

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO,
QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS CON
FIBRA DE *SACCHARUM OFFICINARUM***



AUTORES:

ANTONIO FABIÁN VILORIA SARMIENTO

JUAN MANUEL PEDRAZA GALLARDO

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR – CESAR

2023

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO,
QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS CON
FIBRA DE *SACCHARUM OFFICINARUM***

AUTORES:

ANTONIO FABIÁN VILORIA SARMIENTO

JUAN MANUEL PEDRAZA GALLARDO

DIRECTOR:

JOSE MAURICIO PÉREZ ROYERO

ESPECIALISTA EN MANEJO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR – CESAR

2023

DEDICATORIA

¡Quiero dedicar esta tesis a mi mamá que es el motor de mi vida! Mariangelica Sarmiento gracias por enseñarme a que todo en la vida con esfuerzo y dedicación se puede lograr, por estar siempre en mis buenos y malos momentos. Este triunfo es para ti que has dedicado tu vida en enseñarme a salir adelante, aquí está contemplado todo el esfuerzo que has hecho para que yo hiciera este sueño realidad, te amo mamá. Dedicarle este triunfo a mi hija Antonela que llegó a mi vida finalizando mi proceso educativo. También quiero dedicárselo a mi hermano que está en el cielo (Jhonatan) siempre soñaste con que yo fuera un profesional y aquí estoy lográndolo, sé que desde arriba estarás muy orgulloso de mi, siempre te llevaré de mi corazón.

ANTONIO FABIÁN VILORIA SARMIENTO

A mi mamá Luz Hortencia Pedraza por su amor, su apoyo incondicional por ser mi mayor motivación para ser cada día mejor y salir adelante.

A mi pareja sentimental Silvia Pino por su presencia y ayuda incondicional en todo mi proceso de formación.

A todas aquellas personas que han creído en mí sinceramente: mis hermanas, mis hermanos y demás familiares.

Con amor profundo,

JUAN MANUEL PEDRAZA GALLARDO

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecerle a Dios por permitirme tener este proceso educativo en la universidad popular del César, ¡agradecerles a todas las personas que hicieron parte de este proceso desde los inicios de mi carrera universitaria! A mi director de tesis José Mauricio Pérez Royero excelente docente gracias a él por guiarnos y brindarnos todo su conocimiento en nuestra etapa final, a nuestros evaluadores Melisa y Luis Francisco. A Jesús Guillermo Namén por permitirnos realizar el proyecto en Cerromurillo y por hacer parte de mi trayecto en la universidad infinitas gracias por siempre estar ahí. Agradecerle a mi familia especialmente mi pareja Karina Julio a mi papá Fabian Viloría, a mi tío Luis Peña y mis hermanos Jessica, Fabian, Surgeis y Vanessa por hacer parte de mi carrera universitaria. A Jesús Alberto Namén por siempre brindarme sus grandes conocimientos.

ANTONIO FABIÁN VILORÍA SARMIENTO

AGRADECIMIENTOS

A Dios principalmente que ha guiado nuestros pasos en este importante camino.

A nuestras madres por su apoyo incondicional, siendo ellas nuestra motivación para seguir luchando siempre.

A la Universidad Popular del Cesar de Valledupar por permitir formarnos como profesionales para aportar nuestro grano de arena al cambio que necesita la sociedad.

A nuestro Director de tesis José Mauricio Pérez Royero por su gran apoyo y conocimientos brindados durante el proceso de formación.

Al restaurante Cerromurillo y propietarios Jesús Alberto Namen y Jesús Guillermo Namen por brindarnos la posibilidad de realizar nuestro proyecto en sus instalaciones y al personal de trabajo del mismo por apoyarnos con la información requerida para lograr los objetivos propuestos.

JUAN MANUEL PEDRAZA GALLARDO

RESUMEN

Este estudio investiga la aplicación de humedales artificiales con fibra de *Saccharum officinarum* para tratar las aguas residuales del Restaurante Cerromurillo en Valledupar – Cesar. La iniciativa surge de la necesidad de alinearse con las normativas ambientales y aprovechar posibles beneficios tributarios por prácticas sostenibles. Se construyeron tres humedales: un Humedal Blanco como control, un Humedal Referente con carbón activado, y un Humedal Evaluado con fibra de caña de azúcar. Se evaluó su eficiencia en la reducción de contaminantes, incluyendo sólidos suspendidos totales, demandas química y bioquímica de oxígeno, nitrógeno, fósforo y coliformes. El Humedal Referente se destacó por su alta eficiencia, especialmente en la remoción de sólidos y coliformes. La fibra de caña de azúcar mostró potencial en la absorción de nutrientes, aunque con menor eficacia que el carbón activado. Los resultados confirman la viabilidad de los humedales artificiales como solución de bajo costo y sostenible para la depuración de aguas residuales en áreas rurales. Se resalta la importancia de mejorar continuamente el diseño y materiales de estos sistemas para optimizar su rendimiento. Este enfoque integral, que combina técnicas de ingeniería ambiental con incentivos fiscales, promueve un desarrollo económico responsable y la conservación ambiental.

Palabras Claves: Humedales, Eficiencia, Beneficio Tributario, Aguas Residuales, Fibra de Caña.

ABSTRACT

*This research delves into the deployment of artificial wetlands incorporating *Saccharum officinarum* fiber for wastewater treatment at Cerromurillo Restaurant in Valledupar – Cesar. The initiative stems from a commitment to comply with environmental regulations and to capitalize on potential tax benefits for sustainable practices. Three wetlands were established: a Control White Wetland, a Reference Wetland with activated carbon, and an Evaluated Wetland with sugarcane fiber. Their efficiency in reducing pollutants was assessed, focusing on total suspended solids, chemical and biochemical oxygen demand, nitrogen, phosphorus, and coliforms. The Reference Wetland excelled in efficiency, particularly in solids and coliform removal. The sugarcane fiber demonstrated potential in nutrient absorption, albeit less effectively than activated carbon. The findings validate the feasibility of artificial wetlands as a cost-effective and sustainable solution for wastewater treatment in rural settings. The study underscores the need for continuous design and material improvements to enhance system performance. This comprehensive approach, blending environmental engineering techniques with fiscal incentives, fosters responsible economic growth and environmental conservation.*

Keywords: Wetlands, Efficiency, Tax Benefit, Wastewater, Sugarcane Fiber.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	17
3. OBJETIVOS	19
3.1. OBJETIVO GENERAL	19
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
4. MARCO REFERENCIAL.....	20
4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
4.2. MARCO TEORICO.....	22
4.2.1. Aguas Residuales	22
4.2.1.1. Aguas Residuales Domesticas.....	22
4.2.2. Características del Agua Residual.....	23
4.2.3. Procesos de Tratamiento de Agua Residuales	23
4.2.4. Biofiltros	24
4.2.4.1. Biofiltración.....	24
4.2.4.2. Medios Filtrantes.....	25
4.2.4.3. Eficiencia de Remoción.....	26
4.2.5. Calidad del Agua.....	26
4.3. MARCO CONCEPTUAL	27
4.4. MARCO CONTEXTUAL	28
4.5. MARCO LEGAL.....	31
4.6. MARCO INSTITUCIONAL	34
4.6.1. Información General De La Empresa	34
4.6.2. Misión Empresarial.....	35
4.6.3. Visión Empresarial.....	35
4.6.4. Política Empresarial	35
4.6.5. Objetivos Empresariales	35

4.6.6. Estructura Organizacional.....	36
5. MARCO METODOLÓGICO	37
5.1. LÍNEA, SUB-LÍNEA Y ÁREA TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN.....	37
5.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	37
5.3. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	37
5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO	37
5.5. MUESTRA POBLACIONAL	38
5.6. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	38
5.7. ESTRATEGIA METODOLÓGICA.....	42
Fase 1. Caracterización De Las Actividades De Consumo Y Producción De Agua Y Los Parámetros Físicos, Químicos Y Microbiológicos Del Agua Residual Producidas En El Restaurante Cerromurillo En Zona Rural Del Municipio De Valledupar – Cesar	42
<i>Actividad 1.1. Estudio De Consumo.....</i>	42
<i>Actividad 1.2. Caracterización Preliminar.....</i>	42
Fase 2. Determinación De La Eficiencia De Un Modelo Piloto De Tratamiento De Aguas Residuales Con Fibra De <i>Saccharum officinarum</i> Para La Reducción De La Carga Orgánica Producidas En El Restaurante Cerromurillo En Zona Rural Del Municipio De Valledupar – Cesar.....	44
<i>Actividad 2.1. Diseño De Los Modelos Piloto.....</i>	44
<i>Actividad 2.2. Puesta En Marcha.....</i>	44
<i>Actividad 2.3. Eficiencia Del Tratamiento.....</i>	45
Fase 3. Formulación De La Estrategia De Aplicación De Las Actividades De Reducción De Vertimientos De Aguas Residuales A Beneficio Tributario Por Control, Conservación Y Mejoramiento Del Medio Ambiente Conforme A Los Requisitos De La Resolución 509 De 2018 Del Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible.....	46
<i>Actividad 3.1. Evaluación De Aplicabilidad.....</i>	46
<i>Actividad 3.2. Cálculo De Beneficio Tributario.....</i>	46
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	47
6.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE CONSUMO Y PRODUCCIÓN DE AGUA Y LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL	

AGUA RESIDUAL PRODUCIDAS EN EL RESTAURANTE CERROMURILLO EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR – CESAR	47
6.1.1. Estudio De Consumo	47
6.1.2. Caracterización Preliminar	71
6.1.2.1. Análisis Preliminar del pH.....	74
6.1.2.2. Análisis Preliminar de las Grasas y Aceites.....	75
6.1.2.3. Análisis Preliminar de los Sólidos Suspendidos Disueltos y Totales.....	76
6.1.2.4. Análisis Preliminar de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	77
6.1.2.5. Análisis Preliminar de la Demanda Química de Oxígeno.....	78
6.1.2.6. Análisis Preliminar del Nitrógeno y Fósforo.....	80
6.1.2.7. Análisis Preliminar de los Coliformes Fecales y Totales.....	80
6.2. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN MODELO PILOTO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FIBRA DE SACCHARUM OFFICINARUM PARA LA REDUCCIÓN DE LA CARGA ORGÁNICA PRODUCIDAS EN EL RESTAURANTE CERROMURILLO EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR – CESAR	82
6.2.1. Diseño De Los Modelos Piloto	82
6.2.2. Puesta en Marcha	96
6.2.3. Eficiencia Del Tratamiento	105
6.3. FORMULACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE APLICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE REDUCCIÓN DE VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES A BENEFICIO TRIBUTARIO POR CONTROL, CONSERVACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE CONFORME A LOS REQUISITOS DE LA RESOLUCIÓN 509 DE 2018 DEL MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. .	120
6.3.1. Evaluación De Aplicabilidad	120
6.3.2. Cálculo De Beneficio Tributario.....	125
7. CONCLUSIONES	128
8. RECOMENDACIONES	130
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	132
ANEXOS	141

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema de Biofiltro	25
Figura 2. Localización Geográfica del Municipio de Valledupar, Cesar.	29
Figura 3. Localización Geográfica del Restaurante Cerro Murillo.	30
Figura 4. Vista Planimétrica del sistema a implementar en este proyecto de investigación.....	40
Figura 5. Diseño del Prototipo o Modelo Piloto Propuesto.....	41
Figura 6. Tipo de actividades con las cuáles aporta al volumen de vertimiento	50
Figura 7. Clasificación y cuantificación del consumo de agua en el restaurante.....	51
Figura 8. Categorización de la frecuencia del uso del agua en el restaurante	52
Figura 9. Categorización del tiempo necesario para realizar las actividades en el restaurante.....	53
Figura 10. Cualificación y cuantificación del uso del grifo en el restaurante	54
Figura 11. Cuantificación del tiempo necesario para lavarse las manos en el restaurante.....	55
Figura 12. Cualificación y cuantificación del uso del retrete (WC) en el restaurante	56
Figura 13. Cuantificación porcentual de las duchas que toman en el trabajo	57
Figura 14. Cualificación y cuantificación del número de duchas que se toman por día	57
Figura 15. Cualificación y cuantificación del tiempo que toman para ducharse	58
Figura 16. Cuantificación porcentual de la decisión de consumo de agua	59
Figura 17. Cualificación y cuantificación del número de vasos de consumo en el restaurante	59
Figura 18. Cuantificación porcentual de recargar botellas personales	60
Figura 19. Cualificación y cuantificación de las veces que se recarga la botella	60
Figura 20. Cualificación y cuantificación de los incidentes por pérdidas o fugas de agua.....	61
Figura 21. Cualificación y cuantificación de los incidentes por fugas de agua	62
Figura 22. Grado de interés para participar en capacitaciones en torno a la gestión del agua	62
Figura 23. Evaluación de la presencia de fugas en las instalaciones del restaurante	63
Figura 24. Evaluación del reporte de fugas hechas al personal encargado.....	64
Figura 25. Evaluación de la decisión de reutilizar y reciclar agua en el restaurante.....	65
Figura 26. Métodos comúnmente empleados.....	65
Figura 27. Evaluación de la respuesta sobre la conciencia de ahorrar agua	66
Figura 28. Resultados del Inventario Hidrosanitario	70
Figura 29. Valores de las Grasas y Aceites de vertimiento del Restaurante Cerro murillo	75
Figura 30. Valores de los Sólidos Suspendidos Totales de vertimiento del Restaurante Cerro murillo	76
Figura 31. Valores de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de vertimiento del Restaurante Cerro murillo	78
Figura 32. Valores de la Demanda Química de Oxígeno de vertimiento del Restaurante Cerro murillo	79
Figura 33. Toma de muestra para Coliformes Fecales y Totales de las aguas residuales	81
Figura 34. Medición de las dimensiones de la poza séptica de recepción del agua residual	84
Figura 35. Cantidad de los materiales de los lechos filtrantes	91

Figura 36. Perfil B-B de los humedales artificiales del restaurante Cerro murillo	92
Figura 37. Flauta de salida efluente de los humedales artificiales	95
Figura 38. Comparación de los Resultados de la concentración de Grasas y Aceites	107
Figura 39. Comparación de los Resultados de la concentración de Sólidos Suspendedos Totales	108
Figura 40. Comparación de los Resultados de la concentración de Sólidos Totales Disueltos	109
Figura 41. Comparación de los Resultados de la concentración de pH.....	110
Figura 42. Comparación de los Resultados de la concentración de DQO	111
Figura 43. Comparación de los Resultados de la concentración de DBO5	112
Figura 44. Comparación de los Resultados de la concentración de Nitrógeno	113
Figura 45. Comparación de los Resultados de la concentración de Fósforo	114
Figura 46. Comparación de los Resultados de la concentración de Coliformes Fecales	115
Figura 47. Comparación de los Resultados de la concentración de Coliformes Totales	116

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Normatividad Aplicable	31
Tabla 2. Información General de la Empresa.....	34
Tabla 3. Tabla de Diseño Experimental.....	40
Tabla 4. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos a considerar.....	42
Tabla 5. Toma de muestra para la caracterización preliminar de las aguas residuales	72
Tabla 6. Resultados de la Caracterización física, química y microbiológica del agua	73
Tabla 7. Dimensiones de las Recamaras del Tanque Séptico	84
Tabla 8. Componentes esenciales para el control y suministro del agua en el Restaurante.....	85
Tabla 9. Determinación del Tiempo Teórico de Tratamiento	88
Tabla 10. Valores de la Porosidad y Densidades de los Lechos utilizados	90
Tabla 11. Procedimiento llevado a cabo para la construcción de los Humedales Artificiales	97
Tabla 12. Tiempo de Tratamiento y Caudal manejado para los humedales	105
Tabla 13. Caracterización física, químico y microbiológica del Humedal Blanco	106
Tabla 14. Caracterización física, químico y microbiológica del Humedal Referente.....	106
Tabla 15. Caracterización física, químico y microbiológica del Humedal Evaluado	107
Tabla 16. Evaluación de la eficiencia de remoción de los humedales artificiales	118
Tabla 17. Redimensionamiento a Escala Real de los Parámetros de los Humedales	124
Tabla 18. Tiempos de Retención adecuados para el tratamiento de las aguas residuales	125
Tabla 19. Determinación del Beneficio Ambiental.....	126

INTRODUCCIÓN

Las aguas provenientes de las actividades de procesamiento y preparación de alimentos poseen constituyentes orgánicos que pueden alterar los ciclos biológicos y ecológicos del entorno en el cual sean vertidos. La necesidad de tratar las aguas ayuda significativamente a reducir el impacto que reciben los cuerpos receptores y el requerimiento de este se ha hecho legal y de manera extendida en todo el territorio colombiano se exige que toda actividad económica generadora de desechos implemente sistemas que garanticen el mínimo impacto ambiental.

Las principales características que llevaron a la formulación de este proyecto es que las aguas residuales provenientes de la actividad del restaurante Cerromurillo eran destinadas a letrina sanitaria que superó su capacidad volumétrica y las aguas de desecho escurren y producen afectación al suelo y también el ecosistema aledaño.

Esta situación puede producir una percepción negativa del cliente y del trabajador y, además, pone en riesgo el desarrollo de la actividad económica del restaurante, ya que este es muy acogido por las personas que visitan las instalaciones de este restaurante, esto ha llevado a que se establezcan estrategias para mitigar todo aspecto que ponga en riesgo la calidad de los servicios prestados, así como la salud de los trabajadores, del cliente y la salud ecosistémica.

El principal motivo o interés para desarrollar este trabajo consta en que el restaurante Cerromurillo se encuentra en aras de mejorar sus servicios e integrar otras actividades de esparcimiento, por lo cual, uno de los pasos por dar inicialmente es el manejo de las aguas residuales generadas, entonces, evaluar un sistema de tratamiento ayudaría a tener un escenario de análisis que permita conocer el grado de la contaminación presentada puesto que es una necesidad inherente.

Concerniente a esto se construyeron tres Modelos Piloto de flujo longitudinal, en donde la interacción de dos tipos de plantas, *Typha* (espadaña o enea) y *Portulaca oleracea* (verdolaga) con lechos filtrantes de *Saccharum officinarum*, grava, gravilla y arena facultaron las condiciones adecuadas para la reducción de la concentración de los residuos orgánicos y la retención de sedimentos y grasos que derivan producto de la actividad generadora de residuos líquidos.

Para llevar a cabo esto se formulan varios objetivos iniciando principalmente por la caracterización de las actividades de consumo y producción de agua y de las características fisicoquímicas del agua residual, midiendo parámetros como la Grasas, Aceites, Sólidos Suspendidos, pH, Demanda química de oxígeno (DQO), Demanda biológica de oxígeno (DBO), Sólidos Totales Disueltos (SDT), Nitrógeno Total, Fósforo Total y Coliformes Totales y Fecales.

Continuando, el segundo objetivo constó por la determinación de la Eficiencia de tres Modelos Piloto de Tratamiento de aguas residuales con fibra de *Saccharum officinarum* para la reducción de la carga orgánica producidas en el Restaurante Cerromurillo, comenzando por el diseño del modelo piloto considerando los estudios de consumo y caracterización preliminar de la calidad del agua, para luego si proceder a diseñarlo técnicamente y ponerlo a estudio de funcionalidad y a pruebas de errores con la puesta en marcha del mismo y finalmente, para la determinación de la eficiencia del tratamiento.

Por último, se tiene un tercer objetivo que buscó formular estrategias de aplicación de las actividades de reducción de vertimientos de aguas residuales a Beneficio Tributario por Control, Conservación y Mejoramiento del Medio Ambiente conforme a los requisitos de la Resolución 509 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, para lo cual se evaluó la aplicabilidad del mismo considerando qué requisitos cumple y cuales deben completarse para conseguir aplicar al beneficio tributario, además, se procede a hacer el cálculo del beneficio tributario y ambiental en esta modalidad.

La finalidad del trabajo es tener un resultado que permita garantías de reducción de la contaminación que actualmente representa el agua residual proveniente de las actividades que se desarrollan en el restaurante y que también mantenga una capacidad volumétrica y operativa adecuada para el control de la aparición de otros aspectos ambientales, que normalmente puedan desarrollarse.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La gestión del agua es un aspecto clave en la lucha contra el cambio climático, sin embargo, el mundo acentúa la gran problemática de los vertimientos de residuos líquidos, puesto que se estima que entre el 80% al 90% de las aguas residuales van a parar a los ecosistemas, destacando principalmente que esta proporción corresponde al porcentaje de agua no tratada (UNESCO, 2020), por lo cual, pone en peligro la vida del planeta y la sostenibilidad del ser humano, quién depende de los servicios ecosistémicos que estos proveen para vivir. (FAO).

Aunque el tratamiento de las aguas residuales es una moneda de doble cara en la gestión del recurso hídrico, puesto que la contaminación no desaparece, sino que se reduce a condiciones permisibles, por lo cual, hace parte del problema como parte de la solución para con el cambio climático, ya que el mismo tratamiento genera entre 3% a 7% de emisiones contaminantes que pueden alterar los ciclos biogeoquímicos y procesos atmosféricos. (ONU, 2020).

En cuestión, América Latina y el Caribe han avanzado considerablemente, tanto que en los últimos 50 años han logrado avances significativos para proveer a aproximadamente el 95% de los habitantes, sin embargo, la falta de saneamiento básico supone una amenaza, ya que tan solo se estima que el 80% de las aguas residuales se constituyen de aguas de viviendas y actividades industriales y productivas, no reciben algún tratamiento, a una cifra similar al valor promedio mundial. (BID, 2019).

