

**GENERACIÓN DE UN PLAN DE ACCIÓN PARA LA INTERVENCIÓN DE LAS
ACTIVIDADES QUE CONDUCEN A VERTIMIENTOS CONTAMINADOS CON
MERCURIO EN LA UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO- SEDE SUR.**

NATALIA TIRADO SIERRA

Proyecto integral de grado para optar al título de Especialista en Gestión Ambiental

Duwal Asprilla Pérez
Ingeniero Ambiental

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ
2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Director de la Especialización

Firma del calificador

Bogotá D.C febrero de 2021

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. María Claudia Aponte González

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretaria General

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Decano Facultad de Ingeniería

Dr. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director de Programa

Ing. Nubia Liliana Becerra Ospina

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	9
1. OBJETIVOS	11
1.1 Objetivo General:.....	11
1.2 Objetivos Específicos:	11
2. MARCO REFERENCIAL	12
2.1 Vertimiento:	12
2.2 Aguas residuales:	12
2.3 Contaminación Hídrica:.....	12
2.4 Fuentes de contaminación:	13
2.5 Contaminantes específicos:.....	13
2.6 Mercurio:.....	13
2.7 Métodos para la remoción de Mercurio:	14
2.7.1 La fitorremediación:.....	14
2.7.2 Biorremediación:.....	14
2.7.3 Biorremediación Microbiana:	15
2.8 Legislación Relacionada con el uso del Mercurio:	15
2.8.1 Ley 1892 del 2018,	15
2.8.2 Resolución 159 del 2015,.....	15
2.8.3 Ley 168 del 2013,	16
3. CAPÍTULO 1. ACTIVIDADES GENERADORAS DE VERTIMIENTOS CON MERCURIO	17
3.1 Generalidades UAN- Sede Sur	17
3.2 Identificación de Actividades	18
3.2.1 Matriz de Identificación Aspecto- Impacto Sede Sur- UAN:	23
3.2.2 Laboratorios Ciencias Básicas UAN- Sede Sur:.....	23
3.2.3 Tipos de luminarias utilizadas en la UAN- Sede Sur:.....	24
3.2.4 Descripción ciclo de vida de los procesos que generan vertimientos:.....	25
3.3 Actividades que generan vertimientos con contenido de mercurio:	31
3.3.1 Clínicas odontológicas Universidad Antonio Nariño- Sede Sur:	31

4. CAPÍTULO 2. PLAN DE BUENAS PRÁCTICAS EN LAS CLÍNICAS ODONTOLÓGICAS UAN-SEDE SUR.....	35
5. CONCLUSIONES	46
6. RECOMENDACIONES	47
BIBLIOGRAFÍA	48

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización Universidad Antonio Nariño- Sede Sur.	17
Figura 2. Distribución General Interna Sede Sur- Universidad Antonio Nariño	18
Figura 3. Ciclo de vida del Proceso, Laboratorio de Química	26
Figura 4. Ciclo de vida del Proceso, Cafetería.	27
Figura 5. Ciclo de vida del Proceso, Unidades Odontológicas.....	28
Figura 6. Ciclo de vida del Proceso, Área de Esterilización.	29
Figura 7. Ciclo de vida del Proceso, Zona de Yesos.....	30

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Parámetros Fisicoquímicos Aguas Residuales, Laboratorio de Química, UAN-Sede Sur.2019.	24
Tabla 2. Parámetros Fisicoquímicos Aguas Residuales, Clínicas Odontológicas, UAN-Sede Sur. 2019.....	34
Tabla 3. Medidas Preventivas Presencia de Mercurio	35
Tabla 4. Alternativas tecnológicas para la reducción del contenido del mercurio en las aguas residuales.	39

RESUMEN

El presente documento, tiene como objetivo principal presentar un plan de acción para intervenir las actividades que están generando vertimientos con contenido de mercurio, a través del diagnóstico de éstas en la Sede Sur de la Universidad Antonio Nariño; describiendo el ciclo de vida de los procesos que generan vertimientos y seleccionando de este modo, aquellos que eliminan estas descargas con contenido de mercurio, a las cuales se les plantean las acciones preventivas para la presencia de dicho metal y se identifican las alternativas tecnológicas para la reducción del mercurio en dicho medio. De acuerdo con lo anterior, las principales actividades que generan aguas residuales con contenido de Mercurio en la Sede Sur de la Universidad Antonio Nariño son las Unidades o Clínicas Odontológicas, y dentro de las acciones de prevención de la presencia de mercurio en dichas aguas, a destacar se tiene: Una adecuada gestión de residuos producto del retiro de amalgamas, uso de rejillas o trampas para atrapar partículas de éste material, el reemplazo de éste último por otro, entre otras. Además, se identificaron tecnologías para la reducción de mercurio como la biorremediación, dentro de la cual se destaca la fitorremediación, remediación microbiana, el uso de *Pseudomonas Aeruginosa* y Microorganismos nativos, etc. Finalmente, es importante, estar actualizado frente a la normativa relacionada con el uso y comercialización del mercurio, y el cumplimiento de compromisos adquiridos en el Convenio de Minamata, además de la integración de áreas como la química, ambiental y odontología para la implementación eficaz de las alternativas tecnológicas.

Palabras claves: Mercurio, Acciones preventivas, Aguas residuales, vertimientos, Alternativas Tecnológicas, Unidades odontológicas.

INTRODUCCIÓN

El presente documento expone un Plan de acción para intervenir las actividades que conducen a vertimientos contaminados con mercurio, basado en el establecimiento de acciones preventivas y la identificación de alternativas tecnológicas para la reducción del contenido de mercurio en aguas residuales, partiendo de un diagnóstico de las actividades que están generando dicho tipo de efluentes con este metal en la Sede Sur- UAN, a través de la descripción y análisis del ciclo de vida de las actividades que generan vertimientos. Lo anterior, con el objeto de dar solución a la problemática presentada frente al hallazgo de vertimientos con contenido de mercurio en dicha locación y la probabilidad de evitar que ello vuelva a ocurrir o tener claras las opciones para proceder en caso de que ello suceda.

Es preciso hacer referencia que a medida que ha pasado el tiempo, han prevalecido diversos esfuerzos por caracterizar y evaluar el uso de mercurio, y sus impactos en el ambiente, y sobre todo en el recurso hídrico, junto con la descripción de métodos para la reducción o eliminación de este contaminante, a través de los cuales se realizan ensayos experimentales; buscando una mayor eficiencia en cada uno de ellos.

Es importante, tener en cuenta a su vez que hace más de un siglo se ha venido utilizando el mercurio en las prácticas odontológicas, y más específicamente en el uso de las amalgamas, material que ha presentado algunas ventajas dentro de las que se encuentran el bajo costo, el rápido secado, la fácil adherencia al diente y su duración. Con base en lo anterior, como se verá en el presente estudio, el establecimiento de lineamientos para el uso de este material por parte de entidades como el Ministerio de Salud de alguna manera aporta una herramienta valiosa para conocer un adecuado manejo de la amalgama.

Además, es importante añadir que algunos instrumentos como algunos termómetros y luminarias también poseen dentro de sus componentes el mercurio cuyo adecuado tratamiento y disposición de sus residuos en caso de su rompimiento reduce la probabilidad de llegada al desagüe y finalmente a los vertimientos.

Por otra parte, el incumplimiento de la normativa bajo la cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales “Resolución 631 del 2015, expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible”, la característica de toxicidad presentada por el mercurio con efectos adversos en los humanos y los ecosistemas, la incorporación de información adicional con respecto a actividades que puedan generar vertimientos con contenido de mercurio además de la minería, como se menciona en diversos estudios, hace relevante el presente estudio.

Finalmente, se recomienda la integración de áreas como Ingeniería ambiental, Odontología, Química, entre otras, en el desarrollo e implementación de las alternativas tecnológicas con respecto a la reducción del mercurio en las aguas residuales, sugeridas en el presente estudio, con el objeto de lograr una mayor efectividad en su aplicación, a través de la experimentación, variando la cantidad por ejemplo de CaCl_2 y de Borra de Café para conseguir eliminar en un porcentaje muy alto la cantidad de Mercurio en el agua, cultivando en laboratorio varias especies de hongos para la selección de acuerdo con sus características del más idóneo para la remoción de dicho metal tóxico del agua residual, o llevando a cabo pruebas para seleccionar la planta que permita eliminar la mayor cantidad de mercurio en dicho medio.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo General:

Elaborar un plan de acción para realizar la intervención de las actividades que conducen a vertimientos contaminados con mercurio.

