) El empleo de la producción de reflejos fotográficos a color; c) El empleo en la generación de proyectores fotográficas en blanco y negro; d) El empleo en la producción de microfilm y pre-prensa con el fin del sector de artes gráficas. (Tabla 2)

Tabla 2. Estructura porcentual en peso o carga de cuatro clases de químicos fijadores.

COMPONENTE	FIJADOR PARA RADIOGRAFIAS	FIJADOR PARA FOTOGRAFIAS B/N	FIJADOR PARA FOTOGRAFIAS A COLOR	FIJADOR PARA MICROFIMS
Agua	50-55	70-75	-	40-50
Tiosulfato de amonio	30-35	-	10-15	40-50
Tiosulfato de sodio	-	20-25	-	-
Acetato se sodio	-	-	-	5-10

Bisulfito de amonio	1-5	-	-	1-5
Acetato de amonio	-	-	-	1-5
Bisulfito de amonio	1-5	-	0.1-1	1-5
Ácido acético	-	1-5	-	1-5
Sulfito de amonio	-	-	0.1-1	-
Sulfito de sodio	-	1-5	0.1-1	-
Sulfato de aluminio	-	1-5	-	-
Tetraborato de sodio	1-5	-	-	-

Fuente: KODAK. Material Safety Data Sheet. Disponible en la red
URL:<http://www.Kodak.com>

Las **Propiedades de los Líquidos Químicos agotados** es la condensación de los contaminantes de interés del líquido fijador gastado cambia en la medida en que, incluso dentro de un solo procedimiento, las proporciones de reactivos químicos presentes en el baño que son necesariamente requeridas para dar lugar a las reacciones descritas en el tema anterior y la cantidad de haluros de Ag recuperados o extraídos no son las mismas. A continuación, se muestran algunos valores representativos y parámetros notables desde el punto de vista ambiental de fijadores usados o gastados (Tabla 3).

Tabla 3 Elementos del químico gastado.

Parámetros y forma de expresión	Químicos agotados
DBO₅ (mg/L O₂)	29750
DQO (mg/L O₂)	207900
pH (unidades)	4,6
Amonio (mg/L)	44800
Cloruros (mg/L)	175000
Fenoles	0,08
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	8
Sulfatos (mg/L)	33270
Plata (mg/L)	5

Fuente: Hernandez, E. Perez, M. Bogota, 2005. Pg.105

En la **Toxicidad** el líquido fijador agotado está ligado principalmente a su contenido de aniones y haluros de plata. La exposición a largo o mediano plazo a estas sustancias puede causar daños como irritación ocular, sistema respiratorio y su ingesta puede producir trastornos gastrointestinales y que es aún una grave problemática para el medio ambiente al que va estar expuesta esta sustancia.

Si bien es cierto los procedimientos de un uso más prolongado para la recuperación de plata puede ser mediante los métodos de la (electrolisis, intercambio iónico y precipitación química) cualquiera de estos tres métodos es confiable para la recuperación de la Ag, el primer caso nombrado presenta una efectividad que en la mayor parte de los casos de recuperación rebasa el 90% de extracción.

Los iones de Ag son sumamente tóxicos para los seres vivos como las bacterias y peces. En seres humanos su ingestión, inhalación o absorción por medio de la piel puede producir *argiria* una despigmentación inalterable de la piel y las membranas mucosas (Faust, 1992).

La **Peligrosidad** según el Decreto Supremo N° 014-2017. Art. 23 del Ministerio de Ambiente; norma que permite conocer las obligaciones y responsabilidades de todos los que manejamos o hacemos uso de la gestión de residuos peligrosos y que además determina por categorías las sustancias y materiales que deben ser considerados como tal; los líquidos químicos usados y sus recipientes; además de otros residuos químicos que derivan particularmente del procesamiento de imágenes, se ordenan como residuos tóxicos debido a sus características de peligrosidad. En la **Codificación de peligro realizada por la NFPA 704** si bien la codificación 704 de la NFPA no conforma parte de la normatividad ambiental peruana, es de extensa utilización en la determinación de los peligros agregados al transporte y almacenamiento de sustancias químicas en especial los usados que ya no tiene las mismas propiedades del inicio del proceso. Da parte del diamante NFPA 704 disponible para los químicos fijadores; del cual se conoce que unas cortas exposiciones a estos productos en uso pueden causar daños temporales o permanentes a la salud del ser humana, aunque este en una pronta atención médica. Por lo tanto, su inflamabilidad es baja (requieren de precalentamiento

para ocasionar la ignición) y son estables en términos e reactividad (Tabla 4; Figura 2).

Tabla 4 Criterios de Seguridad

Color	Valor	Característica
Rojo	1	INFLAMABLE
Azul	2	NOCIVO
Amarillo	0	IRRITANTE
Blanco		

Fuente: NFPA 704

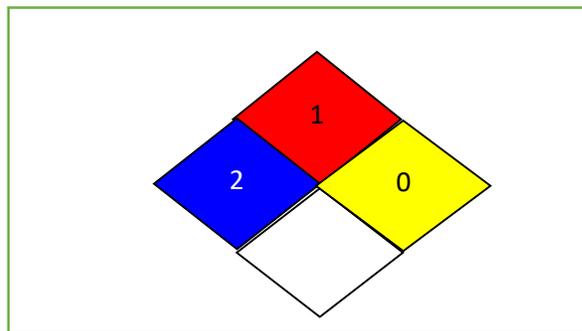


Figura 3: Diamante NFPA

Fuente: la NFPA 704

En la **Recuperación de plata** desde el punto de vista ambiental, la extracción de la plata en sustancias químicas radiográficas usados o gastados es una opción recomendable a favor económica y medio ambiental, ya que el proceso de recuperación no se requiere hacer grandes inversiones y el metal recuperado se puede comercializar para fábricas, joyerías, etc.

La electrolisis: Es un proceso, de corriente directa que recorre a través de la solución o químico usado donde está va contener Ag, en la cual va contener dos electrodos. Un electrodo positivo (ánodo) y un electrodo negativo (cátodo). Mediante el procedimiento del electrolisis, un electrón que esta normalmente del

sulfito del fijador agotado carga negativa, es atraído mediante la corriente hacia el cátodo, ya que la Ag atraída por ser de carga positiva, transformándola en su estado de origen metálico sin ninguna otra sustancia, una vez que se acumule la plata necesaria, la plata es removida o adquirida.

La eficacia del procedimiento del electrolisis depende mucho del contacto que va establecer el electrodo con la solución que va contener la Ag. Bajo las condiciones óptimas y la cantidad de placas procesadas la operación, la eficiencia de recaudación electrolítica de la plata puede variar entre 90% y 99% (ibid., pg 301). Hay que tener en cuenta que el **Tratamiento biológico después de la separación de la plata** puede ser una alternativa. Desde finales de las décadas del año 1960 hasta la actualidad, se realizaron estudios para la biodegradabilidad de los químicos usados en los efluentes (revelador y fijador) del procesador de placas. Los resultados logrados nos indican que estos residuos pueden ser tratados biológicamente antes de ser eliminados una vez ya separado la plata del químico radiológico usado.

Sin embargo, aunque es una gran alternativa el tratamiento biológico puede resultar efectiva para degradar las demás sustancias químicas que va seguir conteniendo el químico radiográfico después de la extracción de la plata, el proceso de los sistemas y el subsecuente manejo de residuos sólidos son actividades que demanda mucho tiempo y un trabajo intensivo. Por ese motivo, no es un modo rentable para los que generan este tipo de sustancias químicas a menos que sean de gran cantidad y cuenten con el personal capacitado y la infraestructura adecuada (Bober, T. et al. Op cit, pg. 294).

Los diferentes tratamientos más utilizados después de la remoción de la plata de los químicos radiológicos utilizados y gastados son, sistema de lodos activados y los reactores biológicos que funcionan con un sistema de contacto rotatorio (Tabla 5).

Tabla 5. Tratamiento biológico de efluentes de fotoprocésamiento.

ALTERNAT IVA	APLICACIÓN	CARACTERÍSTICAS	EFICIENCIA
Lodos Activados Convencional es	Tratamiento conjunto a gran escala de aguas residuales municipales y efluentes de fotoprocésamiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de aireación extendida. • Requiere de sistema de filtración para poder remover los sólidos suspendidos. • Elevada demanda de tiempo para poder lograr una eficiencia mayor. • Los costos o precios de operación son más elevados a comparación de los demás tratamientos. • No es recomendable para una proporción pequeño y mediano productor de residuos químicos. 	Remoción semanal de 78% y 91% de DBO5
Reactor Biológico de Contacto Rotatorio	Mediante generadores de efluentes de fotoprocésamiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda concentraciones iniciales de DBO5 inferiores a 1000 mg/L en el efluente. • Requiere concentraciones iniciales inferiores a 8000 mg/L de BQO en el efluente. 	Remoción de 83% y 94% de DBO5 para periodos de retención es un aproximado a 4 y 24 horas. Recuperación máxima de 61% para DQO.

