



**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**FORMULACION DE LINEAMIENTOS PARA EL MANEJO Y DISPOSICION FINAL
DE LODOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE
VALLEDUPAR**

AUTOR

JHON CESAR DE LA TORRE BEDOYA

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR – CESAR

2026



**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**FORMULACION DE LINEAMIENTOS PARA EL MANEJO Y DISPOSICION FINAL
DE LODOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE
VALLEDUPAR**

AUTOR

JHON CESAR DE LA TORRE BEDOYA

DIRECTORA

ADRIANA CAROLINA ROYERO IBARRA

PHD EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR – CESAR

2026



RESUMEN EJECUTIVO

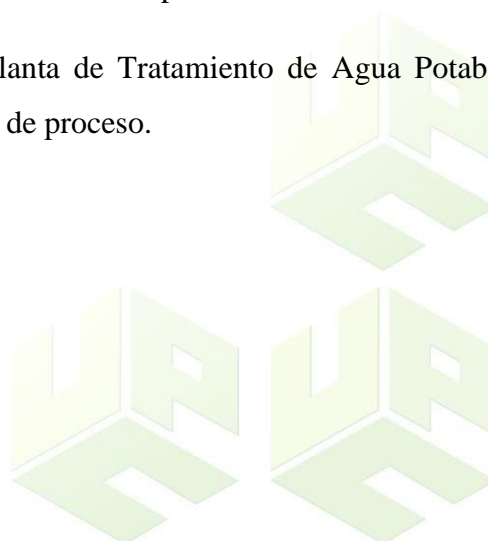
El informe tiene como objetivo analizar la problemática de generación de lodos producto del proceso de potabilización en la PTAP de Valledupar, las actividades se desarrollarán mediante observación, análisis de registro operativos de la planta y referencias bibliográficas referente al tema, experiencias relacionadas con la gestión en otras plantas potabilizadoras. Se espera que a través de estos métodos se pueda identificar las unidades donde se originan los lodos, caracterizar sus propiedades generales y evaluar impactos asociados a su disposición.

Debido a esta situación se formularán lineamientos de manejo que guie a la empresa hacia un sistema integral y sostenible, incluyendo opciones de disposición final y posibilidades de aprovechamiento con recomendaciones relacionadas con la normativa ambiental.

Los resultados estarán dirigidos a aportar soluciones que minimicen los impactos ambientales por vertimiento de lodos, fortalezcan la operación en la planta y generen beneficios para la empresa como para la comunidad, de esta forma los habitantes aledaños y de Valledupar serán los beneficiarios directos. En cuanto al financiamiento por el momento no se requiere una inversión significativa debido a que la práctica se apoyara en los recursos disponibles en la planta, en colaboración con el personal técnico e información existente.

Para terminar, este informe se orientará a visibilizar una problemática actual de la PTAP, proponer soluciones técnicamente viables y generar un aporte académico y ambiental que refuerce la misión de la empresa como prestadora de servicios públicos con sostenibilidad.

Palabras claves: lodos, disposición final, Planta de Tratamiento de Agua Potable, policloruro de aluminio, aprovechamiento y unidades de proceso.



ABSTRACT

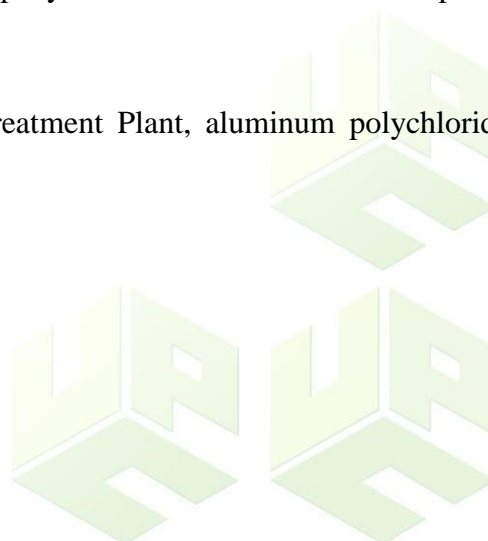
This report aims to analyze the problem of sludge generation resulting from the water treatment process at the Valledupar Water Treatment Plant (PTAP). The activities will be carried out through observation, analysis of the plant's operational records, and bibliographic references on the subject, as well as experiences related to sludge management at other water treatment plants. It is expected that these methods will identify the units where the sludge originates, characterize its general properties, and evaluate the impacts associated with its disposal.

Based on this situation, management guidelines will be formulated to guide the company toward an integrated and sustainable system, including final disposal options and potential reuse possibilities, with recommendations related to environmental regulations.

The results will be aimed at providing solutions that minimize the environmental impacts of sludge discharge, strengthen plant operations, and generate benefits for both the company and the community. In this way, the residents of the surrounding areas and Valledupar will be the direct beneficiaries. Regarding financing, no significant investment is currently required, as the practice will rely on existing resources at the plant, in collaboration with technical staff and available information.

In conclusion, this report aims to highlight a current problem at the Water Treatment Plant (WTP), propose technically viable solutions, and generate an academic and environmental contribution that reinforces the company's mission as a sustainable public service provider.

Keywords: sludge, final disposal, Water Treatment Plant, aluminum polychloride, utilization, and process units.



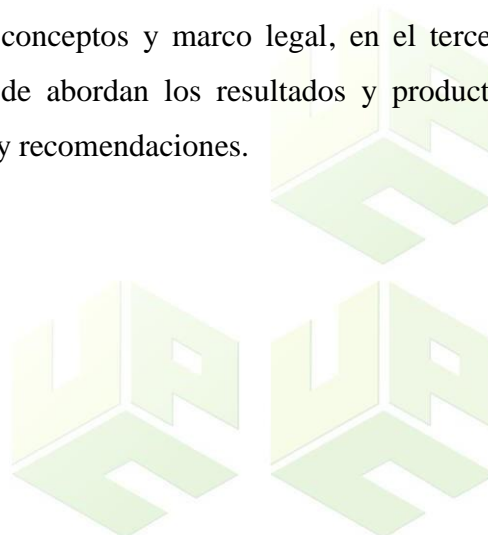
INTRODUCCION

El presente informe de prácticas académicas el cual se desarrolla en la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) de la ciudad de Valledupar, operada por la empresa EMDUPAR S.A. E.S.P. El tema principal por abordar corresponde a los lodos generados durante los procesos de sedimentación y lavado de las unidades, en donde la disposición final se realiza de manera directa en el río Guatapurí, ocasionando posibles afectaciones ambientales y sanitarias. Este trabajo se centra en la propuesta de lineamientos técnicos para el manejo y disposición de los lodos, con la intención de contribuir al cumplimiento normativo.

La metodología empleada se basa en la observación directa de los procesos, la revisión de la normativa ambiental vigente, el análisis de la situación actual de la planta y la investigación de documentos técnicos aplicados al contexto. Estas actividades permiten identificar la dimensión del problema, los riesgos asociados y las posibles alternativas viables para el manejo de estos residuos que respondan a las necesidades de la empresa y la comunidad.

Con la implementación de este documento se busca dar respuesta a la situación problemática de vertimientos directos de lodos al afluente hídrico, fortaleciendo la gestión ambiental de la empresa y minimizando impactos negativos sobre el sistema acuático. Simultáneamente generando aportes académicos que contribuyen al área de la ingeniería ambiental y sanitaria en la región.

La estructura del documento consta de varios capítulos, donde el primero presenta la situación problema, la justificación y los objetivos. En el segundo capítulo se expone el marco referencial, generalidades de la entidad, contextos, conceptos y marco legal, en el tercero tenemos los aspectos metodológicos, en el cuarto de abordan los resultados y productos obtenidos y por último se presentan las conclusiones y recomendaciones.



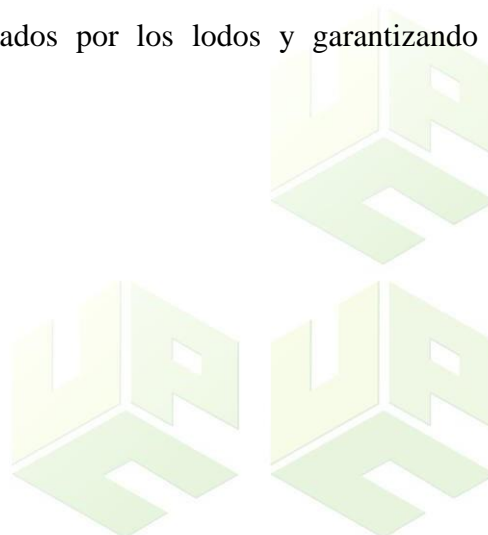
1. SITUACION PROBLEMA

La Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) operada por EMDUPAR S.A E.S.P., no cuenta con un sistema de manejo y disposición de lodos durante los procesos de lavado de las unidades, estos residuos acumulados en el fondo son descargados directamente al río Guatapurí. Contienen arenas, flóculos y restos de policloruro de aluminio que es el coagulante utilizado en la planta.

La ausencia de un proceso o sistema de control para los lodos establece una limitación en la gestión integral del agua potable. Aunque la planta asegura la calidad del agua entregado a los usuarios, los subproductos derivados del proceso no reciben un manejo adecuado. El policloruro de aluminio en concentraciones excesivas presenta riesgos para la salud como para el ambiente, puede generar irritación y hasta quemaduras en la piel si se está en contacto directo con este, se considera toxico para microorganismos acuáticos, afecta la biodiversidad y los procesos biológicos del río.

Aunque no existen estudios locales que corrobore una relación directa entre los vertimientos y las irritaciones reportada por los bañistas, los efectos potenciales de este químico si están registradas en la literatura científica. Por lo tanto, en el área ambiental, el aumento de la carga de sólidos y sustancias químicas presente deteriora la calidad del agua y compromete la sostenibilidad del afluente.

De acuerdo con lo señalado anteriormente, la situación evidencia la necesidad de implementar alternativas técnicas que permitan retener, tratar y disponer de manera adecuada los lodos, reduciendo o evitado los riesgos asociados por los lodos y garantizando el cumplimiento de la normativa ambiental vigente.



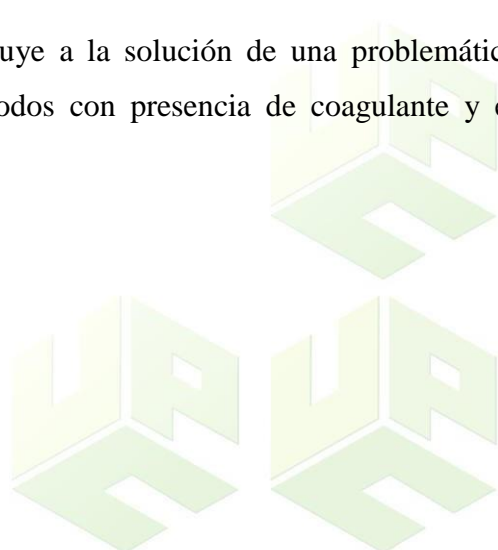
2. JUSTIFICACIÓN

El manejo de lodos en la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) de Valledupar es de gran importancia, debido a que actualmente estos residuos son vertidos de manera directa al río Guatapurí. Esto ocasiona la reincorporación de arenas y sólidos suspendidos con contenido de coagulante residual como lo es el policloruro de aluminio.

El proyecto busca resolver una problemática que afecta la sostenibilidad del afluente hídrico, el coagulante empleado en la potabilización puede generar irritación cutánea y ocular en contacto directo, además de presentar toxicidad por microorganismos acuáticos. “Este subproducto generado en las PTAP y PTAR debe disponerse de manera adecuada y segura, debido a que, si son vertidos directamente sin ningún tratamiento en el suelo o en las cuencas hidrográficas pueden generar contaminación, deterioro en la biodiversidad y afectaciones a la salud y al ambiente. Sin embargo, gran parte de ellos termina como residuo sólido en rellenos sanitarios o en botaderos a cielo abierto generando impactos ambientales negativos.” (FAJARDO, 2020).

La finalidad de este informe es proponer lineamientos de manejo y disposición final de los lodos, reduciendo los impactos negativos y que se cumpla con la normativa ambiental vigente. Por lo tanto, los principales beneficiarios serían los habitantes de Valledupar, ya que tendrían un servicio de acueducto más responsables con el medio ambiente. La empresa EMDUPAR también sería beneficiaria debido a que fortalece la sostenibilidad del sistema y complementa su manual de operación y mantenimiento.

En términos académicos, el informe contribuye a la solución de una problemática específica como es la disposición inadecuada de lodos con presencia de coagulante y el incumplimiento de criterios ambientales.



3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Formular lineamientos de manejo y disposición final de lodos generados en el proceso de las unidades de la planta de tratamiento de agua potable de Valledupar.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS


- Realizar un diagnóstico inicial de los procesos que generan los lodos en la PTAP.
- Caracterizar el vertimiento de los lodos en las unidades donde se generan.
- Plantear alternativas de aprovechamiento de los lodos generados en la PTAP.