1.2 Objetivos Específicos:

Realizar el diagnóstico de las actividades que generan aguas residuales con contenido de Mercurio.

Establecer acciones de prevención de la presencia de mercurio en las aguas residuales.

Identificar alternativas tecnológicas para la reducción del contenido del mercurio en las aguas residuales

2. MARCO REFERENCIAL

Con el objeto de lograr una mejor comprensión de la problemática abordada en este estudio se hace importante tener claro los siguientes conceptos relevantes:

2.1 Vertimiento:

Es definida como la descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo. Su manejo se encuentra regulado bajo una normativa específica, que garantiza la entrega por parte del usuario en unas condiciones que sean aceptadas por el recurso natural, (CAR, 2020) como se evidencia en el presente estudio, donde existe un incumplimiento de norma.

2.2 Aguas residuales:

Son aquellas aguas provenientes del sistema de abastecimiento de una población, después de haber sido utilizadas en actividades domésticas, industriales o no domésticas, que son vertidas al alcantarillado. Éstas transportan líquidos y residuos sólidos (como es el caso del mercurio, en el presente estudio), provenientes de residencias, oficinas, establecimientos comerciales, instituciones e industrias (Becerra & Gutiérrez, 2013).

Cabe mencionar además que existen los siguientes tipos de aguas residuales: Las municipales y las industriales. Las primeras de origen doméstico, comercial e institucional que contienen desechos humanos y las segundas provenientes de industrias manufactureras que generan alta contaminación perjudicial para personas y medio ambiente. (Becerra & Gutiérrez, 2013).

2.3 Contaminación Hídrica:

Cuando se menciona que una fuente de agua está contaminada con un metal pesado como es el mercurio por ejemplo, se debe tener en cuenta el concepto de contaminación en dicho recurso, que se refiere a la alteración de su composición, de manera que su calidad no es la indicada para la función que debería cumplir, ya sea para consumo humano, el sector industrial, practicas odontológicas, etc. (Segura, 2007).

2.4 Fuentes de contaminación:

Es importante tener claro cuáles son los componentes que de alguna manera están siendo generados por actividades naturales o antropogénicas, como es el caso de los vertimientos con mercurio, generados por actividades humanas y en este caso haciendo referencia a fuentes artificiales. Dichos focos de contaminación se pueden centrar en el sector industrial, vertidos urbanos, navegación, agricultura minería, ruptura de equipos de medición con mercurio, equipos de medicina, odontología, industria farmacéutica, química, agroquímica, de pinturas (Castrillón, Vanessa Katherine & Navarro, Leydi Johanna.2016) y ganadería; contaminando las fuentes con sólidos en suspensión, metales pesados, materia orgánica, cianuros, taninos, hidrocarburos, nitratos, fosfatos, etc. (Ramírez, et al, 2004).

2.5 Contaminantes específicos:

Es pertinente tener presente este concepto que hace referencia a aquellos compuestos que tienen diferente origen y naturaleza química; que además se encuentran en concentraciones mínimas en la naturaleza y traen consigo efectos ambientales negativos y tóxicos para el ser humano por su introducción constante en el ambiente. Dentro de estos encontramos los metales pesados como el mercurio. (González, 2019).

2.6 Mercurio:

Este elemento, definido como un metal pesado altamente tóxico que puede generar afecciones sobre el sistema nervioso central y perturbaciones en el comportamiento; que no tiene la capacidad de degradarse ni descomponerse en sustancias no tóxicas. (Wang et al 2020). Este elemento puede encontrarse en la superficie terrestre y en la atmósfera; donde ha sido también empleado por el hombre y cuando entra en el medio ambiente acuático, los microorganismos pueden transformarlo en metilmercurio, un compuesto de mercurio que es más tóxico a dosis bajas que el mercurio elemental (Castrillón, Vanessa Katherine & Navarro, Leydi Johanna.2016). Es relevante su conocimiento por cuanto que es el contaminante presente en los vertimientos producto de actividades desempeñadas en la UAN. Así mismo, desde hace más de un siglo se ha venido

utilizando en la práctica odontológica por su capacidad de unir metales (amalgamar), su bajo costo y su rápida fijación en la reparación de piezas dentales (Reyes, et al 2003).

2.7 Métodos para la remoción de Mercurio:

Siendo el mercurio el elemento en cuestión en el presente estudio, es preciso tener en cuenta que a nivel mundial se han aplicado varios métodos para el tratamiento de aguas residuales con metales pesados como el mercurio, encontrándose dos categorías principales fisicoquímicas y biológicas, cuya eficiencia y costo varía.

Dentro de dichos métodos se encuentran:

2.7.1 La fitorremediación:

Es el uso de plantas y su interacción con los microorganismos que se ubican en la rizósfera, con el fin de remover, retener o degradar sustancias contaminantes presentes en aguas superficiales y subterráneas (Castrillón, Vanessa Katherine & Navarro, Leydi Johanna.2016).

Dentro de dichas especies de plantas se tienen: La Lenteja de agua (*Lemna minor*): Caracterizada por tener una capacidad de absorción de metales pesados entre ellos el mercurio, razón por la cual se ha utilizado para el tratamiento de aguas residuales con excelentes resultados. El Jacinto de agua (*Eichornia crassipes*), conocida por su capacidad de producción y eliminación de contaminantes del agua, puesto que absorbe directamente los nutrientes del agua, siendo una especie excelente purificador de aguas residuales. La Elodea (*Elodea Canadiensis*) acumula grandes cantidades de mercurio (Hg) en las hojas y tallos cuando este metal está en forma orgánica. (Hernández, Juan Camilo, 2017).

2.7.2 Biorremediación:

Tecnología que utiliza el potencial metabólico de los microorganismos (fundamentalmente bacterias, pero también hongos y levaduras) para transformar contaminantes orgánicos en compuestos más simples poco o nada contaminantes, y, por tanto, se puede utilizar para limpiar terrenos o aguas contaminadas. (Castrillón, Vanessa Katherine & Navarro, Leydi Johanna.2016).

2.7.3 Biorremediación Microbiana:

Existen plantas de tratamiento que a través del uso de electrodos (aluminio y/o hierro) coagulan los metales pesados en el agua tratada y forman componentes que no son miscibles con el agua, los cuales flotarán o se precipitarán, de modo que se facilita su posterior separación en un tratamiento secundario. (Vera, 2016).

2.8 Legislación Relacionada con el uso del Mercurio:

Es importante tener en cuenta la normativa que se ha estado expidiendo con respecto al uso de Mercurio y la responsabilidad frente a la aplicación de medidas de protección frente a los efectos adversos que este elemento genera al medio ambiente y al ser humano. Dentro de ésta legislación se encuentra:

2.8.1 Ley 1892 del 2018,

Por medio de la cual se aprueba el convenio de Minamata sobre el mercurio, en el cual se reconoce al mercurio como un producto químico de preocupación mundial su persistencia en el medio ambiente tras su introducción antropogénica, su capacidad de bioacumulación en ecosistemas y los efectos adversos para la salud humana y el medio ambiente. Y la importancia de emprender medidas internacionales para gestionar el mercurio de manera eficaz, efectiva y coherente.

2.8.2 Resolución 159 del 2015,

Por medio de la cual se establecen lineamientos que deben cumplir los Prestadores de Servicios de Salud de Bogotá D.C, para la eliminación de productos y dispositivos con contenido de mercurio y la sustitución por alternativas seguras y tecnológicamente no contaminantes.