Fuente: BOBER, T. et al., 2004

Formulación del problema la presencia de la plata en los efluentes municipales a gran proporción generados por los centros de salud y que estos desemboquen en el mar causando una toxicidad genera un impacto ambiental en el ecosistema acuífero. La plata es un metal muy tóxico y peligroso tanto para el ser humano y el medio ambiente. Se divide en **Problema general** de la investigación ¿Cuál es la eficiencia de recuperación de sales de plata en líquidos radiológicos agotados usando electrolisis para disminuir la contaminación de efluentes en Surco – Lima 2019?

También como **Problemas específicos** ¿Cuál es el porcentaje de sales de plata recuperada mediante el método del electrolisis en los químicos radiológicos agotados, Surco Lima 2019?; ¿Cuál es la eficiencia del pH y la temperatura para la recuperación de sales de plata en los químicos radiológicos agotados en Surco – Lima 2019?

Justificación del estudio en este proyecto de tesis se busca usar el método de electrolisis con corriente constante para la recuperación de sales de plata de los residuos líquidos químicos radiológicos, a la vez el uso de este método ayuda a disminuir el problema de contaminación de efluentes municipales que es generado por el centro de salud. Este método es una alternativa innovadora, donde la corriente colabora para la recuperar la plata en un 80% a 90%, removiendo la mayor cantidad de plata de los químicos radiológicos. **Justificación Ambiental** se busca fomentar este proyecto de investigación por la contaminación que se está produciendo, la cual no está siendo controlado por las autoridades correspondientes. Estos residuos líquidos son efluentes muy contaminados por el contenido que tiene que es las sales de plata; alto contaminante para cuerpos de agua y suelo. **Justificación Teórica** en nuestro país los últimos años han seguido incrementando un gran número de clínicas ocupacionales las cuales son las principales productoras de químicos radiológicos usados, que a la vez son vertidas a los desagües generando una contaminación ambiental por plata. La presente investigación busca recuperar la mayor cantidad de plata de estos efluentes con la ayuda del electrolisis que tiene un 80% a 90% de efectividad. **Justificación Económica** es un método novedoso y rentable, a comparación de otras metodologías que fueron usadas para la recuperación de sales de plata en químicos radiológicos agotados, estos residuos son de fácil adquisición ya que son desechadas como efluentes municipales. La plata (Ag) recuperada tiene un procedimiento adicional de fundición para que pueda ser comercializada a la industria

de la joyería. **Justificación Social** se pretende concientizar a las personas que desechan inconscientemente estos químicos radiológicos agotados con metales pesados a los efluentes municipales, y hacer de conocimiento la recuperación de la plata de estos residuos con ayuda de la electricidad constante y que pueda favorecer al medio ambiente.

La investigación tiene como **Hipótesis general** la aplicación del método del electrolisis se logrará la recuperación de sales de plata en los químicos radiológicos agotados en Surco – Lima 2019. Y como **Hipótesis específica** El método del electrolisis permite la recuperación del 80% de las sales de plata en los químicos radiográficos agotados en Surco – Lima 2019; El pH y la T° influyen en el crecimiento de la recuperación de sales de plata en los químicos radiológicos agotados en Surco – Lima 2019.

La investigación realizada tiene como **Objetivo General** Establecer la eficiencia del método electrolisis para el recuperamiento de sales de plata de los efluentes químicos radiológicos agotados Surco – Lima 2019. **Objetivos Específicos** Determinar el porcentaje de sales de plata recuperada por el método de electrolisis en los químicos radiológicos agotados en Surco – Lima 2019; Determinar en que influye el pH y la T° en la recuperación de sales de plata en los químicos radiológicos agotados.

II. MÉTODO:

2.1. Diseño de investigación:

El trabajo realizado es de investigación experimental, ya que se desarrollará la recuperación de sales de Ag mediante el método del electrolisis en los líquidos químicos gastados obtenidos con el fin de disminuir la contaminación del ecosistema acuífero.

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo. Se obtendrán muestras y datos cuantitativos (mediciones) y que se realizara un análisis estadístico. Para Oliveros (2018), este método es utilizada porque tiene como objetivo crear una herramienta nueva para la tecnología y poder iniciar con los conocimientos adquiridos a través de la investigación estratégica para establecer si estos pueden ser utilizados. La información obtenida de esta investigación debería ser también aplicable en cualquier lugar. Según Fernández y Díaz (202, p. 1), la investigación elaborado de enfoque cuantitativo es la que se recoge analizan e investigan datos sobre las variables planteadas.

Nivel de investigación.

La investigación realizada de subtipo pre experimental con pre y post prueba, donde tomada la muestra tendremos que analizar en un laboratorio los químicos radiológicos agotados la cantidad de plata que tiene para poder extraerlo.

Este tipo de diseño es respaldado con lo que menciona Hernández (2014) p. 145 “se dará razón a la ocurrencia de un fenómeno y las manifestaciones, en síntesis, pretendan determinar las causas de los fenómenos que se estudian”.

2.2.Tabla 6: Operacionalización de variables.

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Vd. RECUPERACIÓN DE LA PLATA.	<p>La plata es un elemento químico de número atómico 47. Se encuentra en la naturaleza formando partes de distintos minerales (generalmente en forma de sulfuro o como plata libre) (EcuRed, 2016).</p>	<p>En esta dimensión es donde se puede determinar la presencia de plata en los químicos radiológicos agotados por ende se tendrán en cuenta las características físicas, químicas del químico radiológico agotados y poder determinar el porcentaje de concentración de sales de plata.</p>	<p>Características físicas del químico radiológico agotado</p>	<p>Color Consistencia Textura Olor</p>	Razón
			<p>Características químicas del químico radiológico agotado</p>	<p>pH D.B.O D.B.Q Cloruros Fenoles</p>	
			<p>Porcentaje de concentración de sales de plata</p>	<p>Concentración de plata inicial. Concentración de plata final. % de recuperación.</p>	mg/L

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Vi. ELECTRÓLISIS	<p>La electrólisis es un procedimiento que separa los elementos de un compuesto por medio de la electricidad.</p> <p>En ella ocurre ciertas reacciones de liberación de electrones por los aniones en el ánodo (Balta, M. T, Kizikan, O; 2016).</p>	<p>Se caracteriza por recuperar las sales de plata y poder obtener la cantidad estable de corriente contante y poder observar la característica de la plata</p>	<p>Características de las sales de plata</p>	<p>Peso</p>	<p>Kg</p>
				<p>Color</p>	<p>Razón</p>
			<p>0.07</p>	<p>V/A</p>	

2.3. Población y Muestra:

Población

La población es un conjunto de todos los casos determinados que recuerdan con determinaciones específicas según (Hernández, Fernández y Baptista 2010).

La investigación de recuperación de sales de Ag en químicos radiológicos agotados, está constituida por una solución acuosa conteniendo plata (Ag) donde el químico radiológico preparado es de 50 L por quince días aproximadamente.

Muestra

Es una esencia del sub grupo de la población (Hernández, Fernández y Baptista 2010) En este proceso de investigación la muestra está compuesta por 6 litros de la solución acuosa conteniendo plata preparada con aditivos adicionales.

Muestreo

El tipo de muestreo se realizó de forma probabilística, la elección de la muestra fue tomada aleatoriamente.

Se realizó un trabajo previo de preparación para el uso de las instalaciones de la clínica para la obtención de la clínica.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad:

Esta investigación se basó, en la utilización de técnicas e instrumentos que nos permitan obtener resultados para los objetivos planteados.

La observación directa: Se presenta para determinar las propiedades de los fenómenos que son utilizados directamente en algunos casos instrumentos de medición estos nos ofrecen sistemas universales según (Junio y Urbano, 2016).

Ficha de recolección de datos: Se utilizaron fichas para la recopilación de la muestra de los químicos radiológicos en una clínica ocupacional de Surco – Lima 2019 (Tabla 7).

Revisión bibliográfica: La información recolectada para realizar la siguiente investigación se revisó libros, artículos, páginas electrónicas y tesis, entre otros.

Tabla 7: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

ETAPA	FUENTE	TECNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
Recaudación de la muestra	Efluente químico radiológico	Observación	Ficha de observación de campo.	Efluente contaminado
Análisis fisicoquímicas	Laboratorio acreditado	Experimental	Ficha de resultado de análisis.	Parámetros iniciales
Preparación y procesamiento de la muestra	Efluente químico radiológico	Experimental	Ficha de registro de parámetros pH y tiempo.	Efluentes con concentración de plata
Análisis fisicoquímicas del efluente tratado	Laboratorio acreditado	Experimental	Ficha de resultado de análisis	Extracción de la plata del efluente

2.4.1. Validez:

Se presenta instrumentos de validación.