4 MARCO REFERENCIAL

4.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA

Tabla 1. información de la empresa

Nombre de la entidad	EMDUPAR S.A. E.S.P.
Representante legal	José Luis Palomino López
Nit / Cedula	13706180
Dirección (sede principal)	Calle 15 # 15 – 40 Barrio Alfonso López
Municipio / Departamento	Valledupar, Cesar
Número de centros de trabajo	3, (oficina principal, PTAP Y PTAR)
Número de trabajadores	252 aproximadamente
Nivel de riesgo	Nivel 3
ARL	Positiva
Teléfono / Email institucional	6055730040 / emdupar@emdupar.gov.co
Sitio web	www.emdupar.gov.co
Logotipo / Imagen	

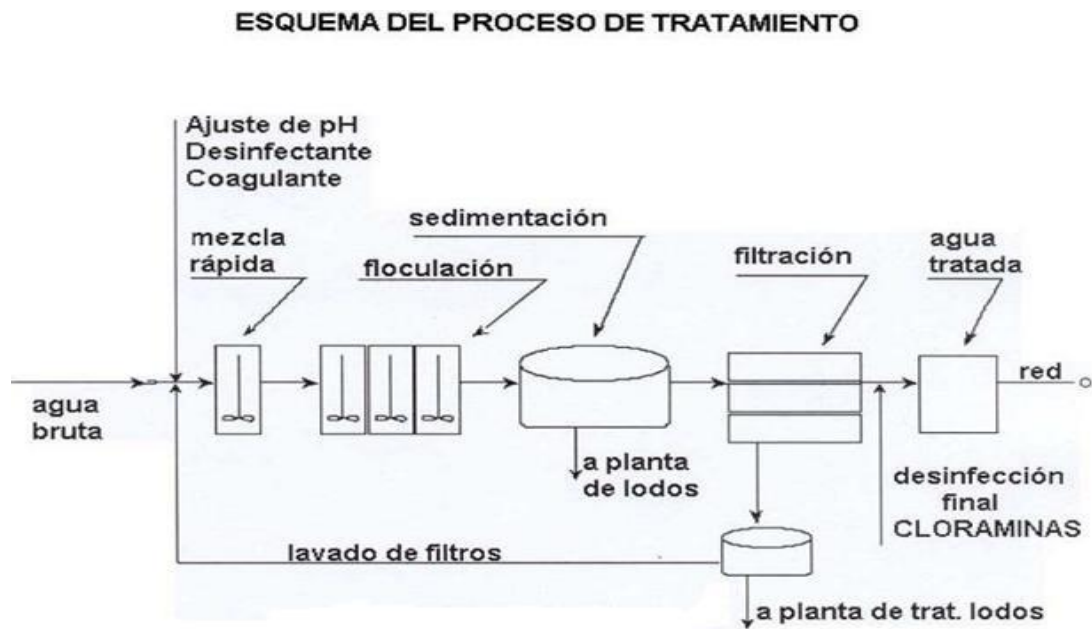
Nota: datos tomados de la empresa EMDUPAR.

- La empresa de servicios públicos de Valledupar tuvo sus inicios en 1944, cuando los habitantes entubaban el agua proveniente del río Guatapurí. En 1961 el servicio fue prestado por ACUADELMA y en 1969 paso a INSFOPAL. En 1974 se constituyó como ACUADUPAR, encargada del acueducto y alcantarillado de la ciudad. Posteriormente, en 1977 se transformó en EMPODUPAR, ampliando sus servicios a aseo, matadero y plazas de

mercado. Finalmente en 1989 la entidad tomo nombre de EMDUPAR S.A. E.S.P., como empresa de servicios públicos del orden municipal dedicada a la prestación de acueducto y alcantarillado. (EMDUPAR, s.f.)

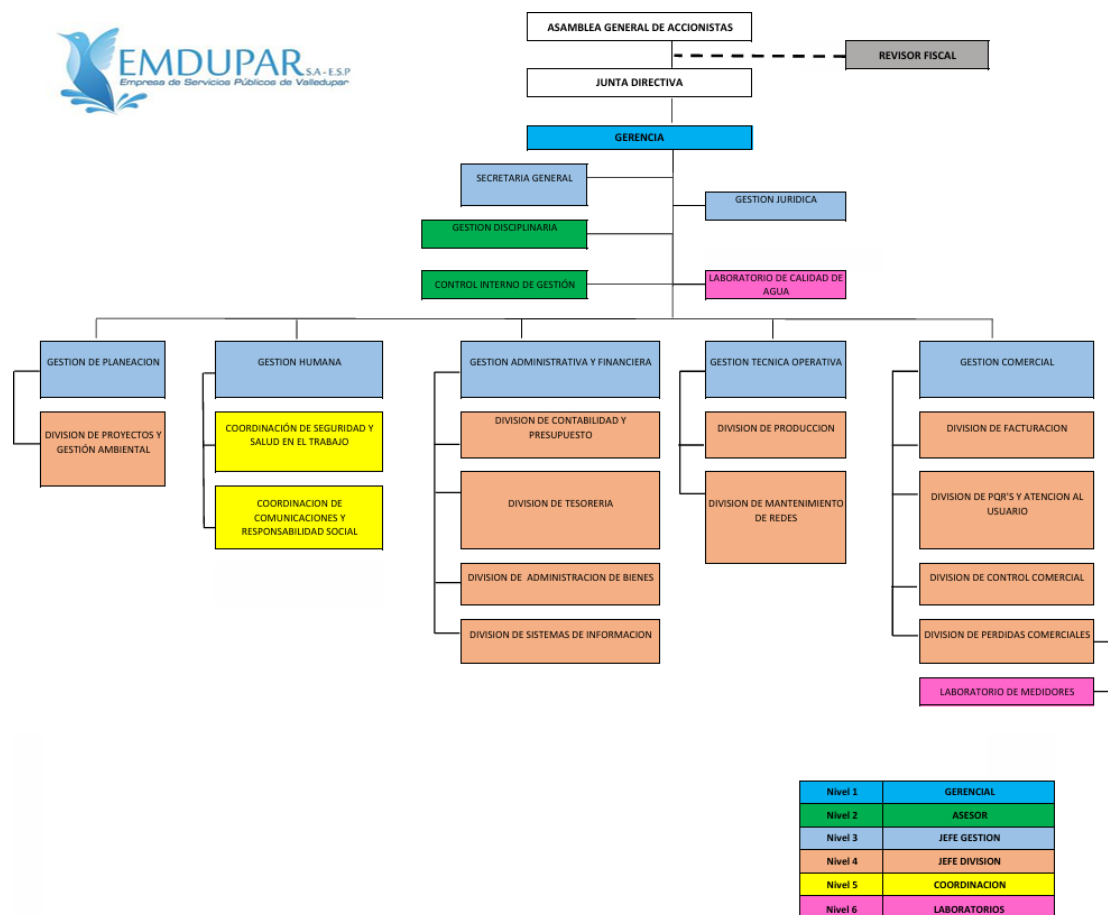
- Su misión es prestar servicios de acueducto y alcantarillado con productos y servicios de calidad, contribuyendo a la sostenibilidad Ambiental, Económica y social. (EMDUPAR, s.f.)
- Su visión ser una empresa de servicios públicos líder en la región, competitiva y reconocida en los mercados nacionales, garantizando la sostenibilidad Ambiental, Económica y social. (EMDUPAR, s.f.)
- Emdupar S.A E.S.P, es una empresa que trabaja comprometida con la calidad, la excelencia del servicio, la seguridad y la normativa vigente; satisfaciendo las necesidades de los clientes, accionistas y comunidad para contribuir con el desarrollo ambiental, económico y social sostenible. Así mismo con el mejoramiento continuo, con fomentarla cultura preventiva y de control sobre los eventos de seguridad industrial y de salud ocupacional del personal. (EMDUPAR, s.f.)

Figura 1. Mapa de procesos de la PTAP



Nota: el presente esquema refleja las etapas del proceso de potabilización del agua en la PTAP de Valledupar.

Figura 2. Estructura organizacional



Nota: tomado de EMDUPAR.

4.2 MARCO CONTEXTUAL

La práctica academia se desarrolla en la Planta de Tratamiento de Agua potable de Valledupar, operada por la empresa de servicios públicos de Valledupar EMDUPAR S.A. E.S.P., entidad responsable de garantizar la captación, potabilización y distribución del recursos hídricos en el municipio. La planta se encuentra ubicada en la zona norte de Valledupar, en la vía la Pedregosa o balneario el rincón (EMDUPAR, s.f.). La localización corresponde a un área de influencia, considerando uno de los principales recursos naturales y turísticos de la región del Cesar (CORPOCESAR, s.f.).

El entorno ambiental donde se localiza la planta corresponde a una zona de bosque seco tropical, caracterizada por una vegetación de tipo ribereño y presencia de áreas verdes con faunas asociada al ecosistema (IDEAM, s.f.). en términos de infraestructura la PTAP cuenta con un acceso pavimentado y control de ingreso restringido, donde solo se le permite el acceso al personal autorizado. Dispone de unidades de desarenación, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección, además de sistemas auxiliares de control de caudal y almacenamiento (EMDUPAR, s.f.)

El componente social en la zona aledaña a la planta presente viviendas rurales, casas campestres y establecimientos turísticos como lo es el balneario el rincón. La cercanía de estos asentamientos resalta la importancia de implementar estrategias de gestión ambiental que aseguren la preservación de la calidad del agua y el entorno natural del río Guatapurí (MINAMBIENTE, 2015).

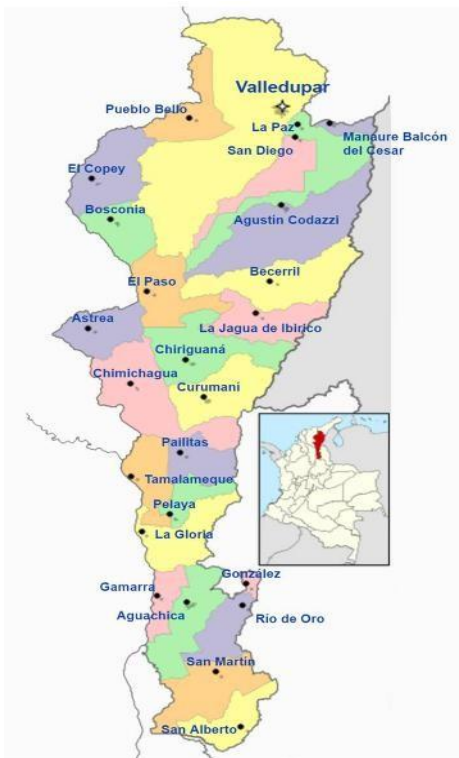
Figura 3. Mapa de Colombia



Nota: tomado del IGAC.

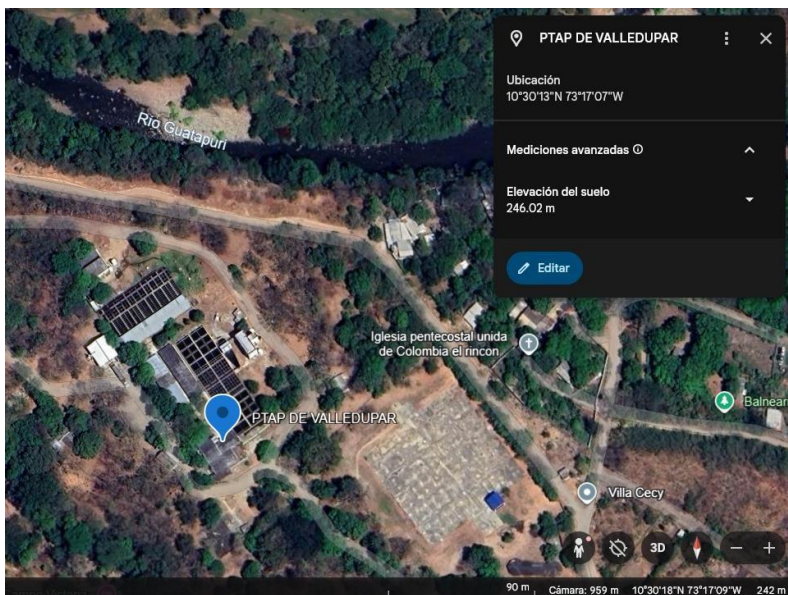


Figura 4. Mapa del departamento del Cesar Figura 5. Mapa del Municipio de Valledupar

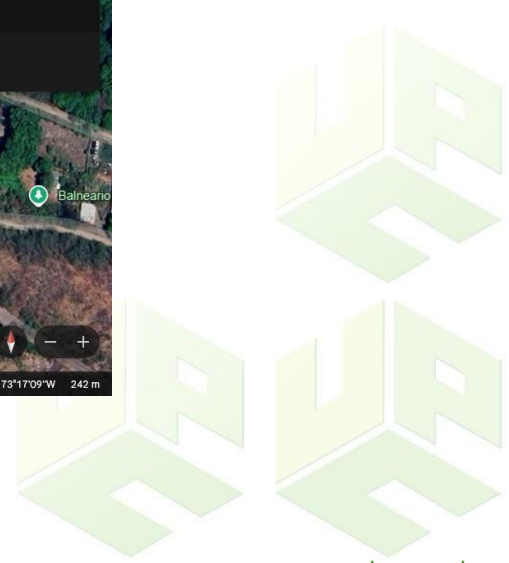


Nota: imágenes tomadas de la Gobernación del Cesar y la Alcaldía de Valledupar

Figura 6. Ubicación de la PTAP de Valledupar



Nota: tomada de Google Earth.