En Colombia se alejan considerablemente de tal valor, puesto que para el 2022, tan solo el 47,7% de las aguas residuales no pasaban algún tratamiento (Colprensa, 2022) y para el cierre del año anterior se aspira tratar el 54% de las aguas residuales urbanas. (MINAMBIENTE, 2022), aunque en Colombia, el sector comercio es uno de los de mayor demanda de agua potable y así mismo, a tal razón emite grandes volúmenes de residuos líquidos tanto a los alcantarillados, como a los ecosistemas.

Conforme al Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, Título B (MINVIVIENDA, 2012), el consumo mínimo del comercio para locales comerciales equivale a 6 litros por metro cuadrado por día, por lo cual, el excedente es masivo y puede haber gran contaminación y pérdida de agua si no se tiene control estricto en las actividades que se desarrollan, además, se debe considerar que se garantice la buena calidad del agua de vertimiento para que los sistemas de tratamiento existentes o los ecosistemas los asimilen y puedan garantizar que los efectos sobre el medio ambiente sean mitigables en poco tiempo.

Conforme a esto, en el Restaurante Cerromurillo, que desarrolla una actividad comercial en zona rural del municipio de Valledupar, cuya elaboración de alimentos produce una cantidad de agua residual que contribuye a que se supere la capacidad volumétrica de diseño de la poza séptica actual, por lo cual, el rebosamiento de esta presta pequeñas contribuciones de agua contaminada al suelo y al ecosistema aledaño, cuya continuidad podría alterar las funciones ecosistémicas y produciendo efectos negativos poco mitigables.

Por otra parte, los constituyentes del agua residual emitida también favorecen al encharcamiento y a la pasiva aparición de malos olores y la producción de plagas y vectores de enfermedades que pueden repercutir en la calidad de aceptación del comensal, la salud de los trabajadores y las relaciones con los predios que colindan con este importante Restaurante.

Considerando lo anterior expuesto, los autores formulan la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál será la Evaluación de la eficiencia de Remoción de Parámetros Físico, Químicos y Microbiológicos a través de la fibra de *Saccharum officinarum*?

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto es importante porque presenta una solución para una problemática de contaminación ambiental por el vertimiento de agua residual con altas concentraciones y constituyentes orgánicos que pueden alterar las condiciones ecosistémicas de la fuente receptora y también del mismo suelo, además, también es importante porque buscó vincular la arquitectura ambiental mediante un modelo estratégico de escenificación que ayudará a hacer agradable el paisaje para las personas tanto trabajadores como comensales.

Con la realización de este trabajo se logró tener una medida adecuada del volumen producido de agua residual, además, se buscó mejorar la calidad del agua mediante su biofiltrado con la implementación de un sistema de retención del agua para que se presenten los procesos biológicos que reduzcan la carga orgánica. También, se buscó medir la eficiencia de reducción para la constitución del marco de aplicación a beneficios tributarios ambientales conforme a lo especificado en la resolución 509 de 2018.

Así mismo, este proyecto se hace necesario y pertinente porque busca mitigar, en el menor tiempo posible, la situación que aqueja a la administración y que ha sido presenciada por algunos comensales del Restaurante, que es el rebosamiento de la poza séptica por la incapacidad volumétrica, por lo cual, este es un sistema complementario y a la vez, alternativo, que llevan al mismo camino, reducir los rasgos de percepción socio dinámica y comercial y también, los perjuicios que recibe el recurso suelo y el ecosistema aledaño.

Los principales beneficiarios de la implementación de este sistema serán los administradores, trabajadores, comensales, visitantes y vecinos prediales, quienes verán como de manera estratégica se abordó la situación y se le dio un control apropiado, además, que favorecerá importantemente al ecosistema, por lo cual, también es implicado en los beneficiarios directos, ya que mejorarán las condiciones ambientales cercanas.

Los beneficios son múltiples, comenzando por la prolongación de los servicios ambientales que los ecosistemas cercanos brindan para mejorar la aclimatación y regulación de procesos ambientales, también, se logra mejorar las expectativas de los trabajadores quienes verán como una situación de alto impacto ha sido solucionada en pro al medio ambiente, también, será un primer paso para establecer el marco de autosostenibilidad.

Conforme a lo observado se edificó una investigación base de consumo, lo cual puede ser extrapolado y desarrollado en otros productos de desarrollo investigativo, además, otro aporte que se resalta es la implementación estratégica para el marco de la arquitectura sostenible, puesto que los sistemas de evacuación de agua puede ayudar a la constitución de jardines y patios verdes similares, como una manera alternativa de aprovechar los constituyentes y mejorar los procesos de biodegradación de la alta carga de materia orgánica.

Por último, las principales problemáticas mitigadas fueron los de contaminación al medio ambiente, alteración de la calidad del agua, alteración de la calidad, condiciones, vocación y uso del componente y recurso suelo, también se atacó el enfoque de los objetivos y metas de la administración del Restaurante Cerromurillo, cambios en la percepción de los comensales, visitantes y trabajadores y también, desde la implementación de este sistema se contribuye en la lucha contra el cambio climático.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la Eficiencia de Remoción de Parámetros Físico, Químicos y Microbiológicos de Aguas Residuales Domésticas con fibra de *Saccharum officinarum*

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Caracterizar las actividades de consumo y producción de agua y los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua residual producidas en el Restaurante Cerromurillo en Zona Rural del municipio de Valledupar – Cesar.

Determinar la Eficiencia de Modelos Piloto de Tratamiento de aguas residuales con fibra de *Saccharum officinarum* para la reducción de la carga orgánica producidas en el Restaurante Cerromurillo en Zona Rural del municipio de Valledupar – Cesar.

Formular estrategia de aplicación de las actividades de reducción de vertimientos de aguas residuales a Beneficio Tributario por Control, Conservación y Mejoramiento del Medio Ambiente conforme a los requisitos de la Resolución 509 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Rodríguez E. (2021), desarrolló la investigación titulada Evaluación de Biofiltros Orgánicos en la Remoción de Contaminantes Emergentes de Aguas Residuales Municipales; para optar el título de Maestra en Ciencias en Gestión Ambiental, en el Instituto Politécnico Nacional de Durango, el objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes emergentes en un proceso de biofiltración en aguas residuales. El desarrollo de esta investigación se planteó en dos (2) etapas, para la primera etapa el autor realizó una comparación de la eficiencia de un sistema de biofiltro híbrido con un biofiltro anaerobio en la remoción de contaminantes emergentes y la otra etapa se trató de la composición de los contaminantes emergentes en aguas residuales. Como resultado se obtuvo que los sistemas de biofiltros híbridos tienen una alta eficiencia de remoción de cargas contaminantes emergentes con respecto a los otros sistemas estudiados. El aporte que le genera a esta investigación es la importancia que tienen los Modelos Pilotos de biofiltros para la remoción de cargas contaminantes en aguas residuales, lo que sería una base para ejecutar este proyecto y obtener buenos resultados.

Romero L. (2020), desarrollo la investigación titulada Diseño de un Sistema de Biofiltros para el Tratamiento de Aguas Residuales que Llegan de Manera Directa al Humedal Neuta en el Municipio de Soacha; para optar el título de Ingeniera Ambiental, en la Universidad Libre. Esta investigación se desarrolló con la finalidad de minimizar la contaminación del Humedal Neuta por vertimiento de aguas residuales a través de un sistema de biofiltros, para dar cumplimiento a lo expuesto se llevaron a cabo tres etapas, en primer lugar el autor realizó una evaluación de las características del agua residual que llega hasta el humedal, seguidamente dimensiono el sistema de biofiltros para darle tratamiento a las aguas residuales y por último se ejecutó un plan de seguimiento y mantenimiento del sistema de biofiltros. Los resultados obtenidos dentro de la caracterización fisicoquímica fueron que el Humedal está siendo contaminado por aguas residuales urbanas y domésticas, hay presencia de Fosforo (P) y Nitrógeno (N) por detergentes, por lo que diseño un sistema más amplio de biofiltros para lograr minimizar la alta carga contaminante del Humedal. Los aportes directos a esta investigación es la metodología utilizada para el diseño del sistema de biofiltro.

Sosa-Hernández et. Al, (2019), desarrolló la investigación titulada "Use of Saccharum officinarum for Domestic Wastewater Treatment in a Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland", donde se evaluó la capacidad de la caña de azúcar para el tratamiento de aguas residuales domésticas en un humedal artificial de flujo subsuperficial a escala de laboratorio. El objetivo de la investigación fue evaluar la eficiencia del sistema de humedales artificiales con caña de azúcar como tratamiento de aguas residuales domésticas. Para ello, se instaló un sistema de humedales artificiales en el que se plantó caña de azúcar y se evaluaron los parámetros de pH, DBO, DQO, sólidos suspendidos totales (SST), nitrógeno y fósforo en el agua residual antes y después del tratamiento. Los resultados indicaron una eficiencia del sistema en la eliminación de contaminantes en el agua residual, con una remoción de DBO de hasta el 95%. El aporte de esta investigación es práctico y metodológico, proporcionando una alternativa de tratamiento de aguas residuales domésticas con un sistema de humedales artificiales que incluye la caña de azúcar como planta purificadora, lo que puede ser útil en futuros estudios y aplicaciones en la mejora de la calidad del agua.

Rincones J. & Ríos C. (2018), desarrollaron la investigación titulada Diseño de Biofiltro de Fibra de Coco para el Tratamiento de Aguas Grises en el Corregimiento de Villa Germania, Valledupar; para optar por el título de Ingeniero Ambiental y Sanitario, en la Universidad Popular del Cesar. Con la finalidad de crear una tecnología innovadora como lo es un biofiltro a base de fibra de coco. Para el desarrollo de esta investigación se tuvieron en cuenta tres (3) etapas de las cuales la primera hace referencia a una caracterización fisicoquímica de las aguas grises del corregimiento de Villa Germania en Valledupar, luego los autores evaluaron la eficiencia de remoción del biofiltro convencional, y por último, se realizó una comparación entre el biofiltro propuesto con la fibra de coco y el modelo de biofiltro convencional teniendo en cuenta la variación de caudales (máximo, medio y mínimo) en el Corregimiento de Villa Germania. Los resultados obtenidos se basaron en la eficiencia de remoción del biofiltro con fibra de coco, removió más carga contaminante proveniente de los detergentes, suavizantes y residuos procedentes del lavado de platos, además cabe resaltar que la fibra de coco es un componente primario para la producción de abono orgánico. Esta tesis aporta directamente a nuestra investigación una metodología para seguir en cuanto a la elaboración de un filtro depurador de aguas provenientes de lavado.

Masi et. Al., (2014), llevaron a cabo la investigación "The use of sugar cane (*Saccharum officinarum*) for wastewater treatment in a laboratory-scale vertical-flow constructed wetland", con el objetivo de evaluar la capacidad de la caña de azúcar para el tratamiento de aguas residuales en un humedal artificial de flujo vertical a escala de laboratorio. La investigación se llevó a cabo mediante la instalación de un sistema de humedales artificiales en el que se utilizaron dos tipos de sustratos, grava y arena, en el que se plantaron brotes de caña de azúcar. Se evaluaron los parámetros de pH, DBO, DQO, nitrógeno y fósforo en el agua residual antes y después del tratamiento. Los resultados mostraron que el sistema de humedales artificiales fue capaz de reducir significativamente la concentración de contaminantes en el agua residual, y que la caña de azúcar fue capaz de remover eficientemente nutrientes como nitrógeno y fósforo. En términos de aporte, esta investigación presenta un enfoque metodológico para el uso de la caña de azúcar en el tratamiento de aguas residuales, lo que podría ser útil en futuros estudios de tratamiento de aguas residuales en sistemas de humedales artificiales.

4.2. MARCO TEORICO

4.2.1. Aguas Residuales

Las aguas residuales se refieren a las actividades y acciones humanas que directa o indirectamente contaminan, influyen o causan condiciones en el agua; se refiere a un cambio perjudicial en su valor basado en su uso posterior o proceso natural. Esta agua proviene del sistema de abastecimiento de agua de una zona residencial, después de haber sido regulada para diferentes usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias. Las aguas residuales incluyen componentes físicos, químicos y biológicos; Es una mezcla de materia orgánica e inorgánica, suspendida o disuelta. (Díaz, Alvarado, & Camacho, 2012).

4.2.1.1. Aguas Residuales Domesticas

Más concretamente, las aguas residuales domésticas se refieren a las aguas residuales utilizadas con fines sanitarios (baños, cocinas, lavandería, etc.), que se componen esencialmente de desechos humanos que llegan a la red, el saneamiento por descarga de equipos hidráulicos del edificio, así como los desechos comerciales y obras públicas e instalaciones similares. Se estima que las aguas residuales domésticas están compuestas por un alto porcentaje (en peso) de agua, cercano al 99,9%, y sólo un 0,1% de sólidos en suspensión, coloidales y disueltos, una pequeña fracción de sólidos, este es el problema que provoca la

mayoría de los problemas en las aguas residuales domésticas en su tratamiento y disposición. (Díaz, Alvarado, & Camacho, 2012)

4.2.2. Características del Agua Residual

Las aguas residuales son una gran cantidad de compuestos y desechos que tienen un impacto complejo en el medio ambiente, afectando el desarrollo natural de los seres vivos debido al cambio de sus condiciones. (Forero, Ortiz, & Rios, 2005). Entre las características físicas del agua residual se distinguen algunas como los sólidos suspendidos, sedimentables y disueltos, olor, temperatura, color, turbidez y densidad, turbidez, materia orgánica e inorgánica, pH, entre otros.

4.2.3. Procesos de Tratamiento de Agua Residuales

Los procesos de tratamiento de aguas residuales son un medio para controlar la contaminación de los cuerpos de agua a los que se vierten y se aplican con el objetivo de remover la mayor cantidad de contaminantes, asegurando que el cuerpo receptor cuente con agua de calidad para que pueda soportar los usos previstos. aguas abajo, de conformidad con las reglamentaciones ambientales aplicables. (Martínez, 2002)

El objetivo principal del tratamiento de aguas residuales es eliminar los contaminantes, tanto orgánicos como inorgánicos, para lograr la calidad del agua requerida por las normas de vertido o por el tipo de reutilización para el que se reutilizará. (Noyola, Morgan, & Leon, 2013)

El proceso de tratamiento suele utilizar una primera etapa para separar los sólidos en decantadores, seguida de una segunda etapa en la que se realiza la descomposición bacteriana de la materia orgánica mediante digestores anaerobios, se instalan los lodos activados, etc. (Salazar, 2002). Para realizar el tratamiento secundario de aguas residuales existen dos procesos:

Procesos fisicoquímicos: los cuales se utilizan en aguas con contaminantes inorgánicos o con materia orgánica no biodegradable.

Procesos biológicos: los cuales se aplican a efluentes contaminantes biodegradables.

4.2.4. Biofiltros

Los biofiltros son sistemas de filtración hechos por el hombre construidos como una alternativa natural al tratamiento de aguas residuales. Su finalidad es beneficiar al medio ambiente regulando el ciclo del agua, y entre sus funciones principales se encuentran la regulación de nutrientes y la descomposición de la biomasa y su función biotecnológica es regular el rendimiento biológico, la estabilidad y la retención de dióxido de carbono. (Ponce, Ramos, Díaz, & Valles, 2016)

Los biofiltros son tecnologías limpias que se utilizan para tratar las aguas residuales purificándolas de forma natural utilizando humedales artificiales donde el flujo de agua se encuentra con las plantas y se capturan y miden los recursos naturales, principalmente imitan los procesos naturales en un ambiente controlado, mejorando su calidad a través de procesos físicos, químicos y biológicos. Los biofiltros dan como resultado, la eliminación de los contaminantes del agua mediante el tratamiento natural se puede descargar de forma completamente segura en los cuerpos de agua, o incluso reutilizarse. (Convención Ramsar, 2013)

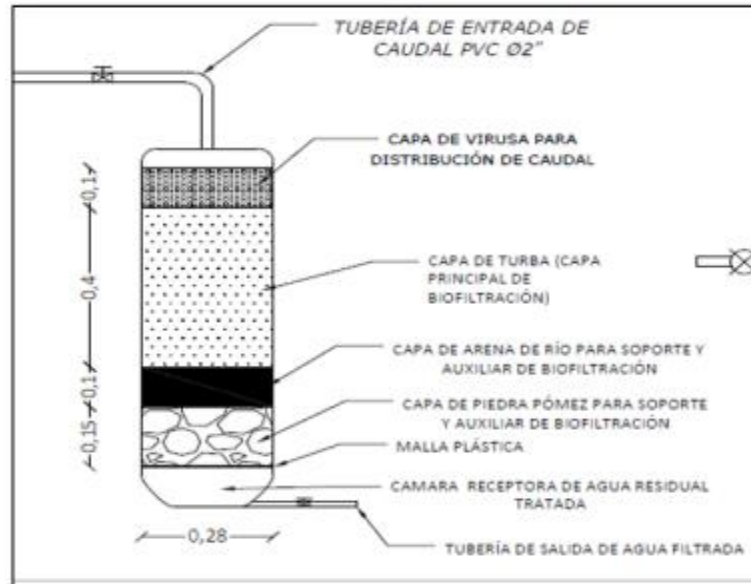
4.2.4.1. Biofiltración.

Es un proceso que utiliza materiales filtrantes biológicos o derivados de materiales biodegradables, que permite filtrar aguas residuales industriales, domésticas, textiles, mataderos, etc. (Garzón, Buelna, & Moeller, 2012)

El proceso de filtración biológica ayuda a tratar simultáneamente los residuos líquidos y gaseosos por medios orgánicos. Los diseños de biofiltros son diversos, pueden ser sistemas cerrados o abiertos, con uno o más lechos de apoyo. Esta tecnología se caracteriza por su sencillez e independencia de los métodos de tratamiento anteriores, así como por el hecho de que no requiere la adición de nutrientes, coagulantes, floculantes ni ningún otro aditivo. Solo requiere que las aguas residuales tengan características tales como permitir la existencia de organismos vivos, incluyendo un pH no inferior a 4,5 ni superior a 8. (Garzón, Buelna, & Moeller, 2012)

Figura 1.

Esquema de Biofiltro



Nota: Tomado por Autores, 2023. (Biofiltración sobre Cama de Turba, para el Tratamiento sobre Agua Residual Proveniente del Lavado de Jeans, 2016)

4.2.4.2. Medios Filtrantes.

- *Grava, gravilla y arena como medios filtrantes para biofiltros y en el tratamiento de aguas residuales:*

La grava, gravilla y arena se utilizan comúnmente como medios filtrantes en los sistemas de tratamiento de aguas residuales, en particular en los biofiltros. Estos materiales tienen la capacidad de retener partículas y sólidos suspendidos en el agua, mientras permiten el paso del agua a través de ellos. Además, la superficie porosa de la grava, gravilla y arena proporciona un sustrato para el crecimiento de microorganismos beneficiosos, que son capaces de descomponer los contaminantes orgánicos en el agua. Según estudios realizados, la grava y la gravilla pueden ser eficaces en la eliminación de sólidos suspendidos, materia orgánica, nutrientes y patógenos en el tratamiento de aguas residuales. (Vanotti & Szogi, Springer, Cham).

En cuanto a la arena, se ha demostrado que puede ser eficaz en la eliminación de contaminantes específicos, como los metales pesados. Según un estudio realizado en Brasil, se encontró que la arena utilizada como medio filtrante en un sistema de tratamiento de aguas residuales fue capaz de eliminar el 99,99% de los metales pesados presentes en el agua. (Nascimento & Rodrigues, 2016).

- *Saccharum officinarum* como medio filtrante

Saccharum officinarum, también conocida como caña de azúcar, ha sido investigada como un posible medio filtrante en el tratamiento de aguas residuales. Según un estudio realizado en India, se encontró que la caña de azúcar triturada fue capaz de eliminar hasta el 91,1% de la DQO presente en el agua tratada. También se observó que la caña de azúcar mejoró la eliminación de sólidos suspendidos y la turbidez del agua. (Borhade & Khedkar, 2014)

Otro estudio realizado en Indonesia encontró que la caña de azúcar puede ser un medio filtrante efectivo en la eliminación de fósforo y nitrógeno de las aguas residuales. En el estudio, se encontró que el 91,5% del fósforo y el 72,5% del nitrógeno se eliminaron del agua tratada utilizando caña de azúcar. (Suryanto & Budianta, 2017).

4.2.4.3. Eficiencia de Remoción.

La eficiencia del sistema de filtración está determinada por el grado de remoción de contaminantes presentes en las aguas residuales. Se deben considerar los valores de contaminantes antes y después de la filtración biológica, determinando así la carga contaminante del parámetro a considerar como porcentaje de reducción. La eficiencia debe ser considerada como un buen parámetro para establecer los criterios necesarios para determinar la calidad de un sistema de tratamiento. (Mendoza, Pinilla, & Martínez, 2006)

4.2.5. Calidad del Agua

Se refiere a las propiedades químicas, físicas, biológicas y radiactivas del agua. Es una medida del estado del agua en relación con las necesidades de una o más especies vivas o cualquier necesidad o propósito humano. Se utiliza con mayor frecuencia para referirse a un conjunto de estándares contra los cuales se puede evaluar el cumplimiento. Los estándares más comunes utilizados para evaluar la calidad del agua se relacionan con la salud del ecosistema, la seguridad para el contacto humano y el agua potable.