- Ficha de registro de parámetros fisicoquímicos y metales pesados medidos en los efluentes químicos radiológicos.
- Ficha de cadena de custodia para la adquisición de la muestra de los químicos radiológicos en la clínica ocupacional.
- Ficha de registro de los resultados finales con sus parámetros fisicoquímicos y metales pesados de la muestra extraída.
- Dichos instrumentos fueron sometidos a juicio de expertos, validando y revisando de manera independiente la coherencia que existe entre el contenido teórico y los planteamientos de objetivos específicos propuestos. Los especialistas son:

Tabla 8. Validación de instrumentos

DOCTOR	CONFIABILIDAD	CIP
Dr. Ordoñez Galvez Julio	85%	84472
Dr. Peralta Medina Juan Alberto	85%	56871
Dr. Castañeda Olivera Carlos	85%	130267

2.5.PROCEDIMIENTO:

Etapas de la Investigación:

Se detallan las siguientes etapas para la extracción de la plata de la muestra obtenida.

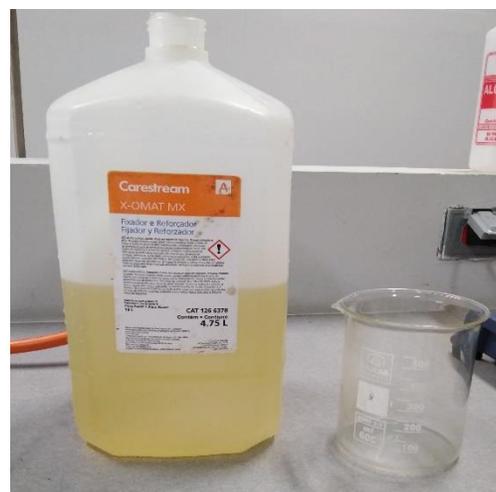
Etapa 1: Recolección y traslado de la muestra obtenida.

Se identificó la clínica ocupacional para poder realizar la toma de muestra de los químicos radiológicos, para poder tener buenos resultados en lo experimental tenemos que ver la cantidad de placas radiográficas procesan por día. La muestra recolectada debe de estar en condiciones adecuadas sin ningún tipo de impurezas para que no se mezcle con la plata extraída (Figura 4 y 5)



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4: Recolección de la muestra



Fuente: Elaboración propia

Figura 5: 6 L de muestra

Etapa 2: Análisis de los químicos radiológico extraído como muestra.

La muestra de los químicos radiológicos extraídas en la clínica ocupacional se sometio a un análisis previo al proceso experimental, para tener conocimiento sobre el contenido y la cantidad de plata concentrada en el químico radiológico.

Tabla 9: Análisis de los químicos radiológicos agotados.

Parámetros y forma de expresión	Químicos agotados
DBO₅ (mg/L O₂)	29750
DQO (mg/L O₂)	207900
pH (unidades)	5.9
Amonio (mg/L)	44800
Cloruros (mg/L)	175000
Fenoles	0,08
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	8
Sulfatos (mg/L)	33270
Plata (mg/L)	10.8

Fuente. Elaboración propia

Etapa 3: Fraccionar de la muestra:

La muestra se fracciono en nueve vasos precipitados, cada tres vasos tienen diferentes pH y se sometido al método de electrolisis con 3 temperaturas diferentes que fueron comparados al final del experimento para plasmarlo en un gráfico y saber cuál es el pH con temperatura adecuada para el mayor porcentaje de recuperación de plata en el químico radiológico agotados (Figura 6)



Fuente: Elaboración propia

Figura 6: Medición de pH y T°

Etapa 4: Establecer el pH de las muestras: Ya en el laboratorio se comenzó adicionar Hidróxido de Sodio para aumentar en tres diferentes pH del químico radiográfico agotado, el pH del químico radiológico suele ser ácido (Figura 7)



Fuente. Elaboración propia

Figura 7 Medición de la muestra pH y Temperatura.

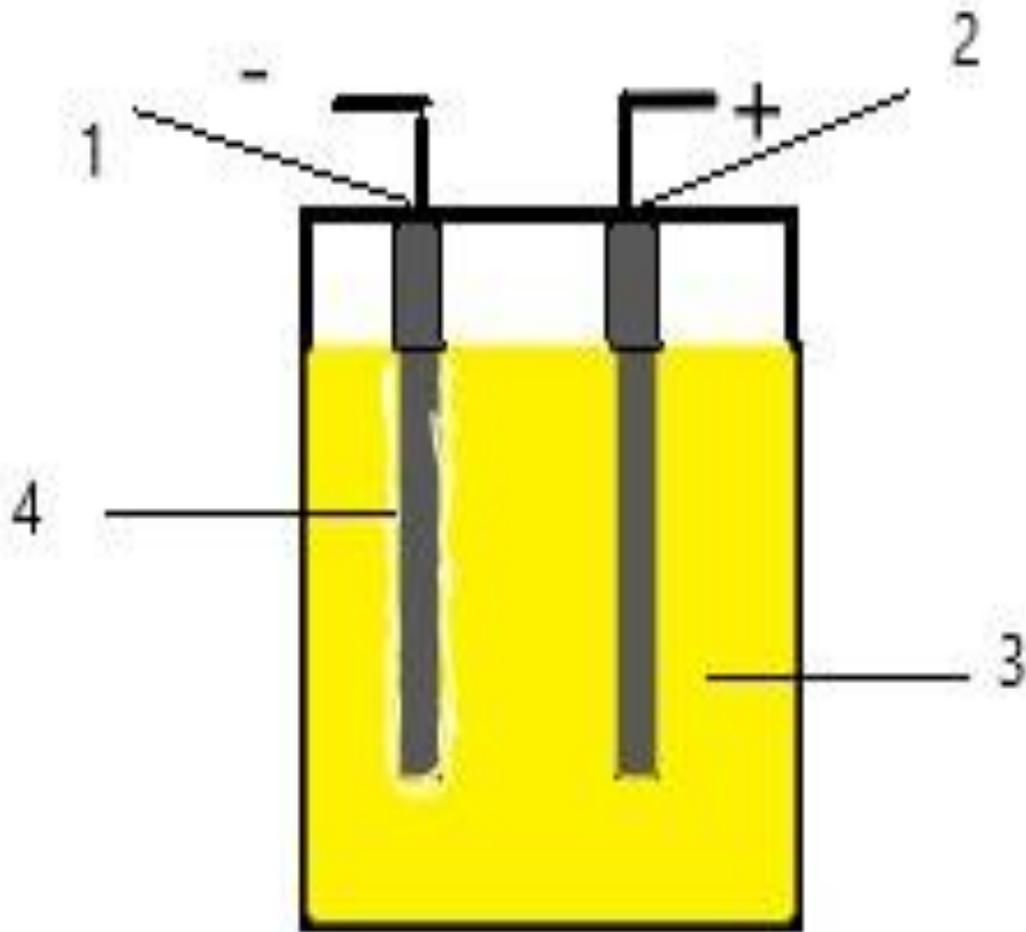
Etapa 5: Electrolisis:

El material que fue sumergido a los químicos radiológicos agotados es un producto resistente al desgaste, ya que estos serán sometidos a químicos y electricidad se optó a usar el acero inoxidable austenítico que sirvió como ánodo (+) y cátodo (-) soldado a un alambre de cobre, que sirve como conductor de corriente Ver Figura 8



Fuente. Elaboración propia

Figura 8. Recuperación de Ag por electrolisis



Fuente. Elaboración propia

Figura 9 Esquematización para la recuperación de plata en químicos radiológicos.

- 1) Cátodo de acero inoxidable
- 2) Ánodo de acero inoxidable
- 3) Químico radiológico
- 4) Plata recuperada por electrolisis

Los tres valores de pH establecidos para el presente proyecto de investigación fueron 5.5, 7.5 y 9.5 que fueron sometidos a tres temperaturas diferentes 28.5°C, 40°C y 60°C.