4.3 MARCO CONCEPTUAL

Agua potable: líquido que cumple con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos por la normativa vigente para el consumo humano (Organization, 2023).

Aprovechamiento de lodos: proceso mediante el cual los lodos son reutilizados o transformados en productos útiles, como material de construcción enmienda agrícola o relleno (FAJARDO, 2020).

Corpocesar: autoridad ambiental encargada de la gestión, control y seguimiento de los recursos naturales en el departamento del cesar (CORPOCESAR, s.f.).

Floculación: proceso fisicoquímico mediante el cual las partículas desestabilizadas durante la coagulación se agrupan en flóculos más grandes y fácilmente sedimentables (FAJARDO, 2020).

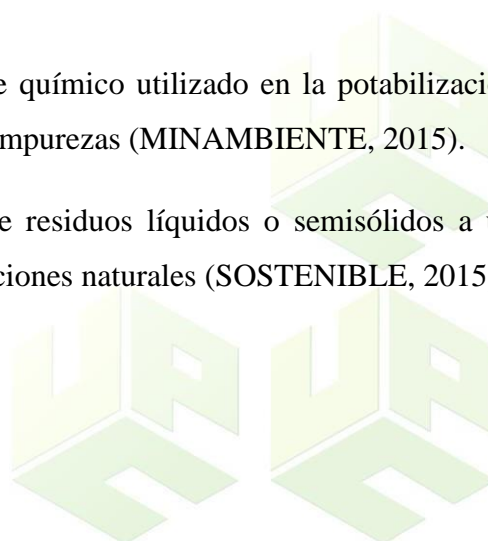
Gestión ambiental: conjunto de acciones técnicas, administrativas y legales orientadas al uso sostenible de los recursos naturales y la prevención de impactos ambientales (MINAMBIENTE, 2015).

Lodos: mezcla semisólida de agua y sólidos suspendidos generada en los procesos de tratamiento de agua potable (FAJARDO, 2020).

Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP): conjunto de estructuras y procesos diseñados para eliminar impurezas del agua cruda y hacerla apta para el consumo humano (Ramírez Fernández, 2003).

Policloruro de aluminio (PAC): coagulante químico utilizado en la potabilización para favorecer la información de flóculos y remover impurezas (MINAMBIENTE, 2015).

Vertimiento: descarga directa o indirecta de residuos líquidos o semisólidos a un cuerpo de agua o al suelo, pudiendo alterar sus condiciones naturales (SOSTENIBLE, 2015).



4.4 MARCO LEGAL

Tabla 2. Marco legal

Constitución política de Colombia (1991).	Es la norma de mayor jerarquía en el país. En su artículo 79 establece el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano y la obligación del estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente.	Fundamenta el deber del estado y de las entidades prestadoras de servicios públicos de proteger los recursos naturales, promoviendo la gestión adecuada de los residuos generados en los procesos de potabilización del agua como los lodos de la PTAP de Valledupar.
Ley 99 de 1993 - “por la cual se crea el ministerio del medio ambiente”.	Crea el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y define las competencias para la protección, manejo y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.	Establece la competencia del Ministerios e Ambiente y las Corporaciones Autónomas Regionales para regular y supervisar el manejo de vertimientos y residuos generados por las PTAP.
Ley 142 de 1994 – Régimen de los servicios públicos domiciliarios.	Recula la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, garantizando calidad, eficiencia y sostenibilidad.	Obliga a EMDUPAR como empresa prestadora a implementar procesos de operación ambientalmente sostenibles, incluyendo el manejo y disposición de los lodos generados en la PTAP.
Ley 373 de 1997 – Uso eficiente y ahorro del agua.	Promueve la implementación de planes y programas para la conservación y uso eficiente del agua.	Se relaciona con el aprovechamiento de los lodos y el control de vertimientos, ya que incentiva prácticas sostenibles que eviten la contaminación del recurso hídrico.
Decreto 1076 de 2015 – Decreto único reglamentario del sector	Copila las disposiciones ambientales vigentes, incluyendo la relacionada	Sirve como marco de referencia integral para aplicar normas específicas

ambiente y desarrollo sostenible.	con vertimientos, residuos y aprovechamiento de biosólidos.	sobre la gestión y deposición final de lodos generados en la planta de tratamiento.
Resolución 0631 de 2015 – Parámetros y valores límites máximos permisibles en vertimientos puntuales a cuerpos de agua.	Establece los parámetros fisicoquímicos que deben cumplir los vertimientos para prevenir la contaminación del recurso hídrico.	Aplica a los vertimientos líquidos generados por el lavado de unidades de la PTAP, orientando los límites de control para evitar afectaciones al río Guatapurí.
Decreto 1287 de 2014 – Criterios para el uso de biosólidos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales.	Regula las condiciones para el aprovechamiento de biosólidos, priorizando el uso en suelos agrícolas o procesos industriales.	Aunque se centra en la PTAR, sus criterios técnicos son aplicables por analogía a los lodos de PTAP, orientando su posible aprovechamiento como abono o material de construcción

Nota: la presente tabla muestra el marco legal que maneja el informe de prácticas, donde se organizó de manera jerárquica y cronológicamente. La información obtenida proviene de fuentes como “Congreso de la República de Colombia”, “Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial” y “Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible”.



5 MARCO METODOLOGICO

5.1 CAMPO DE APLICACIÓN

El presente informe de prácticas se enmarca en la línea de investigación “Sostenibilidad y Gestión Ambiental” del programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad Popular del Cesar, aprobada mediante el “acuerdo N°003 del 8 de julio de 2021” dentro del Consejo de Facultad de Ingeniería y Tecnologías. Donde se desarrolla dentro de la sublínea “gestión integral de los residuos sólidos y líquidos” , enfocándose en las áreas temáticas de “transformación y aprovechamiento de residuos sólidos (Economía circular)” ; “procesos de reciclaje, re-uso, reutilización, reincorporación y reducción de los residuos” y “valoración ambiental y económica de residuos”, con el propósito de analizar alternativas sostenibles de aprovechamiento de los lodos generados en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Valledupar (CONSEJO DE FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS, 2021).

5.2 FUNCIONES ESPECIFICAS A DESARROLLAR

Tabla 3. Funciones

Título de la propuesta		FORMULACION DE LINEAMIENTOS PARA EL MANEJO Y DISPOSICION FINAL DE LODOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE VALLEDUPAR
Funciones específicas a desarrollar		
N°	Función	Producto
1	Toma de muestras de agua potable en red ciudad y PTAP.	Resultados de análisis fisicoquímicos que permitan evaluar la calidad del agua.

- | | | |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | Controlar el tratamiento, calidad y distribución del agua suministrada a los usuarios. | Reportes de control de calidad del agua tratada y verificación de cumplimiento. |
| 3 | desarrollar actividades de la protección ambiental en zonas de influencia directa por la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo que la empresa ejerce | Informe de actividades ambientales ejecutadas y evidenciadas de sensibilización o mitigación en las comunidades intervenidas. |
| 4 | Brindar asesoría técnica ambiental al interior de la empresa. | Recomendaciones técnicas de apoyo que fortalezcan los procesos de gestión ambiental de EMDUPAR. |
| 5 | los informes relacionados con los planes de mejoramiento institucional del Proceso de Gestión Ambiental. | |

Nota elaborado por autor.

Firma practicante



Firma jefe inmediato

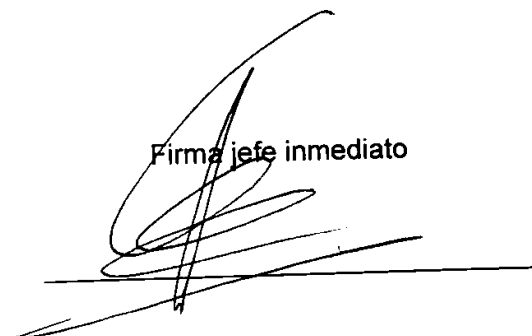



Figura 7. Contrato

	COMUNICACIÓN EXTERNA	FO-GD-15
		Versión: 02-19-07-11
		Página: 1 de 1

Valledupar, 17 de julio 2025

Señores:
COMITÉ DE INVESTIGACIÓN
Facultad de Ingenierías y Tecnológicas
Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria
Universidad Popular Del Cesar

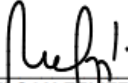
Cordial Saludo respetados Ingenieros,

Me permito informarle que el estudiante JHON CESAR DE LA TORRE BEDOYA, se encuentra autorizado por esta entidad para desarrollar su práctica académica de grado, titulada "INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA".


1. Toma de muestras de agua potable en red ciudad y PTAP.
2. Controlar el tratamiento, calidad y distribución del agua suministrada a los usuarios.
3. desarrollar actividades de la protección ambiental en zonas de influencia directa por la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo que la empresa ejerce
4. Brindar asesoría técnica ambiental al interior de la empresa.
5. los informes relacionados con los planes de mejoramiento institucional del Proceso de Gestión Ambiental.

Aclaro de antemano que el desarrollo del proyecto no genera ningún vínculo laboral con la entidad.

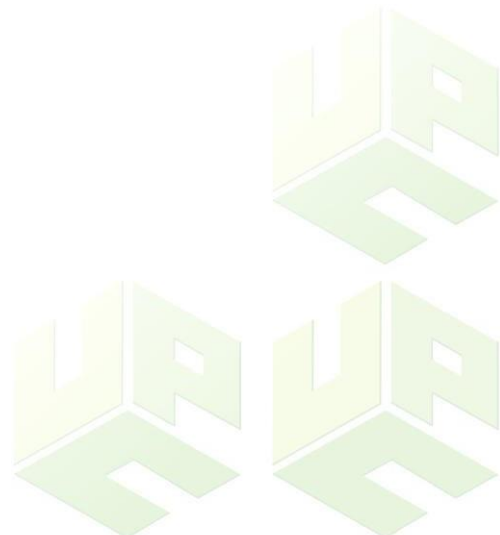
Atentamente,



NELSON FELIZZOLA DELGADO
Jefe de Gestión Humana Emdupar S.A. E.S.P.

	NOMBRE	CARGO	FIRMA
Elaborado por:	Laura Marcela Hinojosa Araujo.	Profesional Universitario	
Proyectado por:	Nelson Felizzola Delgado	Jefe de Gestión Humana.	
Revisado por:	Nelson Felizzola Delgado	Jefe de Gestión Humana.	

Los arriba firmantes declaramos que hemos revisado el presente documento y lo encontramos ajustado a las normas y disposiciones legales vigentes y por lo tanto, bajo nuestra responsabilidad, lo presentamos para la firma del Jefe de Gestión Humana.

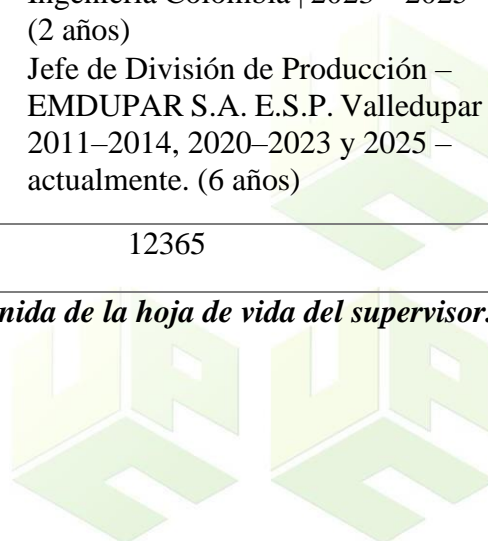


5.3 PERFIL DEL SUPERVISOR ASIGNADO

Tabla 4. Perfil del supervisor

Nombre del supervisor	LUIS EDUARDO SANTIAGO JÁCOME
Perfil Profesional	Ingeniero Químico con más de 10 años de experiencia liderando procesos operativos, técnicos y estratégicos en el sector de servicios públicos y energías renovables. Me caracterizo por una alta capacidad analítica, pensamiento sistémico y liderazgo inspirador, orientado a resultados concretos y sostenibles.
Estudios Realizados	<ul style="list-style-type: none">• Ingeniero Químico – Universidad de América, Bogotá – 2009• Especialización en Diseño y Evaluación de Proyectos – Universidad del Norte, Barranquilla – 2012• Máster en Energías Renovables y Eficiencia Energética – UDIMA, Madrid – 2022
Experiencia Profesional	<ul style="list-style-type: none">• Supervisor de Calidad – EMDUPAR S.A. E.S.P. Valledupar 2010–2011 (1 año)• Consultor Auditor Energético – INNOVA BPO. Colombia 2016–2020 (4 años)• Jefe Estratégico – Smart Energy Ingeniería Colombia 2023 – 2025 (2 años)• Jefe de División de Producción – EMDUPAR S.A. E.S.P. Valledupar 2011–2014, 2020–2023 y 2025 – actualmente. (6 años)
Nº Matricula Profesional	12365

Nota: elaborado por autor, información obtenida de la hoja de vida del supervisor.