La calidad del agua potable es motivo de preocupación en los países en vías de desarrollo y desarrollo de todo el mundo, debido a su impacto en la salud de las personas. Los agentes infecciosos, los productos químicos tóxicos y la contaminación radiactiva son factores de riesgo. (Veléz, 2014)

La calidad del agua está determinada por la presencia y cantidad de contaminantes, factores fisicoquímicos como el pH y la conductividad eléctrica, el contenido de sal y la presencia de fertilizantes. El ser humano tiene una gran influencia en todos estos factores, ya que deposita desechos en el agua y le agrega todo tipo de sustancias y contaminantes que no se encuentran en la naturaleza. (Cuartas, 2011).

4.3. MARCO CONCEPTUAL

Afluente: Flujo de entrada al agua residual tratada. (Conagua, 2016)

Agua Residual: Las aguas de composición variable como consecuencia de los vertidos de usos urbanos, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, ganaderos y domésticos, incluidos los residenciales y en general de cualquier otro uso. (Rodríguez, 2021)

Biofiltro: Es un proceso biológico en el que el mecanismo principal de eliminación orgánica se basa en la adsorción biológica y la asimilación al portador. En la biofiltración, los microorganismos provocan la descomposición biológica de los contaminantes restante en el agua residual. (Delgado, 2022)

Efluente: Flujo de salida del agua residual tratada. (Conagua, 2016)

Medio Filtrante: Es una herramienta corporal diseñada para controlar el exceso de residuos. Los diferentes tipos de medios filtrantes difieren en su capacidad para soportar la transferencia de impurezas. (Donaldson, 2012)

Muestra Puntuales: Es la muestra tomada en un lugar representativo, en un determinado momento. El procedimiento para la toma de muestras puntuales se podrá desarrollar a través de la utilización de un muestreador (agua superficial y subterránea) o de un balde (aguas superficiales y vertimientos). (Ideam, 2007).

Parámetros: La presentación completa de los parámetros característicos facilita la determinación de la calidad del agua para un determinado uso y ayuda a visualizar no solo aspectos relacionados con la composición química y microbiológica sino también los requisitos económicos, legales y de tratamiento al momento de utilizar el agua. (López, 2021)

Trampa de grasas: Es un equipo especial comúnmente utilizado para separar residuos sólidos y grasas que pasan por equipos de lavado y preparación de alimentos en restaurantes, hoteles, empresas de comida rápida, plantas manufactureras y en otras industrias diversas aplicaciones y procesos industriales. (CEPIS, 2003)

Vertimientos: Estos se refieren a la descarga final de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido a un cuerpo de agua, el alcantarillado o el suelo. Los vertimientos pueden ser puntuales o no puntuales. (CAR, 2020)

4.4. MARCO CONTEXTUAL

Localización Geográfica

La ciudad de Valledupar está localizada al norte de Colombia en la posición georreferencial 10°27'37" Norte y 73°15'35" Oeste, posee una extensión de 4493 km²; representando el 18,8% de la extensión total territorio del departamento del Cesar, la parte rural corresponde al 99.14% de área total del municipio; la cabecera ocupa cerca de 27 kms², área urbanizada localizada dentro del perímetro urbano de la ciudad. está conformado por 25 corregimientos y 102 veredas. (Alcaldía de Valledupar, 2020).

El Municipio limita con el Norte con los municipios de San Juan del Cesar y Dibulla, los municipios de La Guajira, y Santa Marta, Magdalena. Por el costado Nororiental con los municipios de La Paz, Cesar y Urumita, La Guajira, en la parte Noroccidental con el Municipio de Pueblo Bello, Cesar, al Sur con el Municipio de El Paso, Cesar, en la parte Suroccidental, con el Municipio de El Copey y Bosconia del departamento del Cesar y al Suroriental con el municipio de La Paz, Cesar. (Alcaldía de Valledupar, 2020)

Importante porción de territorio del Municipio se encuentra ubicado en el conjunto geográfico de la Sierra Nevada de Santa Marta, la cual representa uno de los paisajes geográficos de mayor variedad y climas, al igual que infinidad de posibilidades, económicas y turísticas. (Alcaldía de Valledupar, 2020)

Figura 2.

Localización Geográfica del Municipio de Valledupar, Cesar.



Nota: Imagen tomada por Autores, 2023 de la Pagina Web sección de determinada para la Ciudad de Valledupar.

Valledupar es el municipio capital del Cesar y el nodo de la subregión norte; Este lugar tiene la mayor concentración de población de la provincia, está ubicado sobre una de las vías principales y es un centro comercial y de servicios, donde se concentran las actividades económicas de la subregión. (Plan de Desarrollo Municipio de Valledupar "Valledupar en Orden 2020-2023", 2020)

Aspectos Generales

Pertenece el municipio en su totalidad a la unidad geológica de la Sierra Nevada de Santa Marta, con presencia de rocas metamórficas, rocas ígneas y rocas sedimentarias. La presencia de las diferentes cuencas hidrográficas permite disponer de los recursos hídricos para abastecer los acueductos de Valledupar y de los diferentes corregimientos y así mismo de agua para el riego de cultivos transitorios y permanentes. Entre los ríos más importantes se encuentran el río Badillo y Cesar; en el oriente el Río Guatapurí y Azúcar Buena por el Noroccidente Ariguaní por el occidente Garupal por Sur Occidente. (Alcaldía de Valledupar, 2020)

El restaurante Cerromurillo se encuentra ubicado hacia las afueras de ciudad de Valledupar, vía Rio Seco en el Kilómetro 10,5 es un restaurante campestre rodeado de la naturaleza, con actividades lúdicas para niños, piscina, parque recreativo, y otras más actividades familiares.

Figura 3.

Localización Geográfica del Restaurante Cerro Murillo.



Nota: Imagen Tomada por los Autores, 2023 de Google Earth Pro, ubicación del restaurante cerro murillo a las afueras de ciudad, vía Rio Seco, sobre el Kilómetro 10,5.

4.5. MARCO LEGAL

Tabla 1.

Normatividad Aplicable.

Normativa	Descripción	Aplicación
<p>Constitución Política de 1991</p>	<p>Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.</p> <p>Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.</p>	<p>Deben respetarse los principios rectores generales como son los derechos y deberes de todo ciudadano que se identifique como colombiano.</p>

Normativa	Descripción	Aplicación
Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.	Como se requiere información de las entidades científicas dentro del SINA entonces se debe considerar la reglamentación que lo soporta.
Ley 373 de 1997	Por medio de la cual se reglamenta el uso eficiente y racional del agua.	Es importante tener en cuenta esta ley para poder incorporar un programa de uso sostenible, eficiente y ahorro del agua.
Decreto 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.	Como se objeta crear lineamientos para la protección y el uso sostenible de los recursos naturales se necesitan soportes reglamentarios en este campo.
Decreto 1076 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.	Reglamentado en el Libro 2 Parte 2 Título 2ª referente a la Biodiversidad Capítulo 1, 2 y 4.
Decreto 1449 de 1947	Sobre conservación de los Recursos Naturales Renovables, Conservación, Protección y Aprovechamiento de las Aguas	Como se trabajará para tratar el recurso hídrico y reutilizarlo se necesita tener en cuenta esta norma para el aprovechamiento del agua.

Normativa	Descripción	Aplicación
Decreto 1594 de 1984	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulos del Decreto Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.	Es como una guía para la toma de decisiones en la asignación de usos del agua y determinar las características del agua para el uso propuesto.
Resolución 0631 de 2015	Por la cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.	Para garantizar la calidad del agua después de ser tratada por esta investigación.

Nota: Tomado de la Sección Normativa del Departamento Administrativo de la Función Pública (DAFP), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MINAMBIENTE) y del Ministerio de Salud y Protección Social (MINSALUD).




4.6. MARCO INSTITUCIONAL

4.6.1. Información General De La Empresa

En la siguiente tabla se detalla información general sobre el Restaurante Cerromurillo.

Tabla 2.

Información General de la Empresa

Razón Social y/ Nombre Comercial	:	Restaurante Cerromurillo K.M.10.5 S.A.S
Tipo de Sector Económico-Empresarial	:	Sector Terciario
Actividad Económica	:	Expendio a la mesa de comidas preparadas
Código CIU	:	5611
Representante Legal	:	JESÚS GUILLERMO NAMÉN APONTE
NIT	:	901251797-6
Localización	:	Valledupar Zona Rural, Cesar, Colombia
Dirección de la empresa	:	Vía Valledupar – San Juan Kilómetro 10,5
Teléfono	:	3045231915
Nivel de Riesgo	:	III
Tamaño	:	Microempresa
Número de empleados	:	30
Representación empresarial	:	

Nota: Elaborado y Complementado por los Autores, 2023.

4.6.2. Misión Empresarial

En el Restaurante Cerromurillo nos dedicamos a ofrecer una experiencia gastronómica de calidad, a través de la preparación de platillos innovadores y deliciosos, utilizando ingredientes frescos y locales, y brindando un servicio excepcional. Nos esforzamos por promover el desarrollo sostenible y la conservación del medio ambiente, mediante prácticas de gestión responsable y la implementación de tecnologías amigables con el entorno.

4.6.3. Visión Empresarial

Ser reconocidos como un restaurante líder en el mercado, reconocido por nuestra excelencia en el servicio, calidad en la preparación de platillos, y nuestro compromiso con la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente. Aspiramos a ser un modelo de negocio responsable, que inspire y motive a otros a seguir nuestro ejemplo, y a tener un impacto positivo en nuestra comunidad y en el mundo en general.

4.6.4. Política Empresarial

En el Restaurante Cerromurillo nos comprometemos a ofrecer una experiencia gastronómica de calidad, a través de la preparación de platillos innovadores y deliciosos, utilizando ingredientes frescos y locales, y brindando un servicio excepcional. Asimismo, nos esforzamos por ser un negocio sostenible y responsable, que promueve el cuidado del medio ambiente y apoya a la comunidad local.

4.6.5. Objetivos Empresariales

- Ofrecer un menú innovador y variado, utilizando ingredientes frescos y locales, y asegurando la calidad y seguridad alimentaria de nuestros platillos.
- Proporcionar un servicio excepcional a nuestros clientes, brindando una experiencia memorable y satisfactoria en cada visita.
- Implementar prácticas sostenibles en nuestra gestión empresarial, incluyendo la gestión responsable de residuos, el uso eficiente de recursos y la implementación de tecnologías amigables con el medio ambiente.
- Apoyar y colaborar con la comunidad local, a través de la contratación de personal local, el fomento de productos y proveedores locales, y la participación en actividades sociales y culturales.

- Promover una cultura de responsabilidad social empresarial, y motivar a nuestros colaboradores y clientes a adoptar prácticas sostenibles y cuidado del medio ambiente en su día a día.

4.6.6. Estructura Organizacional

Jerárquicamente, se presentan los siguientes roles:

- Gerente General
- Gerente de Operaciones
- Chef Ejecutivo
- Jefe de Servicio al Cliente
- Personal de Servicio y Atención
- Personal de Servicio y Aseo

La Gerencia General es el puesto de mayor jerarquía y es la encargada de tomar las decisiones estratégicas para la empresa. El Gerente de Operaciones es el responsable de coordinar las operaciones diarias del restaurante, asegurando que se cumplan los objetivos y estándares establecidos. El Chef Ejecutivo es el encargado de la preparación y elaboración de los platillos del menú, asegurando la calidad y estandarización de estos.

ANEXO se adiciona la carta que faculta a los autores de este trabajo realizar estos elementos que integran el Marco Institucional.

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1. LÍNEA, SUB-LÍNEA Y ÁREA TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con lo dispuesto en el Acuerdo No. 003 del 08 de julio de 2021, la línea de investigación se denomina “Sostenibilidad y Gestión Ambiental”. La sublínea se denomina “Gestión Integral del Recurso Hídrico” y el Área Temática aplicable son “Procesos fisicoquímicos y calidad del agua potable y de las aguas residuales”. Adscritas al programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad Popular del Cesar. (UNICESAR, 2021).

5.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El tipo de enfoque de la investigación es cuantitativo, que, de acuerdo con Hernández S. y Mendoza, T. (Metodología de la Investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, 2018), puesto que se recopila información cuya expresión numérica permite tener una medida de la realidad que puede ser comparada con múltiples aspectos. En este caso, la toma de información de los resultados de caracterizaciones para la formulación dimensional de un prototipo y otros cálculos adheridos a este.

5.3. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El nivel de alcance de la investigación es correlacional, que, de acuerdo con Hernández S. y otros (Metodología de la Investigación, 2014) busca explicar la relación o asociación existente entre dos o más conceptos y en este caso particular, es la respuesta que da un sistema implementado para mejorar la calidad del agua residual obtenida de procesos del sector comercial en preparación de alimentos, por lo cual, prima relevancia estudiar dichas relaciones.

5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población de estudio corresponde a las aguas provenientes del proceso de lavado, preparación de alimentos y otros relacionados, que por sus constituyentes representan un riesgo para el ecosistema y la salud, ya que pueden contaminar y afectar la calidad de la biodiversidad, amenazando su misma existencia, además, que tiene la capacidad de alterar las condiciones naturales afectando los ciclos biológicos de la vida. Considerando que el restaurante cerromurillo recibe una población muy variable y poco constante de entre 50 hasta los 600 comensales, con variaciones muy fluctuantes, por ello, se deberá realizar un estudio de consumo preliminar para determinar los caudales producidos.

5.5. MUESTRA POBLACIONAL

Corresponde al caudal producido por las actividades que se desarrollan en el Restaurante Cerromurillo, el cual, mantiene una productividad diaria con mayor afluencia los días Sábado y Domingo. El valor de este volumen es desconocido, por lo cual, será determinado mediante actividad de estudio de consumo y generación, por lo cual, la muestra es no probabilística y es dirigida.

5.6. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación es experimental, puesto que se tendrán variables que serán manipuladas intencionalmente para observar la respuesta y comportamientos de prototipos con diferentes tratamientos. Esto se encuentra justificado de la siguiente manera (ver figura):

Prototipo A: Modelo Piloto de Humedal Artificial con tres lechos filtrantes de arena, gravilla y grava con espesores homogéneos ($1/3H_u^*$ por c/u de los lechos) y con siembra de plantas *Typha* (espadaña o enea) y *Portulaca oleracea* (verdolaga), con una profundidad H y un largo $L = xB$, donde x es un factor que se toma a partir del ancho B que tendrá este prototipo.

** H_u = Profundidad Útil*

Prototipo B: Modelo Piloto de Humedal Artificial con cuatro lechos filtrantes de arena, gravilla, grava y carbón activado con espesores homogéneos ($1/4H_u$ por c/u de los lechos) y con siembra de plantas *Typha* (espadaña o enea) y *Portulaca oleracea* (verdolaga), con una profundidad H y un largo $L = xB$, donde x es un factor que se toma a partir del ancho B que tendrá este prototipo.

Prototipo C: Modelo Piloto de Humedal Artificial con cuatro lechos filtrantes de arena, gravilla, grava y *Saccharum officinarum* con espesores homogéneos ($1/4H_u$ por c/u de los lechos) y con siembra de plantas *Typha* (espadaña o enea) y *Portulaca oleracea* (verdolaga), con una profundidad H y un largo $L = xB$, donde x es un factor que se toma a partir del ancho B que tendrá este prototipo.

Considerando esto, entonces, la variable dependiente corresponde a la eficiencia de tratamiento de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, y, el caudal como variable independiente (variable de control), que estará sujeto a variaciones conforme a los caudales mínimos, medios y pico que provienen de un estudio de consumo preliminar.

Entonces, si se está realizando una repetición de cada caudal (mínimo, medio y pico) y se tienen tres tratamientos (prototipo A, B y C), se realizará un diseño experimental factorial 1x3 (un factor con tres niveles). En este tipo de diseño, se están estudiando los efectos de dos o más variables independientes (en este caso, los diferentes prototipos de humedal y los diferentes caudales) en una variable dependiente (eficiencia de remoción de parámetros fisicoquímicos).

La función matemática para este tipo de diseño experimental dependerá de los análisis estadísticos que se utilizarán. Para este caso se opta un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías, que permitirá examinar tanto el efecto de los diferentes prototipos de humedal como el efecto de los diferentes caudales, así como cualquier interacción entre ellos.

La función matemática para un ANOVA de dos vías se puede expresar de la siguiente manera:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Donde:

- Y_{ij} : Es el valor observado de la variable dependiente para el i-ésimo caudal y el j-ésimo tratamiento.
- μ : Es la media general de la variable dependiente.
- T_i : Es el efecto del i-ésimo nivel del factor (en este caso, el efecto del i-ésimo caudal).
- e_{ij} : Es el error aleatorio.

El objetivo del ANOVA de una vía es determinar si hay una diferencia significativa en la eficacia de remoción de parámetros fisicoquímicos entre los diferentes niveles del factor (caudal mínimo, medio y pico) y si hay diferencias significativas en la eficacia de remoción entre los diferentes tratamientos.

Considerando esto, entonces, por cada uno de los prototipos se realizará variación del caudal, esto implica que el caudal mínimo sea estudiado en los tres prototipos, de igual manera el caudal medio y el caudal pico o máximo.

Teniendo en cuenta esto, entonces, la tabla de análisis del experimento se vería definida de la siguiente manera:

Tabla 3.

Tabla de Diseño Experimental

Y _{ij}	Q mínimo	Q medio	Q máximo
Prototipo A	E _{Amin}	E _{Amed}	E _{Amax}
Prototipo B	E _{Bmin}	E _{Bmed}	E _{Bmax}
Prototipo C	E _{Cmin}	E _{Cmed}	E _{Cmax}

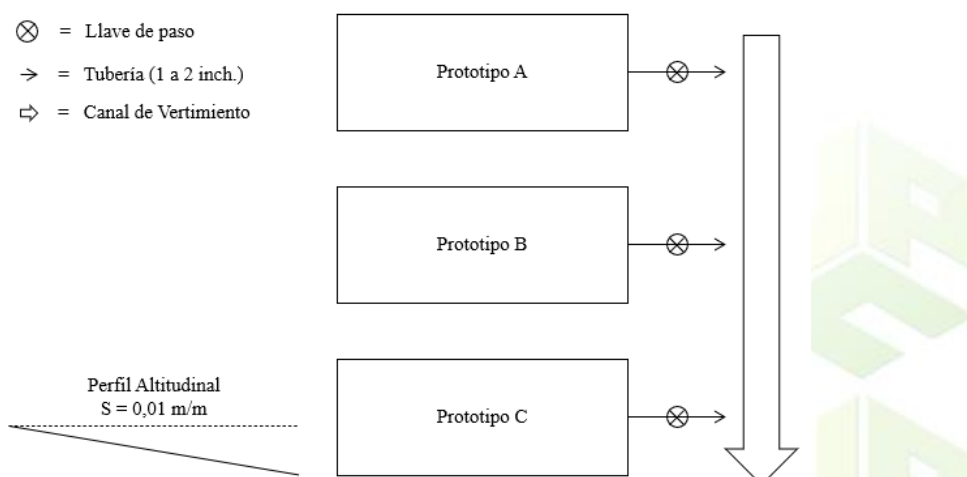
Nota: Elaborado por los Autores (2023), considerando que E = Eficiencia y que los prefijos en subíndice indican la relación de los tratamientos (primera columna a la izquierda) con respecto a las repeticiones abreviadas (datos de la primera fila de las columnas 2, 3 y 4).

El tiempo y detenimiento del experimento se ve sujeto al modelo matemático de biodegradación del bagazo de caña o *Saccharum officinarum*. La definición del caudal de entrada se hará a escala, por lo tanto, se esperan tuberías máximo de 1 a 2 pulgadas de diámetro, que será la variable control para el tamaño de los prototipos.

Estos prototipos se ven representados de manera planimétrica en la siguiente figura:

Figura 4.

Vista Planimétrica del sistema a implementar en este proyecto de investigación



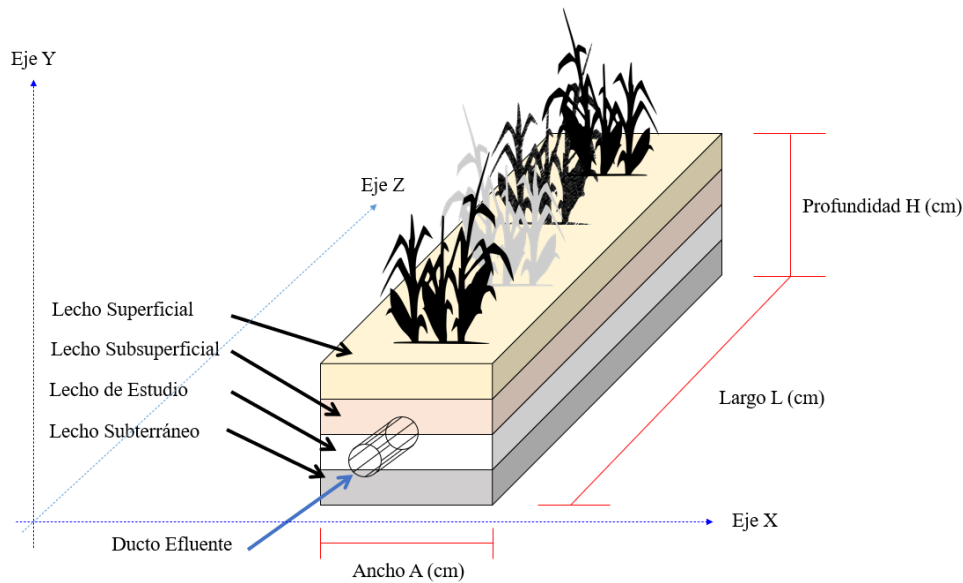
Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

A continuación, los prototipos vistos en ángulo de 45° respecto a los transectos XYZ:

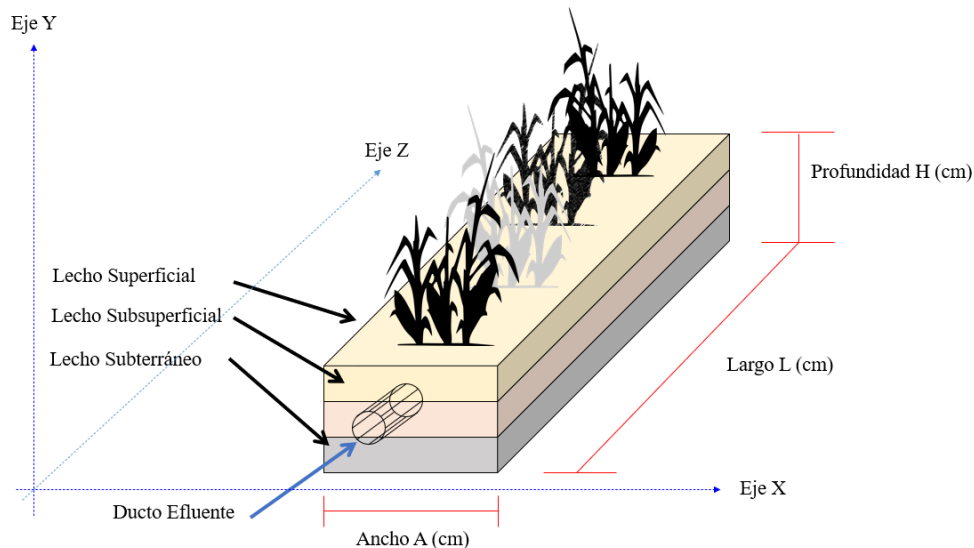
Figura 5.