2.8.3 Ley 168 del 2013,

Por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país, se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones, (Pinzón, Claudia Patricia & Fajardo, Carlos Andrés, 2018)

3. CAPÍTULO 1. ACTIVIDADES GENERADORAS DE VERTIMIENTOS CON MERCURIO

3.1 Generalidades UAN- Sede Sur

La Universidad Antonio Nariño es una institución de educación superior, con 44 años de trayectoria. Su sede principal está ubicada en la ciudad de Bogotá. Siempre se ha caracterizado por tener un alto compromiso con el medio ambiente y todo lo que ello implica. Por ello, en su estructura organizacional comprende el área de Gestión ambiental encargada de coordinar y velar para que los procesos en los que se incluye el cumplimiento legal en lo que se refiere a la gestión adecuada de los residuos, vertimientos, etc., se lleven a cabo exitosamente. La sede Sur, es la locación donde nace la universidad y su edificación cuenta con 30 años de antigüedad. Se encuentra conformada por 8 bloques, algunos intercomunicados entre sí y cuenta con aprox 29 programas de pregrado y posgrado en modalidades presencial, virtual y a distancia Se localiza en el sur de la ciudad de Bogotá en la localidad Rafael Uribe Uribe.

Figura 1.

Localización Universidad Antonio Nariño – Sede Sur.



Nota. La Figura muestra la localización de la Universidad Antonio Nariño- Sede sur. Tomado de Google Maps.

3.2 Identificación de Actividades

Para realizar la respectiva identificación de actividades con potenciales vertimientos con mercurio en la Sede Sur, se realiza una visita a la sede; haciendo un recorrido por todos los bloques y describiendo piso por piso sus áreas internas. A partir de allí, se identifican los bloques en los cuales se desempeñan actividades que se consideran potencialmente contaminantes y con ellas se estructura una matriz de identificación de aspecto- impacto ambiental a través de la cual se comienza por reconocer las actividades que están generando vertimientos, describiendo así mismo su ciclo de vida, hasta llegar finalmente a aquellas cuyos vertidos contienen mercurio. Y sobre estas actividades específicas, se propondrán las correspondientes medidas preventivas y de reducción de contenido de mercurio respectivas. De acuerdo a lo anterior, se tiene la siguiente distribución a nivel general:

Figura. 2.

Distribución General Interna Sede Sur-Universidad Antonio Nariño

BLOQUE 1:



BLOQUE 4:

PISO 1	PISO 2	PISO 3	PISO 4	PISO 6
Mobiliario y tres hornos sin contratistas	Salón	Salón	Salón	Vivienda

BLOQUE 5:

PISO 1	PISO 2	PISO 3	PISO 4	PISO 5	PISO 7	PISO 6
Archivo Secretaria general	Laboratorio de Química	Salones maestros	Laboratorio Inteligencia ocupacional	Salones de clase.	Facultad de educación.	Coordinador licenciatura a distancia.
Bodega papelería	Lokers de seguridad	Salones de clase.	Salones de clase.	Cuarto de redes	Sala de profesores .	Coordinador licenciatura en ciencias sociales.
Salón de Juegos	Bodega Bienestar	Bodega eléctricos	Salones de clase.	Vivienda de adulto mayor..	Oficinas docentes.	Salones de clase.
Cafetería		Cuarto cámaras de seguridad.				Coordinación acreditación.

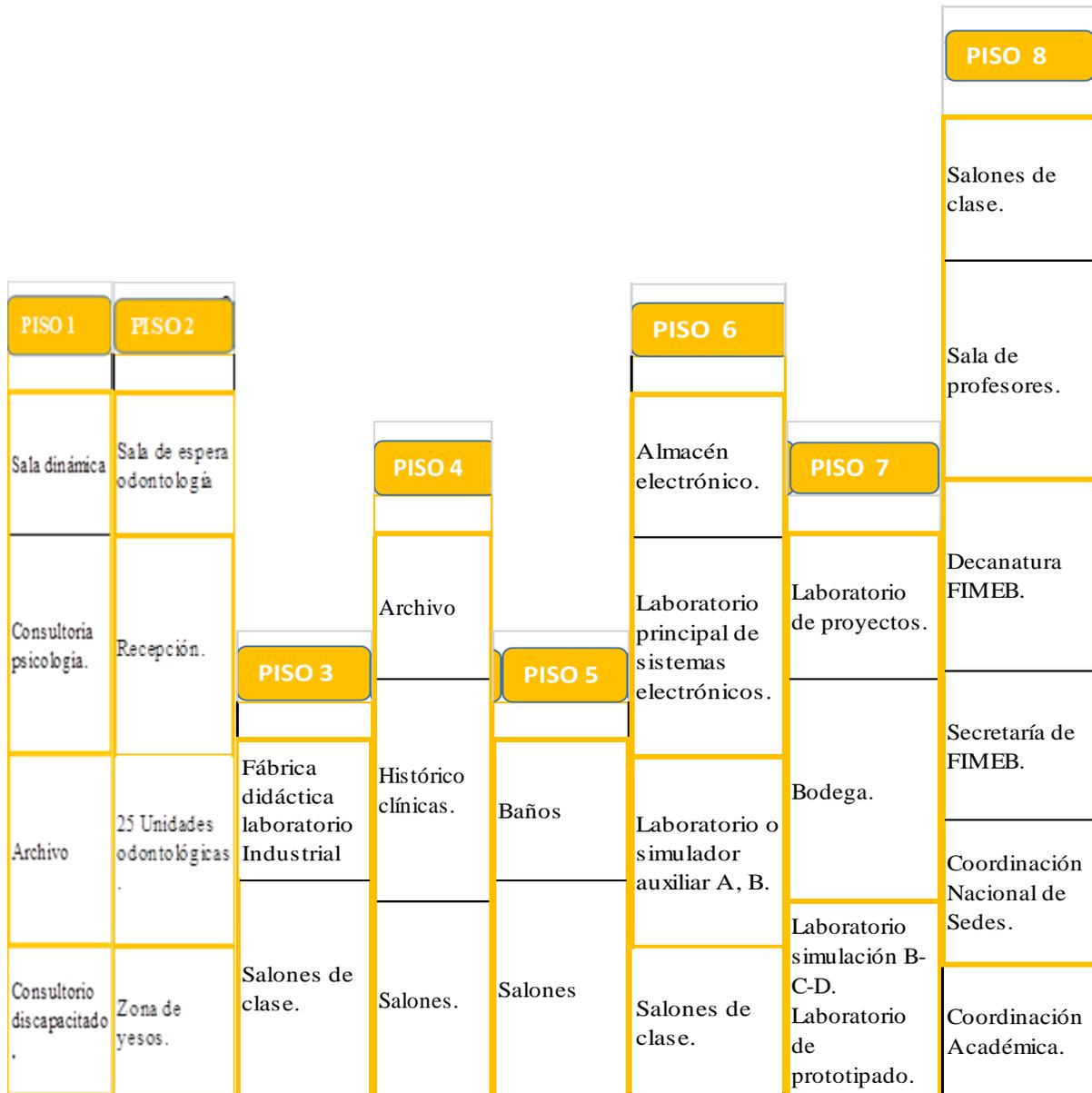
BLOQUE 6:

	PISO 2			PISO 5	PISO 6	
PISO 1	Laboratorio de Máquinas eléctricas.	PISO 3		Oficina centro de cómputo.	Salas de cómputo.	PISO 7
Laboratorio corrosión.	Laboratorio Termo fluido.	Salas de audiovisuales	PISO 4	Sala de audiovisuales	Facultad Ingeniería Ambiental y civil con baño interno.	Facultad de educación.
Laboratorio microscopía	Laboratorio Industrial	Baños	Baños	Salas de cómputo.	Coordinación departamento pedagógico.	Sala de profesores
Bodega	Sala E	Salas de cómputo	Sala de audiovisuales	Baños.	Baño.	Oficinas docentes.

BLOQUE 7:

PISO 1	PISO 2
Laboratorios FIMEB	Bodega reciclaje
Salones	Bodega obsoletos

BLOQUE 8:



Nota. La Figura muestra la Distribución General Interna Sede sur- Antonio Nariño. Ajustado de Plan de Emergencia Sede Sur 2020 y Actualizado en visita a sede por el autor, 2020.