5.4 DESARROLLO METODOLOGICO

Figura 8. Cronograma de actividades

N°	Actividad	Metodos / Instrumentos / Tecnicas	Productos	Planificacion Operativa																							
				mes 1				mes 2				mes 3				mes 4				mes 5				mes 6			
				s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4
1	Revisión documental del manual de operación de la PTAP	Análisis documental (EMDUPAR, s.f.)	Matriz de antecedentes	■																							
	Identificación de las unidades generadoras de lodos	Observación directa en el campo	Informe de identificación de procesos generadores					■																			
	Recopilación de información con operarios de la planta	Entrevistas	Registro de información cualitativa					■																			
2	Observación de campo en los lavados de las unidades	Registro fotográfico	Base de datos									■															
	Recolección de muestras de lodos	Muestreo básico	Muestras representativas									■															
	Análisis de parámetros básicos	Métodos estándar de laboratorio	Resultados de análisis fisicoquímico									■															
3	Revisión bibliográfica y documental sobre experiencias de aprovechamiento de lodos	Análisis documental	comparativa de experiencias y tecnología de aprovechamiento													■											
	Identificación de las propiedades de los lodos que permitan su aprovechamiento potencial	Revisión de resultados previos de caracterización (Objetivo 2)	Informe preliminar de viabilidad de usos													■											
	Evaluación de alternativas de aprovechamiento considerando aspectos técnicos, económicos y ambientales	Análisis multicriterio	Documento de alternativas priorizadas de aprovechamiento																	■							

Nota: elaborado por autor.

6 PRODUCTOS Y ANÁLISIS

6.1 REALIZAR UN DIAGNÓSTICO INICIAL DE LOS PROCESOS QUE GENERAN LOS LODOS EN LA PTAP.

El diagnóstico inicial se desarrolla a partir del análisis de documentos de los procedimientos operativos y de la revisión de información técnica disponible de la empresa EMDUPAR sobre el funcionamiento de las unidades de tratamiento. Este proceso constituye la base metodológica para comprender la dinámica de formación y disposición de los lodos dentro del sistema de potabilización, permitiendo identificar los vacíos existentes en los protocolos de operación.

6.1.1 Revisión Documental del Manual de Operación de la PTAP

La primera actividad consiste en la revisión del documento “MA-GA-02 Manual de Mantenimiento y Operación de Planta” de EMDUPAR S.A. E.S.P., junto con los registros operativos disponibles en la entidad. El objetivo es identificar los procedimientos establecidos para la operación de las unidades de tratamientos particularmente en los cuales se generan grandes volúmenes de lodos.

Durante la revisión se elaborará una matriz de antecedentes técnicos, en la que se relacionen los capítulos del manual consultado, los procesos donde se produce material sedimentable y los lineamientos de mantenimiento establecidos. Se registra que, aunque el documento detalla rutinas de limpieza y lavado de las unidades, no existe un procedimiento formalizado para la recolección, tratamiento o disposición final de los lodos generados.

La ausencia documental evidencia una brecha en la gestión ambiental de la planta, ya debido a que se hace el vertimiento de los lodos al río Guatapurí de manera directa, por lo tanto, existe la necesidad de formular estrategias de manejo que se ajusten a la normativa vigente y a las condiciones operativas actuales de la PTAP.

Asimismo, se identificó en el “Plan estratégico 2020-2023” de EMDUPAR S.A. E.S.P. la meta de realizar estudios de factibilidad para el tratamiento de lodos en la PTAP, lo cual refuerza el presente informe dentro de los objetivos estratégicos de la empresa.

6.1.1.1 Resultado.

El análisis documental permitió identificar las principales unidades de la PTAP donde se generan los lodos, siendo estas los desarenadores, sedimentadores y filtros rápidos. Cada una de las unidades contribuye de manera diferente a la producción de material sedimentable, los desarenadores concentran partículas inorgánicas gruesas (arena, grava, arcilla), los sedimentadores decantan las flóculos al fondo de la unidad y los filtros retienen sólidos finos que alcanzan a pasar de los sedimentadores, los últimos dos procesos con presencia de coagulante.

De la misma manera se determinó que no existe registros técnicos ni procedimientos operativos normalizados para la disposición o tratamiento de los lodos generados en las diferentes unidades. Esto puede generar incumplimiento normativo en relación con el decreto 1076 de 2015 (Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible) y la resolución 0631 de 2015, que establece parámetros y límites máximos permisibles para vertimientos.

Como producto de esta actividad se consolida la matriz de antecedentes técnicos, que será utilizada como línea base para la identificación y caracterización de las unidades generadoras de lodos.

6.1.1.2 Matriz de Antecedentes Técnicos.

Tabla 5. Matriz de antecedentes técnicos

Documentos	Unidad o Proceso	Manejo o Disposición de Lodos (según documento)	Observaciones
MA-GA-02 Manual de Mantenimiento y Operación de Planta	Desarenadores	No se especifica manejo posterior al retiro del material	Acumulación de arenas y sedimentos gruesos
MA-GA-02 Manual de Mantenimiento y Operación de Planta	Sedimentadores	No se registra disposición final, el lodo se evacua mediante válvulas de purga	Contiene restos de lodos

Registro operativos de mantenimiento PTAP	Filtros rápidos	No se registra destino del agua de lavado	El lavado de filtros genera arrastre de material fino y restos de flóculos
Plan estratégico 2020-2023		Incluye como meta la implementación de un tratamiento de lodos	Reconoce la necesidad de gestionar los lodos generados

Nota: elaborado por autor, información tomada de los manuales de EMDUPAR.

6.1.2 Identificación de las Unidades Generadoras de Lodos

6.1.2.1 Bocatoma.

“Está conformada por un sistema de válvulas y parrillas que controlan los caudales de entrada al sistema de tratamiento y el ingreso de material de mayor tamaño respectivamente, en este proceso de pretratamiento se encuentra ubicado un personal encargado de la manipulación de válvulas y del retiro de material, los auxiliares de bocatoma están en constante comunicación con el operador de planta para reportar cualquier cambio o anomalía en el agua (EMDUPAR, MA-GA-02 MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES PLANTA).”

Figura 9. Bocatoma



Nota: foto tomada por autor.

6.1.2.2 Desarenación.

“Proceso encargado de retirar el exceso de material suspendido en el agua que pueden interferir en los subsiguientes procesos de tratamiento, el material se elimina por medio de la acción de la gravedad. En dichas estructuras se efectúa el proceso de decantación de las arenas, gravas y partículas no suspendidas con una gravedad específica mayor o igual a 2.65 g/ml que precipitan por su propio peso al fondo de los desarenadores donde son evacuadas mediante operaciones de lavado. (EMDUPAR, MA-GA-02 MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES PLANTA).”

Figura 10. Desarenadores



Nota: foto tomada por autor.

6.1.2.3 Coagulación y Mezcla Rápida.

“Los procesos que deben llevarse a cabo en esta etapa del tratamiento del agua potable son la dosificación y la mezcla rápida, lo cual se hace mediante el Ensayo de Jarras que corresponde a las simulaciones en el laboratorio de las operaciones de coagulación, floculación, decantación que se realizan en las plantas de tratamiento y purificación de agua, el cual permite

identificar el grado de turbiedad, este método ha sido estandarizado para facilitar la convalidación de los resultados (EMDUPAR, MA-GA-02 MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES PLANTA).”

“En la coagulación se adiciona sustancias electrolíticas a los coloides puede neutralizar sus cargas eléctricas protectoras y, como consecuencia, las partículas se reúnen y dan como resultado la precipitación. Este fenómeno se llama coagulación de coloide. Se debe remarcar que cuanto mayor sea carga eléctrica del ion neutralizador, mayor será la capacidad coagulante. Esta es una de las razones por las cuales el policloruro de aluminio se utiliza como coagulante del agua. Estos equipos pueden ser hidráulicos o mecánicos. Entre las unidades hidráulicas de mezcla rápida que pueden usarse se encuentran el resalto hidráulico, los vertederos, los mezcladores estáticos y los difusores; entre las unidades mecánicas de mezcla rápida que pueden emplearse se encuentran los mezcladores mecánicos (EMDUPAR, MA-GA-02 MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES PLANTA).”

Figura 11. Resalto hidráulico



Nota: foto tomada por autor.



6.1.2.4 Floculación.

“Este proceso hace referencia a la aglutinación de partículas inducida por una agitación lenta de la suspensión coagulada. En el proceso de floculación pueden emplearse los floculadores hidráulicos y mecánicos. Entre los floculadores hidráulicos que pueden ser implementados están los de flujo horizontal, flujo vertical, flujo helicoidal y Alabama. En el sistema de acueducto de EMDUPAR, la floculación se realiza en dos módulos floculadores tipo Alabama con 15 y 12 compartimientos respectivamente; a través de un canal abierto se distribuye el agua desde el punto de dosificación de químicos hasta cada compartimiento de los tanques floculadores (EMDUPAR, MA-GA-02 MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES PLANTA).”

Figura 12. Floculadores



Nota: foto tomada por autor.

6.1.2.5 Sedimentación.

“El tipo de estructura usada en la planta de Emdupar S.A E.S.P es de Sedimentador laminar de flujo ascendente. En este proceso es donde se sedimentan los flóculos formados en la zona de floculadores. En la parte inferior del sedimentador se presenta una zona de distribución de agua, existiendo en la parte media, módulos inclinados con un ángulo de 45

grados. El agua se recolecta en la parte superior. En la Gota fría existen 8 módulos de sedimentación, como en la Huaricha, pero más grandes (EMDUPAR, MA-GA-02 MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES PLANTA).”

Figura 13. Sedimentadores



Nota: foto tomada por autor.

6.1.2.6 Filtración.

“Este proceso hace referencia a la remoción de las partículas suspendidas y coloidales del agua, al hacerlas pasar a través de un medio poroso. Este proceso se puede realizar por filtración rápida o filtración lenta. La filtración rápida se divide en filtración ascendente y descendente. Puede filtrarse por gravedad o por presión, el lavado puede ser intermitente o continuo. También puede emplearse la filtración lenta sola o con diversas etapas de prefiltración. En el sistema de acueducto de EMDUPAR, la filtración se lleva a cabo en 10 tanques filtros en la planta HUARICHA y 6 en la planta GOTA FRIA, el agua atraviesa el lecho filtrante de arriba hacia abajo permeando un falso fondo e inundando la cámara de agua filtrada para ser conducido hacia el tanque de compensación donde el agua es clorada. Para el lavado del lecho filtrante, se hace circular el agua de abajo hacia arriba de 10 a 15 minutos según la colmatación del filtro de esta forma se remueven partículas y coloidales en el filtro. Los filtros son construidos en Carbón Activado, Antracita, Arena Industrial y Gravilla

(EMDUPAR, MA-GA-02 MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES PLANTA).”

Figura 14. Filtros



Nota: foto tomada por autor.

6.1.2.7 Desinfección.

“Este proceso hace referencia a la eliminación o destrucción de los organismos patógenos presentes en el agua. Para su potabilización, es obligatorio desinfectar el agua sin importar el tipo de tratamiento previo que se haya realizado. Entre los procesos de desinfección que pueden realizarse esta la cloración, ozonación, desinfección con dióxido de cloro, y desinfección con rayos ultravioleta, entre otros. En el sistema de acueducto de EMDUPAR, la desinfección se realiza mediante la aplicación al agua tratada de cloro gaseoso. El proceso de cloración se realiza en el tanque de “Aguas de Compensación”, el cual recibe el agua proveniente de los módulos de filtración (EMDUPAR, MA-GA-02 MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES PLANTA).”



Figura 15. Almacenamiento del cloro gaseoso



6.1.2.8 Análisis de Resultados.

La revisión técnica y la observación en el campo permitieron concluir que las unidades con mayor generación de lodos son los desarenadores, sedimentadores y filtros rápido. Esto nos confirma la información documental suministrada en la actividad anterior.

En el desarenador se genera material pesado o grueso como son las gravas, arenas y arcillas, en el sedimentador acumula solidos finos con presencia de coagulante residual y los filtros genera material fino y flóculos que se desintegran durante los lavados.

6.1.3 Recopilación de Información con Operarios de la Planta

Como parte del diagnóstico inicial de los procesos generadores de lodos, se realizó una recopilación de información cualitativa mediante entrevistas semiestructuradas al personal operativo de la planta de tratamiento de agua potable de Valledupar. El propósito de esta actividad fue complementar la revisión documental con la experiencia práctica de los funcionarios encargados del manejo diario de las unidades, con el fin de confirmar las unidades generadoras, los procedimientos de limpieza y la disposición de los lodos generados.

Las entrevistas se les realizaron a dos operadores y a cuatro auxiliares operarios quienes cuenta con experiencia directa en la operación y mantenimiento de las unidades de la planta. La información obtenida se consolidó en un registro tipo cualitativo resumido a continuación

6.1.3.1 Unidades Generadoras.

Las unidades que mencionaron los entrevistados son las mismas que suministraron los registros (desarenadores, sedimentadores y filtros), haciendo énfasis que en los sedimentadores y filtros van con presencia coagulante a diferencia de los desarenadores que no se la hace ni se le agrega ningún químico o producto, lo cual indican que son residuos inorgánicos que se pueden devolver sin ningún problema al afluente hídrico.

6.1.3.2 Frecuencia de Limpieza de las Unidades.

Los ochos desarenadores se limpian uno por día, los módulos de sedimentadores también se lavan uno por día (en Huaricha son dos módulos de 4 sedimentadores cada uno y en Gota Fría 1 solo de 8 sedimentadores), y los filtros un aproximado de cada 12 horas.