Datos obtenidos en laboratorio:

Muestra 1: pH 5.9 – 40°C

- Número de prueba: 01
- Distancia entre electrodos: 10 mm
- Agitación: 70 rpm
- Densidad de corriente: 0.07 Amp/dm²
- Presencia de Ag mg/l : 7.3
- % de recuperación de plata: 32.4 %

- Número de prueba: 02
- Distancia entre electrodos: 10 mm
- Agitación: 70 rpm
- Densidad de corriente: 0.07 Amp/dm²
- Presencia de Ag mg/l: 7.1
- % de recuperación de plata: 34.25 %

- Número de prueba: 03
- Distancia entre electrodos: 10 mm
- Agitación: 70 rpm
- Densidad de corriente: 0.07 Amp/dm²
- Presencia de Ag mg/l: 7.5
- % de recuperación de plata: 30.55 %

Muestra 2: pH 7.5 – 28.5 °C

- Número de prueba: 01
- Hidróxido de Sodio: 7 mg
- Distancia entre electrodos: 10 mm
- Agitación: 70 rpm
- Densidad de corriente: 0.07 Amp/dm²
- Presencia de Ag mg/l: 1.2
- % de recuperación de plata: 88.88 %

- Número de prueba: 02
- Hidróxido de Sodio: 7 mg
- Distancia entre electrodos: 10 mm
- Agitación: 70 rpm
- Densidad de corriente: 0.07 Amp/dm²
- Presencia de Ag mg/l: 1.5
- % de recuperación de plata: 86.11 %

- Número de prueba: 03
- Hidróxido de Sodio: 7 mg
- Distancia entre electrodos: 10 mm
- Agitación: 70 rpm
- Densidad de corriente: 0.07 Amp/dm²
- Presencia de Ag mg/l: 1.1
- % de recuperación de plata: 89.81 %

Muestra 3: pH 9.5 – 60 °C

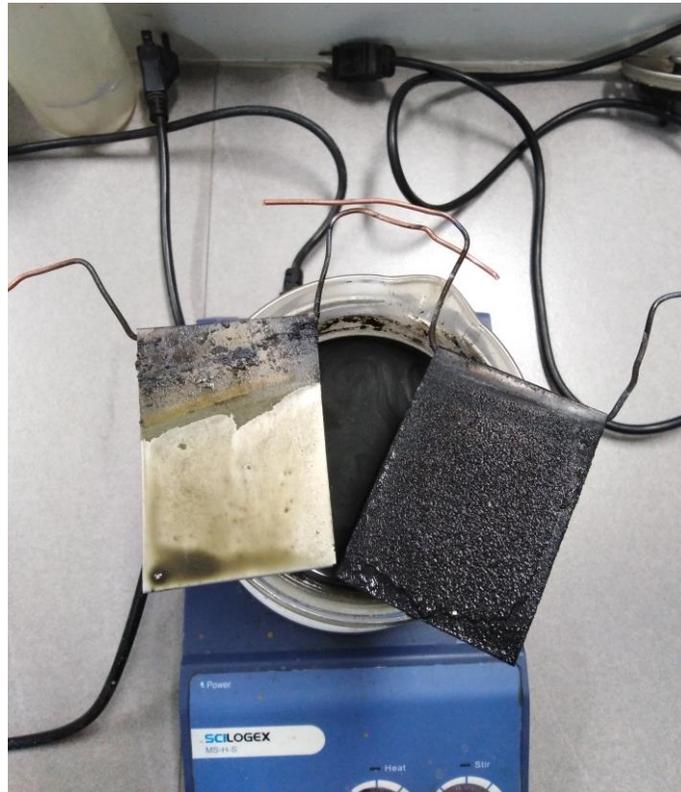
- Número de prueba: 01
- Distancia entre electrodos: 10 mm
- Agitación: 70 rpm
- Densidad de corriente: 0.07 Amp/dm²
- Presencia de Ag mg/l: 5.9
- % de recuperación de plata: 45.37 %

- Número de prueba: 02
- Distancia entre electrodos: 10 mm
- Agitación: 70 rpm
- Densidad de corriente: 0.07 Amp/dm²
- Presencia de Ag mg/l: 6.1
- % de recuperación de plata: 43.51 %

- Número de prueba: 03
- Distancia entre electrodos: 10 mm
- Agitación: 70 rpm
- Densidad de corriente: 0.07 Amp/dm²
- Presencia de Ag mg/l: 5.5
- % de recuperación de plata: 49.07 %

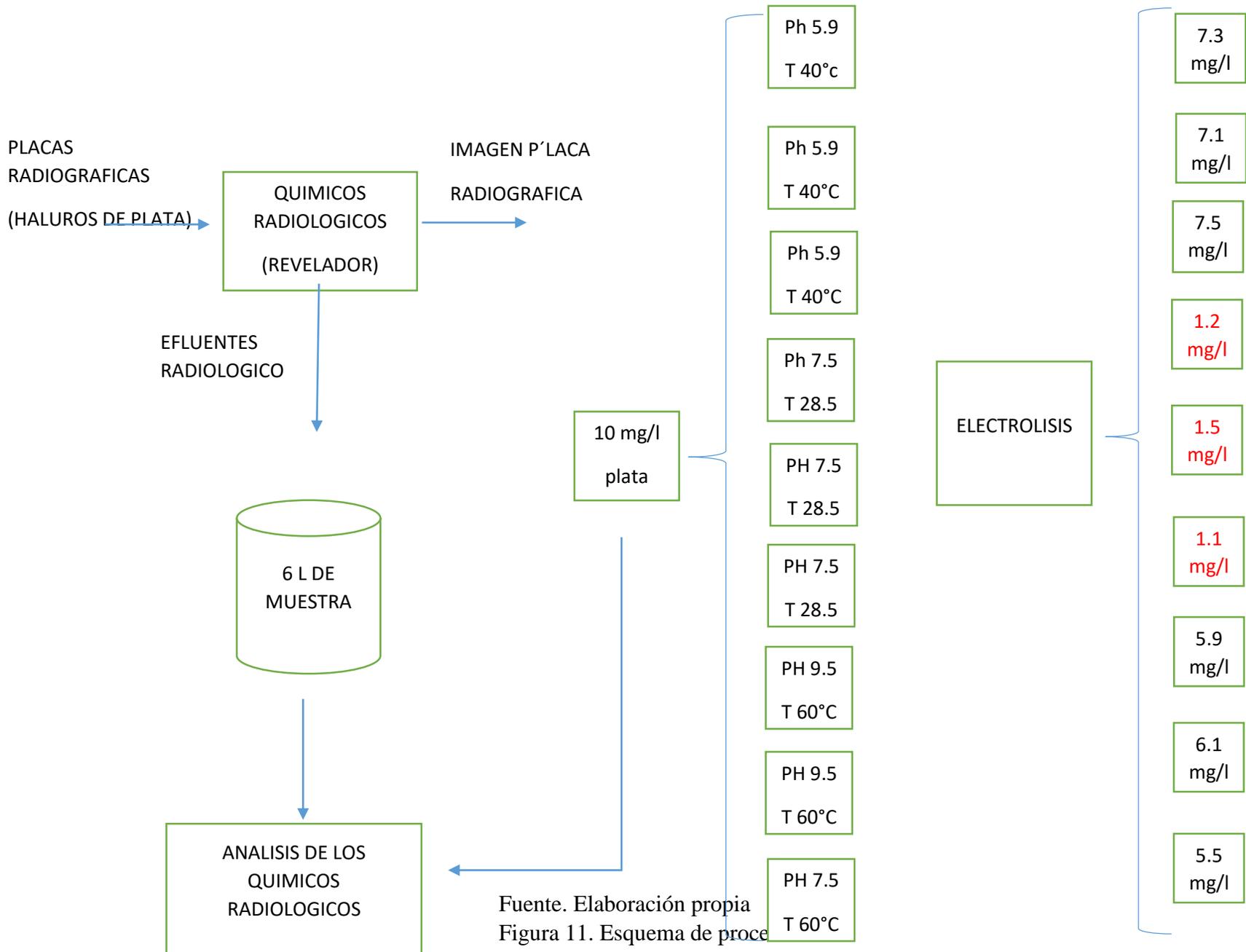
Etapa 6: Recuperación de la plata.

Se realiza la recuperación de plata del acero inoxidable austenítico (cátodo) después de 4 horas y 30 min, Se retira la placa de los químicos radiológicos y se deja secar (Figura 10).



Fuente. Elaboración propia

Figura 10. Plata recuperada en el cátodo



Fuente. Elaboración propia
 Figura 11. Esquema de proceso

2.6.Etapas de la investigación:

Instrumentos para la elaboración de recolección de datos:

Los instrumentos de recolección de datos están adjuntos como anexo del presente proyecto de investigación que son los siguientes:

Ficha N° 1 – Cadena de custodio de la muestra

Ficha N° 2 – Análisis fisicoquímicos y metales pesados

Ficha N° 3 – Resultados fisicoquímicos y metales pesados

2.7.Método de análisis de datos

Elaboración de cuadros gráficos en formato (Excel)

Se utiliza mediante la elaboración de resultados de análisis de la recuperación de Ag de los líquidos radiográficos agotados, elaborando gráficos para visualizar mediante barras el porcentaje de plata recuperada propuesta en el proyecto de investigación.

Elaboración de cuadros y gráficos SPSS

Se realiza y se interpreta los datos como muestran los instrumentos que se emplearon. Se realiza el procesamiento estadístico de la información recogida en campo, se realizarán con el método estadístico ANOVA, mediante el programa de análisis estadístico SPSS.

2.8.Aspectos éticos:

La presente investigación está realizada en base a información obtenida del proceso de experimentación y las fuentes bibliográficas en relación a nuestro tema de investigación.

Los datos obtenidos en las mediciones son respaldados por laboratorios certificados, provenientes por la recuperación de plata y calibración del equipo usado.

Tenemos como base el respeto y preservación de cada uno de los hábitats estudiados ya que nuestro objetivo de la investigación es el cuidado de medio ambiente y quienes los habitamos.