3.2.1. Matriz de Identificación Aspecto- Impacto Sede Sur- UAN:

De acuerdo con la matriz de identificación de aspecto-impacto Sede Sur-UAN (Ver anexo 1), se pudo observar que, aunque existen algunas actividades como los laboratorios de ciencias básicas, en las que se hace uso de termómetros con contenido de mercurio, se les realiza la correcta gestión y no hay eliminación de éstos al desagüe. Al igual que el uso de las luminarias con contenido de mercurio en la sede, las cuales también son dispuestas de manera adecuada por parte de una empresa competente (gestor de residuos peligrosos). Lo anterior, se describe a continuación:

3.2.2 Laboratorios Ciencias Básicas UAN- Sede Sur:

Los termómetros con mercurio se utilizan en las prácticas donde se requiere calentamiento de líquidos y verificar la temperatura.

Actualmente se está comenzando a solicitar termómetros de alcohol, debido a la toxicidad que podría generar si los de mercurio se rompieran. Ya se cuentan con algunos de alcohol y tienen un buen funcionamiento, por lo que la idea es cambiar todos los que se tienen con mercurio.

En el caso que se rompa algún termómetro de mercurio se realiza el siguiente procedimiento:

1. Usando guantes de nitrilo se recogen gotas que sean visibles juntando cartones u hojas de papel.
2. Se realizan movimientos lentos por el sitio haciendo que se junten las demás gotas pequeñas que puedan estar.
3. Con una luz se buscan posibles gotas que no se recogieron.
4. Se trasvasan a un envase de vidrio con tapa y se rotulan.
5. Si hay pedazos de vidrio roto se recogen en un papel absorbente envolviéndolos y luego se guardan en una bolsa ziplock. La bolsa se cierra y se etiqueta.
6. Todo lo anterior, se entrega a la empresa DESCONT para su tratamiento y disposición final. (UAN, 2020).

De acuerdo con la caracterización realizada en el año inmediatamente anterior, a los vertimientos que desembocan en la caja de inspección producto de las prácticas del laboratorio de química por ejemplo, los parámetros fisicoquímicos dentro de los que se encuentra el mercurio, se encuentra dentro de la norma, lo que indica que aunque este proceso o actividad que se lleva a cabo hace uso

de elementos que contienen dicho metal, no se ha visto un impacto directo en el recurso agua como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 1.

Parámetros Fisicoquímicos Aguas Residuales, Laboratorio de Química, UAN-Sede Sur.2019.

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR OBTENIDO EN LABORATORIO	VALOR MÁXIMO PERMISIBLE (ARTÍCULO 16)*	CUMPLIMIENTO NORMATIVO
Cianuro Total (CN ⁻)	mg/L	<0,02	0,50	Cumple con límite
METALES Y METALOIDES				
Cadmio (Cd)	mg/L	<0,003	0,05	Cumple con límite
Cromo (Cr)	mg/L	<0,05	0,50	Cumple con límite
Mercurio (Hg)	mg/L	<0,002	0,010	Cumple con límite
Plata (Ag)	mg/L	<0,05	Análisis y Reporte	Cumple con análisis y reporte
Plomo (Pb)	mg/L	<0,02	0,10	Cumple con límite
OTROS PARÁMETROS PARA ANÁLISIS Y REPORTE				
Acidez Total	mg/L CaCO ₃	<6	Análisis y Reporte	Cumple con análisis y reporte
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	16	Análisis y Reporte	Cumple con análisis y reporte
Dureza Cálcica	mg/L CaCO ₃	25	Análisis y Reporte	Cumple con análisis y reporte
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	32	Análisis y Reporte	Cumple con análisis y reporte
Color Real - 436 nm	m ⁻¹	0,2	Análisis y Reporte	Cumple con análisis y reporte
Color Real - 525 nm	m ⁻¹	0,1	Análisis y Reporte	Cumple con análisis y reporte
Color Real - 620 nm	m ⁻¹	0,0	Análisis y Reporte	Cumple con análisis y reporte
OTROS PARÁMETROS ANALIZADOS SIN COMPARACIÓN NORMATIVA				
pH - Color	Unidades	7,43	N.E.	N.A.

Nota: Esta tabla muestra el cumplimiento de acuerdo con la resolución 631 del 2015, de los diferentes parámetros fisicoquímicos de los vertimientos producto de las actividades realizadas en el laboratorio de Química. Tomado del Informe de Monitoreo e Interpretación de Resultados- Agua Residual, Analquim Ltda.2019.

3.2.3 Tipos de luminarias utilizadas en la UAN- Sede Sur:

La Universidad Antonio Nariño realizó la compra de luminarias el semestre pasado con un contenido de mercurio de 4,4 mg, También se realizó la compra de lámparas fluorescentes de tubo de 38 mm con contenido de mercurio de 3.0 mg. (UAN, 2020).

3.2.4 Descripción ciclo de vida de los procesos que generan vertimientos:

De acuerdo con la matriz de identificación aspecto-impacto Sede Sur-UAN, se reconocieron algunos procesos en la Sede Sur- Universidad Antonio Nariño, que están generando vertimientos, cuyo ciclo de vida se describe a continuación:

3.2.4.1 Laboratorio de Química:

En este proceso, se realizan prácticas por parte de los estudiantes, utilizando balanzas, planchas de calentamiento, baño maría y sustancias químicas ácidas, básicas y halógenas, las cuales son dispuestas al final de la práctica en los respectivos galones, debidamente rotulados. Así mismo, en caso de que haya rompimiento de algún instrumento de vidrio, se le informa al personal encargado de laboratorio, quién lo dispondrá en galones también debidamente rotulados. A su vez, es pertinente también aclarar, que se tiene prohibido desechar cualquier residuo químico en las pocetas (Ver Figura 3). (UAN, 2020)

Figura 3

Ciclo de vida del Proceso: Laboratorio de Química



Nota. La figura representa el proceso realizado en el laboratorio de Química con sus respectivas entradas y salidas. Autor, 2020.

3.2.4.2 Cafetería:

En este proceso, se realizan usualmente actividades como la preparación de alimentos y la venta de comida de paquete. (Ver Figura 4). (UAN, 2020)

Figura 4.

Ciclo de vida del Proceso: Cafetería



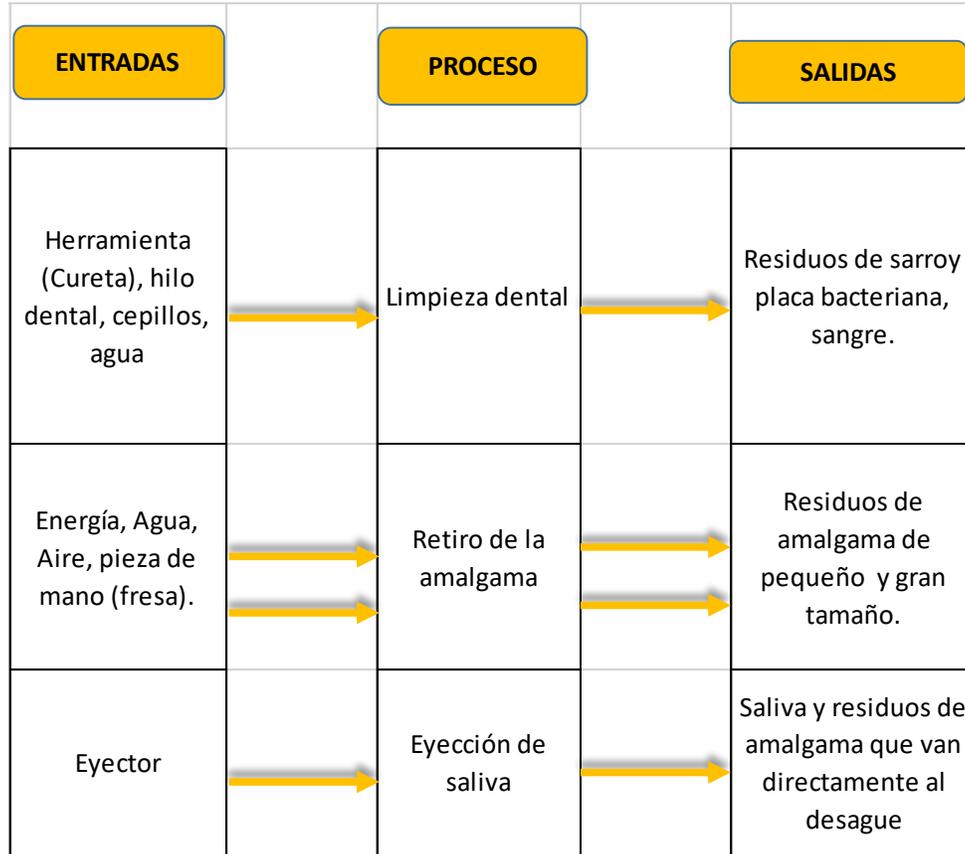
Nota. La figura representa el proceso realizado en la cafetería con sus respectivas entradas y salidas. Autor, 2020.