Diseño del Prototipo o Modelo Piloto Propuesto

Modelo Piloto de Tratamiento Tipo 1 (de cuatro lechos)



Modelo Piloto de Tratamiento Tipo 2 (de tres lechos)



Nota: Elaborado por los Autores, 2023. Se espera el diseño de tres unidades. **Modelo Piloto de Tratamiento Tipo 1:** El lecho de estudio corresponde a carbón activado o *Saccharum officinarum*, o sea, se realizarán dos. **Modelo Piloto de Tratamiento Tipo 2:** Los lechos serán tres y representa al blanco. Es de aclarar que la profundidad para ambos modelos será la misma, lo que variará será el espesor.

5.7. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

Fase 1. Caracterización De Las Actividades De Consumo Y Producción De Agua Y Los Parámetros Físicos, Químicos Y Microbiológicos Del Agua Residual Producidas En El Restaurante Cerromurillo En Zona Rural Del Municipio De Valledupar – Cesar

Actividad 1.1. Estudio De Consumo.

Descripción: se diseñó un formato de recopilación de información para caracterizar los diferentes usos y actividades en las cuales se destina el agua. Esta actividad se realizó durante un mes y tendrá una intensidad de aplicación diaria para comprender como varía la cantidad de agua de uso y también tener una referencia para comparar con las mediciones del caudal efluente. Para esto se utilizaron recomendaciones del Water Footprint Network.

Actividad 1.2. Caracterización Preliminar.

Descripción: Se realizó caracterización física, química y microbiológica de los parámetros establecidos en el artículo 12 de la resolución 0631 del 17 de marzo del 2015 “por la cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones” y que por la naturaleza de las actividades fueron:

Tabla 4.

Parámetros físicos, químicos y microbiológicos a considerar

Parámetros	Métodos
Grasas y Aceites	Se utilizan diferentes técnicas de extracción y análisis, como la extracción con éter etílico y la gravimetría.
Sólidos Suspendidos	Se mide por gravimetría, filtración o centrifugación.
pH	Se mide utilizando un pHmetro, que mide la concentración de iones de hidrógeno en la muestra.
Demanda química de oxígeno (DQO)	Se utiliza un método de oxidación química que mide la cantidad de oxidante necesaria para oxidar la materia orgánica presente en la muestra

Parámetros	Métodos
Demanda biológica de oxígeno (DBO)	Se mide incubando la muestra durante un período de tiempo determinado y midiendo la cantidad de oxígeno consumida por los microorganismos presentes.
Sólidos Totales Disueltos (SDT)	Se mide por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos.
Nitrógeno Total	Se mide utilizando diferentes técnicas, como la digestión con ácido sulfúrico y la espectroscopía.
Fósforo Total	Se mide utilizando diferentes técnicas, como la digestión con ácido sulfúrico y la espectroscopía.
Coliformes Totales	Se mide utilizando técnicas de cultivo, como la técnica del número más probable (NMP).
Coliformes Fecales.	Se mide utilizando técnicas de cultivo específicas para los coliformes fecales, como la técnica de confirmación con caldo EC

Nota: Tomado de «Standard Methods» For the Examination of Water and Wastewater de APHA-AWWA-WPCF, 1992

Estos parámetros se realizarán con laboratorio certificado por el IDEAM y que cumpla las metodologías conformes a los Métodos Estándares de Laboratorios de Agua y Agua de Desecho (APHA-AWWA-WPCF, 1992) acogidos por el Instituto de Hidrología, Meteorología y de Estudios Ambientales – IDEAM.

Continuamente, estos parámetros fueron contrastados con lo que presenta la resolución 0631 de 2015 y tendrán su análisis particular. Es de aclarar que esta muestra fue compuesta y tomada durante siete días, lo que implica que de lunes a domingo se tomen cantidades de agua conforme al volumen inicial de producción obtenido de la primera actividad, para que fuese lo más representativo posible en cuanto a los constituyentes y contaminantes que pueda transportar el agua. Para ello se conservaron en recipientes herméticos y asépticos, con condiciones ambientales de refrigeración y adecuadas conforme a lo expuesto por la APHA-AWWA-WPCF (1992).

Fase 2. Determinación De La Eficiencia De Un Modelo Piloto De Tratamiento De Aguas Residuales Con Fibra De Saccharum officinarum Para La Reducción De La Carga Orgánica Producidas En El Restaurante Cerromurillo En Zona Rural Del Municipio De Valledupar – Cesar.

Actividad 2.1. Diseño De Los Modelos Piloto.

Descripción: Se dimensionaron tres modelos pilotos, uno en blanco, otro para *Saccharum officinarum* y otro para carbón activado, conforme a la capacidad de carga hidráulica medido en kilogramos por día de acuerdo con los resultados de la medición de los caudales y la caracterización fisicoquímica preliminar. Su flujo fue por cochadas a una tasa muy baja, por lo cual, fue compuesto por un lecho de arena, gravilla y grava, en una zanja de alto H, largo L y ancho B, donde la relación de Largo y Ancho fue lineal y estuvo dado por el factor x ($L = xB$). Este factor x fue tomado a partir del volumen de agua que ingresa al sistema y proviene con antelación de tratamiento preliminares como lo es el tanque séptico.

Conforme a la teoría, se espera que el flujo sea subsuperficial o suministrado, cuyo acceso será mediante una o varias tuberías de diámetro \varnothing (1 a 2 pulgadas) las cuales provienen de un tanque de almacenamiento (ver Figura 4) el cual será dispuesto con la finalidad de lograr que el flujo sea continuo y con poca variabilidad con una boya que ayude a evitar la diferencia de velocidades por descarga a chorro. La H_u (profundidad útil) altitud tendrá un Borde Libre de $0,10H$ y también se busca garantizar que escurra con una pendiente s , hasta su punto de vertimiento o emisor final.

Las funciones biológicas de degradación fueron logradas por planta como la *Typha* (espadaña o enea) y *Portulaca oleracea* (verdolaga), las cuales actuarán en conjunto y seccionadas a lo largo de los prototipos modelo.

Actividad 2.2. Puesta En Marcha.

Descripción: se procedió a la construcción de los prototipos conforme a las definiciones geométricas y la adaptación pretratamiento (instalación del tanque) y post tratamiento (zanja de vertimiento). Se definió la necesidad espacial de los lechos constituidos por la *Saccharum officinarum*, la arena, gravilla y grava, y la distribución de las plantas conforme a un marco de siembra triangular de 40 centímetros entre plantas por 40 centímetros entre hileras de forma transversal, así como la siembra de la verdolaga en medio de la enea.

Con la puesta en marcha se evaluó el estado de salud de las especies mediante la medición de indicadores conforme a su salud vegetativa, puesto que estuvieron en condiciones para las cuales tuvieron que adaptarse, entonces también se consideró la aplicación de una capa de material orgánico que ayude a mejorar el suplemento nutricional extra, sobre todo en disponibilidad de minerales y otros si los debiere.

Actividad 2.3. Eficiencia Del Tratamiento.

Descripción: Se evaluó la eficiencia del tratamiento mediante tres caracterizaciones físico, química y microbiológica, la preliminar, una intermedia y una final, por cada caudal definido (mínimo, medio y pico) estimando un trabajo del Modelo Piloto conforme a la tasa de reducción de los parámetros físico, químicos y microbiológicos, la cual está dada por la cinética de primer orden:

$$C_t = C_0 * e^{-kt}$$

Donde:

C_t es la concentración del parámetro en un tiempo t

C_0 es la concentración del parámetro inicial

k es la constante de degradación.

La ecuación de primer orden sugiere que la tasa de degradación es proporcional a la concentración de los parámetros, y que supuso la disminución de estos con el tiempo.

Conforme a la revisión de autores, como Medina et. Al. (2021) es sugerente que el tiempo de experimentación y adaptación de las especies sea mínimo aproximadamente 30 días, considerando que se busca optimizar un proceso que coincida también con los cierres financieros de las empresas que se encargarán de darle continuidad a los procesos de tratamiento de aguas residuales.

Fase 3. Formulación De La Estrategia De Aplicación De Las Actividades De Reducción De Vertimientos De Aguas Residuales A Beneficio Tributario Por Control, Conservación Y Mejoramiento Del Medio Ambiente Conforme A Los Requisitos De La Resolución 509 De 2018 Del Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible.

Actividad 3.1. Evaluación De Aplicabilidad.

Descripción: conforme a lo expuesto en las especificaciones de aplicación al beneficio tributario por control, conservación y mejoramiento del medio ambiente, se realizó un análisis de aplicabilidad con el fin de conocer que otros aspectos jurídicos y legales que debe cumplir la empresa para aplicar este mediante la reducción de residuos líquidos de aguas residuales, las cuales serán reutilizadas para el riego de plantas de jardín y ornamentales.

Conforme a la revisión se realizó la definición de diferentes estrategias para la Gestión Hídrica en el Restaurante Cerromurillo. Estas se integrarán de acciones, metas e indicadores, así como los responsables. Particularmente se evaluó la oportunidad de escalar el prototipo a tamaño real.

Actividad 3.2. Cálculo De Beneficio Tributario.

Descripción: se procedió a calcular el valor del beneficio ambiental y tributario conforme a lo expuesto en la resolución 509 de 2018 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en donde se darán las pautas de aplicación.

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE CONSUMO Y PRODUCCIÓN DE AGUA Y LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA RESIDUAL PRODUCIDAS EN EL RESTAURANTE CERROMURILLO EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR – CESAR

6.1.1. Estudio De Consumo

Para este estudio de consumo se trató de elaborar un formato de recolección de información congruente y adaptado a las condiciones de trabajo y jornadas laborales del restaurante Cerromurillo.

Las preguntas elaboradas para este estudio deben demostrar un enfoque meticuloso en el estudio del consumo de agua en el contexto del restaurante. Realizar un estudio de consumo de esta naturaleza es esencial por diversas razones:

Primero, el conjunto de preguntas debe abordar tanto las acciones diarias de los individuos, como lavarse las manos o tomar duchas, como sus actitudes y percepciones sobre el ahorro de agua (Castañeda, C., et. Al, 2000). Esto proporciona una visión integral del comportamiento de los empleados en relación con el agua, lo que permite entender tanto la cantidad física de agua utilizada como las actitudes subyacentes que guían ese uso. (León, E. y Pacheco, H., 2010).

Segundo, el estudio de buscar entender no solo el consumo, sino también las pérdidas potenciales de agua, una preocupación vital en cualquier esfuerzo de conservación. Las preguntas sobre fugas y reportes de problemas indican un esfuerzo por mantener una infraestructura sólida y libre de desperdicios (Castañeda, C., et. Al, 2000).

Tercero, al incluir preguntas sobre la reutilización y el reciclaje de agua, así como sobre la participación en programas de concientización, el estudio reconocería que el consumo de agua no es un acto aislado, sino parte de un sistema más amplio de comportamientos y actitudes hacia el recurso (Castañeda, C., et. Al, 2000).

Con estas consideraciones, se elaboró el cuestionario indicado a continuación:

Estudio de Consumo

Nombre del Trabajador: _____

Fecha de llenado del formato: día _____ del mes _____ del año _____

Cargo que lleva a cabo: _____

1. comúnmente?

7. De manera aproximada ¿cuánto tiempo empleas al lavarte las manos?

Minutos: _____ segundos: _____

2. De manera aproximada, ¿cuánta agua destinas a esta actividad?

_____ litros () / metros cúbicos ()

8. ¿cuántas veces usas y descargas la taza sanitaria, WC o retrete?

No. de veces: _____ al día

3. ¿cuántas veces utilizas el agua al día?

No. de veces: _____ al día

9. ¿tomas duchas en el trabajo?

Si () / No ()

4. De manera aproximada ¿cuánto tiempo empleas al usar el agua en esta actividad?

Minutos: _____ segundos: _____

10. ¿cuántas veces te duchas?

No. de veces: _____ al día

5. ¿hay otras actividades en la cual uses el agua?

11. De manera aproximada ¿cuánto tiempo empleas para ducharte?

Minutos: _____ segundos: _____

12. ¿Consumes agua del restaurante o tiene su botella personal?

Si () / No ()

13. En caso de responder Sí a la pregunta anterior, ¿cuántos vasos de agua toma al día?

No. de veces: _____ al día

14. En caso de responder No a la pregunta 12, ¿recarga su botella de agua?

Si () / No ()

6. ¿cuántas veces usas el grifo del lavamanos?

No. de veces: _____ al día

15. En caso de responder Sí a la pregunta anterior, ¿cuántas veces recarga su botella?

No. de veces: _____ al día

16. ¿Con qué frecuencia tiene incidentes en los que ocasiona pérdida de agua?

- () de 1 a 5 veces por cada 30 días
- () de 1 a 5 veces por cada 90 días
- () de 1 a 5 veces por cada 180 días
- () de 1 a 5 veces por cada 365 días

17. De manera aproximada ¿Cuánta agua suele perder?

_____ litros () / metros cúbicos ()

18. ¿Participaría en alguna capacitación o programa de concientización sobre el uso eficiente del agua en el restaurante?

Sí () / No ()

19. En caso de responder "Sí" en la pregunta anterior, ¿qué tipo de temática o programa esperaba recibir?

20. ¿Tienes alguna sugerencia o idea para reducir el consumo de agua en el restaurante?

21. ¿Has presenciado alguna fuga de agua en las instalaciones del restaurante?

Sí () / No ()

22. En caso de responder "Sí" en la pregunta anterior, ¿has reportado las fugas de agua al personal encargado?

Sí () / No ()

23. ¿Utilizas algún método para reutilizar o reciclar agua en tus actividades diarias?

Sí () / No ()

24. En caso de responder "Sí" en la pregunta anterior, ¿qué método o sistema utilizas?

25. ¿Crees que existe conciencia suficiente sobre la importancia de ahorrar agua entre los empleados del restaurante?

Sí () / No () / No estoy seguro(a) ()

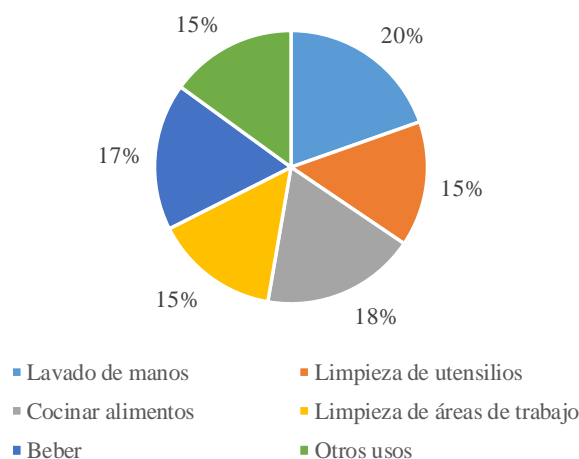
La encuesta fue aplicada a los empleados del restaurante que tienen incidencia con el uso del agua, ya que hay otros que cumplen otros servicios y no tienen participación directa con las actividades de generación, además, sus actividades fisiológicas las hacen en otro sitio el cuál se encuentra en las condiciones adecuadas para cumplir un tratamiento adecuado para las aguas generadas. En el ANEXO se presenta registro fotográfico de su aplicación.

En consideración a esto, entonces se presentan los resultados de la encuesta:

La figura 6 es un preliminar al análisis derivado del Estudio de Consumo revela la importancia cardinal del agua en las operaciones diarias del restaurante. Una de las actividades más destacadas es el lavado de manos, registrado 234 veces. Este dato no es sorprendente, considerando que, en cualquier ambiente culinario, la higiene es primordial. La frecuencia con la que los trabajadores lavan sus manos refleja un compromiso inquebrantable con la seguridad alimentaria.

Figura 6.

Tipo de actividades con las cuáles aporta al volumen de vertimiento



Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

En este mismo contexto de higiene, las cifras muestran que tanto la limpieza de utensilios como de áreas de trabajo se registran con una frecuencia de 177 veces. Estos números subrayan la diligencia con la que se mantiene la limpieza, garantizando que utensilios y espacios estén siempre en condiciones óptimas para su uso. Esta constante atención no solo facilita una operación eficaz, sino que es esencial para evitar cualquier forma de contaminación.

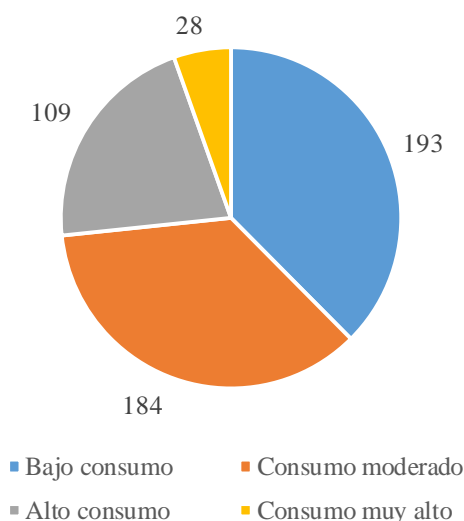
Adicionalmente, el cocinar alimentos se registra con una frecuencia de 218, subrayando el papel crucial del agua en la preparación culinaria. En paralelo, es digno de mención que la actividad de beber se registra 208 veces, reflejando la necesidad de hidratación en un ambiente que puede ser exigente y a menudo caluroso.

Para concluir, la categoría "Otros usos" con 179 menciones, proporciona una visión de la versatilidad del agua en diferentes tareas. Ya sea para labores menores como regar plantas o servir a los clientes, el agua tiene múltiples aplicaciones.

Por otra parte, la siguiente figura 7, se presentan cifras que muestran una predominancia en las categorías de "Bajo consumo" y "Consumo moderado", lo que es coherente con las operaciones diarias de un restaurante como Cerromurillo. Estas categorías pueden estar asociadas con actividades recurrentes, como el lavado de manos y la limpieza de utensilios, que no requieren grandes volúmenes de agua por instancia pero que se realizan con alta frecuencia.

Figura 7.

Clasificación y cuantificación del consumo de agua en el restaurante



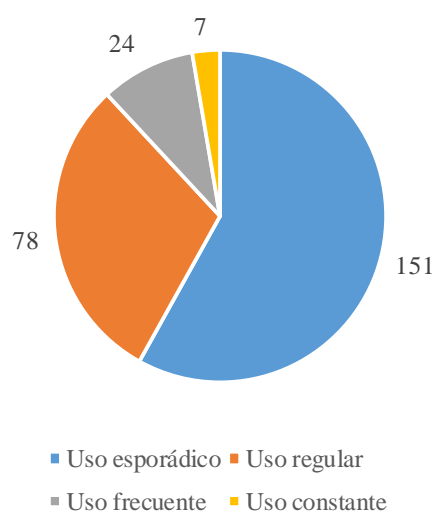
Nota: Elaborado por los Autores, 2023. (Las unidades del gráfico se presentan en Litros).

En contraste, las categorías "Alto consumo" y "Consumo muy alto" registran una menor frecuencia. Estas categorías podrían estar asociadas con actividades menos frecuentes pero que requieren más agua, como la limpieza de áreas extensas del restaurante o el uso de agua en la preparación de ciertos platos que requieran cocciones prolongadas o el uso de grandes cantidades de agua.

La figura 8 del Estudio de Consumo llevado a cabo en el restaurante Cerromurillo arroja luz sobre la frecuencia con la que los trabajadores utilizan el agua diariamente. La categorización establecida, que va desde el "Uso esporádico" hasta el "Uso constante", permite entender el comportamiento y hábitos de consumo.

Figura 8.

Categorización de la frecuencia del uso del agua en el restaurante



Nota: Elaborado por los Autores, 2023. (Las unidades son sumatoria del No. de Veces).

Inicialmente, se observa que la mayoría de los trabajadores, con una frecuencia de 151, caen en la categoría de "Uso esporádico", implicando que utilizan el agua entre 1 y 3 veces al día. Esta tendencia sugiere que, si bien el agua es esencial para diversas operaciones, no todos los trabajadores necesitan acceder a ella constantemente.