III. RESULTADOS

Los resultados que hemos obtenido en los análisis de laboratorio se mostró la presencia de plata en los químicos radiográficos agotados. Donde se realiza una recuperación de este metal pesado por medio del electrolisis. Los valores encontrados en la muestra sobrepasan los niveles establecidos por el MINAM.

Tabla 10. Resultados después de la recuperación.

PARAMETRO	CANTIDAD DE RESIDUO	pH	T°	RECUPERACION DE AG MG/L	% DE RECUPERACION DE AG
Recuperación de plata	500 ml	5.9	40	7.3	32.40
			40	7.1	34.25
			40	7.5	30.55
		7.5	28.5	1.2	88.88
			28.5	1.5	86.11
			28.5	1.1	89.81
		9.5	60	5.9	45.37
			60	6.1	43.51
			60	5.5	49.07

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 10, se presenta los resultados obtenidos en relación a la recuperación de plata de los químicos radiológicos agotados, según la aplicación de tres pH diferentes con tres repeticiones de una temperatura de 28.5, 40 y 60 °C. Dichos valores de recuperación fijamos el porcentaje de remoción.

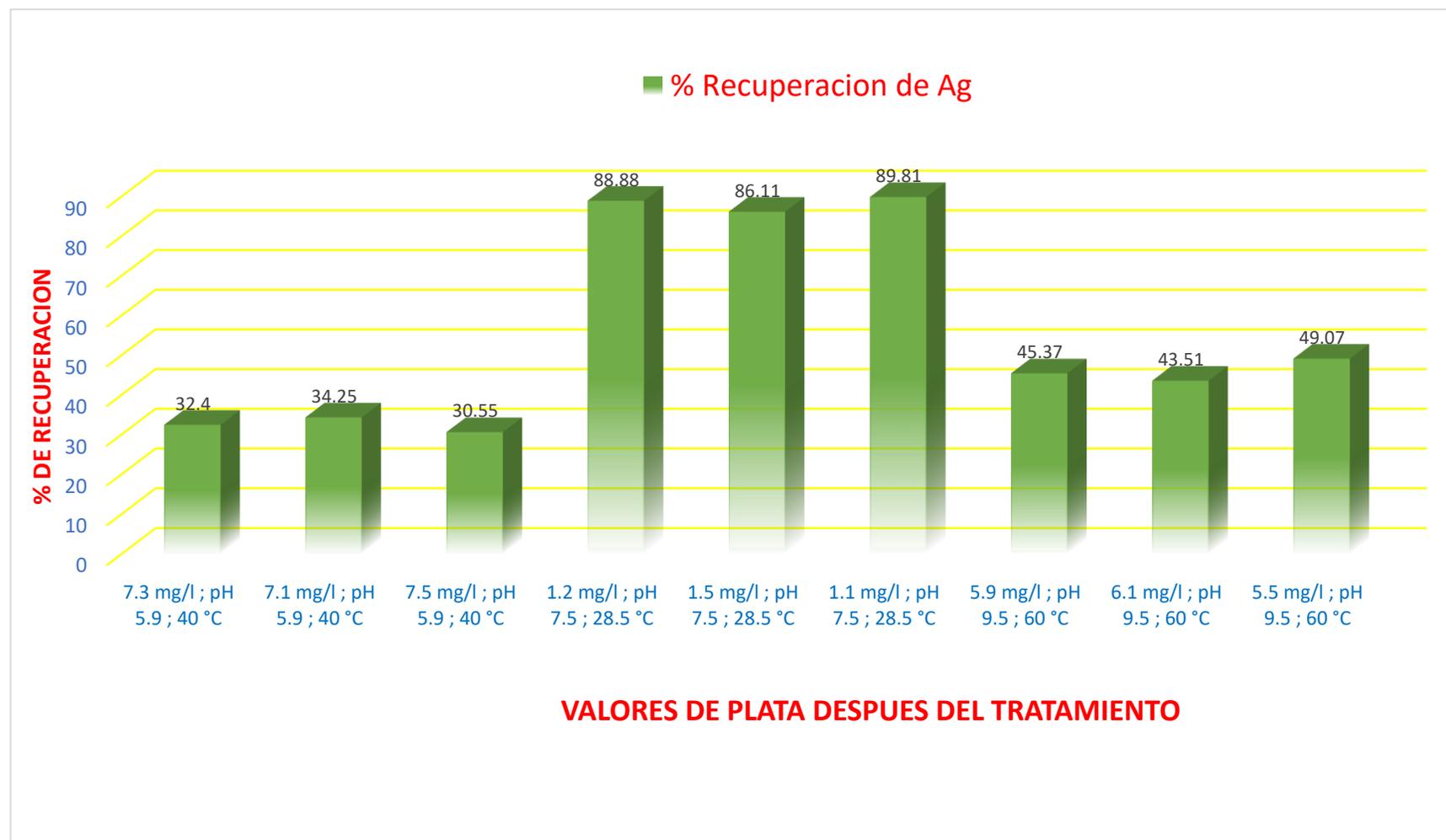


Figura 12. Porcentaje de recuperación de plata

Fuente. Elaboración propia

En la interpretación de la figura 12 nos muestra los porcentajes del resultado de la recuperación de plata de los químicos radiológicos por el método del electrolisis. Donde experimentamos con tres diferentes pH y temperaturas, como podemos observar el pH 7.5 (neutro) con una temperatura de 28.5 °C se pudo remover mayor cantidad de plata de los químicos radiográficos agotados obteniendo el valor más alto de 89.81%, con un pH 5.9 (ácido) con una temperatura de 40 °C se puede remover una menor cantidad de plata obteniendo 30.55%, un pH 9.5 (básico) con una temperatura de 60°C se pudo obtener una recuperación de plata promedio obteniendo un 49.07%.

Tabla 11. Tabla de normalidad para el tratamiento de electrolisis de sales de Ag.

PRUEBA DE NORMALIDAD							
	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Sales de plata	Inicial/Testigo	,232	3	.	,980	3	,726
	T1(5.9pH-40°C)	,175	3	.	,589	3	,258
	T2(7.5pH-28.5°C)	,292	3	.	,923	3	,463
	T3(9.5pH-60°C)	,253	3	.	,964	3	,637
a. Clasificación de significancia de Lilliefors							

Fuente: Tabla SSPS, elaboración propia.

La tabla 11, nos muestra los valores obtenidos en la prueba de normalidad para el parámetro de recuperación de plata en los químicos radiológicos agotados.

A) Prueba de hipótesis

Ho: Los datos obtenidos de recuperación de plata son de distribución normal.

H1: Los datos obtenidos de recuperación de plata no son de distribución normal.

B) Regla de decisión

Sig > 0.05 rechazamos la H1

C) Resultados y conclusión.

P-valor es mayor de 0.05 entonces aceptamos H_0 . Los datos proceden de una distribución normal.

D) Interpretación:

Como los p valores son mayores, entonces aceptamos H_0 , la conclusión es que los datos de recuperación de plata obedecen a un comportamiento de distribución normal. Donde se van a valorar los datos estadísticos de significancia de Shapiro-wilk por ser una muestra menor e 30.

Tabla 12. Prueba de Levene para el tratamiento de electrolisis de sales de Ag.

PRUEBA DE HOMOGENIDAD					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
SALES DE PLATA	Se basa en la media	1,929	3	8	,204
	Se basa en la mediana	,798	3	8	,529
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,798	3	5,145	,544
	Se basa en la media recortada	1,838	3	8	,218

Fuente: Tabla SSPS, elaboración propia.

A) Prueba de hipótesis.

H_0 . Se asume que la varianza son semejantes

H_1 . Se asume que la varianza no son semejantes

B) Regla de decisión

Sig. > 0.05 rechazamos H_1

Sig. < 0.05 rechazamos H_0

C) Resultados y conclusiones

P valor mayor de 0.05 entonces aprobamos H_0 , se asume que las varianzas son semejantes.

D) Interpretación

En la tabla 12, muestra que la prueba de homogenización de varianza, o también conocida como la prueba de Levene, donde evaluaremos la media. P valor es mayor de 0.05, cumpliendo el valor estadístico, lo que significa que no existe la diferencia de varianzas de recuperación de sales de plata.

Tabla 13. ANOVA para tratamiento de electrolisis de sales de plata

ANOVA					
SALES DE PLATA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	140,227	3	46,742	1048,620	,000
Dentro de grupos	,357	8	,045		
Total	140,583	11			

Fuente: Tabla SSPS, elaboración propia.

A) Prueba de hipótesis

H_0 . Tras la aplicación del método de electrolisis no se logrará la recuperación de sales de plata en los químicos radiológicos agotados.

H_1 . Tras la aplicación del método de electrolisis se logrará la recuperación de sales de plata en los químicos radiológicos agotados

B) Regla de decisión

Sig. < 0.05 rechazamos H_0

Sig. > 0.05 rechazamos H_1

C) Resultado y conclusión

P valor menor de 0.05, llegando a la conclusión que se acepta H1 tras la aplicación del método de electrolisis se lograra recuperar las sales de plata en los químicos radiológicos agotados.