6.1.3.3 Destino de Lodos Generados.

Los lodos son evacuados mediante válvulas de salida que descargan hacia canales y posteriormente a una red de tuberías que conducen el flujo hasta el punto de vertimiento sobre el río Guatapurí.

6.1.3.4 Observaciones de Entidades o Comunidad.

Los operarios manifestaron no tener claridad sobre visitas o requerimientos recientes de la autoridad ambiental, pero si reportaron quejas de la comunidad ribereña y bañistas cercanos al punto de descarga.

6.1.3.5 Sugerencias del Personal Operativo.

Indican la implementación de un sistema de recolección y tratamiento de lodos con el fin de evitar su vertimiento al río y reducir posibles afectaciones ambientales.

6.1.3.6 Análisis de Resultado

El levantamiento de información con los operarios permitió constatar las unidades generadoras de lodos, las actividades de limpieza y lavado se realizan de forma programada y manual, evidenciado un conocimiento empírico consolidado entre el personal, pero sin un procedimiento técnico formalizado para el manejo y disposición de los lodos.

Se confirma que el río Guatapurí es el punto de descarga final de los residuos generados durante los lavados de las unidades, lo cual representa una práctica de vertimiento directo que carece de tratamiento previo. Esta situación implica un posible impacto ambiental por la presencia de químicos en el cuerpo hídrico, que además generan inconformidad en la comunidad local.

El análisis cualitativo evidencia que los trabajadores reconocen la problemática y plantean la necesidad de implementar un sistema de recolección y manejo de lodos, coincidiendo con los lineamientos del presente informe.

6.2 CARACTERIZAR EL VERTIMIENTO DE LOS LODOS EN LAS UNIDADES DONDE SE GENERAN

El desarrollo de este objetivo tuvo como principio identificar y describir las características operativas de las unidades que generan los lodos en la planta de tratamiento de agua potable de Valledupar, todo esto mediante la observación directa en el campo, el registro fotográfico y de las condiciones de lavado de las estructuras. En esta sección se presentan los resultados correspondientes a la observación de campo de los lavados y al análisis de los parámetros fisicoquímicos básicos de los lodos recolectados.

6.2.1 Observación de Campo en los Lavados de las Unidades

6.2.1.1 Desarenadores.

Durante la limpieza de los desarenadores se observó que el procedimiento inicia con el cierre de las válvulas de entrada y la apertura de las válvulas de salida, permitiendo el vacío total de la unidad en un tiempo aproximado de 5 minutos. Posteriormente, los auxiliares de

bocatoma utilizan una motobomba y una manguera de alta presión para remover manualmente el material sedimentado y adherido en el fondo y las paredes.

Una vez finalizada la limpieza se realiza el apagado de la motobomba, el cierre de las válvulas de salida y la reapertura de las de entrada, restableciendo el flujo hacia las unidad. El lodos y el agua lavado son conducidos a través de una canaleta que más adelante se conecta con una tubería y está la direcciona directamente al rio Guatapurí.

Figura 16. Lavado de desarenadores





Nota: fotos tomadas por autor.

6.2.1.2 Sedimentadores.

En el caso de los sedimentadores se sigue un procedimiento similar al de los desarenadores. Inicialmente se cierran las válvulas de entrada y se abren las de salida para vaciar el módulo que se va a limpiar. Una vez vacío los operarios aplican agua a presión para remover los sedimentos acumulados tanto en la superficie como en las paredes internas.

Durante la observación se evidencio que, al finalizar la limpieza en la parte superior un auxiliar operativo ingresa en la zona inferior del sedimentador para eliminar con ayuda de la manguera a presión los lodos retenidos en las esquinas y puntos de difícil acceso. Al finalizar todo el lavado se procede a cerrar las válvulas de salida y se reabren las de entrada. El agua y los residuos fluyen hacia una canaleta que posteriormente se conecta con una tubería por la que se conduce hacia el rio Guatapurí.



Figura 17. Lavado de sedimentadores





Nota: fotos tomadas por autor.

6.2.1.3 Filtros.

El lavado de filtros se hace mediante un sistema de agua a contracorriente, utilizando agua previamente filtrada. En este proceso, se cierra la válvula de entrada y se abre la de salida para permitir el vaciado de la unidad. Posteriormente se comienza a invertir el flujo del agua lo que provoca el levantamiento de los medios filtrantes como arena, gravilla, antracita, entre otros, y expulsar las impurezas acumuladas o atrapadas en los filtros. Este procedimiento tiene una duración aproximada de 5 a 15 minutos, dependiendo del nivel de suciedad acumulado y del tamaño del filtro.

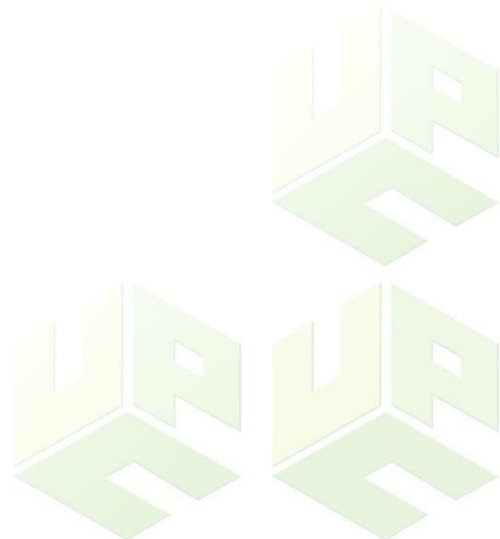
Una vez finalizado el lavado se cierran las válvulas de salida y se abren nuevamente las de entrada, restableciendo la operación normal. El flujo residual es conducido hacia la misma

red de evacuación utilizada por los sedimentadores, descargando finalmente en el río Guatapurí.

Figura 18. Lavado de filtros



Nota: fotos tomadas por autor.



6.2.1.4 Análisis de Resultado

El registro fotográfico y la observación directa permiten concluir que los lavados de las unidades se realizan manualmente y sin la existencia de un sistema de tratamiento o retención de lodos previos al vertimiento. Las tres unidades descargan sus residuos hacia una canaleta, conectada a una tubería de salida que desemboca directamente en el río Guatapurí, sin procesos de sedimentación o filtración intermedia.

La frecuencia de lavado diaria en los desarenadores y sedimentadores, y cada 12 horas en filtros evidencia una generación constante de lodos, con características físicas variables según la unidad, (lodos arenosos, finos y ligeros). La observación refuerza la necesidad de implementar medidas de control y manejo de estos residuos, dado su potencial impacto sobre la calidad del cuerpo receptor.

6.2.2 Recolección de Muestras de Lodo

Esta actividad tuvo como objetivo la obtención de una muestra representativa de los lodos que se generan en los procesos de la planta de tratamiento de agua potable, con el fin de realizarle análisis fisicoquímicos los cuales nos permitan caracterizar sus propiedades, y así poder evaluar posibles alternativas de aprovechamiento.

El procedimiento de toma se realizó de acuerdo con las recomendaciones técnicas para el muestreo de residuos semisólidos, pretendiendo evitar la contaminación de la muestra. Teniendo en cuenta todo esto se tomó un recipiente de vidrio previamente lavado con agua destilada, la toma de la muestra se realizó enseguida del vaciado del sedimentador, debido a que si no se recolectada enseguida todo el lodo se van por las válvulas de salida.

Una vez abiertas las compuertas de descarga, ingresé junto con el acompañamiento de un auxiliar operario teniendo todas las precauciones posibles, con una cuchara de plástico se tomó directamente el material depositado en el fondo del sedimentador, transfiriéndolo al recipiente de vidrio. se obtuvo una sola muestra puntual, la cual usaremos para realizar los análisis correspondientes en el laboratorio. Cabe resaltar que la muestra se almacenó en un área refrigerada para su conservación, ya que los análisis no se realizaron de manera inmediata.

Figura 19. Registro de la toma de muestra

Fecha del Muestreo	Hora de la Toma	Unidad del Muestreo	Tipo de Muestra	Punto del Muestreo	Condiciones Climáticas
2025/11/05	3:30 pm	Sedimentador Gota Fría	Puntual	Fondo del Sedimentador	Soleado

Nota: el muestreo se realizó de forma manual utilizando recipiente de vidrio y cuchara plástica. Elaborado por autor.

6.2.2.1 Análisis de la Actividad.

La toma de la muestra de lodo se realizó de forma exitosa siguiendo las precauciones necesaria para evitar su contaminación. El procedimiento permitió obtener una muestra homogénea del fondo del sedimentador, zona donde se encuentra la mayor carga de solidos sedimentables. Este muestreo conforma una etapa clave en el diagnostico de los lodos generados en las PTAP, ya que servirá para la posterior caracterización en el laboratorio. Y los resultados obtenidos en los análisis nos van a permitir establecer parámetros que orienten a la evaluación de posibles alternativas de aprovechamiento o disposición final.

Por otro lado, durante la fase de recolección se evaluó la posibilidad de obtener muestras en las demás unidades generadoras de lodos, sin embargo, no se tomó en los desarenadores, teniendo en cuenta las recomendaciones de los operarios quienes indicaron que el material depositado en esta unidad corresponde a partículas inorgánicas pesadas (arena, grava y limo) sin importancia para la caracterización. De igual forma, no fue posible obtener una muestra en los filtros rápidos debido a que el proceso de lavado se efectúa mediante a contracorriente y no existe un punto donde el lodo quede acumulado o pueda ser extraído de forma directa. Por estas razones, se determinó que la muestra representativa sería únicamente la de los sedimentadores, al ser la unidad donde se concentra las fracciones finas de lodos con mayor presencia de coagulante.

6.2.3 Análisis de Parámetros Básicos

Esta actividad se enfocó en la determinación de parámetros fisicoquímicos básico y de la muestra proveniente del sedimentador de la PTAP de Emdupar. Los análisis seleccionados a realizar fueron pH, conductividad eléctrica, estos dos realizados en el laboratorio de la planta, solidos totales, solidos fijos, solidos volátiles, oxígeno disuelto y nitrato, estos realizados en el laboratorio de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad Popular del Cesar.

Para la realización de los parámetros hecho en la Universidad se tuvo como apoyo la “guía de química sanitaria ‘determinación de sólidos en una muestra de agua’”, teniendo en cuenta los siguientes paso:

- **Determinación de sólidos totales (ST):**

1. Tare la capsula de porcelana o crisol:

- “Lave la capsula de porcelana o crisol y enjuagándola con agua destilada interior y exteriormente.
- Colóquela la capsula de porcelana o crisol en la mufla a $550 \pm 50^\circ \text{C}$, durante 5 minutos para remover toda la humedad presente. De aquí en adelante manipúlela únicamente con las pinzas.
- Retírela de la mufla y déjela enfriar ligeramente al aire. Colóquela en el desecador y déjela allí hasta cuando adquiera la temperatura del ambiente del cuarto de la balanza.
- Transfiérala a la balanza analítica y registre su peso vacío hasta la décima de miligramo. **(P1)** (OÑATE, 2025)”.

2. “Homogenice la muestra y mida un volumen (V_m) y deposítela en la capsula o crisol ya tarada (lavado, secado y pesado), el volumen de muestra utilizado es inversamente proporcional a la concentración de sólidos que se identifiquen en ella. (volumen recomendado para una muestra de agua cruda de 10 a 30 ml) (OÑATE, 2025)”.

3. “Evapore el volumen de agua presente en la muestra utilizando un mechero, coloque la capsula o crisol sobre el trípode protegido con la malla, teniendo el cuidado que no se derrame ni se presenten salpicaduras que ocasionen perdida de muestra (OÑATE, 2025)”.

4. “Al terminar de evaporar la muestra, transfiera la capsula o crisol al horno eléctrico (que esté previamente a la temperatura de $103^\circ - 105^\circ \text{C}$), déjela secar a peso constante durante mínimo 1 hora. Al manipular la capsula o crisol debe tenerse el cuidado de no retirar con las pinzas sólidos depositados sobre las paredes; por esa razón no debe llenarse más de $\frac{3}{4}$ partes del volumen de la capsula durante la evaporación. A mayor cantidad se sólidos en la capsula debe darse mayor tiempo de secamiento (OÑATE, 2025)”.

5.” Pase la capsula o crisol al desecador y déjela enfriar hasta que adquiera la temperatura ambiente del cuarto de la balanza (OÑATE, 2025)”.

6. “Transfírela a la balanza analítica y registre el peso de la capsula con los sólidos secos hasta la décima de miligramo (**P2**) (OÑATE, 2025)”.

- **Determinación de Sólidos Fijos (SF) y Volátiles (SV) a 550 ± 50 °C:**

1. “Desarrollar los pasos para sólidos totales del 1 al 6 (OÑATE, 2025)”.

2. “Coloque la capsula con los sólidos secos en la mufla a 550 ± 50 °C, déjela incinerar hasta obtener peso constante en tiempo no menor de 5 minutos, a mayor cantidad de sólidos depositados en la capsula debe darse mayor tiempo de incineración (OÑATE, 2025)”.