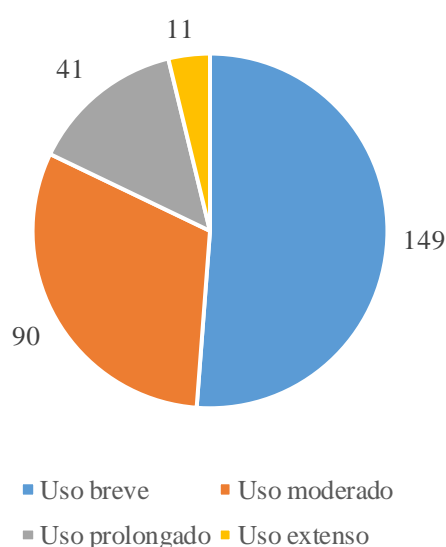
En contraposición, un número significativamente menor, representado por 7 trabajadores, se clasifica en la categoría "Uso constante", indicando que hacen uso del agua 10 o más veces al día. Estos podrían ser individuos involucrados en actividades específicas, como la cocina o la limpieza, donde el agua es una herramienta recurrente.

Las categorías intermedias, "Uso regular" y "Uso frecuente", con frecuencias de 78 y 24 respectivamente, muestran una variabilidad en el uso del agua. Esto resalta que, dependiendo del rol y las responsabilidades del trabajador, la necesidad de acceder al agua puede variar.

La figura 9 del Estudio de Consumo, realizado en el contexto del restaurante Cerromurillo, nos ofrece un panorama detallado sobre el tiempo que los trabajadores dedican al uso del agua en sus actividades diarias. A través de una clasificación que abarca desde un "Uso breve" hasta un "Uso extenso", es posible discernir las distintas dinámicas y necesidades relacionadas con el recurso hídrico.

Figura 9.

Categorización del tiempo necesario para realizar las actividades en el restaurante



Nota: Elaborado por los Autores, 2023. (Las unidades son minutos por día).

En primera instancia, se destaca que la mayoría de los trabajadores, con una frecuencia de 149, se encuentran en la categoría de "Uso breve", indicando que emplean menos de un minuto cada vez que utilizan el agua. Esta tendencia sugiere actividades rápidas y rutinarias, como el lavado de manos o el llenado de un vaso para beber.

Por otro lado, las categorías "Uso moderado" y "Uso prolongado", con frecuencias de 90 y 41 respectivamente, nos hablan de actividades que requieren una mayor interacción con el agua. Estas podrían relacionarse con la limpieza de utensilios o la preparación de ciertos platos que demandan más tiempo, como aquellos que necesitan ser hervidos o lavados meticulosamente.

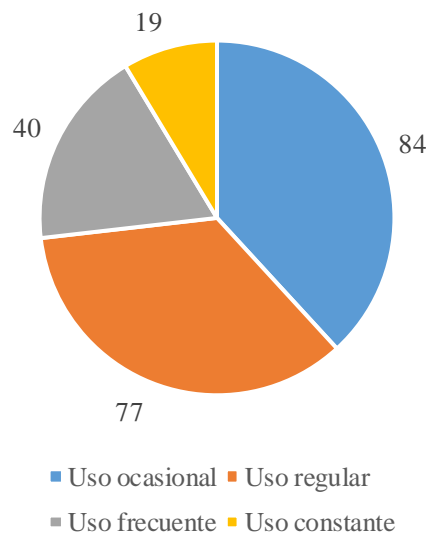
La categoría "Uso extenso", aunque tiene una frecuencia menor de 11, no debe ser subestimada. Representa actividades que requieren más de 6 minutos de interacción con el

agua. Estos momentos podrían estar vinculados a tareas de limpieza profunda o a la preparación de platos más elaborados.

Por otra parte, el Estudio de Consumo llevado a cabo en el restaurante Cerromurillo ha revelado una gama variada de actividades en las que se utiliza el agua, mostrando la intrínseca relación entre las operaciones diarias y este precioso recurso. Desde tareas simples, como el riego de plantas y el llenado de jarras para los clientes, hasta actividades más complejas como la preparación de bebidas y la limpieza de áreas exteriores, el agua se destaca como un elemento esencial. Además, no se puede pasar por alto su papel en la limpieza de baños, que, aunque podría ser una tarea menos frecuente, es fundamental para mantener la higiene y el bienestar tanto de los trabajadores como de los clientes.

Figura 10.

Cualificación y cuantificación del uso del grifo en el restaurante



Nota: Elaborado por los Autores, 2023. (Las unidades son sumatoria del No. de Veces).

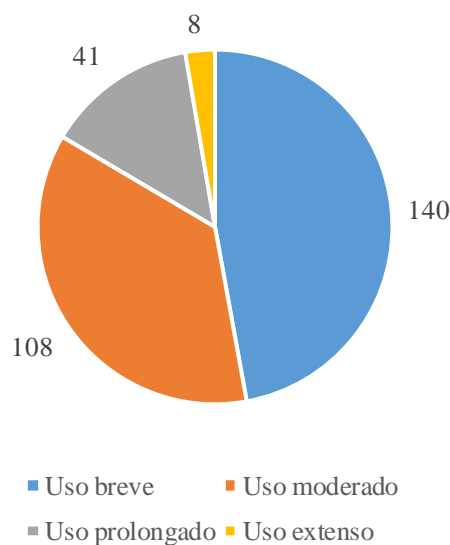
El Estudio de Consumo en el restaurante Cerromurillo ha permitido identificar con precisión los hábitos y patrones relacionados con el uso del agua por parte de sus trabajadores. La diversidad de actividades y la frecuencia con la que se realizan revelan la importancia de este recurso en la rutina diaria.

En la figura 10, en lo que respecta al uso del grifo del lavamanos, se identifica que una buena parte de los trabajadores, con una frecuencia de 84, se encuadra en el "Uso ocasional",

lo que indica que activan el grifo entre 1 y 2 veces al día. Esto podría estar relacionado con breves interacciones con el agua, como el lavado rápido de manos o la obtención de agua para beber. Sin embargo, no queda atrás el "Uso regular", con una frecuencia de 77, lo que sugiere que un conjunto significativo de trabajadores utiliza el grifo entre 3 y 5 veces al día, posiblemente debido a tareas más recurrentes o específicas.

Figura 11.

Cuantificación del tiempo necesario para lavarse las manos en el restaurante



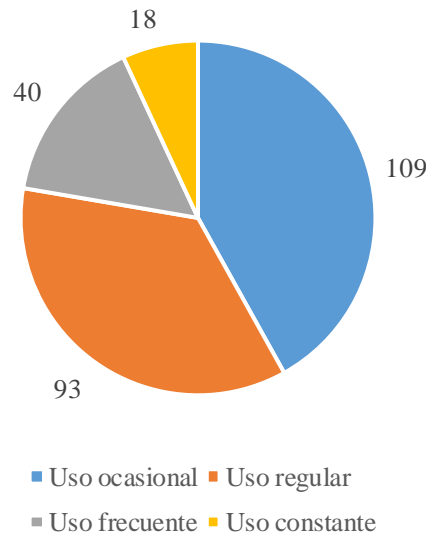
Nota: Elaborado por los Autores, 2023. (Las unidades son minutos por día).

El tiempo que se dedica al lavado de manos es otro aspecto crucial. Sorprendentemente, la mayoría, con una frecuencia de 140, opta por un "Uso breve", empleando menos de un minuto en esta actividad. Aunque este dato podría parecer positivo desde el punto de vista del ahorro de agua, también podría suscitar preocupaciones sobre si el tiempo es suficiente para garantizar una higiene adecuada, especialmente en un entorno donde la limpieza es primordial.

Por último, la figura 11, de la siguiente página, relaciona el uso y descarga del WC, la categoría "Uso ocasional" lidera con una frecuencia de 109. Esto es comprensible, ya que no todos los trabajadores harán uso frecuente del baño durante su jornada laboral.

Figura 12.

Cualificación y cuantificación del uso del retrete (WC) en el restaurante



Nota: Elaborado por los Autores, 2023. (Las unidades son sumatoria del No. de Veces).

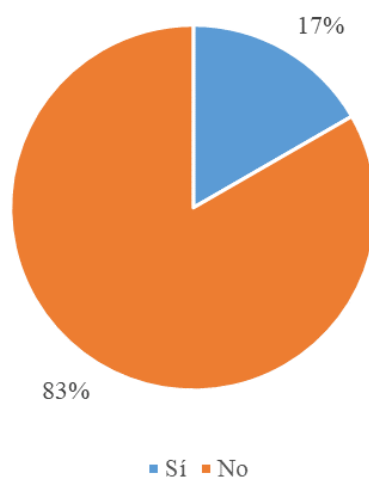
Sin embargo, es vital considerar que el WC es uno de los dispositivos que más agua consume en cualquier establecimiento, por lo que su uso debe ser monitoreado y gestionado eficientemente.

Por otra parte, la figura 13 (página siguiente), del restaurante Cerromurillo, la mayoría de los trabajadores opta por no ducharse en las instalaciones, con una frecuencia mayor que evita esta práctica (83%). Sin embargo, y una frecuencia menor (17%) manifiesta que por razones personales o relacionadas con sus actividades laborales, eligen ducharse en el lugar de trabajo.

En la figura 14 (página siguiente), los empleados que decidieron ducharse en el restaurante, la mayoría (25 de las veces) lo hace una vez al día. Esto puede estar asociado a rutinas post-laborales o a la necesidad de refrescarse después de tareas específicas. Un número menor opta por ducharse dos o tres veces, lo que podría indicar jornadas laborales más extensas o tareas más extenuantes.

Figura 13.

Cuantificación porcentual de las duchas que toman en el trabajo

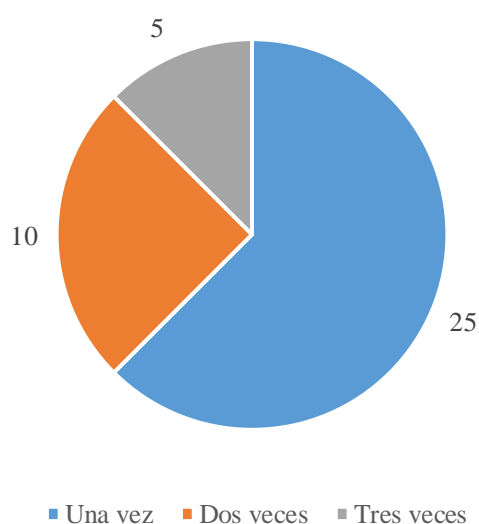


Nota: Elaborado por los Autores, 2023. (Las unidades son sumatoria del No. de Veces).

La figura anterior presenta las respuestas de entre si toman duchas o no en el restaurante.

Figura 14.

Cualificación y cuantificación del número de duchas que se toman por día



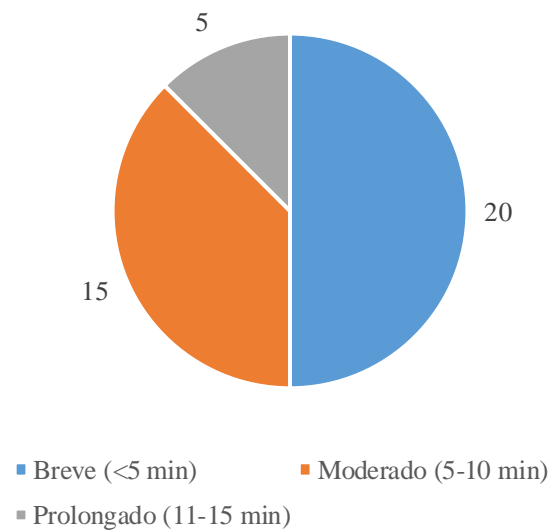
Nota: Elaborado por los Autores, 2023. (Las unidades son sumatoria del No. de Veces).

La figura anterior presenta las respuesta del número de duchas que toman por día.

El tiempo empleado en las duchas revela que la mayoría prefieren duchas rápidas de menos de 5 minutos. Esto sugiere que las duchas están orientadas más a la revitalización que a un proceso detallado de limpieza. Un grupo también significativo opta por duchas de duración moderada, mientras que solo unos pocos se duchan por más de 10 minutos.

Figura 15.

Cualificación y cuantificación del tiempo que toman para ducharse



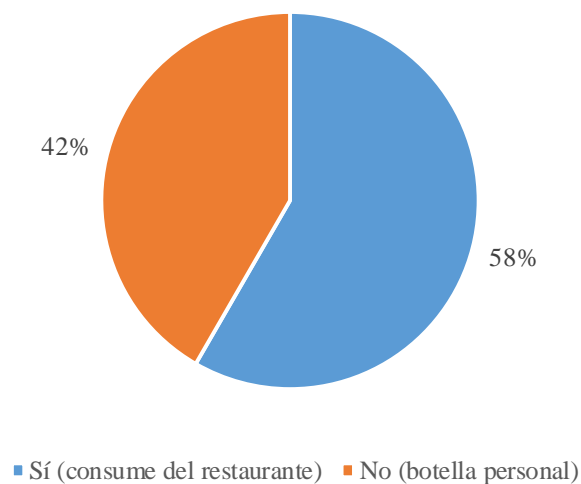
Nota: Elaborado por los Autores, 2023. (Las unidades son minutos por día).

El acceso al agua potable es esencial, y la mayoría de los trabajadores eligen consumir agua directamente del restaurante. Sin embargo, menos trabajadores muestran una preferencia por llevar su propia botella de agua, lo que podría deberse a hábitos personales o a la confianza en la calidad del agua que llevan, tal como se observa en la figura 16, de la página siguiente.

Entre los que consumen agua del restaurante, la mayoría tiende a beber entre 3 y 4 vasos al día, asegurando una hidratación adecuada durante sus jornadas laborales. Sin embargo, hay un grupo considerable que consume 5 vasos o más, posiblemente debido a actividades más exigentes o condiciones ambientales, tal como se observa en la figura 17, de la página siguiente.

Figura 16.

Cuantificación porcentual de la decisión de consumo de agua

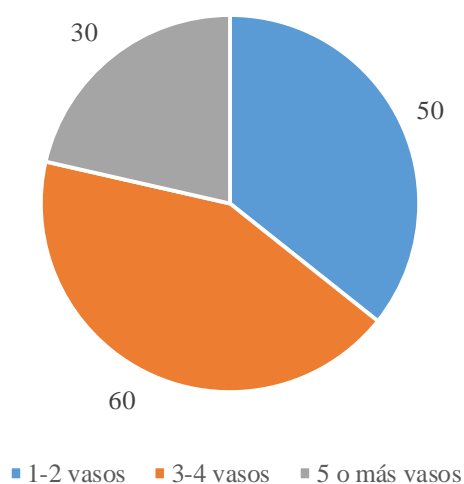


Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

La figura anterior presenta la decisión del consumo de agua en el restaurante.

Figura 17.

Cualificación y cuantificación del número de vasos de consumo en el restaurante



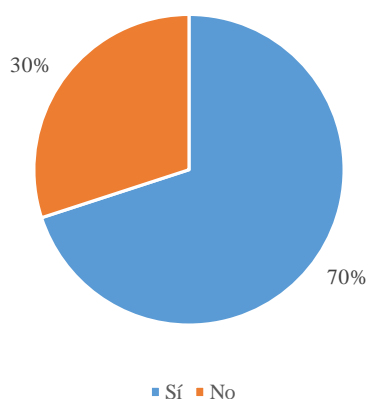
Nota: Elaborado por los Autores, 2023. (Unidades en números de vasos)

La figura anterior presenta el número de vasos de consumo en el restaurante.

De aquellos que llevan botellas personales (figura 17), la mayoría (70%) opta por recargarlas al menos una vez al día. Esto indica una actividad constante y la necesidad de mantenerse hidratado durante el trabajo.

Figura 18.

Cuantificación porcentual de recargar botellas personales.

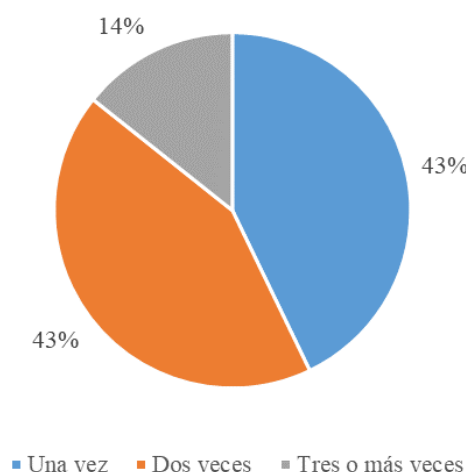


Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

En la siguiente figura se presenta la frecuencia de recarga de la botella de agua:

Figura 19.

Cualificación y cuantificación de las veces que se recarga la botella

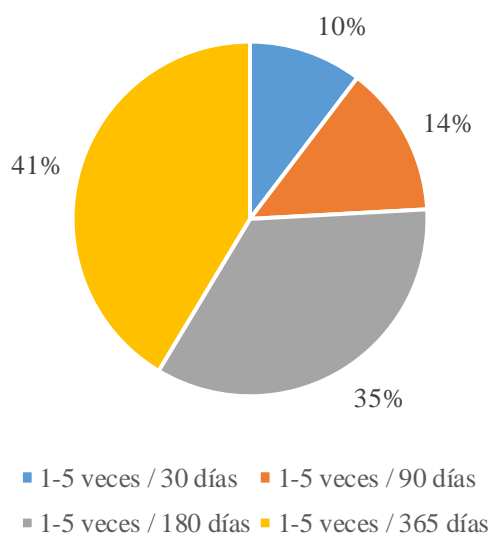


Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

La pérdida de agua en la figura 20, es un aspecto que se debe monitorear constantemente en cualquier establecimiento, y más aún en un restaurante donde el recurso es vital. En Cerromurillo, es notable que la mayoría de los trabajadores, reportan incidentes de pérdida solo 1 a 5 veces al año. Esta baja frecuencia sugiere que, en general, los trabajadores están bien formados y conscientes de la importancia de evitar desperdicios. Además, refleja las buenas prácticas y protocolos implementados en el restaurante, que buscan minimizar cualquier tipo de pérdida o derroche de recursos.

Figura 20.

Cualificación y cuantificación de los incidentes por pérdidas o fugas de agua

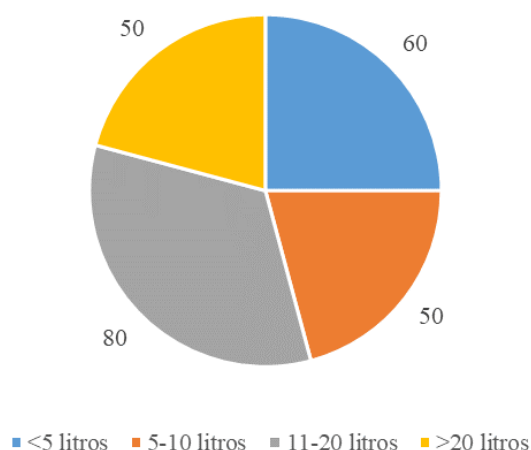


Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

En cuanto a la cantidad de agua perdida durante estos incidentes, presentada en la figura 21 (ver página siguiente), la tendencia más común es una pérdida de entre 11 y 20 litros. Aunque a primera vista puede parecer una cifra elevada, es esencial considerar que estos incidentes son poco frecuentes. Sin embargo, es importante destacar que cualquier cantidad de agua perdida es significativa, y es crucial que se implementen medidas para evitar tales incidentes en el futuro. La capacitación continua y el mantenimiento preventivo de las instalaciones son algunas de las estrategias que podrían ayudar en esta dirección.

Figura 21.

Cualificación y cuantificación de los incidentes por fugas de agua

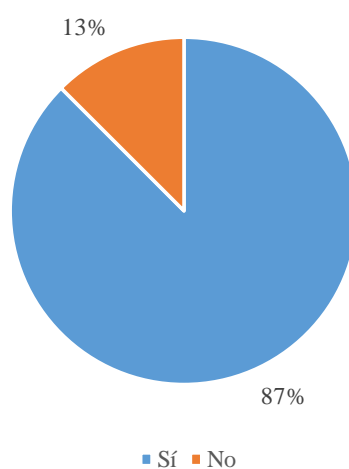


Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

La sostenibilidad y el uso responsable de los recursos naturales se han convertido en temas centrales en la actualidad. En el contexto del restaurante Cerromurillo, es alentador observar que una amplia mayoría, manifiestan su disposición a participar en capacitaciones relacionadas con el uso eficiente del agua, tal como se observa en la figura 22:

Figura 22.

Grado de interés para participar en capacitaciones en torno a la gestión del agua



Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Con base a esto, los encuestados manifestaron que esperan capacitaciones integradas con temáticas asociadas a:

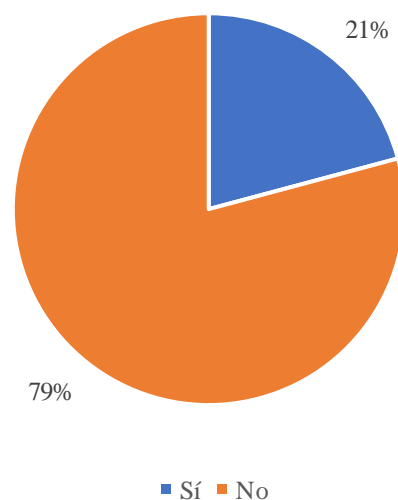
- Técnicas de ahorro de agua en la cocina.
- Reutilización del agua en el restaurante.
- Mantenimiento preventivo para evitar fugas.
- Concienciación y sensibilización sobre la importancia del agua.
- Herramientas y tecnologías para monitorizar el consumo de agua.