D) Interpretación

En la tabla 13 se puede observar la aceptación o el rechazo de la hipótesis de la investigación; basándose en la significancia. P valor menor de 0.05 entonces aceptamos H1.

Tabla 14. Comparación múltiple para tratamiento de electrolisis de sales de plata.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: SALES DE PLATA						
HSD Tukey						
(I) TRATAMIENTOS	(J) TRATAMIENTOS	Diferencia de medias (I- J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
INICIAL/ TESTIGO	T1(5,9 pH - 40 T°C)	3,49333*	,17239	,000	2,9413	4,0454
	T2(7,5 pH - 28,5 T°C)	9,52667*	,17239	,000	8,9746	10,0787
	T3 (9,5 pH - 60 T°C)	4,96000*	,17239	,000	4,4080	5,5120
T1(5,9 pH - 40 T°C)	INICIAL/ TESTIGO	-3,49333*	,17239	,000	-4,0454	-2,9413
	T2(7,5 pH - 28,5 T°C)	6,03333*	,17239	,000	5,4813	6,5854
	T3 (9,5 pH - 60 T°C)	1,46667*	,17239	,000	,9146	2,0187

T2(7,5 pH - 28,5 T°C)	INICIAL/ TESTIGO	-9,52667*	,17239	,000	-10,0787	-8,9746
	T1(5,9 pH - 40 T°C)	-6,03333*	,17239	,000	-6,5854	-5,4813
	T3 (9,5 pH - 60 T°C)	-4,56667*	,17239	,000	-5,1187	-4,0146
T3 (9,5 pH - 60 T°C)	INICIAL/ TESTIGO	-4,96000*	,17239	,000	-5,5120	-4,4080
	T1(5,9 pH - 40 T°C)	-1,46667*	,17239	,000	-2,0187	-,9146
	T2(7,5 pH - 28,5 T°C)	4,56667*	,17239	,000	4,0146	5,1187
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.						

Fuente: Tabla SPSS. Elaboración propia.

A) Prueba de hipótesis

Ho. No emite alguna significancia en el tratamiento de electrolisis para la recuperación de plata

H1. Existe alguna significancia en el tratamiento de electrolisis para la recuperación de plata.

B) Regla de decisión

Sig < 0.05 rechazamos Ho

C) Resultado y conclusión

P valor menor de 0.05 aceptamos H1, entonces podemos asumir que existe alguna significancia entre los tratamientos de electrolisis para la recuperación de plata.

D) Interpretación

En la tabla 14 vemos la prueba de Tukey o más conocida como comparaciones múltiples, esta prueba que compara todos los tratamientos realizados en la investigación, donde P valor menor de 0.05 entonces aceptamos la H1.

IV. DISCUSIÓN

La finalidad a esta investigación es la recuperación de plata de los químicos radiológicos agotados a partir del método del electrolisis, generando una posibilidad de minimizar la contaminación de efluentes municipales generado por establecimientos de salud, logrando reducir la presencia de plata vertidas en los químicos radiológicos agotados. JIMENEZ. W (2010) manifiesta que los manejos de sustancias contaminadas utilizados en el ámbito clínico-hospitalario que este bajo las normativas propias de la bioseguridad para minimizar el riesgo potencial que representan para el bienestar para los seres humanos y el medio ambiente y la importancia que se debe de dar para una correcta manipulación, clasificación y disposición final de los desechos químicos radiológicos agotados. Flores. L (2012) afirma que es importante que es importante destacar que a reacción que se da entre las sales de plata de las películas radiográficas y los químicos radiológicos, producen compuestos que son tóxicos y dañinos para el medio ambiente, son considerados como residuos peligrosos por tener una concentración de plata mayores a 5 mg/L en la solución, por ende estos químicos radiográficos agotados no deben ser vertidos en el sistema de alcantarillado por su gran toxicidad, sin ser antes tratado o reciclado para derivarlo a una empresa especializada para una correcta manipulación. Ratte (1999). En su investigación “Bioaccumulation and toxicity of silver compounds” determino que la etapa de germinación de una planta es más sensible cultivadas en suelos que tienes mucha concentración de plata, una concentración de 9.8 mg/l de plata puede matar plantaciones de maíz, lechuga, tomate. Etc. En nuestro resultado de análisis de un químico radiológico agotado que se vierte en los efluentes municipales sin ningún control nos arroja un valor de 10.8 mg/l de plata siendo un índice de contaminación y muerte para una plantación.

Las contaminaciones por metales pesados son toxicas para el medio ambiente que pueden causar daños al ecosistema acuífero en especial la plata que son desechadas por los drenajes municipales en los químicos radiológicos agotados, este porcentaje de plata presente son muy elevados, donde el análisis de muestra inicia es 10.8 mg/L de plata. Eisler (1997) en su estudio titulado “Peligros de la plata para peces, vida silvestre e invertebrados” demostró las consecuencias que tiene el metal que es la plata suspendida en cuerpos acuáticos. Donde son enormemente toxica para las plantas y animales, que como concentraciones de 3-5 mg/L

mataron infinidad de especies como insectos, truchas y tortugas marinas y concentraciones de 0.5-4.5 mg/L las especies que tuvieron daños colaterales manifestaron efectos adversos en su crecimiento como las algas marinas, almejas, ostras, caracoles.

Entre los resultados analizados se evaluó las variaciones de cada parámetro estudiado, viendo la influencia que tiene en la recuperación electrolítica de plata en la muestra de los químicos radiológicos agotados. **Efecto de la temperatura** de acuerdo a lo experimentado, las variaciones de temperatura en el proceso de recuperación electrolítica de la plata revelo hecho importantes. A temperatura ambiente o bajas en el efluente radiológico, la captación de plata en el cátodo es de mayor cantidad, a temperaturas altas la cantidad de deposición catódica es menor, cuando se eleva la temperatura no tiene que ser mayor a 50 °C por que empieza a evaporarse el electrolito y como el procedimiento es en un sistema abierto pierde efluente y no ayuda a la recuperación de plata. **Efecto de pH** en lo experimentado la muestra tratada tiene el pH ácido que afecta al tipo y apariencia del depósito catódico. La solución tiene que ser neutro o básico para que no afecte el proceso de recuperación electrolítica.

Si la solución del efluente radiográfico fuera ácida la reacción electrolítica no recuperaría la plata puesto que en la solución la sal más estable es el sulfato de plata y esta sal evitara la deposición al cátodo, para subir el pH de la muestra de uso hidróxido de sodio. **Efecto de la distancia de electrodos** a medida que se realizó la recuperación de plata se vio que en el efluente radiológico la distancia de los electrodos no es una variable muy significativa. **Efecto de la densidad de corriente** en las experimentaciones realizadas que la densidad promedio es de 0.07 Amp y que en menores densidades de corrientes la cantidad de deposición e menor y a mayores densidades de corriente el electrolito comienza a reducirse y oscurece el electrolito. **Efecto de agitación del efluente** de acuerdo a las experiencias realizadas se obtuvo que la agitación es buena para la recuperación de la plata, si no existiera la agitación la recuperación de la plata seria en un solo lado del cátodo y al trabajar con un agitador magnético en la parte inferior mejoro el acumulo de plata, se visualizó e empezó a recuperar en ambas caras de cátodo. Por ese motivo se empleó un agitado magnético en 70 Rpm (revoluciones por minuto).

V. CONCLUSIONES

La eficiencia del método del electrolisis para la recuperación de sales de plata en los químicos radiológicos agotados, donde la concentración de sales de plata a disminuido notablemente en la muestra final siendo eficaz este método para la disminución de contaminación ambiental producido por los establecimientos de salud, para lograr estos resultados favorables se empleó diferentes indicadores como pH, Temperatura, Distancia de electrodos, Agitación de la muestra, Corriente constante, Tiempo.

El porcentaje recuperación de la plata de los químicos radiológicos agotados con el método del electrolisis. Se logró obtener un 89.81% de la plata presente en los químicos radiológicos ver tabla 9. Este resultado es favorable para poder disminuir la contaminación del ecosistema acuífero siendo el más afectado por este metal que es la plata, la muestra inicial nos arrojó un valor de 10.8 mg/L de plata sometiendo a un tratamiento de corriente constante con el método del electrolisis donde el valor final fue 1.1 mg/L de plata.

La eficiencia del pH y la temperatura para la recuperación de sales de plata en los químicos radiológicos agotados fueron fundamentales. El pH de la solución va afectar a la recuperación de las sales de plata va interferir en la acumulación de plata en el cátodo, la solución fuera acida la recuperación electrolítica no se produciría ya que la sal más estable seria el sulfato de plata y esta sal evitaría la deposición de plata. Respecto a la temperatura al aumentarla para la recuperación de sales de plata por ser un sistema abierto se nota la disminución del electrolítico en el vaso precipitado y esto hace que la acumulación de plata no sea homogénea en el cátodo.