3.2.4.3 Unidades Odontológicas

En este proceso, se realizan procedimientos como la limpieza dental por medio de la cual se pretende eliminar la placa bacteriana y el sarro acumulado por debajo de la línea de la encía, causando posiblemente un sangrado de ésta última, terminando por limpiar los espacios entre los dientes. Además, se realiza el retiro de amalgamas, comenzando por una cita odontológica que solicita el paciente, seguido de una valoración del estado de los dientes, la cual comprende un odontograma, en donde el profesional de la salud identifica la cantidad de dientes que posee el paciente con amalgamas, el uso del instrumental necesario (Fresa, eyector) hasta llegar a la eliminación de dichos residuos por el desagüe (Ver Figura 5). (UAN, 2020).

Figura 5.

Ciclo de vida del Proceso: Unidades Odontológicas



Nota. La figura representa el proceso realizado en las Unidades Odontológicas con sus respectivas entradas y salidas. Autor, 2020.

3.2.4.4 Área de Esterilización

En este proceso se realiza el lavado con agua, jabón enzimático y cepillo, secado de instrumental con toallas de papel y empacado en bolsas de polipropileno, debidamente rotuladas "Instrumental sucio"; los cuales son introducidos en la autoclave. Dicho proceso tiene un tiempo de duración de aproximadamente 2 horas. Una vez terminado este proceso, se retira el instrumental, esperando a que se enfríe, separándolo y envolviéndolo por paquetes que van a ser entregados a cada estudiante.

Éstos últimos desempacarán el paquete con el instrumental y la eliminación de dicho empaque depende de si se encuentra contaminado o no (Ver Figura 6). (UAN, 2020).

Figura 6.

Ciclo de vida del Proceso: Área de Esterilización

ENTRADAS		PROCESO		SALIDAS
Agua, Jabón enzimático, toallas de papel, cepillo	→	Lavado y secado de instrumental	→	Vertimientos, residuos de toallas de papel, instrumental empacado en bolsa de polipropileno
Energía, autoclave, instrumental	→	Esterilización del instrumental	→	Instrumental esterilizado empacado
Instrumental esterilizado empacado en bolsa de polipropileno	→	Uso de los instrumental esterilizado	→	Empaques de polipropileno (residuos ordinarios o peligrosos)

Nota. La figura representa el proceso realizado en el Área de Esterilización con sus respectivas entradas y salidas. Autor, 2020.

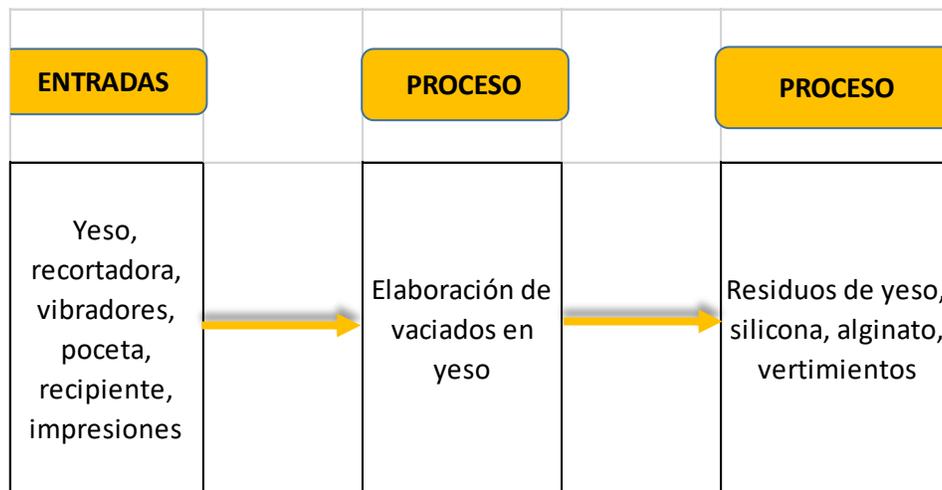
3.2.4.5 Zona de Yesos

En este proceso a través del uso de algunos equipos biomédicos como vibradores de yeso, recortadora prensa, se realizan vaciados de los modelos de impresión tomados en la clínica.

El área cuenta con un mesón en granito, con una poceta y un recipiente para lavado de impresiones en acero inoxidable. Además de ello, debajo del mesón se encuentra ubicadas tres trampas que reciben los residuos de la recortadora de yesos. Sin embargo, es preciso aclarar que actualmente dicha zona se está utilizando como vestier para el retiro de los EPP (Elementos de Protección Personal), lo que estaría generando residuos de batas, gorros y tapabocas que su uso en la atención de pacientes estaría contaminados (Ver Figura 7). (UAN, 2020).

Figura 7.

Ciclo de vida del Proceso: Zona de Yesos



Nota. La figura representa el proceso realizado en la Zona de yesos con sus respectivas entradas y salidas. Autor.2020.

3.3 Actividades que generan vertimientos con contenido de mercurio:

Con base en el análisis del ciclo de vida de los procesos, se tiene que las actividades que están generando vertimientos con contenido de mercurio son:

3.3.1 Clínicas odontológicas Universidad Antonio Nariño- Sede Sur:

En las clínicas odontológicas de la Universidad Antonio Nariño, actualmente no se están colocando amalgamas. La indicación que se tiene es no realizar amalgamas porque se encuentran adheridos a una Política de control y cuidado al medio ambiente y el hecho de realizar obturaciones en amalgama implica un riesgo de contaminación. Es importante, partir del conocimiento que en Colombia, todavía no están prohibidas y en efecto siguen vigentes. Teniendo en mente lo anterior, todavía se pueden hacer amalgamas y de hecho la UAN enseña a sus estudiantes de este programa el proceso de realizar amalgamas. El otro proceso es el de retirar amalgamas, que es el que se realiza actualmente en la UAN, el cuál comprende los siguientes pasos:

1. El paciente tiene una cita odontológica
2. El paciente tiene un diagnóstico del estado de los dientes, historia clínica y dentro de ésta última se encuentra una parte importante que es el odontograma.
3. En el Odontograma el odontólogo visualiza que situaciones de obturaciones o dientes se encuentran dañados y son susceptibles de arreglar.
4. Dentro de dicha valoración el odontólogo identifica la cantidad de dientes que tienen amalgama y la razón exacta para retirarla, ya sea porque se encuentra desadaptada, fracturada o ya no cumple con su función. O independiente de lo anterior, el paciente, por razones estéticas solicita su retirada.
5. Teniendo en cuenta los motivos expuestos anteriormente, se procede a quitar la amalgama.
6. Se utiliza una pieza de mano (Fresa) que rota entre 150.000 a 250.000 rpm, que funciona por fricción y rotación con aire y agua, agua para refrigerar y aire para que el aparato rote. Dicha pieza se aplica por fricción sobre la obturación (amalgama) y como ésta es una aleación metálica, ella comienza a desprender partes, algunas veces pequeñas y otras veces muy mínimas denominadas Lodos (Lodo de la Amalgama).

Los residuos resultantes del anterior proceso se van a través de los desagües de la unidad odontológica, haciendo su recorrido por los desagües de las instalaciones y desemboca en una caja de inspección que es donde usualmente se realiza el muestreo para la correspondiente caracterización de vertimientos ubicada a la salida del Bloque 8.

En las clínicas Odontológicas de la UAN- Sede Sur, se plantea esta situación y es que aproximadamente 20 años quitando amalgamas sin realizar limpieza a los desagües, la acumulación puede poco a poco ir llegando a la caja de inspección donde se han realizado los muestreos (UAN, 2020).