Además, dedujeron que para reducir el consumo del agua sería adecuado desarrollar e implementar las siguientes estrategias:

- Instalar grifos con sensores automáticos.
- Realizar revisiones periódicas de las instalaciones para evitar fugas.
- Recoger el agua de lluvia para riego.
- Utilizar sistemas de riego por goteo para las plantas.
- Reciclar el agua de lavado de verduras y otros alimentos para otros usos.

Figura 23.

Evaluación de la presencia de fugas en las instalaciones del restaurante

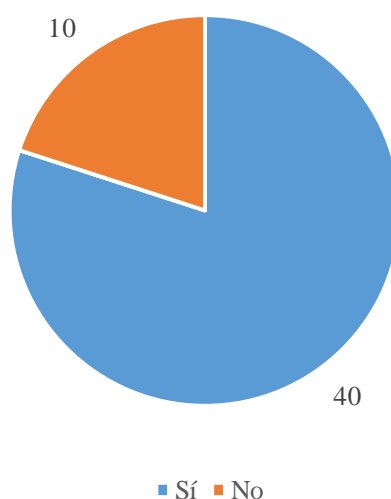


Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Dentro del restaurante Cerromurillo, es notable que, de las 240 respuestas recabadas a lo largo del mes, 50 indican que los trabajadores han observado fugas en las instalaciones. Esto representa aproximadamente el 20% del total, lo cual es una cifra preocupante (ver figura 23, página anterior). Las fugas, incluso si son pequeñas, pueden acumular un consumo considerable de agua a lo largo del tiempo, lo que no solo representa un costo adicional para el restaurante, sino también un impacto negativo en el medio ambiente.

Figura 24.

Evaluación del reporte de fugas hechas al personal encargado



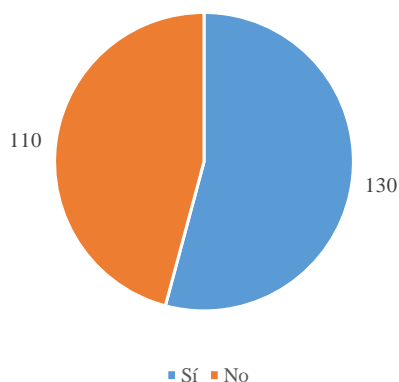
Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

De aquellos que detectaron fugas, como se aprecia en la figura anterior, solo reportaron 40 reportes al personal encargado, lo que refleja un sentido de responsabilidad y preocupación por el bienestar del establecimiento. Sin embargo, es importante resaltar que aún hay 10 reportes nulos, a pesar de haber notado el problema, no tomaron acciones. Esto destaca la necesidad de fomentar una cultura de reporte y solución proactiva de problemas.

Por otra parte, resulta alentador que 130 respuestas, que representan más de la mitad de las encuestas, indiquen que los trabajadores emplean métodos para reutilizar o reciclar el agua en sus actividades diarias. Este comportamiento resalta una conciencia creciente sobre la importancia del agua y la necesidad de su gestión sostenible. Esto es visible en la figura presentada a continuación en la siguiente página:

Figura 25.

Evaluación de la decisión de reutilizar y reciclar agua en el restaurante

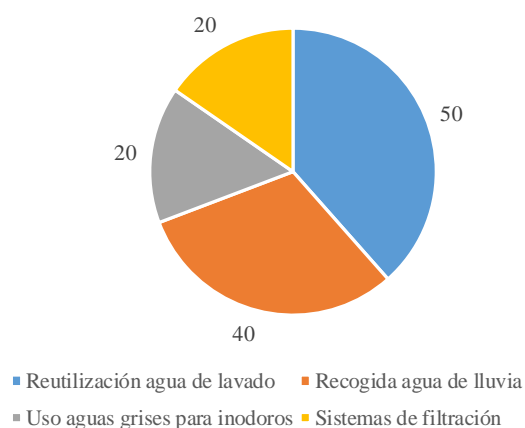


Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Analizando las técnicas específicas de reutilización, es evidente que la reutilización del agua de lavado y la recogida de agua de lluvia son las prácticas más populares entre los trabajadores. Estos métodos, sencillos pero efectivos, pueden marcar una diferencia significativa en el consumo diario. Las respuestas también muestran que algunos trabajadores se inclinan por técnicas más avanzadas, como sistemas de filtración o el uso de aguas grises, lo que indica una actitud proactiva hacia la conservación del agua. Ver la siguiente figura:

Figura 26.

Métodos comúnmente empleados

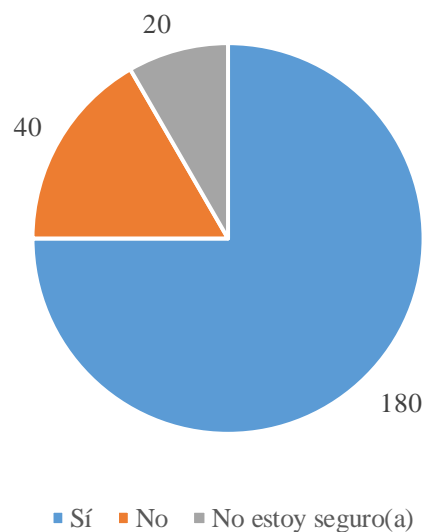


Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Por último, la gran mayoría de las respuestas, con 180 afirmativas, sugiere que la conciencia sobre la importancia del ahorro de agua está presente entre los trabajadores del restaurante Cerromurillo. Sin embargo, el hecho de que la mayoría de los trabajadores no estén convencidos y una minoría no estén seguros subraya la necesidad de seguir promoviendo la educación y la concienciación sobre este recurso vital.

Figura 27.

Evaluación de la respuesta sobre la conciencia de ahorrar agua



Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

La gestión adecuada del agua es una responsabilidad compartida que trasciende los hogares y se extiende a establecimientos comerciales, en particular a los restaurantes. En este contexto, el restaurante Cerromurillo, consciente de la imperativa necesidad de conservar este recurso vital, busca incorporar prácticas sostenibles y eficientes en su manejo del agua. Sin embargo, para implementar medidas efectivas, es esencial primero comprender el estado actual de las instalaciones y el uso del agua.

Aquí es donde el inventario hidrosanitario juega un papel crucial. Este instrumento, diseñado meticulosamente, tiene como objetivo ofrecer una visión detallada del sistema hidrosanitario del restaurante. Mediante su aplicación, no solo se busca identificar posibles fallos o ineficiencias en las instalaciones existentes, sino también áreas de oportunidad para mejorar y optimizar el consumo de agua.

Desde el suministro de agua y las instalaciones, pasando por los desagües y llegando hasta el mantenimiento y control, cada sección del inventario busca abordar aspectos esenciales que afectan el uso y gestión del agua.

La implementación de este inventario no es simplemente un acto administrativo; es un compromiso hacia la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental. Cada respuesta obtenida es un paso hacia la comprensión de la situación actual y la identificación de medidas que permitan al restaurante Cerromurillo no solo reducir costos, sino también impactar positivamente en el medio ambiente.

Con este propósito en mente, se diseñó el siguiente formato:

Inventario Hidrosanitario

La lista de chequeo del inventario hidráulico de la cocina del restaurante servirá como una herramienta fundamental para evaluar y analizar el sistema hidrosanitario existente. Con esta información detallada, se podrán identificar posibles mejoras, detectar problemas en las instalaciones de agua y desagüe, así como prevenir fugas y desperdicios de agua. Además, la lista de chequeo facilitará la toma de decisiones informadas para implementar medidas de eficiencia hídrica, reducir el consumo de agua y promover prácticas sostenibles en el manejo del recurso hídrico en la cocina del restaurante.

1. Suministro de agua:

¿Se encuentran en buen estado de funcionamiento?

¿La cocina cuenta con suministro de agua potable?

Si () / No ()

Si () / No ()

¿Hay fugas de agua en los grifos o conexiones de los fregaderos?

¿Existe un contador de agua para medir el consumo de agua en la cocina?

Si () / No ()

Si () / No ()

b. Equipos de cocina:

¿Hay alguna otra fuente de suministro de agua adicional? (por ejemplo, pozo propio, tanque de almacenamiento, etc.)

Si () / No ()

¿Cuáles son los equipos de cocina que requieren agua? (por ejemplo, lavavajillas, máquinas de hielo, máquinas de café, etc.) Enumérelos.

¿cuál?: _____

2. Instalaciones de agua:

a. Grifos y fregaderos:

¿Cuántos grifos y fregaderos hay en la cocina?

Si () / No ()

¿Están correctamente conectados al suministro de agua?

Si () / No ()

¿Presentan alguna fuga de agua o mal funcionamiento en su conexión?

Si () / No ()

De más detalles:

c. Otros elementos:

¿Existen otros elementos en la cocina que requieren agua? (por ejemplo, sistemas de extinción de incendios, sistemas de rociadores, etc.)

¿Están en buen estado de funcionamiento y conexión?

Si () / No ()

De más detalles:

3. *Desagües:*

a. Fregaderos y trampas de grasa:

¿Los fregaderos tienen desagües correctamente instalados?

Si () / No ()

¿Se utilizan trampas de grasa para prevenir la acumulación de residuos grasos en los desagües?

Si () / No ()

¿Las trampas de grasa están en buen estado y se limpian regularmente?

Si () / No ()

b. Otros desagües:

¿Existen otros desagües en la cocina? (por ejemplo, desagües de equipos de cocina, desagües de pisos, etc.)

c. ¿Están correctamente conectados y en buen estado?

Si () / No ()

4. *Sistemas de recirculación o reutilización de agua:*

¿Se utilizan sistemas de recirculación o reutilización de agua en la cocina? (por ejemplo, sistemas de recirculación de agua en lavavajillas, sistemas de recolección y reutilización de agua de lluvia, etc.)

Si () / No ()

En caso afirmativo, ¿cuáles son estos sistemas y cómo funcionan?

Si () / No ()

¿Existe un sistema de monitoreo o control del consumo de agua en la cocina?

Si () / No ()

5. *Mantenimiento y control:*

¿Se lleva a cabo un mantenimiento regular de las instalaciones hidrosanitarias de la cocina?



¿Se registran y atienden de manera oportuna las fugas de agua o problemas en las instalaciones hidrosanitarias?



Si () / No ()

La aplicación de este formato de recolección permite ver los siguientes resultados:

- ✓ En el ámbito del suministro de agua, es notable que la cocina del restaurante Cerromurillo no cuenta con un suministro directo de agua potable ni con un contador para medir su consumo. Este hecho resalta la importancia de contar con fuentes alternativas de suministro, como el pozo propio que mencionan los encuestados, y subraya la necesidad de implementar sistemas de monitoreo para controlar y gestionar el consumo eficientemente.
- ✓ Al analizar las instalaciones de agua, se observa que la cocina cuenta con tres grifos y fregaderos en buen estado y sin fugas, lo cual es esencial para la eficiencia operativa y la conservación del agua. El único equipo de cocina que requiere agua es el lavaplatos, y por suerte, está correctamente conectado y no presenta fugas. Sin embargo, es vital considerar la inclusión de más equipos que puedan requerir agua en el futuro y asegurarse de que se mantengan en igualdad de condiciones.
- ✓ En cuanto a los desagües, aunque los fregaderos tienen instalaciones adecuadas, no se utilizan trampas de grasa. Esto puede representar un riesgo, ya que los residuos grasos podrían obstruir los desagües con el tiempo, causando problemas más graves y costosos. Es alentador, sin embargo, que existan otros desagües, como los de piso, y que estén en buen estado.
- ✓ El restaurante ha adoptado medidas progresistas en términos de recirculación y reutilización de agua. Utilizar el agua residual de los lavaplatos y la piscina para regar jardines es una iniciativa sostenible que no solo reduce el consumo de agua, sino que también beneficia al medio ambiente.

Continuación de la figura

 <p>UNICESAR UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR</p> <p>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA</p> <hr/> <hr/> <hr/> <p>¿Están en buen estado de funcionamiento y conexión?</p> <p>Si (X) / No ()</p> <p>De más detalles:</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <p>3. Desagües:</p> <p>a. Fregaderos y trampas de grasa:</p> <p>¿Los fregaderos tienen desagües correctamente instalados?</p> <p>Si (✓) / No ()</p> <p>¿Se utilizan trampas de grasa para prevenir la acumulación de residuos grasos en los desagües?</p> <p>Si () / No (X)</p> <p>¿Las trampas de grasa están en buen estado y se limpian regularmente?</p> <p>Si () / No ()</p> <p>b. Otros desagües:</p> <p>¿Existen otros desagües en la cocina? (por ejemplo, desagües de equipos de cocina, desagües de pisos, etc.)</p> <p><u>Desague de piso (A).</u></p> <hr/> <hr/>	 <p>#PorelResurgirdelaUPC</p> <hr/> <hr/> <hr/> <p>c. ¿Están correctamente conectados y en buen estado?</p> <p>Si (✓) / No ()</p> <p>4. Sistemas de recirculación o reutilización de agua:</p> <p>¿Se utilizan sistemas de recirculación o reutilización de agua en la cocina? (por ejemplo, sistemas de recirculación de agua en lavavajillas, sistemas de recolección y reutilización de agua de lluvia, etc.)</p> <p>Si (✓) / No ()</p> <p>En caso afirmativo, ¿cuáles son estos sistemas y cómo funcionan?</p> <p><u>Con los residuos de lavavajillas, y piscuwa se riegan jardines.</u></p> <hr/> <hr/> <hr/> <p>5. Mantenimiento y control:</p> <p>¿Se lleva a cabo un mantenimiento regular de las instalaciones hidrosanitarias de la cocina?</p> <p>Si () / No (✓)</p> <p>¿Existe un sistema de monitoreo o control del consumo de agua en la cocina?</p> <p>Si () / No (✓)</p> <p>¿Se registran y atienden de manera oportuna las fugas de agua o problemas en las instalaciones hidrosanitarias?</p> <p>Si (✓) / No ()</p> <hr/> <hr/> <hr/>
--	---

www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

6.1.2. Caracterización Preliminar

Los resultados fueron llevados a cabo en laboratorio local, para ello se tomó una muestra de 1,5 litros, y tomados por los investigadores, consiguiendo recipientes que se encontraban en las condiciones higiénicas, asépticas y estériles adecuados, siguiendo los protocolos de toma de muestreo del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), directamente de la zona de vertimiento del restaurante Cerromurillo. La siguiente tabla presenta una secuencia fotográfica que contextualiza al lector:

Tabla 5.

Toma de muestra para la caracterización preliminar de las aguas residuales



Punto de vertimiento del Restaurante Cerromurillo en predios del propietario del mencionado negocio y representante legal.



El punto de vertimiento se encuentra retirado, por lo cual, se optaron las condiciones para transportar la muestra de manera adecuada sin poder afectarla.

Continuación de la Tabla



Toma de la muestra en recipientes adecuados, para procurar que las condiciones de los constituyentes del agua se mantengan y preserven para transportarlas.

Nota: Fotografías de la autoría de los Investigadores, 2023.

Al llevar las muestras al laboratorio, se llevó a cabo la caracterización el día 18 de septiembre de 2023, cuyos resultados mostraron significado de la mala calidad del agua que tiene el restaurante Cerromurillo:

Tabla 6.

Resultados de la Caracterización física, química y microbiológica del agua

Parámetros	Valores		Unidades
	A.R. Restaurante Cerromurillo	Norma (Resolución 631 de 2015)	
Grasas y Aceites	145	20	mg/L
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	155	100	mg SST/L
pH	7,2	6 a 9	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	250	200	mg O2/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	110	90	mg O2/L
Sólidos Totales Disueltos (SDT)	78	<i>No lo establece</i>	mg STD/L
Nitrógeno Total	54	<i>Análisis y Reporte</i>	mg N/L
Fósforo Total	33	<i>Análisis y Reporte</i>	mg P/L
Coliformes Totales (NMP/100 mL)	200	<i>Análisis y Reporte</i>	NMP/100 mL
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	200	<i>Análisis y Reporte</i>	NMP/100 mL

Nota: Resultados realizadas con Laboratorio Cristalvioleta. Ver Anexos del Documento. 2023.

6.1.2.1. Análisis Preliminar del pH

La normativa colombiana, Resolución 0631 de 2015, establece que el rango de pH para aguas residuales debe estar entre 6 y 9. Este rango es bastante inclusivo y considera la variabilidad que puede presentar el pH en diferentes escenarios de aguas residuales.

Por su parte, Pescod (1992) indica que, para el agua de riego proveniente de aguas de restaurantes, el rango de pH considerado normal varía de 6,5 a 8,4, sugiriendo que valores fuera de este intervalo pueden ser indicativos de problemas en la calidad del agua. El rango establecido por Pescod se superpone en gran parte con la normativa colombiana, aunque es ligeramente más restrictivo en su límite superior, lo que no es reflejo de preocupación particular por las condiciones del agua que pueden afectar la agricultura.

En el contexto del Restaurante Cerromurillo, el pH de las aguas residuales se encuentra en 7,2, un valor que está bien dentro de los estándares tanto de la normativa colombiana como de los rangos considerados normales por Pescod para el riego. Esto indica que el pH de las aguas residuales del restaurante, en este aspecto particular, no constituiría un problema para su posible uso en riego, asumiendo que otros parámetros también se encuentran dentro de los rangos aceptables.

El estudio realizado por Olabode et al. (2020) en Ciudad del Cabo, Sudáfrica, muestra un rango de pH en las aguas residuales tratadas que varía entre 5,85 y 7,852, un espectro que también se alinea con el pH registrado en aguas residuales de una granja lechera. Los valores encontrados en este estudio se encuentran parcialmente fuera del rango permitido por la normativa colombiana, pero el valor superior se sitúa cómodamente dentro del rango de pH para el riego que Pescod considera normal.

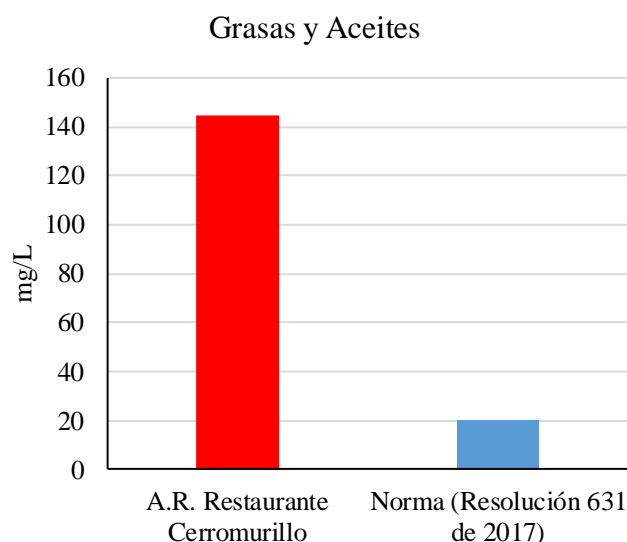
En contraste, Popa (2012) observa valores de pH más bajos en las aguas residuales dominadas por desechos industriales, aunque señala que estos valores no son extremadamente bajos y suelen mantenerse por encima de 6,5. Esto es relevante ya que, aunque las aguas residuales del Restaurante Cerromurillo no son de origen industrial, se resalta la importancia de mantener un pH que no sea excesivamente bajo, para evitar los problemas asociados con la acidez en el agua que podrían incluir corrosión de infraestructura y efectos nocivos sobre la biota acuática.

6.1.2.2. Análisis Preliminar de las Grasas y Aceites

La ubicación campestre del Restaurante Cerromurillo y su práctica de verter las aguas residuales al suelo amplifican las preocupaciones ambientales asociadas con los altos niveles de FOG presentes en sus aguas residuales. Con una medición de 145 mg/L, los FOG exceden considerablemente el límite de 20 mg/L estipulado por la Resolución 0631 de 2015 de Colombia. Este exceso podría tener efectos adversos no solo en la infraestructura de saneamiento local, si existiera, sino también en la salud del suelo y los ecosistemas circundantes.

Figura 29.

Valores de las Grasas y Aceites de vertimiento del Restaurante Cerromurillo



Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Adetunji y Olaniran (2021) subrayan las graves amenazas que representan las aguas residuales oleosas para el medio ambiente, incluyendo la contaminación del suelo y el agua, lo cual es especialmente pertinente para el Restaurante Cerromurillo dado su entorno rural y las prácticas de vertido directo. La capacidad del suelo para filtrar y descomponer estos compuestos es limitada, y la acumulación de FOG puede afectar negativamente la estructura del suelo, su permeabilidad y, en última instancia, la salud de la flora y la fauna local.

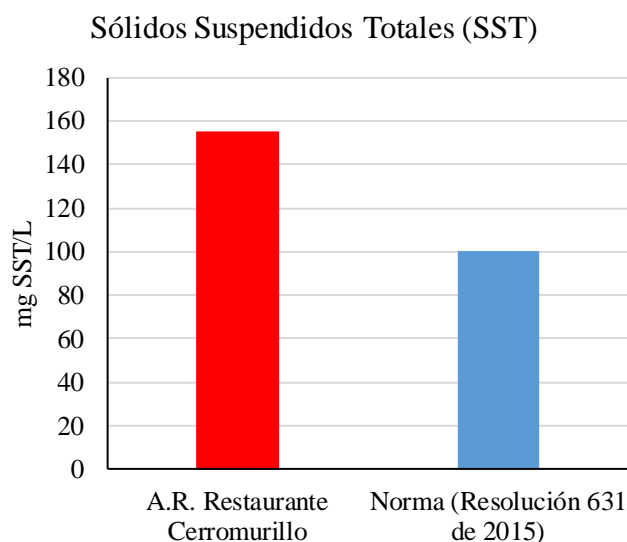
El estudio de Gurd et al. (2018) resalta que las descargas de FOG desde establecimientos de servicios de alimentos como el Restaurante Cerromurillo son una fuente significativa de obstrucciones incluso en contextos urbanos, con redes de alcantarillado diseñadas para manejar aguas residuales. En el contexto rural y sin un sistema de alcantarillado adecuado, el problema se agrava, ya que las obstrucciones y la contaminación pueden ocurrir directamente en el ambiente natural.