VI. RECOMENDACIONES

Antes de realizar la recuperación de plata de los químicos radiológicos agotados hacer un análisis del electrolítico con la finalidad de poder saber el valor inicial de la plata presente, ya que los valores de plata no van hacer los mismos en las muestras son diferentes esto influye la cantidad de placas radiográficas reveladas, modo de preparación de los químicos radiológicos y que no esté contaminado con el revelador.

Realizar estudios de comparación de un químico radiográfico y un químico fotográfico ya que tienes características diferentes.

Emplear más indicadores para este método de electrolisis que ya que van influenciar en la recuperación de sales de plata.

Comparar este método de investigación del electrolisis con otro tipo de tratamiento ya que existen diversos métodos de recuperación de sales de plata en los químicos radiológicos agotados.

VII. REFERENCIAS

ALCARAZ BAÑOS M. “El revelado radiográfico, servicio de publicaciones”, Universidad de Murcia (2002), pp. 3 – 15

ARDILA ROBLES. E. Evaluación a nivel de laboratorio de un sistema de fotocátalisis heterogénea para el tratamiento de líquidos reveladores agotados radiológicos. Universidad de Salle. Facultad de Ingeniería Ambiental. Tesis de grado. Bogota-Colombia (2009) pp. 7-30.

BOBER, T; VACCO, D. y DAGON, T. “Handbook of Industrial and Hazardous Wastes Treatment”. FOWLER, H. Treatment of Photographic Processing Wastes. New York (2004).: pp. 277.

BROWN, Theodore. BURSTEN, Bruce. BURDGE, Julia. Química. Pearson Educación; Química Fotográfica. Ediciones, BURGUÉS. (2004). Joan. 9ª edición.

BUSHONG, S.C. Manual de radiología para técnicos. (2005). España. Elsevier.

CARP, HUISMAN y RELLER. Photoinduced reactivity of titanium dioxide. En: Progress in Solid State Chemistry. Volumen 32; (2004) p. 33 – 177.

CHINCHILLA, E; RODRIGUEZ, E. Diseños de sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales. Facultad de ingeniería y arquitectura. Universidad de El Salvador. Tesis de Grado San Salvador. (2010). Pp. 2-10.

EISLER R “Peligros de plata para peces, vida silvestre e invertebrados”: una revisión sinóptica . Washington, DC, Departamento de Interior de los EE. UU. (1997). Servicio Biológico Nacional, 44 págs.

DAWN THARR “Mercury exposure from silver-coated paper used in photo-laser machines applien Occupational environmental hygiene” Vol. 6 (1991).

DROGUI “Desarrollo de tecnologías electrolíticas y membranales para la eliminación de compuestos fitosanitarios y la desmineralización de agua”. (2011). Universite d’Avant-Garde. Chihuahua.

FAUST, Rosemary. “Toxicity summary for silver”. Oak Ridge Reservation Environmental Restoration Program. (1992). [Fecha de Consulta: 06/05/2019. Disponible en: [URL:http://cira.ornl.gov/documents/SILVER.pdf](http://cira.ornl.gov/documents/SILVER.pdf).

FLORES BLANCO. L. Programa estratégico para manejo de desechos odontologicos generados en el centro popular madre Maria Maracay. Universidad Nacional Experimental de las Fuerzas Armadas de Bolivia. Estado de Aragua (2011). Pp. 14-55.

FOTOGRAFÍA Y ARTES VISUALES DE MÉXICO. “Información técnica de fotografía”. [Consulta: 06/05/2019. Disponible en: [URL:http://www.f22mx.com/pages/infotecnica/infotecnica.html](http://www.f22mx.com/pages/infotecnica/infotecnica.html).

FUJI FILM Co. Treatment of Waste Photographic Photoprocessing Solutions. Patente Japonesa. enero (1999), No. JP04244299.

GUNNAR, N., “Metales, propiedades químicas y toxicidad”. España, Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo. (2014). pp. 63.

HERNANDEZ, E. y PEREZ, M. “Alternativas de gestión Integral de los Líquidos Reveladores y Fijadores”. Bogotá: Universidad de La Salle. (2005). pp. 105.

HOFFMAN, M., MARTIN, S., WONYONG, C., BAHNEMANN, D. Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis. En: Chemical Reviews; (1995) pp. 69 – 96.

KODAK, SERVICIOS MEDIOAMBIENTALES. J-216. “El destino y las consecuencias de la plata en el medio ambiente”. [Fecha de Consulta: 06/05/2019. Disponible en: [URL:http://wwwmx.kodak.com/eknec/documents/49/0900688a802c2649/J-216_LARES.pdf](http://wwwmx.kodak.com/eknec/documents/49/0900688a802c2649/J-216_LARES.pdf).

KODAK. “Material Safety Data Sheet. Disponible” . [Consulta: 06/05/2019. en: [URL:http://www.kodak.com](http://www.kodak.com).

LARA VALENZUELA. C “Servicios Industriales Peñoles”. Universidad Autonoma Metropolitana, 2009. Disponible en: CV. MX2009/000062 and WO/2010/002235.

MANUAL KODAK. Ficha de datos de seguridad, Empresa kodak. 2 edicion (2002). Pp. 1-5.

PIZZUTIELLO. J; CULLIAM. R. introducción a la imagen radiográfica medica. División por imagen KODAK SA (1991).

RAMALLO R. “Tratamiento de Aguas Residuales”. Reverté. Madrid-España. (1996). [Fecha de Consulta: 15/05/2019. Disponible en: Url: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/2318/TESIS%20MAESTRIA%20CESAR%20POL%20AREVALO%20ARANDA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

RATTE, H.T. (1999) “Bioaccumulation and Toxicity of Silver Compounds” en Review. Environmental Toxicology and Chemistry. Vol. 18, p. 89-108.

REMTAVERS. “Contaminación de las aguas residuales por plata” en Remtavers. Universidad Autónoma de Madrid (2010). [Fecha de Consulta: 01/12/2019. Disponible en: <https://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2010/10/22/131528>

RIZZO RIVAS, J. “La radiografía como examen complementario para el diagnostico de la patología bucal” Universidad de Guayaquil – Ecuador (2012), pp. 27 – 29.

RIGOLA, M. "Tratamiento de aguas industriales", México. Marcombo. (1989)

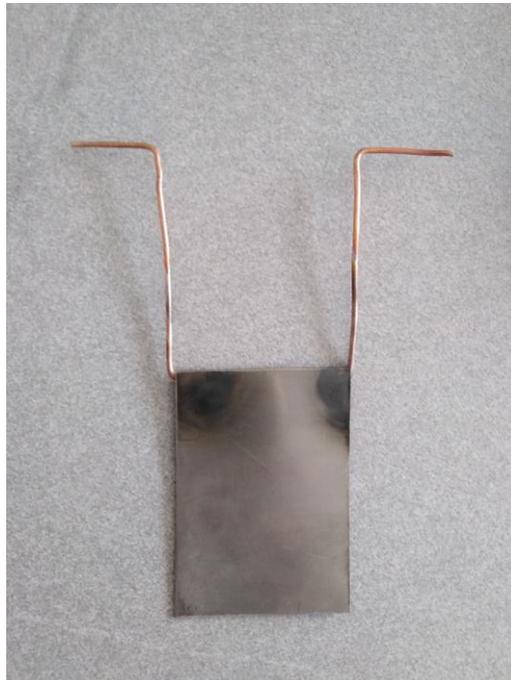
KULCSAR NETO Y DALLE, R, "Riscos químicos en laboratorios fotográficos" Ed. Brasileira de Saude Ocupacional. Vol 14, 2015. 54pp.

TREJOS. S, HERRERA VARGAS, "Determinacion de los componentes de las aguas residuales de los tanques de revelado de radiología", Universidad Nacional de Costa Rica, (2004). Pp. 110-113.