Por otro lado, en lo que respecta a las Clínicas Odontológicas se cuenta adicionalmente con la siguiente información la amalgama se utiliza hace 100 años. Pero actualmente se encuentra en desuso por los altos costos que trae consigo el uso de ésta en cuanto al daño ambiental y humano. Sin embargo, si se compara solamente el material sin ninguna implicación biológica el costo monetario sería mínimo.

Para que se utilizan las amalgamas:

Cuando hay huecos o cavidades en los dientes o cuando el odontólogo va a hacer la cavidad porque el diente tiene caries, lo anterior debido a la remoción de ésta. Por lo anterior, la amalgama cumple la función de evitar la fracturación del diente.

Dentro de las ventajas que trae el uso de la amalgama es que tiene una fuerte resistencia a la oclusión (mordida) y durante el proceso de fabricación ésta es de fácil manejo, puede entrar en contacto con humedad y no se deteriora, así mismo, permite una adecuada adaptación. Por ello, su uso era frecuente. Otra de las ventajas de las amalgamas es que son muy resistentes y se unen al diente de manera mecánica, que implica que, al realizar una cavidad, diseños en los molares, éstas por presión se quedan adheridas.

El proceso de quitar las amalgamas se va a realizar por mucho más tiempo, puesto que la mayoría de las personas mayores de 35 años poseen dichos materiales en su boca, entonces se tendría que esperar a que toda ésta generación transcurra para que haya un porcentaje muy bajo de retiro de amalgama y así mismo una reducción en la contaminación.

Durante dicho proceso, se libera un polvo de amalgama que se va con el eyector junto con agua y saliva, y por tal razón se hace difícil el uso de filtros como medida para evitar que fluyan al desagüe.

Se han hecho mediciones de concentración de mercurio en orina y se ha encontrado que las personas que tienen muchas amalgamas en la boca, las concentraciones son un poco más elevadas que el estándar de la población. También es preciso observar que las personas padecen bruxismo, las amalgamas se desgastan, lo que provoca una liberación de mercurio.

Por otra parte, hay bacterias que están en la boca y que hacen captaciones de sulfato y mercurio en pacientes que tienen enfermedades en las encías y cuando se hacen evaluaciones en saliva se encuentran más elevadas las concentraciones de mercurio.

Es importante también mencionar que Colombia hace parte del convenio de Minamata, en el cual se tomó la decisión de reducir el uso de la amalgama al máximo, con el objeto de no seguir prolongando la contaminación que se genera por su uso al medio ambiente y al ser humano, sin embargo, actualmente es difícil controlar dicho aspecto por cuanto que, aunque se prohíbe poner amalgamas, el retiro debe seguir sucediendo.

A grandes rasgos los pasos para retirar la amalgama son los siguientes:

1. Se utiliza una pieza de alta (fresa) para fracturar la amalgama
2. Eyección de saliva con trozos pequeños de amalgama.
3. Los trozos grandes se depositan en un recipiente rotulado con solución de glicerina.

Lo que se eyecta se va directamente al desagüe (D.M. Mejía, Verónica. 14 de Septiembre del 2020)

3.3.1.1 Descripción Caracterización de vertimientos UAN- Sede Sur:

El 27 de agosto del 2019, se realizó la caracterización de vertimientos, tomando una muestra de agua a la caja de inspección externa donde llega la descarga producto de las actividades realizadas en las clínicas odontológicas localizadas en el Bloque 8 de la UAN – Sede Sur. Como resultado

de este estudio se obtuvo una concentración de Mercurio de 0,360 mg/l, siendo el límite permisible de acuerdo con la norma (Res 631/2015) de 0,010mg/l. Como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 2.

Parámetros Físicoquímicos Aguas Residuales, Clínicas Odontológicas, UAN-Sede Sur.2019.

		INFORME DE MONITOREO E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS – AGUA RESIDUAL		
Metales y metaloides				
Cadmio (Cd)	mg/L	<0,003	0,05	Cumple con límite
Cromo (Cr)	mg/L	<0,05	0,50	Cumple con límite
Mercurio (Hg)	mg/L	0,360	0,010	No cumple con límite
Plata (Ag)	mg/L	<0,05	Análisis y Reporte	Cumple con análisis y reporte
Plomo (Pb)	mg/L	<0,02	0,10	Cumple con límite
OTROS PARÁMETROS PARA ANÁLISIS Y REPORTE				
Acidez Total	mg/L CaCO ₃	<6	Análisis y Reporte	Cumple con análisis y reporte
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	39	Análisis y Reporte	Cumple con análisis y reporte
Dureza Cálcica	mg/L CaCO ₃	32	Análisis y Reporte	Cumple con análisis y reporte
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	54	Análisis y Reporte	Cumple con análisis y reporte
Color Real - 436 nm	m ⁻¹	1,1	Análisis y Reporte	Cumple con análisis y reporte
Color Real - 525 nm	m ⁻¹	0,4	Análisis y Reporte	Cumple con análisis y reporte
Color Real - 620 nm	m ⁻¹	1,0	Análisis y Reporte	Cumple con análisis y reporte
OTROS PARAMETROS ANALIZADOS SIN COMPARACION NORMATIVA				
pH - Color	Unidades	7,39	N.E.	N.A.

Nota: Esta tabla muestra el cumplimiento de acuerdo con la resolución 631 del 2015, de los diferentes parámetros físicoquímicos a excepción del Mercurio, de los vertimientos producto de las actividades realizadas en las clínicas Odontológicas, UAN-Sede Sur. Tomado del Informe de Monitoreo e Interpretación de Resultados- Agua Residual, Analquim Ltda.

4. CAPÍTULO 2. PLAN DE BUENAS PRÁCTICAS EN LAS CLÍNICAS ODONTOLÓGICAS UAN-SEDE SUR.

El odontólogo tiene la responsabilidad de adoptar medidas de prevención frente a la afectación al medio ambiente y al ser humano y en este caso específico con respecto a las actividades odontológicas, en las cuales se está dando el retiro de amalgamas (aleaciones de color gris metálico compuesta por mercurio líquido (50%), plata (35%), cobre (2%), estaño (13%) y algunas veces zinc) que está generando vertimientos con contenido de mercurio en la Universidad Antonio Nariño- Sede Sur. Por lo anterior, es que se establece el siguiente Plan de Buenas Prácticas en las Clínicas Odontológicas UAN-Sede Sur. Dentro de dicho Plan se establecen las siguientes medidas:

Tabla 3.

Medidas Preventivas Presencia de Mercurio

 MEDIDAS PREVENTIVAS A APLICAR 
<p>1. Seguir las normas adecuadas (Plan Decenal de Salud Pública, 2012, Ley 1658 de 2013, Convenio de Minamata en 2013- Ley 1892 de 2018) y ejecutar un sistema de gestión que permita reducir la concentración de mercurio en el área de trabajo.</p>
<p>2. Minimizar el contacto entre el mercurio metal y el asistente dental y/u odontólogo.</p>
<p>3. Ubicar adecuadamente los desechos mercuriales, de manera que no se viertan directamente al desagüe, sino se almacene temporalmente en un recipiente que se encuentre debidamente rotulado, para luego ser tratado y dispuesto por una empresa competente y autorizada.</p>

4. Uso de succión y enfriamiento durante el trabajo con amalgamas, teniendo cuidado con los residuos de amalgama liberados:

- Los odontólogos y sus asistentes deben utilizar guantes y mascarillas apropiadas. Se puede disminuir, además, la absorción de mercurio con una ducha incluyendo lavado de cabello y cambio de ropa al final de cada jornada.

- El consumo de tabletas de selenio puede aumentar la excreción de mercurio por la orina. Debido a que los iones de mercurio y el selenio forman complejos menos tóxicos.

- Uso de agentes quelantes (compuestos que “agarran” al metal), para reducir la carga corporal de mercurio incluyendo el consumo de zinc, vitamina C, y antioxidantes entre otros.

5. Realizar mantenimiento a las instalaciones (escupideras, desagües, tubería y caja de inspección Clínicas Odontológicas).