3. “Retire la capsula de la mufla y déjela enfriar ligeramente al aire. Colóquela en el desecador y déjela allí hasta cuando adquiera la temperatura del ambiente del cuarto de la balanza (OÑATE, 2025)”.

4. “Transfírela a la balanza analítica y registre su peso de la capsula o crisol con los sólidos calcinados hasta la décima de miligramo (**P3**) (OÑATE, 2025)”.

$$ST(mg/L) = \frac{P_2 - P_1}{Vm} * 10^6$$

$$SF(mg/L) = \frac{P_3 - P_1}{Vm} * 10^6$$

$$SV(mg/L) = \frac{P_2 - P_3}{Vm} * 10^6$$

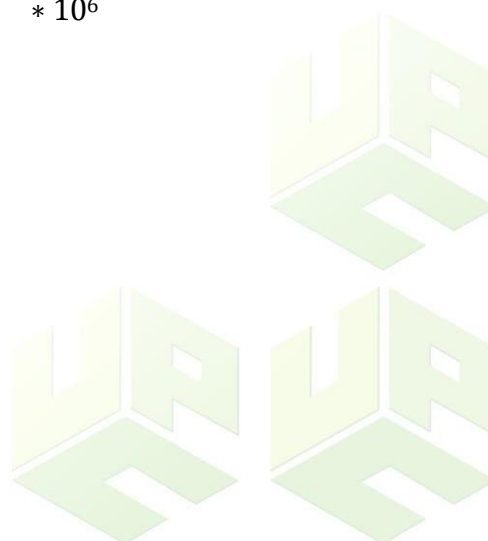


Figura 20. PH y Conductividad



Nota: foto tomada por un ingeniero del laboratorio de Emdupar.

Figura 21. Determinación de ST, SF y SV





Nota: evidencia de la practica para determinación de los parámetros ST, SF y SV. Fotos tomada por autor.

Figura 22. Determinación de OD y Nitrito



Nota: equipo espectrofotómetro y oxímetro portátil. Fotos tomadas por autor.

6.2.3.1 Resultados Obtenidos.

Tabla 6. Resultado de los análisis

Parámetro	Resultado	Unidad	Método / Equipo
pH	7.30		Multiparámetro
Conductividad Eléctrica	137	$\mu\text{S/cm}$	Multiparámetro
Sólidos Totales	66.000	mg/L	Método gravimétrico

Sólidos Fijos	56.000	mg/L	Método gravimétrico
Sólidos Volátiles	10.000	mg/L	Diferencia entre ST y SF
Nitrato (NO_3^-)	0.352	mg/L	Espectrofotómetro
Oxígeno Disuelto	2.08	mg/L	Oxímetro portátil

Nota: resultado de todos los análisis realizados a la muestra de lodo. Elaborado por autor.

6.2.3.2 Análisis e Interpretación.

En los resultados podemos evidencia que el lodo presenta un pH neutro, lo que nos indica una estabilidad química y ausencia de condiciones ácidas o básicas extrema que puedan dificultar su manejo o disposición. La conductividad eléctrica muestra un bajo contenido en sales disueltas, lo que nos puede sugerir poca concentración de compuestos iónicos solubles.

El valor de sólidos totales nos indica una alta carga de material suspendido, lo que concuerda con lodos provenientes de procesos de sedimentación. Del total de sólidos el 84.8% corresponde a sólidos fijos (minerales e inorgánicos) y el 15.2% a sólidos volátiles (orgánicos), lo que nos indica que el material en su mayoría es inorgánica, un resultado coherente con la naturaleza del coagulante utilizado en la PTAP que contienen aluminio y hierro.

El bajo nivel de oxígeno disuelto se asocia con la limitada actividad biológica dentro del lodo, reforzando la idea de una baja presencia de materia orgánica biodegradable. Por último, la concentración de nitratos es mínima, lo que nos sugiere una limitada contribución de compuestos nitrogenados en la mezcla.

6.2.3.3 Conclusión.

Los análisis fisicoquímicos permitieron determinar que los lodos de la PTAP de Valledupar son de carácter predominantemente inorgánico, con baja presencia de nutrientes y organismos, por lo cual su manejo debe orientarse hacia alternativas de aprovechamiento no biológicas. Los resultados obtenidos servirán como base para el desarrollo del siguiente objetivo en donde se evaluarán las posibles opciones de aprovechamiento.

6.3 PLANTEAR ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE LOS LODOS GENERADOS EN LA PTAP

Este ultimo objetivo tiene como finalidad evaluar posibles alternativas de aprovechamiento de los lodos que son generados en la PTAP de Valledupar, teniendo en cuenta la información obtenida en el objetivo 2 de este informe como lo fue la caracterización fisicoquímica realizada previamente. Por lo tanto, se desarrollan actividades orientadas a la revisión bibliográfica de experiencias documentadas, la identificación de las propiedades significativas de los lodos y la evaluación de alternativas para el aprovechamiento, todo esto con la intención de proponer opciones técnicamente viables que puedan servir como base para una gestión mas sostenible de estos residuos.

6.3.1 *Revisión bibliográfica y documental sobre experiencias de aprovechamiento de lodos*

6.3.1.1 Reutilización de Lodos de Plantas de Potabilización.

“En cuanto a lo que pretende la investigación, que es observar la viabilidad de la utilización del lodo de sedimentadores de plantas de potabilización como ayudante en el proceso de coagulación- floculación de lixiviados, no se ha encontrado información al respecto, aunque no es descartable que se hayan llevado a cabo estudios relacionados con el tema; a continuación se hará un pequeño resumen a cerca de temas de interés en este proyecto, que corresponde a estudios efectuados sobre manejo de lodos en el tratamiento de aguas potables realizados en los países de México [6] y Brasil [20]; y un artículo sobre recirculación de lodos en plantas de potabilización en Bogotá [11], Colombia.” (URIBE, 2003)

6.3.1.1.1 *Recirculación de Lodos de Plantas Convencionales de Potabilización de Aguas, Bogotá.*

“Realizado en la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá en su planta de TIBITÓ, pretendió estudiar la eficiencia de los lodos provenientes del tratamiento de agua cruda como ayudante en la coagulación floculación y su correspondiente incidencia en la disminución de las dosificaciones de coagulante, y por ende en los costos finales del producto. Se efectuaron ensayos con lodos de distintas edades; lodos frescos provenientes de tratamientos inmediatamente anteriores, y lodos viejos con varios días de producidos. Los lodos envejecidos no tuvieron efectividad alguna, mientras lodos frescos si fueron activos. Se observó la eficiencia relativa en función del punto del proceso donde sean aplicados, obteniendo los

mejores resultados después de la mezcla rápida. Las dosis óptimas promedias se presentaron del orden de 1.8 cm³ de lodos por litro de agua cruda.” (URIBE, 2003)

6.3.1.1.2 Disposición final de lodos.

Aun se realizan estudios en busca de nuevas alternativas para la disposición de los residuos de plantas de potabilización tales como:

- “Deshidratación o remoción parcial del agua del lodo. Disposición en rellenos sanitarios.” (URIBE, 2003)
- “Codisposición con biosólidos de estaciones de tratamiento de agua residual, que puede ser bastante ventajosa pues la mezcla puede ser dispuesta directamente en suelos o utilizada en la preparación de compuestos fertilizantes.” (URIBE, 2003)
- “Disposición controlada en ciertos tipos de suelos, solo cuando se comprueba que este desecho no causa efectos negativos en el medio, utilizado por lo general en eras de cultivo para gramináceas. Debe tenerse cuidado con el aluminio que posee gran afinidad con el fósforo presente en el suelo, que es esencial para las plantas.” (URIBE, 2003)
- “Aplicaciones industriales diversas, como en materiales de construcción o algunos otros materiales de no mucha exigencia en su materia prima, en la actualidad se utiliza como base de construcción de ciertos pavimentos.” (URIBE, 2003)
- “Incineración de residuos, generalmente de alto costo, y, además, resulta en la generación de cenizas, que también requieren de disposición final adecuada.” (URIBE, 2003)

6.3.1.2 Aprovechamiento de Lodos de Plantas de Tratamiento de Agua en Ladrillos Cerámicos Estructurales.

“La Oficina Nacional de Electricidad y Agua Potable de Bouregreg inició un proyecto de investigación sobre métodos alternativos para el aprovechamiento de los lodos de las plantas. Se han planteado dudas sobre los posibles impactos ambientales de su uso. El reciclaje de estos residuos para la fabricación de cerámica estructural puede ser tecnológica, económica y ambientalmente atractivo, ya que produce materiales con mayor resistencia a la flexión y

permite un tratamiento adecuado de los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Por lo tanto, esta innovación tecnológica para la fabricación de nuevos productos logró minimizar el impacto de los residuos de las PTAR y puede considerarse un buen desempeño ambiental de los residuos sólidos industriales de las PTAR.” (A. Benlalla, 2015)

“Los lodos producidos por la planta de tratamiento de aguas pueden ser utilizados como aditivo para producir cerámicas refractarias de alto contenido de alúmina, agregados livianos (LWA), vitrocerámicas y, finalmente, como materia prima para la fabricación de clínker (Ferreira y Olhero, 2002, Huang y Wang, 2013, Toya et al., 2007, Husillos Rodríguez et al., 2011).” El uso de lodos de tratamiento de agua en la industria de productos de construcción es prometedor y económicamente viable, y los productos elaborados no están contaminados con impurezas peligrosas (Liew et al., 2004). Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es determinar la influencia de los lodos de tratamiento de agua potable, compuestos por una gran cantidad de Al_2O_3 , en las propiedades físicas y mecánicas, los parámetros estructurales y la composición mineralógica del material cerámico cocido a temperaturas de 800 a 1000 ° C. Además, se estudió la posibilidad de utilizar este aditivo en la producción de productos cerámicos.” (A. Benlalla, 2015)

6.3.1.3 Reúso de los Lodos de Alúmina en la Recuperación de Sulfato de Aluminio.

“Otra de las formas de la reutilización de estos residuos, se enfoca en la recuperación de sulfato de aluminio. En Colombia, la mayoría de los estudios están con base a la solubilización del aluminio en forma de $Al(OH)_3$ presente en los sólidos, mediante vía alcalina o vía ácida con ácido sulfúrico, donde está última fue ensayada por Villegas, Castaño, & Paredes (2005). A partir de este estudio se encontró que las eficiencias obtenidas de la recuperación de sulfato de aluminio mediante una técnica de ensayos de tratabilidad, con lodos generados en la planta de Pisamo I de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Pereira fueron de 30,8% (lodos de purga), 49,9% (lodos de lavado) y 48,4% (lodos de vaciado). Cabe resaltar que estos valores porcentuales pueden ser superados entre un 80 – 90% (Perilla, 2015) y llegar a un eficiencia muy parecida al del sulfato de aluminio comercial con procesos de purificación y filtración por membranas, permitiendo reducir la demanda de coagulantes, así como el volumen de los residuos (Keeley, Smith, Judd, & Jarvis, 2016).” (Gómez, 2017)

“Análogamente, el proceso de acidificación conlleva establecer variables definidas, que son importantes para obtener el rendimiento de recuperación de sulfato de aluminio. Estas variables están dadas por los factores de pH, tiempo y velocidad de mezcla, en donde los mejores resultados están dentro del rango de 1,0 – 2,0 para pH y un tiempo de mezcla entre 30 – 60 minutos, con remociones de color de un 40% y de turbiedad de un 60% (Gallo & Uribe, 2003). En cuanto, a los costos de recuperación del coagulante comercial, los autores Keeley, Jarvis, & Judd (2012) encontraron que la recuperación de la alúmina resulta una alternativa para reducir los costos de alumbre comercial en un 70%. En relación lo anterior, se puntualiza que los costos del ácido sulfúrico no son tan elevados, siendo claves en la economía de los acueductos y los procesos de potabilización.” (Gómez, 2017)

6.3.2 Identificación de las Propiedades de los Lodos que Permitan su Aprovechamiento Potencial

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica de los lodos generados en la PTAP, se realizó un análisis para identificar las propiedades que permitan establecer su potencial aprovechamiento. Esta actividad se basa en la revisión de los parámetros realizados en el objetivo 2, los cuales aportan información importante sobre la naturaleza del lodo. Teniendo en cuenta estos resultados se busca determinar de manera preliminar los posibles usos del lodo, sin definir aun una alternativa específica de aprovechamiento, ya que esta será abordada en la siguiente actividad.

6.3.2.1 Análisis de los Resultados de Caracterización y su Relación con Posibles Usos.

6.3.2.1.1 PH del Lodo.

El valor del pH obtenido fue de 7.3, lo cual indica que el lodo presenta una condición prácticamente neutral, por lo tanto, es una característica favorable desde el punto de vista ambiental. Un pH como este sugiere que el lodo no posee carácter ácido ni alcalino extremo, reduciendo los riesgos de corrosión, toxicidad o inhibición biológica.

Esta condición es relevante para posibles usos en; procesos de estabilización, mezclas con otros materiales, aplicaciones donde se requiera compatibilidad química como materiales de construcción o acondicionamiento de suelos no agrícolas.

6.3.2.1.2 Conductividad eléctrica.

El resultado de la conductividad fue de 137 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el cual corresponde a un valor relativamente bajo, lo que indica una baja concentraciones de sales disueltas en el lodo. Este comportamiento propone que el material no presenta una carga salina significativa que limite su manejo o su uso.