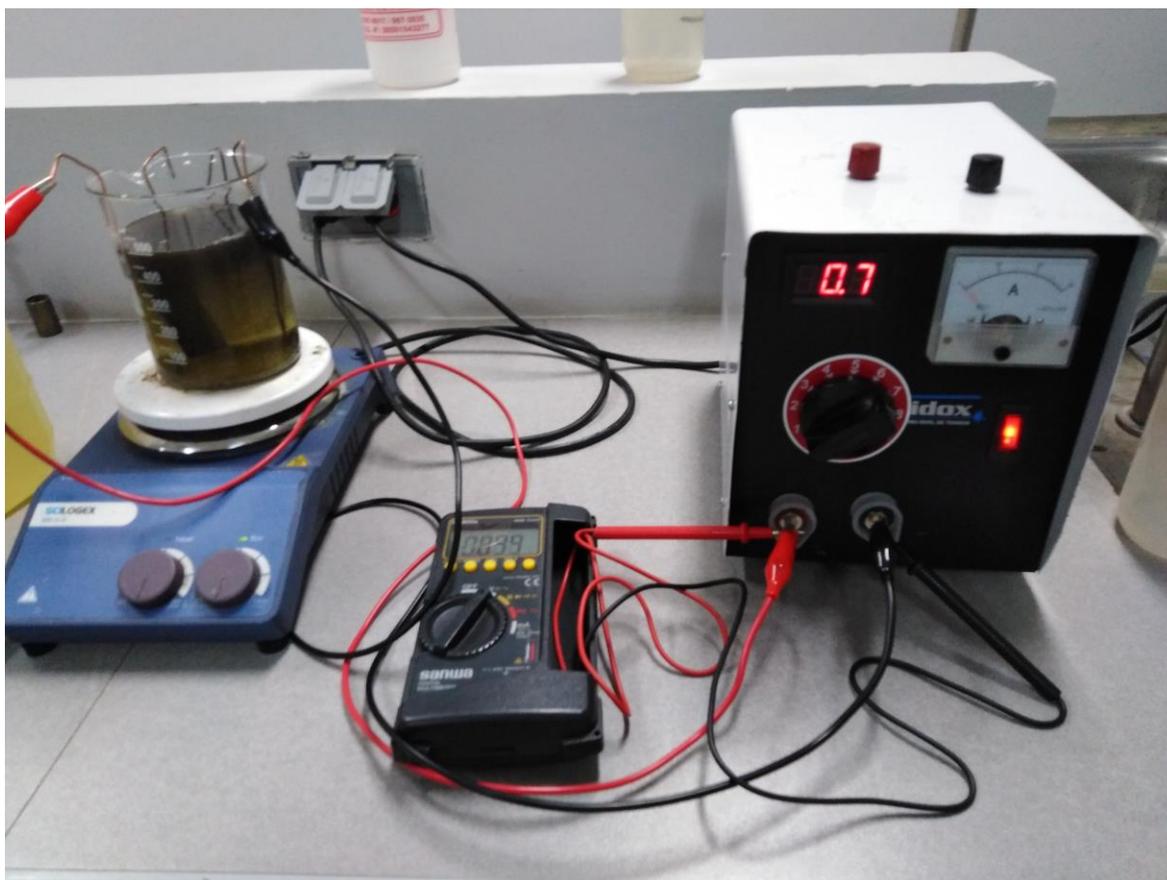
WOOD, R.C "Against Social Science perspectives on hospitality". En Tourism. The State of the Art. (1994). 737 pp.

ANEXOS

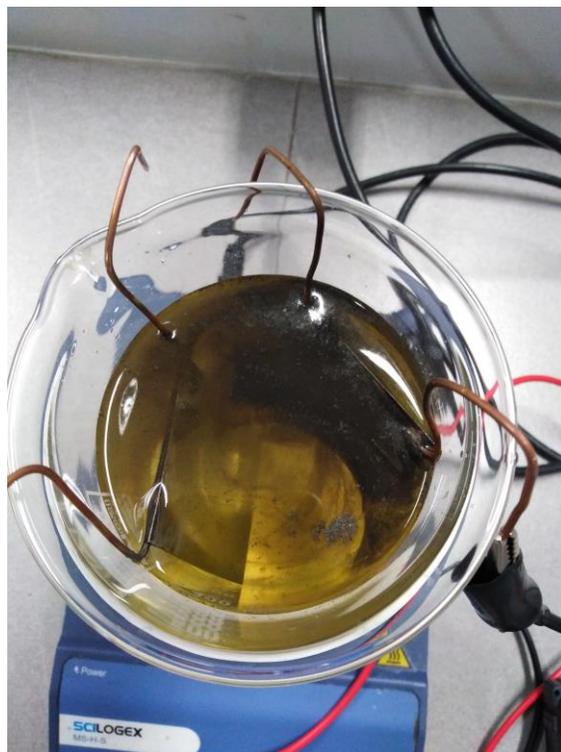
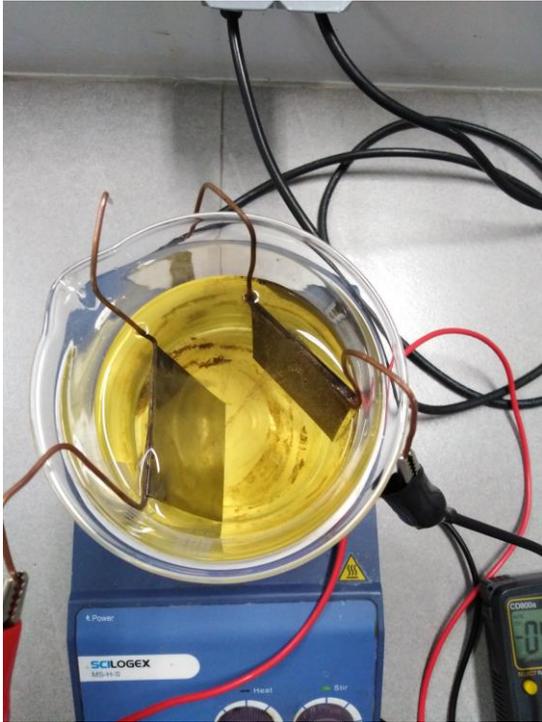
ANEXO 1 ÁNODO Y CÁTODO FABRICADO.



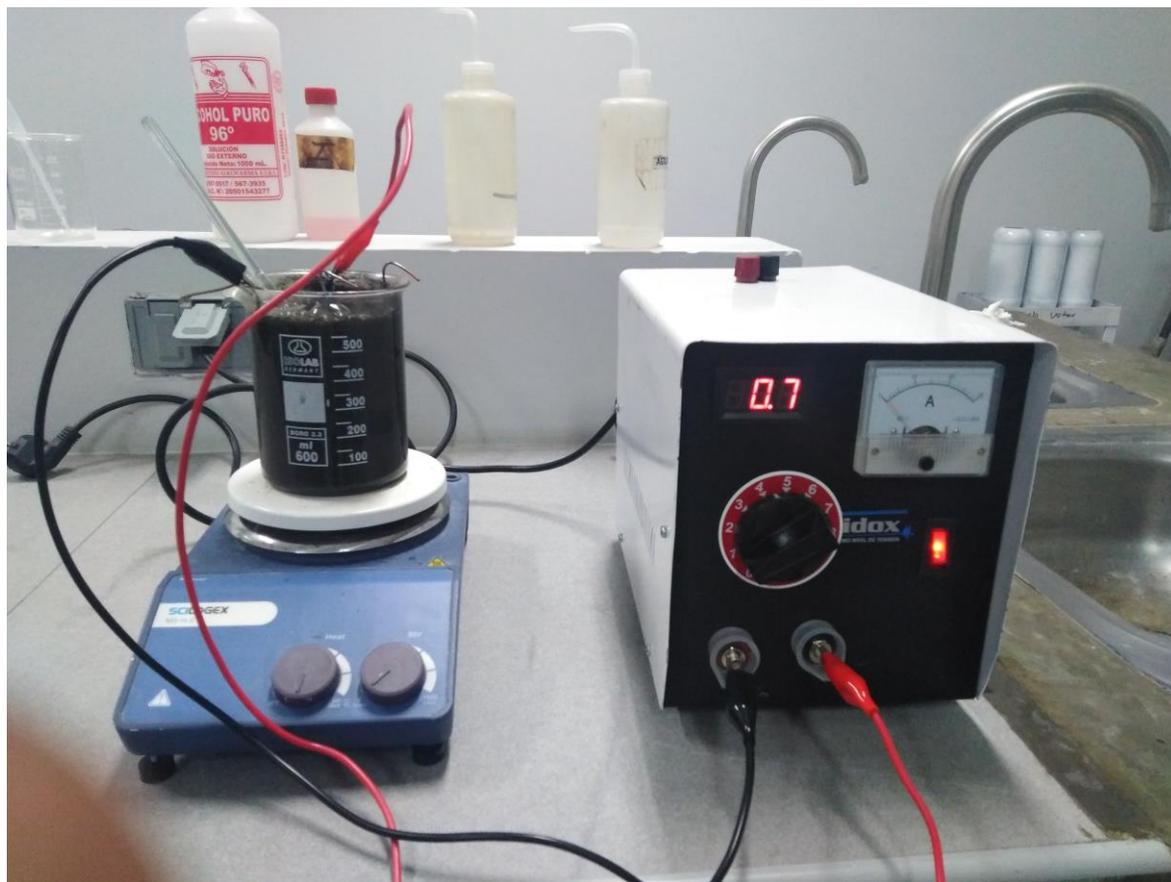
ANEXO 2 CONTROL DE CORRIENTE CONTINUA.



ANEXO 3. SOLUCIÓN QUE CONTIENE PLATA.



ANEXO 4. PROCESO DE RECUPERACIÓN DE PLATA.



ANEXO 5. CÁTODO DESPUES DE LA RECUPERACIÓN DE PLATA.