6. Reemplazo de la amalgama por la resina compuesta, la porcelana, la cual tiene propiedades químicas muy estables y una estética excepcional que es poco probable que se vea afectada por el transcurso del tiempo, además de tener una conductividad y un coeficiente de expansión térmico similar al de la dentina /esmalte, el ionómero de vidrio (Biomaterial). Éste último, tiene la ventaja que ofrece una verdadera unión entre los materiales y la dentina/esmalte. De hecho, los ionómeros de vidrio pueden ser combinados con vidrio bioactivo, de tal manera que se incrementa la capacidad que tiene el material para interactuar químicamente con la dentina y también, su capacidad regenerativa (Zheng, Li Wu, *et al* ,2018) Sin embargo, para cada uno de dichos materiales debe ser considerado por el profesional de la salud las indicaciones y contraindicaciones y mantener un control periódico con el objeto de controlar la estabilidad y adaptación del material y la respuesta del tejido dental.

7. Promoción de una buena salud oral, disminuyendo de este modo la generación de caries y por lo consiguiente la necesidad de realizar obturaciones como es el caso de la amalgama dental.

8. Implementar un sistema de pre filtrado, de manera que cuando la saliva, el agua más los residuos de amalgama producto del retiro de ésta última en los pacientes llegue al filtro antes del desagüe no ocasione su taponamiento.

9. Capacitación a odontólogos y estudiantes de odontología en el uso seguro de las amalgamas, adelantando diagnósticos tempranos de la caries dental, lo que ayuda a partir de éstos a intervenir de forma temprana esta condición y reducir al máximo los procedimientos en los que se requiera el uso de la amalgama.

10. En caso de ser indispensable el uso de amalgama debido a las necesidades mecánicas y características propias de cada cavidad dental, debe hacerse uso de cápsulas pre-dosificadas 1 2 (acorde con las formas disponibles en el mercado), empleando el equipo adecuado que evite la manipulación directa del material y la exposición innecesaria a vapores tanto para el paciente como para el personal asistencial.

11. Realizar la eliminación de la obturación con abundante agua fría y buena refrigeración, usando aspirador de alto volumen colocado lo más próximo posible a la superficie en tratamiento, para evacuar el vapor de forma segura y reducir los niveles de mercurio del ambiente.

12. La obturación de amalgama debe seccionarse en trozos y quitarse en la mayor cantidad de piezas posibles, pero de diámetro suficiente que permita su captura.

13. Las unidades odontológicas y las redes de agua de desecho deben tener rejillas o trampas para atrapar partículas de amalgama o preferiblemente separadores de mercurio con una eficiencia mayor al 95% de remoción (como lo establece la ISO 11143 de 2008), teniendo el cuidado de realizar constantes remociones de dichos residuos para su disposición adecuada.

14. En cuanto al manejo de los residuos producto del retiro de amalgamas, se debe realizar usando elementos de protección personal tales como guantes y mascarara. Con respecto a éstos:

- Los sachets y residuos de amalgamas dentales, deben manejarse en contenedores independientes, y más específicamente, en un recipiente plástico resistente con tapa de rosca, boca ancha con una capacidad entre 500 y 1200 c.c., aproximadamente y deben estar debidamente rotulados.
- Los residuos deben permanecer cubiertos con glicerina para impedir el escape de vapores. El nivel de líquido debe estar entre 2– 3 cm por encima de los residuos.
- Se debe mantener el recipiente bien cerrado, alejado de fuentes de agua y calor, drenajes, acetileno, amoniaco y ácidos. Así como en un área fresca y ventilada.
- Los residuos deben entregarse a gestores autorizados y con licencia ambiental vigente para su tratamiento.

15. Todas las escupideras de las sillas odontológicas deberían contar con un filtro de mercurio que cumpla con las características necesarias para limitar la liberación a las aguas residuales, como lo recomienda la guía “Guía de Sustitución de Productos con Mercurio Diferentes a la Amalgama Dental” del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Nota: Esta tabla expone las medidas para la prevención de la presencia de mercurio de los vertimientos producto de las actividades realizadas en las clínicas Odontológicas, UAN-Sede Sur. Adaptado de Reyes, Rosa & Morales, 2003 y de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ENT/uso-controlado-amalgama.pdf>. Autor.2020.

(ESPECIES A UTILIZAR)

Al hacer crecer en solución de Hoagland (medio nutritivo hidropónico con algunos nutrientes como N, K, Ca, P, Mg, Fe, Mn, Zn y Cu, etc.), diluida con 1 ppm de mercurio acumula un máximo de 0,20 ppm de mercurio en los brotes y 16,0 ppm de mercurio en las raíces, y alcanza las concentraciones máximas después de unos 16 días. Y *Elodea (Elodea canadenses)*, demuestran buenos porcentajes de remoción de mercurio (Hernández, Juan Camilo, 2017).

Por otra parte, también es posible la biorremediación de metales pesados (mercurio) utilizando microalgas, las cuales son biosorbentes, lo que indica que son capaces de eliminar dichos elementos tóxicos. A su vez, las concentraciones bajas de un metal pesado de baja toxicidad pueden estimular el crecimiento y el metabolismo de la microalga. Como ejemplo de éste último tenemos a las especies de cianobacterias como la *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Phormidium* y *Spirogyra*, las cuales pueden crecer naturalmente en aguas contaminadas con metales pesados, debido a su tolerancia al estrés de dichos metales (Leong, Yoong Kit & Chang, Jo-Chu Chang, 2020).

Es importante por otra parte, también recalcar que entre mayor sea la concentración de mercurio, mayor es la cantidad que se elimina por dichas plantas.

Finalmente, la capacidad de absorción y acumulación es mayor para la lechuga de agua, seguido por el Jacinto de agua y otras especies.

<p style="text-align: center;">(MÉTODOS DE SELECCIÓN DE ESPECIES)</p>	<p>Las plantas utilizadas en dicho mecanismo son cultivadas de manera hidropónica. Cuando el sistema radicular de estas está bien desarrollado, las plantas se introducen en el agua contaminada con metales, en donde las raíces los absorben y acumulan. A medida que las raíces se van saturando, las plantas se cortan y se disponen para su uso final y la fitovolatilización en la que las plantas captan y modifican mercurio y lo liberan a la atmósfera por transpiración (Frers, C., 2008). En este último mecanismo, las plantas acumulan el contaminante en las hojas, más específicamente en la epidermis y al liberarse a la atmósfera lo hacen como moléculas de agua. Dentro de las plantas que podrían volatilizar el mercurio se encuentra la <i>Arabidopsis Thaliana</i> (Jeevanantham, S, et al. 2019)</p> <p>Es importante para seleccionar las especies de plantas para la fitorremediación tener en cuenta las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser tolerantes a altas concentraciones de mercurio. • Ser acumuladoras de mercurio • Tener una rápida tasa de crecimiento y alta productividad. • Ser especies locales, representativas de la comunidad natural. • Ser fácilmente cosechables (Delgadillo et al., 2011).
---	--

<p style="text-align: center;">(DISPOSICIÓN FINAL)</p>	<p>Así mismo, es esencial tener en cuenta que el mejor método para la disposición final de los residuos con mercurio, a través del cual se procura el confinamiento de residuos peligrosos en el suelo, a través de una o varias celdas - bajo capas cubiertas con materia inerte, generalmente tierra, el cual posee diversos subsistemas que comprenden desde un conjunto de elementos de infraestructura para la recepción, manejo de los residuos y los lixiviados hasta el tratamiento de los gases, garantizando así condiciones sanitarias adecuadas generados en este proceso de fitorremediación, a decir, el relleno o celda de seguridad, siendo estabilizados antes de su disposición. (Gutiérrez y Londoño; 2012).</p>
<p style="text-align: center;">1.2 REMEDIACIÓN MICROBIANA</p>	<p>Se utilizan hongos obtenidos de muestras tomadas de ecosistemas acuáticos. Estos son producidos en el laboratorio en un medio de cultivo específico que cuenta con algunos micronutrientes como: Carbono. Calcio, Nitrógeno. Aminoácidos, Fósforo, Yodo, Potasio, Sodio y Azúcares. Dichos medios de cultivo se deben incubar a temperatura ambiente durante una semana (Vera, Jaime Alberto. 2016).</p>

5. CONCLUSIONES

Las principales actividades que generan aguas residuales con contenido de Mercurio en la Sede Sur de la Universidad Antonio Nariño son las Unidades o Clínicas Odontológicas.