6.1.2.3. Análisis Preliminar de los Sólidos Suspendidos Disueltos y Totales.

El análisis de las aguas residuales del Restaurante Cerromurillo revela una concentración de Sólidos Suspendidos Totales (SST) de 155 mg/L, lo que supera el límite máximo permisible de 100 mg/L establecido por la normativa colombiana, Resolución 0631 de 2015. Este exceso en los SST indica una mayor carga de partículas en suspensión en el agua, lo que puede tener implicaciones negativas para los cuerpos de agua receptores, como ríos y lagos, afectando su calidad y los organismos que en ellos habitan.

Figura 30.

Valores de los Sólidos Suspendidos Totales de vertimiento del Restaurante Cerromurillo



Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Adjovu et al. (2023) destacan la importancia de medir con precisión los parámetros de calidad del agua, incluyendo los TDS y TSS, utilizando métodos gravimétricos y de campo, aunque reconocen las limitaciones de estos enfoques en términos de costo y cobertura espacial. En el contexto del Restaurante Cerromurillo, el seguimiento de estos parámetros es crucial para evaluar y gestionar el impacto de sus aguas residuales en el medio ambiente, especialmente considerando su ubicación campestre y la posible infiltración en el suelo y cuerpos de agua cercanos.

Por otro lado, los Sólidos Disueltos Totales (SDT) presentes en la muestra no tienen un límite establecido por la misma normativa, pero su presencia es un indicador importante de la calidad del agua. Thermo Scientific (2016) explica que la turbidez del agua, que es una medida de la dispersión de luz por los sólidos suspendidos, puede proporcionar información indirecta sobre la concentración de los SST.

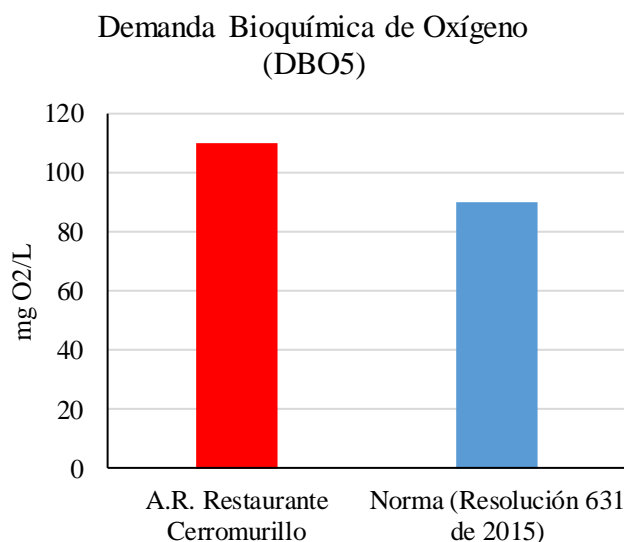
6.1.2.4. Análisis Preliminar de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en las aguas residuales del Restaurante Cerromurillo registró un valor de 110 mg/L, sobrepasando el límite máximo de 90 mg/L estipulado por la normativa colombiana, Resolución 0631 de 2015. Este indicador de contaminación orgánica sugiere que las aguas residuales contienen una cantidad considerable de materia orgánica biodegradable, que requiere oxígeno para su descomposición por parte de los microorganismos. La superación de este límite es una señal de alerta sobre la posible insuficiencia de los procesos de tratamiento actuales del restaurante para mitigar el impacto ambiental de sus desechos.

Según el estudio de Ngoc et al. (2020) publicado en SpringerLink, se enfatiza la importancia de la optimización de los procesos de tratamiento de aguas residuales, específicamente mediante la inmovilización de consorcios microbianos naturales. Estos consorcios pueden acelerar la descomposición de la materia orgánica, lo que se reflejaría en una reducción de la DBO. Además, se destaca la predominancia de microorganismos como *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus* y *Streptomyces*, los cuales son conocidos por su capacidad para descomponer compuestos orgánicos complejos, incluso en presencia de inhibidores como el cloruro de sodio, según lo reportado por el mismo estudio (IBID).

Figura 31.

Valores de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de vertimiento del Restaurante Cerromurillo



Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

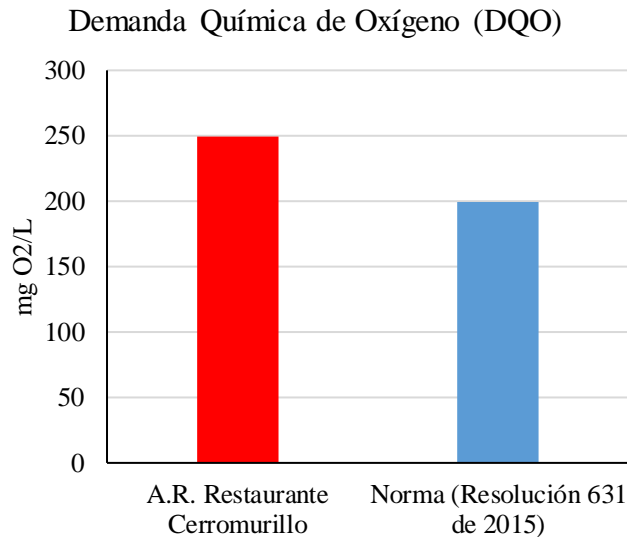
La situación del Restaurante Cerromurillo, con una DBO que excede las normas establecidas, requiere atención y posiblemente la adopción de tecnologías avanzadas de tratamiento, como las sugeridas por Ngoc et al. (2020). La implementación de tales medidas no solo ayudaría al restaurante a cumplir con la legislación ambiental, sino que también contribuiría significativamente a la sostenibilidad de las operaciones al reducir su huella ecológica. Es imperativo que el Restaurante Cerromurillo considere seriamente estas estrategias de mejora para asegurar la protección de los recursos hídricos de la región, que son vitales para el ecosistema local y la comunidad circundante.

6.1.2.5. Análisis Preliminar de la Demanda Química de Oxígeno.

La caracterización de las aguas residuales del Restaurante Cerromurillo reveló una Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 250 mg/L, superando el valor máximo de 200 mg/L establecido por la normativa colombiana, según la Resolución 0631 de 2015. Este parámetro es fundamental, ya que indica la cantidad de oxígeno requerida para oxidar la materia orgánica presente en el agua. La relevancia de la DQO se hace eco en las palabras de Ramírez (2008), quien señala que la DQO es crítica para monitorear la eficacia de los procesos de depuración de aguas residuales, especialmente en las que provienen de contextos urbanos y domésticos.

Figura 32.

Valores de la Demanda Química de Oxígeno de vertimiento del Restaurante Cerromurillo



Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

El Método de Dicromato, descrito por Ramírez (2008), es un estándar de laboratorio para la determinación de la DQO, que implica la digestión de la carga orgánica con ácido crómico. La presencia de alimentos y otros desechos orgánicos en las aguas residuales de los restaurantes puede elevar significativamente la DQO, resaltando la importancia de medirla con precisión y de forma regular para asegurar un tratamiento adecuado y una eliminación segura.

Además, como Ramírez (2008) puntualiza, la DQO es generalmente mayor que la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), excepto bajo ciertas condiciones, lo cual sugiere que hay una carga contaminante que requiere atención en el Restaurante Cerromurillo. La DQO es una medida más sencilla, rápida y reproducible que la DBO, y es un indicador esencial en cualquier planta de tratamiento de aguas residuales. Por ende, el exceso detectado en la DQO en las aguas del restaurante implica la necesidad de revisar y posiblemente mejorar los sistemas de tratamiento existentes, para cumplir con los estándares reglamentarios y proteger la calidad del agua y el entorno natural circundante.

6.1.2.6. Análisis Preliminar del Nitrógeno y Fósforo.

La caracterización de las aguas residuales del Restaurante Cerromurillo indica niveles de nitrógeno y fósforo de 54 mg/L y 33 mg/L, respectivamente. Aunque la Resolución 0631 de 2015 no establece límites máximos permisibles para estos parámetros, sino que se enfoca en el análisis y reporte, su presencia en las aguas residuales sigue siendo de gran interés ambiental y sanitario. Cárdenas y Sánchez (2013) destacan que tanto el nitrógeno como el fósforo son fundamentales para la vida acuática y para los procesos biológicos que estabilizan la materia orgánica en las aguas residuales. Sin embargo, su acumulación puede provocar problemas como la eutrofización, que lleva a un crecimiento excesivo de algas y a una disminución del oxígeno en el agua, afectando negativamente a los ecosistemas acuáticos.

Por otro lado, la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA, 2018) señala las implicaciones ambientales y sanitarias del nitrógeno en el agua, derivado de diversas fuentes como desechos humanos y detergentes. La toxicidad de ciertas formas de nitrógeno y el fósforo, también presente en los desechos orgánicos de restaurantes, puede reducir significativamente el oxígeno disuelto en cuerpos de agua y representar un riesgo para la salud humana. Esta situación se agrava cuando se considera que el restaurante Cerromurillo vierte al suelo, lo que puede llevar a la contaminación del suelo y de las aguas subterráneas.

6.1.2.7. Análisis Preliminar de los Coliformes Fecales y Totales.

La presencia de Coliformes Totales y Fecales en las aguas residuales del Restaurante Cerromurillo, con valores de 200 NMP (Número Más Probable) por 100 mL para ambos parámetros, es un indicador crítico de la calidad microbiológica del agua y sugiere una contaminación significativa.

Autores como Muñoz y Baumann (2017) explican que los Coliformes Totales, que incluyen una variedad de especies bacterianas, son utilizados comúnmente como indicadores de la calidad sanitaria del agua. Su detección sugiere que hay una vía de contaminación que podría permitir la entrada de patógenos, lo cual es una preocupación particular para los restaurantes, donde la seguridad alimentaria es primordial.

Morillo y colaboradores (2019), y Ponte y Prado (2022) reafirman la importancia de monitorear los Coliformes Fecales, que son indicativos de contaminación fecal y, por ende, de la posible presencia de organismos patógenos. Este tipo de contaminación es especialmente preocupante en el contexto de un restaurante, ya que implica un riesgo directo para la salud de los consumidores y para la reputación del establecimiento.

Figura 33.

Toma de muestra para Coliformes Fecales y Totales de las aguas residuales



Nota: Fotografía de la autoría de los Investigadores, 2023.

Riño (2017) recalca que la presencia de Coliformes en el agua es una señal de alarma y debe ser abordada con procedimientos de tratamiento eficaces para reducir los niveles de estos microorganismos a estándares seguros. El hecho de que el restaurante Cerromurillo esté ubicado en una zona campestre y vierta sus aguas residuales al suelo plantea desafíos adicionales, debido a la posibilidad de que los patógenos se filtren a través del suelo y contaminen las aguas subterráneas, lo cual podría tener consecuencias a largo plazo para la salud pública y el medio ambiente.

Finalmente, el College of Agricultural Sciences (2023) destaca la necesidad de controles rigurosos y tratamientos adecuados para las aguas residuales, especialmente en el caso de los Coliformes Fecales, que son un indicador específico de contaminación fecal. Es esencial que el Restaurante Cerromurillo implemente y mantenga prácticas de manejo de aguas residuales que no solo cumplan con la normativa colombiana, representada por la Resolución 0631 de 2015, sino que también protejan la salud pública y el medio ambiente. Esto incluye el tratamiento y monitoreo constante de las aguas residuales, así como la aplicación de medidas preventivas para evitar la contaminación inicial.

6.2. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN MODELO PILOTO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FIBRA DE *SACCHARUM OFFICINARUM* PARA LA REDUCCIÓN DE LA CARGA ORGÁNICA PRODUCIDAS EN EL RESTAURANTE CERROMURILLO EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR – CESAR

6.2.1. Diseño De Los Modelos Piloto

Para dimensionar los prototipos de humedales hay que remontarse a los requerimientos técnicos establecidos en el reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico – RAS (resolución 0330 del 2017), en donde se define textualmente:

“Para el diseño de estos sistemas se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos: caudal y características del afluente, tipo de vegetación que se va a emplear y evapotranspiración. El tiempo de retención hidráulica normalmente está alrededor de 5 días, la relación largo-ancho de 3:1 a 4:1, las profundidades para sistemas de flujo superficial de 0,30 a 0,60 m y 0,1 a 0,45 para flujo sumergido. Se deberá contar con la impermeabilización del suelo mediante una capa de arcilla o empleando geomembranas”

Sin embargo, consultando otros autores, puede que por las condiciones de la simulación que se pretende abarcar, en cuanto al dimensionamiento a escala, deban hacerse ajustes que permitan facultar condiciones reales en prototipos más pequeños, con espacios y volúmenes más reducidos.

Paul Arce de la Fundación Universidad de América resalta la viabilidad de los humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales industriales, subrayando la importancia de considerar diversos factores en su diseño, como el volumen de agua a tratar, las propiedades del agua entrante, la selección de plantas adecuadas y la evapotranspiración (Arce, 2018).

Con respecto a las especificaciones técnicas, Arce (2018) detalla que el tiempo de retención hidráulica suele ser aproximadamente de cinco días y recomienda mantener una proporción de largo a ancho entre 3:1 y 4:1. Además, se aconseja que la profundidad varíe entre 0,30 y 0,60 metros para sistemas con flujo en superficie, y de 0,10 a 0,45 metros para sistemas con flujo sumergido. Por otra parte, la investigación de la Universidad Miguel Hernández de Elche, dirigida por Borja (2015), enfatiza la importancia de comprender los principios operativos de los humedales artificiales, así como los procesos de remoción de contaminantes y las restricciones que estos presentan, para su correcto dimensionamiento e implementación.

Además, se propone que diseñar una proporción largo/ancho más eficiente puede reducir los riesgos de cortocircuitos en el flujo de las aguas tratadas a través del humedal. Esto sugiere que podría ser beneficioso reconsiderar las proporciones mencionadas, ajustándolas a una relación de 2:1 y considerando una profundidad que exceda los 60 centímetros para optimizar la distribución del agua residual en el humedal y mejorar la eficiencia del tratamiento.

Tomando estas consideraciones presentadas en el artículo 180 de la resolución 0331 del 2017, entonces, se planifica el complejo de humedales a construir considerando un sistema de flujo subsuperficial, con una lámina de agua (y) de 0,75 metros y una relación de largo-ancho de 2:1, por lo tanto, lo primero es dimensionar los humedales en función de su volumen, para ello, con base al estudio de consumo y con el agua de vertimiento proviene de las actividades que se realiza en el restaurante, hacia poza séptica, para ello, se tomaron las medidas pertinentes tal y como se aprecia en la figura 34.

De este tanque séptico se pudo determinar que posee tres recamaras, siendo la recamara 2 del mismo tamaño de la recamara 3, sin embargo, la profundidad del agua varía, debido a que la recamara 1 alberga mayor deposición de sólidos y, por ende, se pudo obtener la cantidad de agua que se emite para un día de trabajo (es importante recordar, que el restaurante Cerromurillo trabaja durante fines de semana y puentes festivos).

Figura 34.

Medición de las dimensiones de la poza séptica de recepción del agua residual



Nota: Fotografía de la autoría de los Investigadores, 2023.

Se pudieron definir las siguientes dimensiones para las recamaras:

Tabla 7.

Dimensiones de las Recamaras del Tanque Séptico

Compartimentos	Profundidad Agua	Largo	Ancho
Recamara 1	0,25 m	2,75 m	0,75 m
Recamara 2	1,65 m		0,75 m
Recamara 3	1,65 m		0,75 m
Espesor Paredes		0,15 m	

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Por lo tanto, se puede definir que el agua, desde un análisis de perspectiva de su ciclo en las actividades inicia desde torre de almacenamiento de agua de 12 metros cúbicos, paso por restaurante, vertimiento a la poza séptica y vertimiento a aproximadamente 200 metros, conducido a presión por una bomba de 2 caballos de potencia (2 HP). Ver siguiente tabla:

Tabla 8.

Componentes esenciales para el control y suministro del agua en el Restaurante



Tanque de almacenamiento que surte a todas las actividades en el predio, incluyendo las del Restaurante Cerromurillo. Toda el agua es destinada mayoritariamente a otras actividades.



Bomba que drena el agua de la poza séptica cuando esta supera su capacidad de almacenamiento para el vertimiento diario.

Continuación de la Tabla



Zona de vertimiento de las aguas residuales provenientes del restaurante Cerromurillo

Nota: Fotografía de la autoría de los Investigadores, 2023.

Con base a estas dimensiones tomadas en campo para un día de generación de residuos líquidos se pudo estimar el volumen de vertimiento, con la siguiente fórmula:

$$V = y_1 b_1 L_1 + y_2 b_2 L_2 + y_3 b_3 L_3$$

Pero, considerando que la recámara 1 y recámara 2 tienen las mismas dimensiones, entonces se puede decir que:

$$V_{2-3} = y_2 b_2 L_2 + y_3 b_3 L_3 = 2(y_2 b_2 L_2)$$

Entonces, también se debe considerar que la longitud L es $1/3$ para cada recámara:

$$V = \frac{y_1 b_1 L_1}{3} + 2 \left(\frac{y_2 b_2 L_2}{3} \right)$$

El volumen será igual a:

$$V = \frac{0,65 \text{ m} \times 0,75 \text{ m} \times 2,75 \text{ m}}{3} + 2 \left(\frac{1,65 \text{ m} \times 0,75 \text{ m} \times 2,75 \text{ m}}{3} \right)$$

$$V = 2,7015625 \text{ m}^3$$

Siendo este volumen el generado al día, o bien sea, 0,03127 L/s.

Seguido a esto, entonces, se sobre entiende que se pretenden construir tres modelos piloto de humedales artificiales, cuyos lechos ya se han citado en capítulos anteriores, considerando que es necesario determinar la cantidad de elementos que se van a considerar para la construcción de estos humedales, primero, es necesario, determinar la escala de trabajo, para ello, con el caudal, se calcula la muestra poblacional (V_H) a partir del tamaño de vertimiento (V), considerando primeramente, que del análisis por durante 30 días permitió obtener una desviación estándar de generación de litros de agua equivalente a 0,10 metros cúbicos por día, lo que fundamenta que el error puede ser equivalente al 50% de las mediciones, si considera que existe variabilidad en el volumen de generación y consumo de las aguas residuales, además se trabajará con intervalo de confianza del 95%, por lo tanto el área bajo la curva o estadístico Z será igual a 1,96, al reemplazar esto en la fórmula permite obtener:

$$V_H = \frac{V \times Z^2 \times \sigma^2}{E^2 \times (N - 1) + Z^2 \times \sigma^2}$$

$$V_H = \frac{2,7015625 \text{ m}^3 \times 1,96^2 \times (0,10 \text{ m}^3)^2}{0,50^2 \times (2,7015625 \text{ m}^3 - 1) + 1,96^2 \times (0,10 \text{ m}^3)^2}$$

$$V_H \cong 0,2346 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Por lo tanto, este será el caudal utilizado para el dimensionamiento de los humedales artificiales, seguidamente, se calculará el tiempo teórico de tratamiento de los humedales, considerando la cinética de decaimiento de primer orden, la cual está definida por la siguiente fórmula matemática:

$$C = C_0 e^{-k_t t}$$

Donde:

C : es la concentración final esperada, que asume el valor mínimo permisible de la normativa

C_0 : es la concentración inicial de los parámetros evaluados con la caracterización preliminar

k_t : es la constante de degradación de primer orden, la cuál está dada por la siguiente fórmula:

$$k_t = k\theta^{T_2-20}$$

La temperatura del agua (T) es igual 28°C, tomada y medida directamente, el valor de k corresponde a la tasa normal de degradación orgánica de 1,104 días⁻¹ y el valor de la constante de Arrhenius para Humedales Artificiales es de $\theta = 1,06$ (Arce, P., 2018) con estas consideraciones dadas, se puede definir entonces que:

$$k_t = 1,104 * (1,06)^{28-20}$$

$$k_t = 1,759608 \text{ días}^{-1}$$

Teniendo en cuenta esto, entonces, se puede determinar el t o tiempo de tratamiento de la ecuación de la cinética de primer orden, obteniendo su forma así:

$$t = \frac{\ln(C/C_0)}{-1,759608 \text{ días}^{-1}}$$

Considerando esto y reemplazando los valores de la tabla 6 del presente documento, se obtiene que los tiempos de tratamiento para alcanzar los valores mínimos de vertimiento para los parámetros reglamentados son (ver resultados en la tabla):

Tabla 9.

Determinación del Tiempo Teórico de Tratamiento

Parámetros	A.R.R.	Normativa	Unidades	t (días)
Grasas y Aceites	145	20	mg/L	1,125
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	155	100	mg SST/L	0,246
pH	7,2	≈7	-	0,016
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	250	200	mg O ₂ /L	0,127
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	110	90	mg O ₂ /L	0,114

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Por lo tanto, el volumen proyectado inicial para los humedales artificiales estaría dado por la relación del tiempo teórico de tratamiento máximo (indicado para grasas y aceites), pero también, dado por la relación de las porosidades de los lechos filtrantes que se utilizarán en el dimensionamiento de las unidades, definiendo, de manera preliminar que como $y = 0,75$ m, entonces, se espera que 0,18 m sea el espesor de cada lecho y que 0,03 m (3 milímetros) sea el ascenso del agua por encima de la superficie, consiguiendo humectar todo el lecho existente.