Basándonos desde el punto de vista del aprovechamiento, una baja conductividad; disminuye el riesgo de salinización en aplicaciones en contacto con el suelo, favorece su uso en mezclas con otros materiales e indica que el lodo no presenta un carácter altamente mineralizado.

6.3.2.1.3 Solidos Totales.

El resultado de los solidos totales fue de 66.000 mg/L, un contenido bastante alto, lo cual se evidencia que el lodo presenta una concentración elevada de material sólido, la cual es una característica típica proveniente de los sedimentadores de la PTAP, esta condición indica que el residuo posee una fracción solida considerable, lo que lo hace capaz a procesos de deshidratación, secado y manejo como residuo semisólido. Este parámetro es clave para evaluar su potencial en el uso de aplicaciones donde se requiera un material con estructura sólida, como en procesos constructivos.

6.3.2.1.4 Solidos Fijos.

Como resultado se obtuvo 56.000 mg/L lo cual representa aproximadamente el 85% de los solidos totales, esto nos confirma que el lodo que se analizo está compuesto en su mayoría por material inorgánico, esta característica es consistente con la naturaleza de los lodos generados en la PTAP, los cuales contienen principalmente arenas finas, arcillas, entre otros. La alta concentración de solidos fijos nos indica que su aprovechamiento es favorable para usos en materiales de construcción, procesos de estabilización de suelos y aplicaciones donde se requiera resistencia estructural o estabilidad física.

6.3.2.1.5 Solidos Volátiles.

En este caso el resultado fue de 10.000 mg/L, lo cual es un contenido bajo en comparación con los solidos totales, lo que nos indica una baja presencia de materia orgánica. Este resultado sugiere que el lodo no presenta un alto potencial para procesos biológicos como compostaje o digestión anaerobia. Esta baja fracción de materia orgánica nos ayuda a reducir

el riesgo de generación de olores, disminuye la degradación biológica del material y favorece a su estabilidad a largo plazo. Estas características son deseables en aplicaciones donde se requiera un material estable y poco reactivo.

6.3.2.1.6 Nitrateo.

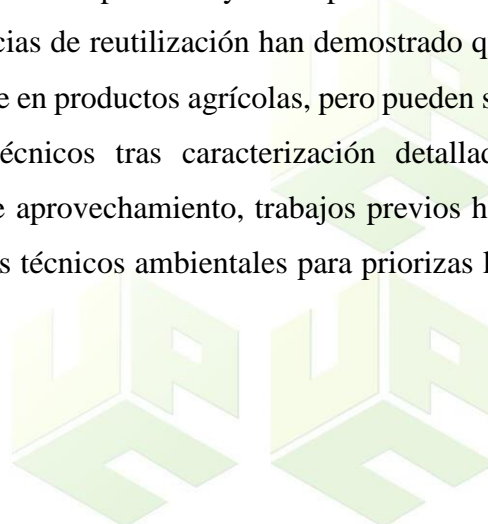
Las concentraciones de nitratos fueron bajas de 0.352 mg/L, lo cual indica que el lodo no presenta una carga significativa de nutrientes nitrogenado. Este resultado refuerza la idea de que el material no es adecuado como fertilizante.

6.3.2.1.7 Oxígeno Disuelto.

El valor del oxígeno disuelto fue de 2.08 mg/L tendiendo a la baja, lo que es coherente con la naturaleza del lodo, el cual presenta una alta carga de sólidos que limita la transferencia de oxígeno. Este resultado no representa una limitación directa en su aprovechamiento, pero nos indica que el material no se encuentra en condiciones aeróbicas favorables para procesos biológicos activos.

Con base a los resultados obtenidos, el lodo presenta propiedades como; predominio en fracción inorgánica, alta concentración de sólidos, baja materia orgánica, pH neutro, salinidad baja y concentración de nutrientes baja. Esto nos permite concluir que el lodo de la PTAP posee ciertas propiedades donde su principal aprovechamiento estaría asociado a usos físicos y estructurales.

En literatura investigada indica que lodos de PTAP luego de ser estabilizados pueden incorporarse en la producción de materiales de construcción, como bloques de adobe o mezclas con cemento, siempre que sus propiedades fisicoquímicas lo permitan y se adapten a criterios mecánicos requeridos para el uso. Además, experiencias de reutilización han demostrado que presencia de baja materia orgánica limita el uso de este en productos agrícolas, pero pueden ser integrados en estructuras físicas o procesos geotécnicos tras caracterización detallada. (Samantha, 2023). Para evaluar diversas opciones de aprovechamiento, trabajos previos han aplicado análisis multicriterio que consideran factores técnicos ambientales para priorizar las alternativas más viables. (Gómez, 2017).



6.3.3 Evaluación de Alternativas de Aprovechamiento Considerando aspectos técnicos, económicos y ambientales

En esta actividad se realiza lo que es la evaluación y priorización de alternativas de aprovechamientos de los lodos de la PTAP de Valledupar, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica de objetivo 2 y de la revisión bibliográfica realizadas previamente. La evaluación se efectuó mediante un análisis multicriterio, teniendo en cuenta los componentes técnicos, económicos y ambientales. Este análisis permitió identificar las opciones más viables en función de las condiciones reales del lodo estudiado, así como el contexto operativo y territorial de la planta.

6.3.3.1 Alternativas Evaluadas.

Con respecto al punto de vista técnico, los resultados que se obtuvieron evidencian que los lodos presentan una muy elevada concentración de sólidos totales, con sólidos fijos sobre los volátiles; lo que nos quiere decir un mayor porcentaje de materia inorgánica sobre la orgánica. Un pH cercano a la neutralidad y una baja concentración de nitratos. Desde esta perspectiva, las alternativas técnicamente compatibles vendrían siendo el uso como material complementario en la fabricación de materiales de construcción como, por ejemplo; ladrillos, mezclas cerámicas, bloques o como material de relleno o subbase, teniendo en cuenta de que se realicen pruebas adicionales donde midan la resistencia y la compatibilidad. A diferencia del aprovechamiento agrícola directo, este no se recomienda técnicamente por su bajo contenido en materia orgánica y nutrientes.

En cuanto a los aspectos económicos, se analizó la necesidad de una infraestructura adicional, costos de tratamiento previo, transporte y una viabilidad para la implementación a escala local. Entonces las alternativas relacionadas con materiales de construcción resultan económicamente más viables, debido a que no requieren procesos complejos de estabilización química. En cambio, la opción de uso agrícola requiere mayores costos operativos y de laboratorio, lo cual podría superar la capacidad financiera del sistema de tratamiento.

Desde la perspectiva ambiental, el aprovechamiento de los lodos permitiría reducir significativamente la carga de sólidos que es vertida al río Guatapurí, aminorando así los posibles impactos sobre la calidad del agua, el ecosistema acuático y hasta la percepción social negativa que tiene la comunidad aledaña sobre las descargas en la planta. De esta forma los

procesos productivos contribuirían a la economía circular y a una gestión mas sostenible con los residuos generados en la PTAP. Sin embargo, cualquier alternativa de posible aprovechamiento deberá cumplir con la normativa ambiental vigente, todo esto para poder garantizar que no se generen posibles impactos secundarios sobre el suelo, aire o la salud humana.

Por último, es importante señalar que, en caso de no aplicarse ninguna alternativa de aprovechamiento, los lodos deberán contar con una disposición final ambientalmente adecuada, acorde a la legislación de Colombia. La disposición podría contar con su previa deshidratación y posteriormente su confinamiento en sitios autorizados, como lo serian los rellenos sanitarios o celdas de seguridad, asegurando un control de escorrentías y la protección de cuerpos de aguas superficiales y subterráneos. Aunque esta opción no genere un valor agregado, integra una medida necesaria para poder minimizar los posibles impactos ambientales y garantizando así el cumplimiento normativo mientras se analizan futuras alternativas de aprovechamiento.

Tabla 7. Evaluación Multicriterio de Alternativas de Aprovechamiento

Alternativa	Aspecto Técnico	Aspecto Económico	Aspecto Ambiental	Resultado
Uso en materiales de construcción (ladrillo, bloques, cerámica)	Compatible con el alto contenido de solidos fijos y carácter inorgánico del lodo	Costos moderados y posibilidad de integración a procesos existentes	Reduce vertimiento y promueve economía circular	Alta viabilidad
Uso como material de relleno o subbase en obras civiles	Requiere acondicionamiento básico (control de humedad)	Bajos costos de implementación	Reduce vertimiento y promueve economía circular	Viabilidad media – alta

Aprovechamiento agrícola (mejorador de suelos)	Bajo contenido de materia orgánica y nutrientes	Costos adicionales por tratamientos complementarios	Riesgo ambiental si no se controla su aplicación	Baja viabilidad
Compostaje	Limitado por su alta materia inorgánica	Incremento de costos por mezclas con residuos orgánicos	Beneficio ambiental limitado	Baja viabilidad
Disposición final controlada (relleno sanitario)	Técnica viable como opción de manejo	Costos permanentes de transporte y disposición	Evita impactos por vertimiento directo	Viabilidad media (opción alternativa)

Nota: elaborado por autor.

6.3.3.1.1 Interpretación de la tabla.

Teniendo en cuenta la evaluación técnica, económica y ambiental, las alternativas con mayor viabilidad para el manejo de los lodos que se generan en la PTAP de Valledupar corresponden al aprovechamiento de materiales de construcción y al uso como material de relleno en obras civiles, dado a la composición predominante inorgánica del lodo, el alto contenido de sólidos fijos y su pH cercano a la neutralidad.



7 CONCLUSIÓN

En este informe se logró realizar un diagnóstico inicial de los procesos que generan los lodos en la PTAP de Valledupar, en donde se identificaron logra la identificación de estas las cuales fueron los desarenadores, sedimentadores y filtros. Por medio de una revisión documental al manual de operaciones de la empresa, la observación directa en el campo y las entrevistas a operarios y auxiliares se pudo constatar que los lodos acumulados en las unidades al momento de hacer el lavado de estas son conducidos sin un tratamiento previo hasta el punto de descarga final en el rio Guatapurí.

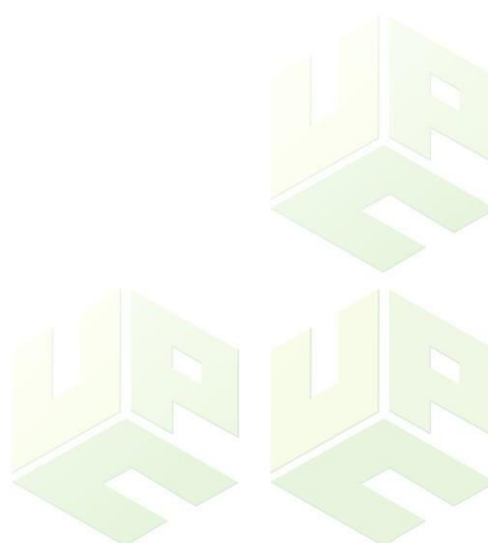
En el avance del informe se logró la caracterización de los lodos de las unidades seleccionadas, se estableció las condiciones operativas de los procesos de lavada, la frecuencia con la que estas se hacen y el recorrido de los lodos hasta su punto de descarga. Se realizo un análisis fisicoquímico básico del lodo que proviene de los sedimentadores, donde se obtuvieron valores de pH, solidos, entre otros, lo que permitió identificar la naturaleza de estos la cual resultó mayormente inorgánica. Estos resultados fueron significativos para la toma de decisiones sobre el manejo o posible aprovechamiento.

Una vez se obtuvieron los resultados se plantearon y evaluaron opciones para el aprovechamientos de los lodos, teniendo en cuenta criterios técnicos, económicos y ambientales. Luego de un análisis multicriterio se determinó que la mejor opción para el uso de estos es como material de construcción o como materia de relleno en obras civiles, debido a su alto contenidos en solidos fijo. También se determinó que, en caso de no implementarse las alternativas de aprovechamiento, la disposición final controlada es una opción necesaria para evitar posibles impactos negativos sobre el afluente hídrico.

En la realización de este informe existieron limitaciones de estudio, la más importante fue la imposibilidad de realizar un caracterización fisicoquímica más completa del lodo debido a que no se logró acceder a laboratorios especializados para analizar ese tipo de muestras (lodos), lo cual limitaron a parámetros básicos como pH, conductividad, sólidos y nitratos. Esta limitación evito la profundización de aspectos relevantes como la presencia de metales pesadas u otros compuestos relevantes, los cuales nos pudieron haber ampliado o incluso restringir las opciones de aprovechamiento evaluadas.

Sin embargo, los resultados obtenidos indican que, incluso con una caracterización básica es posible general información técnica suficiente para brindar opciones de aprovechamiento. En este sentido el presente trabajo constituye un aporte necesario y relevante para el cumplimiento de la gestión ambiental de Emdupar en la PTAP de Valledupar, fortaleciendo los intereses institucionales y articulando los resultados de este estudio con investigaciones futuras de mayor alcance.