Dentro de las acciones de prevención de la presencia de mercurio en las aguas residuales, podemos destacar una adecuada gestión de residuos producto del retiro de las amalgamas en las prácticas realizadas en las Unidades Odontológicas, uso de rejillas o trampas para atrapar partículas de amalgama, y el reemplazo de dicho material por otro, entre otras.

Se identificó alternativas tecnológicas como la biorremediación, dentro de la cual se destaca la fitorremediación, remediación microbiana, el uso de *Pseudomonas Aeruginosa* y Microorganismos nativos. Además de la Electrocoagulación y el uso de la borra de café encapsulado en Alginato de Sodio para la reducción del contenido del mercurio en las aguas residuales.

6. RECOMENDACIONES

Se sugiere que cuando se haga necesaria la implementación de las alternativas tecnológicas para la reducción del mercurio en este estudio mencionadas, se realice con la integración de algunas áreas del conocimiento como es la Ingeniería ambiental, el área de odontología y laboratorios de Química, entre otros, de manera que su aplicación sea lo más asertiva y efectiva posible.

Con el fin de seleccionar las acciones de prevención o las alternativas tecnológicas más idóneas para la aplicación en campo, se recomienda siempre realizar un estudio concienzudo de las actividades específicas que se están realizando y que están generando las aguas residuales con contenido de mercurio.

Es importante estar actualizado frente a la normativa que se expida con respecto al uso, comercialización del mercurio y al cumplimiento de los compromisos establecidos en el convenio de Minamata frente a este tema.

Adicionalmente, se recomienda optar en primera instancia por la aplicación de una acción preventiva que evite que se genere desde la fuente este metal pesado y tóxico como es el mercurio y en última instancia, ya recurrir a un método que reduzca el contenido de éste en el agua residual.

BIBLIOGRAFÍA

Becerra, Jenny Milena & Gutiérrez, Martha Isabel. 2013. Sistemas de Plantas de Tratamiento de Aguas residuales en Colombia Monografía presentada como requisito parcial para Optar el Título de: Especialización en Administración en Salud Pública. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia.82p.

Castrillón, Vanessa Katherine & Navarro, Leydi Johanna.2016. Evaluación de la Fitorremediación como Alternativa para el Tratamiento de Aguas Residuales Contaminadas con Mercurio Producto de la Minería Aurífera (artesanal y pequeña escala. Monografía para optar al título de Ingeniero Ambiental. Manizales. Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD.106p

Corporación Autónoma Regional (CAR), 2020. Recuperado de: <https://www.car.gov.co/vercontenido/1168>

Delgadillo-López, Angélica Evelin et al. 2011. Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. Trop. subtrop. Agroecosyt [online], vol.14, n.2, pp.597-612. ISSN 1870-0462.

D.M. Mejía, Verónica. Comunicación Personal. 14 de septiembre del 2020

Frers, C. 2008. El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales. Observatorio Medioambiental, 11, 301 - 305. Recuperado a partir de <https://revistas.ucm.es/index.php/OBMD/article/view/OBMD0808110301A>

Gonzales, Natalia. 2019. Evaluación de la Remoción de Mercurio en Aguas Residuales, mediante adsorción con Cápsulas de Borra de Café Gelificadas en Alginato de Sodio. Proyecto Integral de Grado para optar al Título de Ingeniería Química. Bogotá. D.C Fundación Universidad de América.98p.

- Gutiérrez, J y Londoño, L. 2012. Estrategias para el emplazamiento de celdas de seguridad ambientalmente sostenibles. (Tesis de posgrado). Corporación Universitaria Lasallista, Antioquia, Colombia.
- Hernández, Juan Camilo. Diagnóstico Ambiental del Manejo de Vertimientos en 9 sectores empresariales Ubicados en la Zona Urbana del Municipio de Santiago de Cali. Proyecto de Grado para optar el título de Administrador Ambiental. Santiago de Cali. Universidad Autónoma de Occidente. 2017 p.
- Jeevanantham, J *et al.* 2019. Removal of toxic pollutants from water environment by Phytoremediation: A survey on application and future prospects. En: Environmental Technology and Innovation. 13 (2019). 13p.
- Kumari, Shivani, *et al.* Recent developments in environmental mercury bioremediation and its toxicity: A review. En: Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management 13 (2020). 14p.
- Leong, Yoong Kit & Chang, Jo-Chu Chang, 2020. Bioremediation of heavy metals using microalgae: Recent advances and mechanisms. En: Bioresource Technology. 303 (2020).
- MinSalud. 2018. Lineamiento para el uso controlado de la amalgama dental, en los servicios de odontología. Orientaciones en el marco de los compromisos asumidos en el Convenio de Minamata. Tomado de: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ENT/uso-controlado-amalgama.pdf>

- Patra, Kumar Deek., *et al.* 2020. Toxic metal decontamination by phytoremediation approach: Concept, challenges, opportunities and future perspectives. En: Environmental Technology and Innovation. 18 (2020).
- Pedraza, Mónica et al. 2018. Evaluación de la reducción de la concentración de mercurio en muestras de agua y lodo del río Bogotá, mediante el uso de *Pseudomonas Aeruginosa* y microorganismos nativos. En: Análisis del recurso hídrico- Acciones orientadas a la Sostenibilidad Ambiental. Bogotá D.C. Universidad Manuela Beltrán. 200p.
- Pinzón, Claudia Patricia & Fajardo, Carlos Andrés. Impacto del mercurio en los ecosistemas colombianos y las técnicas aplicables para su biorremediación. En: Working Papers- ECAMPA. 2018. Vol. 2, Núm. 1, 12p.
- Ramírez, Mario Yarto et al. 2004. La contaminación por Mercurio en México. En: Gaceta Ecológica (72). 14p
- Reyes, Rosa & Morales, Ivelin. Mercurio y Salud en la Odontología. En: Rev. Saúde Pública. (2003). Vol. 37, Núm. 2. 7p.
- Segura, Luis Eduardo. 2007. Estudio de Antecedentes sobre la Contaminación Hídrica en Colombia. Informe Final de Prácticas Administrativas Realizadas en Cumplimiento del último Requisito Académico para Optar al Título de Administrador Público. Bogotá D.C. Escuela Superior de Administración Pública. 142p.
- Vera, Jaime Alberto. 2016. Remoción de Mercurio en aguas contaminadas mediante microorganismos tolerantes, una aproximación a la biorremediación microbiana. Proyecto de Grado para obtener el título de Ingeniero Ambiental. Bogotá D.C. Universidad Santo Tomás. 64p.

Wang, Liuwei et al. Remediation of Mercury contaminated soil, water, and air: A review of emerging materials and innovative technologies. En: Environment International. 134 (2020). 19p.

Zheng, Li Wu *et al.* Biomaterials in Dentistry. En: Encyclopedia of Biomedical Engineering (2018).12p.

ANEXOS

**ANEXO 1.
MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN ASPECTO-IMPACTO SEDE SUR- UAN**

ANEXO 1. MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTO-IMPACTO SEDE SUR-UAN															
		IMPACTO AMBIENTAL	ACTIVIDADES												
			Laboratorio de fluidos	Laboratorios viraciones, ondas y ópticas	Laboratorio de Física moderna	Cafetería	Laboratorio de Química	Laboratorio corrosión	Laboratorio microscopía	Laboratorio de Maquinas eléctricas	Laboratorio termofluido	Laboratorio industrial	Unidades odontológicas	Zona de yesos	Esterilización en servicio de odontología.
ASPECTOS AMBIENTALES	Consumo de agua	Disminución de recursos naturales	X			X	X	X		X	X		X	X	X
	Generación de vertimientos	Contaminación del agua				X	X						X	X	X
	Consumo de energía	Disminución de recursos naturales	X			X	X	X	X	X	X		X	X	
	Generación de ruido	Contaminación auditiva				X			X		X		X		X
	Emisión de Gases	Contaminación del aire					X	X			X				
	Emisión de Material Particulado.	Contaminación del aire						X					X		
	Generación de residuos sólidos	Sobrepresión del relleno sanitario	X				X	X		X		X	X	X	X
Generación de residuos peligrosos	Contaminación del aire, afectación a la salud humana.							X				X			

Fuente: Autor, 2020.