En resumen, el desarrollo del informe de práctica académica permitió evidenciar la necesidad de fortalecer la gestión integral de los lodos, no solo como un requerimiento ambiental sino como una oportunidad de mejor para la empresa en el proceso de potabilización. Aunque el alcance del estudio estuvo limitado con cuestiones técnicas, analíticas e incluso económicas, los resultados obtenidos ofrecen una base diagnóstica útil para futuras decisiones. En este contexto se resalta la importancia de que EMDUPAR S.A E.S.P. continúe profundizando en esta línea de estudio mediante caracterizaciones más completas y la implementación de estrategias adecuadas para su manejo y disposición final, de manera que se contribuya al cumplimiento de la normativa ambiental vigente y al fortalecimiento de la responsabilidad ambiental institucional.



8 Bibliografía

A. Benlalla, M. E. (diciembre de 2015). *Aprovechamiento de lodos de plantas de tratamiento de agua en ladrillos cerámicos estructurales*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169131715301204>

CONSEJO DE FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS. (8 de julio de 2021). *ACUERDO No. 003*. Obtenido de [file:///C:/Users/PC/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/8UCTRJ1Y/2021_Acuerdo_003-2021_-_Adopta las LINEAS INVEST. _FACING_y_se dictan otras disposiciones\[1\].pdf](file:///C:/Users/PC/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/8UCTRJ1Y/2021_Acuerdo_003-2021_-_Adopta las LINEAS INVEST. _FACING_y_se dictan otras disposiciones[1].pdf)

CORPOCESAR. (s.f.). *CORPOCESAR*. Obtenido de Corporacion Autonoma Regional del Cesar: <https://www.corpocesar.gov.co/>

EMDUPAR. (s.f.). *EMDUPAR S.A E.S.P Empresa de Servicios Publicos de valledupar*. Obtenido de <https://www.emdupar.gov.co/index.php/documentos-publicos/area-comercial>

EMDUPAR. (s.f.). *MA-GA-02 MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES PLANTA*. Obtenido de <https://www.emdupar.gov.co/index.php/la-entidad/sistema-integrado-de-gestion/Planeacion/Manuales/MA-GA-02%20MANUAL%20DE%20MANTENIMIENTO%20Y%20OPERACIONES%20PLANTA.pdf/detail>

FAJARDO, D. M. (2020). *ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE LOS LODOS PROVENIENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE Y RESIDUAL INDUSTRIAL*. Obtenido de <https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/03524966-2ce8-4ca7-82eb-a7ef73a5b390/content>

Gómez, S. G. (01 de diciembre de 2017). *EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL APROVECHAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS LODOS GENERADOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL ACUEDUCTO DE FACATATIVÁ, CUNDINAMARCA*. Obtenido de

<https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/server/api/core/bitstreams/355c9dbe-f5e3-4ce4-82a7-8fab2a00f8d9/content>

IDEAM. (21 de 10 de 2020). *INSTRUCTIVO DE TOMA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS SEDIMENTOS Y AGUA SUPERFICIAL PARA LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL IDEAM*. Obtenido de https://ideam.gov.co/sites/default/files/mapa-de-procesos/m-s-lc-i004_instructivo_de_toma_y_preservacion_de_muestras_sedimentos_y_agua_superficial_para_la_red_de_monitoreo_de_calidad_del_ideam_v3.pdf

IDEAM. (s.f.). *IDEAM*. Obtenido de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: <https://www.ideam.gov.co/>

MINAMBIENTE. (7 de 3 de 2015). *RESOLUCIÓN 0631 del 2015*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/11/resolucion-631-de-2015.pdf>

OÑATE, H. (2025). *DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS EN UNA MUESTRA DE AGUA. VALLEDUPAR*.

Organization, W. H. (2023). *Guidelines for drinking-water quality*. Obtenido de <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/69c17edd-ee26-425b-9d34-33799377e886/content>

Ramírez Fernández, G. A. (11 de 2003). *Manejo de lodos producidos en la planta de tratamiento de agua potable, planta II del municipio de Cartago, Valle*. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstreams/154b808f-f6ea-413e-9235-0e0852f7dcb9/download>

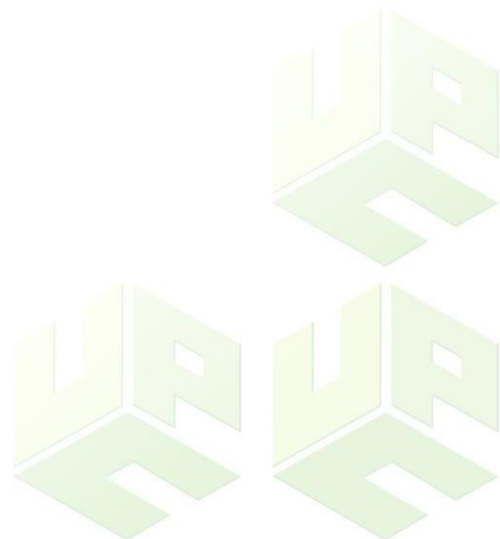
Roberto Hernández Sampieri, C. F. (4 de 2014). *Metodología de la investigación*. Obtenido de https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

Samantha, A. P. (2023). *Reutilización de lodos de una planta de tratamiento de agua potable*. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/58542>

SOSTENIBLE, M. D. (26 de mayo de 2015). *DECRETO 1076 DEL 2015*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Decreto-1076-de-2015.pdf>

TORRES CERVERA, K. P., VANEGAS PADILLA, A. P., ROMERO BENJUMENA, A. C., VEGA SUAREZ, J. C., & FAJARDO CASAS, R. (2022). *LINEAMIENTOS Y GUÍA ORIENTADORA PARA LA ESTRUCTURACIÓN DE INFORMES DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS EN EL PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR*. Obtenido de LINEAMIENTOS Y GUÍA ORIENTADORA PARA LA ESTRUCTURACIÓN DE INFORMES DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS EN EL PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR: [file:///C:/Users/PC/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/MRG0SF23/Gu%C3%ADa%20Informe%20de%20Pr%C3%A1cticas%20Acad%C3%A9micas\[1\].pdf](file:///C:/Users/PC/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/MRG0SF23/Gu%C3%ADa%20Informe%20de%20Pr%C3%A1cticas%20Acad%C3%A9micas[1].pdf)

URIBE, J. A. (AGOSTO de 2003). *REUTILIZACION DE LODOS DE PLANTA DE POTABILIZACION EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. Obtenido de <https://bffrepositorio.unal.edu.co/server/api/core/bitstreams/273cbea4-fb89-416c-a0d2-0572a6c98a2d/content?page=39&zoom=100,0,0>



ANEXOS

Figura 23. Carta de aprobación de la practica académica



Valledupar, 24 de Julio de 2025

Señor:
NELSON FELIZZOLA DELGADO
Jefe de Gestión Humana
Emdupar S.A. E.S.P.

Asunto: Presentación de inicio del estudiante - Prácticas académicas 2025-2.

Cordial saludo,

Por medio del presente, el Departamento de Ingeniería Ambiental y Sanitaria previo cumplimiento de los requisitos reglamentarios, presenta al estudiante **JHON CESAR DE LA TORRE BEDOYA**, identificado con **CC: 1.065.844.417** en el marco del **convenio 011 del 12 de agosto del 2020** suscrito entre la UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR y la empresa Emdupar S.A E.S.P., quien fue aceptado para el desarrollo de las prácticas (**Desde el 25 de julio del 2025 hasta el 25 de enero del 2026**) en su empresa y/o institución en el área **División de Producción**, conforme a la solicitud allegada al Departamento y/o Comité de Investigación del Programa.

"Investigador de la problemática Ambiental y Sanitaria; Director, evaluador y ejecutor de estudios de impacto ambiental; Evaluador de los factores que inciden en la contaminación Ambiental; Diseñador, constructor y evaluador de obras de Saneamiento Básico; Coordinador de acciones tendientes al manejo y preservación de los recursos naturales; Coordinador, director, evaluador, y participante en la formulación de Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas - POMCAS; Gestor para el manejo de los residuos líquidos y sólidos; Director, evaluador, ejecutor y administrador de obras que prevengan, mitiguen y corrijan los impactos ambientales; Líderar y gestionar proyectos de creación, organización y administración de empresas de consultoría ambiental; Elaborar y desarrollar planes de capacitación en las áreas que competen al profesional en ingeniería ambiental y sanitaria; entre otros roles de acuerdo con su perfil y programa académico".

Durante el desarrollo de la práctica académica y permanencia en la empresa y/o institución **MÍNIMO 640 HORAS**, el estudiante debe presentar ante el comité de investigación del programa, los respectivos planes e informes **FASE 1 y FASE 2** de conformidad con lo dispuesto en el **cronograma semestral de prácticas académicas 2025-2, lineamientos del comité de investigación y reglamento de modalidades de grado para los programas de pregrado de ingeniería y tecnológicas**. El estudiante y/o empresa debe enviar a los correos: ambiental@unicesar.edu.co y proyectosambiental@unicesar.edu.co la afiliación a la ARL antes de iniciar actividades.

Con gratitud,



Ing. MELISSA MARTINEZ MAESTRE
Directora

Elaboro: Tatiana Echavarría Gil
Documento con firma digital. La adulteración de su contenido constituye fraude y/o delito conforme a la ley.
Con copia a: Comité de investigación del programa.

Figura 24. Carta de vinculación del practicante

	COMUNICACIÓN EXTERNA	FO-GD-15
		Versión: 02-19-07-11
		Página: 1 de 1

EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE VALLEDUPAR EMDUPAR S.A. E.S.P.

Dirección: calle 15 N° 15 – 40
NIT: 892.300.548-8
Teléfono: 5730040
E-mail: gestionhumana@emdupar.gov.co

Representante legal: JOSÉ LUIS PALOMINO LÓPEZ

INFORMACIÓN DE QUIEN SUPERVISARÁ (JEFE INMEDIATO) LA PRÁCTICA DEL ESTUDIANTE:

Nombre: LUIS EDUARDO SANTIAGO JACOME.
Cargo: Jefe División de Producción.
Telefono: 5730040.
e-mail: lsantiago@emdupar.gov.co

DEPARTAMENTO/SECCIÓN/ÁREA DE TRABAJO DONDE SE REALIZARÁ LA PRÁCTICA

Jefe División de Producción.

FUNCIONES A DESEMPEÑAR POR EL PRACTICANTE:

1. Toma de muestras de agua potable en red ciudad y PTAP.
2. Controlar el tratamiento, calidad y distribución del agua suministrada a los usuarios.
3. desarrollar actividades de la protección ambiental en zonas de influencia directa por la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo que la empresa ejerce
4. Brindar asesoría técnica ambiental al interior de la empresa.
5. los informes relacionados con los planes de mejoramiento institucional del Proceso de Gestión Ambiental.


NELSON FELIZZOLA DELGADO
 Jefe de Gestión Humana Emdupar S.A. E.S.P.

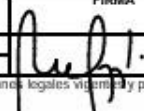
	NOMBRE	CARGO	FIRMA
Elaborado por:	Laura Marcela Hinojosa Araujo.	Profesional Universitario	
Revisado por:	Nelson Felizzola Delgado	Jefe de Gestión Humana	
<small>Los arriba firmantes declaramos que hemos revisado el presente documento y lo encontramos ajustado a las normas y disposiciones legales vigentes y por lo tanto, bajo nuestra responsabilidad, lo presentamos para la firma del Jefe de Gestión Humana.</small>			

Figura 25. Afiliación a la ARL



CERTIFICADO DE AFILIACIÓN

POSITIVA COMPAÑÍA DE SEGUROS S.A.

HACE CONSTAR QUE:

Verificada la base de datos de afiliación en el Ramo de Riesgos Laborales se evidenció que, **DE LA TORRE BEDOYA JHON CESAR** identificado con **CC No. 1.065.844.417**, registra la siguiente información.

Datos del Empleador	Datos de la Relación Laboral
UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR NIT 892300285	Fecha de inicio de cobertura: 04/08/2025 Estado Afiliación: ACTIVO Fecha de Retiro: Tipo Vinculación: DEPENDIENTE Clase de Riesgo: 3

Esta certificación se expide en la ciudad de Valledupar a los 04 días del mes de agosto de 2025.

Cordialmente,

**GERENCIA DE AFILIACIONES Y NOVEDADES
POSITIVA COMPAÑÍA DE SEGUROS S.A.
A.M.T.C**

Positiva Compañía de Seguros S.A.
Nit. 860.011.953-8 | Línea Gratuita Nacional: (+57) 01-8000-181-170 - Teléfono: +57 (60) 330 7000

Defensor del Consumidor Financiero: Ana María Giraldo (Principa) - Pablo Valencia (Suplente) | defensor@defensadefinanciera.gov.co | Carrera 10 #97A - 18, Oficina 500, Bogotá | +57 (60) 810 8184 | Lunes a Viernes 8:00 a. m. - 6:00 p. m. | El Defensor, resolverá las quejas o reclamos, actuará como Conciliador ante Positiva. Más información: <https://www.positiva.gov.co/web/guest/defensoria-del-consumidor>. Puedes interponer una queja ante Positiva, o al Defensor, o la SFC u otro organismo de autoregulación.

**LA ASEGURADORA
DE TODOS LOS
COLOMBIANOS**

 Positiva Compañía de Seguros  @PositivaCol  PositivaCol  PositivaSeguros

www.positiva.gov.co