Considerando esto entonces, se establece qué, para el primer humedal, con propósito de identificación por parte del lector se denominará como ‘humedal blanco’ y que su volumen estaría dado por:

$$V_H = V_{\text{Grava}} + V_{\text{Gravilla}} + V_{\text{Arena Gruesa}} + V_{\text{Arena Fina}} + V_{\text{Suelo}}$$

Considerando que, cada volumen corresponde a la multiplicación de las dimensiones, considerando que se tiene una $y = 0,75$ metros y una relación de largo y ancho de 1:2 por la porosidad comercial de cada uno de los elementos presentados, algunos obtenidos del reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico, por lo cual, esta relación quedaría así:

$$V_H = (y_1 b L P_1)_{\text{Grava}} + (y_2 b L P_2)_{\text{Gravilla}} + (y_3 b L P_3)_{\text{Arena Gruesa}} + (y_4 b L P_4)_{\text{Arena Fina}} + (y_4 b L P_4)_{\text{Suelo}}$$

Además, se puede sacar a b y L , como factor común:

$$V_H = bL[(y_1 P_1)_{\text{Grava}} + (y_2 P_2)_{\text{Gravilla}} + (y_3 P_3)_{\text{Arena Gruesa}} + (y_4 P_4)_{\text{Arena Fina}} + (y_4 P_4)_{\text{Suelo}}]$$

Se sabe además que:

$$L = 2b$$

Por consiguiente, al sustituir en la fórmula:

$$V_H = 2b[(y_1 P_1)_{\text{Grava}} + (y_2 P_2)_{\text{Gravilla}} + (y_3 P_3)_{\text{Arena Gruesa}} + (y_4 P_4)_{\text{Arena Fina}} + (y_4 P_4)_{\text{Suelo}}]$$

Entonces, b , se podría determinar cómo:

$$b = \frac{V_H}{(y_1 P_1)_{\text{Grava}} + (y_2 P_2)_{\text{Gravilla}} + (y_3 P_3)_{\text{Arena Gruesa}} + (y_4 P_4)_{\text{Arena Fina}} + (y_4 P_4)_{\text{Suelo}}}$$

Como y_1, y_2, y_3 y y_4 , poseen el mismo valor dimensional ($y = 0,18$ m), entonces:

$$b = \frac{V_H}{y[(P_1)_{\text{Grava}} + (P_2)_{\text{Gravilla}} + (P_3)_{\text{Arena Gruesa}} + (P_4)_{\text{Arena Fina}} + (P_4)_{\text{Suelo}}]}$$

Por lo cual, la fórmula anterior puede ser fácilmente adaptada a los otros tres humedales, considerando que lo que varía será el lecho, con base a la porosidad, como principal variable decisoria. Entonces, para el segundo humedal o denominado ‘humedal referente’, la fórmula será:

$$b = \frac{V_H}{\gamma[(P_1)_{\text{Grava}} + (P_2)_{\text{Gravilla}} + (P_3)_{\text{Carbón Activado}} + (P_4)_{\text{Arena Gruesa y Fina}} + (P_4)_{\text{Suelo}}]}$$

Y para el tercer humedal o denominado ‘humedal evaluado’, la fórmula será:

$$b = \frac{V_H}{\gamma[(P_1)_{\text{Grava}} + (P_2)_{\text{Gravilla}} + (P_3)_{\text{Fibra de Caña de A.}} + (P_4)_{\text{Arena Gruesa y Fina}} + (P_4)_{\text{Suelo}}]}$$

Conforme a esto, entonces, los valores de la porosidad comercial, será equivalente a:

Tabla 10.

Valores de la Porosidad y Densidades de los Lechos utilizados

Lechos Filtrantes	Porosidad (%)	Densidad Máxima (kg/m ³)
Grava	45%	1710
Gravilla	60%	1645
Arena Gruesa	50%	876
Arena Fina	50%	986
Carbón Activado	60%	712
Fibra de <i>Saccharum officinarum</i>	16%	230
Suelo de turbas	90%	2950

Nota: Tomado a partir de valores máximos de referencia consultados en el Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico –RAS, consultado de Franceschi, M. y Guerra, M. (2015) y Pérez, R. (1997) de la FAO.

Al reemplazar los valores en las fórmulas, se determina que:

$$b_{h. \text{ blanco}} = 0,44 \text{ m} \quad b_{h. \text{ referente}} = 0,43 \text{ m} \quad b_{h. \text{ evaluado}} = 0,50 \text{ m}$$

Considerando las relaciones de bases presentadas anteriormente, entonces, se considera que el ancho más adecuado es el de $b = 0,50 \text{ m}$, lo que significa que el largo, que representa el doble, será igual a $L = 1 \text{ m}$.

Teniendo en cuenta esto, entonces, se calcularon las cantidades de materiales requeridos, teniendo en cuenta las densidades presentadas en la tabla 10 de la página anterior, y además, se sabe que la franja del volumen de cada lecho corresponde a:

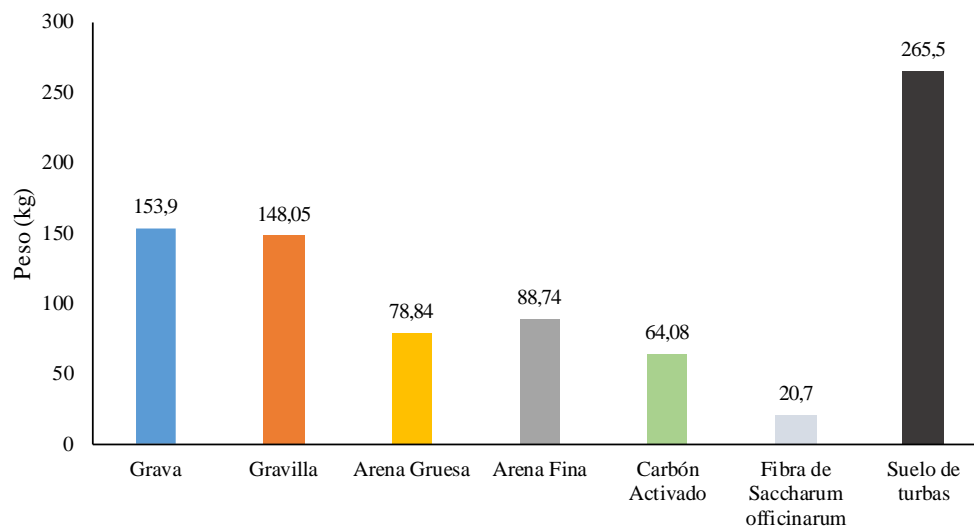
$$V_L = ybL = 0,18 \text{ m} \times 0,50 \text{ m} \times 1 \text{ m}$$

$$V_L = 0,09 \text{ m}^3$$

Entonces, al multiplicar el V_L por cada densidad máxima de los lechos filtrantes, se determina las cantidades que se necesitan de cada uno de estos.

Figura 35.

Cantidad de los materiales de los lechos filtrantes



Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

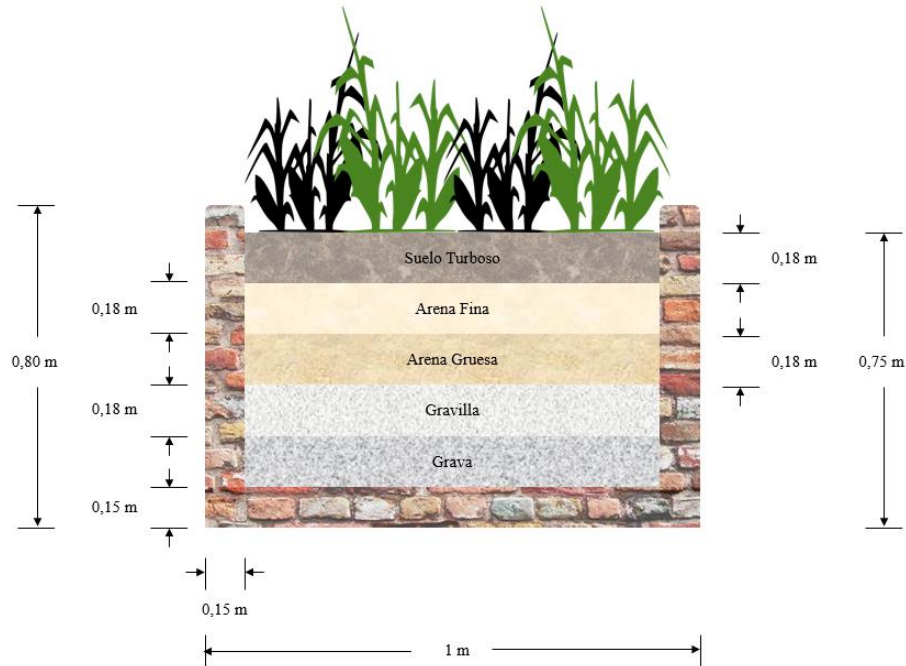
Determinado esto, entonces se procedió a realizar los diseños de los humedales, desde un punto de vista lateral corte B-B.

Posteriormente se hará el cálculo del sistema efluente y en las siguientes páginas a este cálculo, se presentarán en orden los diseños básicos de los humedales blanco, referente y evaluado, distinguiendo las dimensiones determinadas, el funcionamiento de estos es tipo batch o por secuencia, por lo cual, la planificación de la marcha operativa se indicará en posterior actividad.

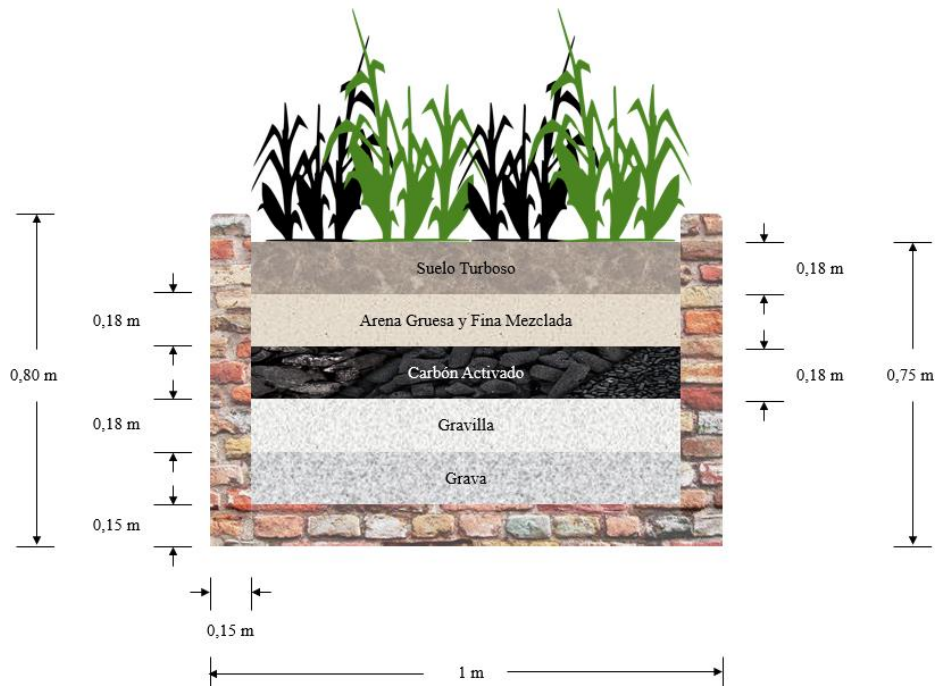
Figura 36.

Perfil B-B de los humedales artificiales del restaurante Cerromurillo

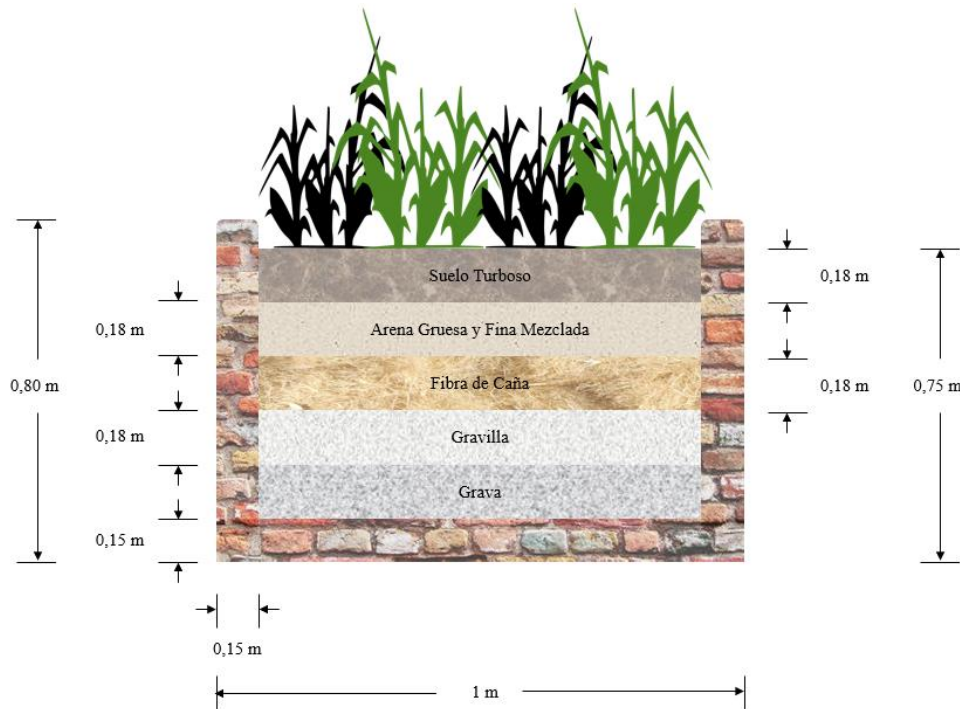
Primer Humedal o Humedal Blanco:



Segundo Humedal o Humedal Referente:



Tercer Humedal o Humedal Evaluado (continuación figura anterior)



Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Adicionalmente, se determinarán otros parámetros como es el área superficial de cada uno de los humedales artificiales:

$$A_s = \frac{Q \times t}{y p_o}$$

Dónde P_o corresponde a la porosidad promedio, que para cada humedal es diferente, para el Humedal Blanco sería de $P_o = 0,59$, para el Humedal Referente sería de $P_o = 0,61$ y para el Humedal Evaluado sería de $P_o = 0,522$. Por lo tanto, para el caudal dado y el tiempo de tratamiento teórico calculado, esto será igual a:

$$A_{s_1} = \frac{Q \times t}{y \times p_o} = \frac{0,2346 \frac{m^3}{día} \times 1,125 \text{ días}}{0,75 \text{ m} \times 0,59} = 0,59 \text{ m}^2$$

$$A_{s_2} = \frac{Q \times t}{y \times p_o} = \frac{0,2346 \frac{m^3}{día} \times 1,125 \text{ días}}{0,75 \text{ m} \times 0,61} = 0,58 \text{ m}^2$$

$$As_3 = \frac{Q \times t}{y \times p_o} = \frac{0,2346 \frac{m^3}{día} \times 1,125 \text{ días}}{0,75 \text{ m} \times 0,522} = 0,67 \text{ m}^2$$

Así de esta manera, se estima la Carga Hidráulica para cada humedal, con base a la siguiente formulación, la cuál será aplicada inmediatamente:

$$CH_1 = \frac{Q}{As_1} = \frac{0,2346 \frac{m^3}{día}}{0,59 \text{ m}^2} = 0,3976 \frac{m^3}{m^2 \text{ día}}$$

$$CH_2 = \frac{Q}{As_2} = \frac{0,2346 \frac{m^3}{día}}{0,58 \text{ m}^2} = 0,4045 \frac{m^3}{m^2 \text{ día}}$$

$$CH_3 = \frac{Q}{As_3} = \frac{0,2346 \frac{m^3}{día}}{0,67 \text{ m}^2} = 0,3501 \frac{m^3}{m^2 \text{ día}}$$

Por otra parte, se proyecta que la salida del agua sea una adaptación de tubería en flauta, que refiere a tubería con perforaciones que permiten que el paso del agua subsuperficial del humedal escurra hacia estas cavidades y sean evacuadas lentamente, para esto se instaló un caudal de 1 pulgada de diámetro, por lo cual, para determinar el número de perforaciones, es necesario determinar el área de la tubería:

$$A_T = \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \pi \times \left(\frac{0,0254 \text{ m}}{2}\right)^2 = 5,067071 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Para determinar el la Velocidad y chequearla en la tubería con el Caudal:

$$v_T = \frac{Q}{A_T} = \frac{0,2346 \frac{m^3}{día} \times \frac{1 \text{ día}}{86400 \text{ s}}}{5,067071 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$v_T = 5,358669 \times 10^{-3} \text{ m/s} < 0,3 \text{ m/s}$$

Ahora, se supone que toda la tubería en su capacidad volumétrica se encuentra llena y se quiere determinar que se desea vaciar esta con la velocidad dada, entonces, se determinará el número de perforaciones que se necesita para permitir el tránsito por una perforación del tamaño de 2 milímetros (grosor de un clavo de acero de 2 pulgadas de largo).

$$A_{\text{perforación}} = \pi r^2 = \pi \left(1 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right)^2$$

$$A_{\text{perforación}} = 0,000003141592654 \text{ m}^2$$

Para determinar el número de perforaciones, se divide el Área Total de la tubería respecto al Área de Perforación, el resultado obtenido es de aproximadamente 162 perforaciones:

$$\text{N}^\circ \text{ perforaciones} = \frac{A_T}{A_{\text{perforación}}}$$

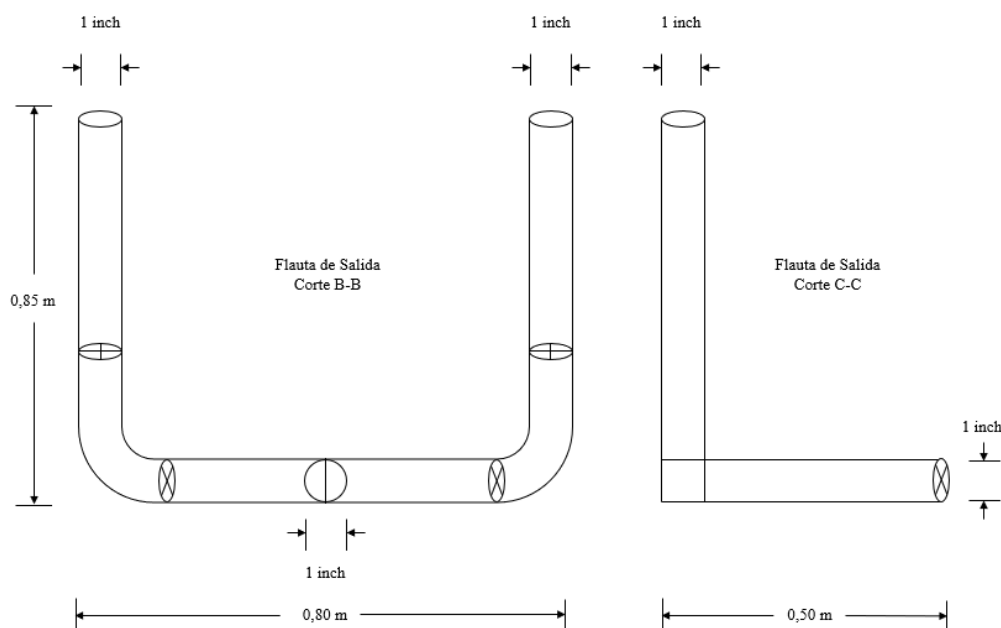
$$\text{N}^\circ \text{ perforaciones} = \frac{5,067071 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{0,000003141592654 \text{ m}^2}$$

$$\text{N}^\circ \text{ perforaciones} \cong 162$$

Por lo cual, se planificó la dimensión longitudinal de las tuberías de exceso y se contempló un diseño como el que se aprecia en la siguiente figura:

Figura 37.

Flauta de salida efluente de los humedales artificiales



Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

De la figura anterior, citando su corte B-B, que representa la flauta de salida de los humedales artificiales se puede decir que su dimensión vertical de 0,85 metros es diseñada para que sobresalga a la superficie de las unidades y, además, se proyecta que las perforaciones de estas tuberías verticales de salientes o rezagos, solo sea desde su base hasta 0,60 metros, así como durante la tubería horizontal de 0,80 metros. Además, desde el corte C-C se aprecia una tubería de 0,50 metros que sale de cada humedal, la cuál no está perforada, y que lleva a una válvula de mariposa que impedirá la salida del agua contenida en los humedales artificiales.

Para evaluar la integridad de la tubería, considerando el número de perforaciones que se estimaron, se considera la longitud a las cuáles se ha planificado las perforaciones, determinando el espaciamiento:

$$\text{Espaciamiento} = \frac{\text{Longitud Tubería}}{\text{N}^\circ \text{Espaciamiento} + 1}$$

$$\text{Espaciamiento} = \frac{2 \text{ m} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}}{162 + 1}$$

$$\text{Espaciamiento} = 1,227 \text{ cm}$$

Con base al cálculo se puede manifestar que esto parece razonable y no debería comprometer la integridad de la tubería siempre y cuando las perforaciones sean pequeñas, como las de 1 milímetro de diámetro. Es importante también considerar que las perforaciones no se encuentran alineadas exactamente una frente a la otra en lados opuestos de la tubería para evitar debilitarla, lo que quiere explicar es que su distribución es transversal sobre la longitud dimensional de la tubería.

6.2.2. Puesta en Marcha

Para la puesta en marcha, se consideró que por las dimensiones de los humedales artificiales y considerando la fuerte presión que ejercen los materiales utilizados sobre las paredes de contención fue mejor construirlos en ladrillo e impermeabilizando con aditivos plásticos a la mezcla de concreto, para ello, fue contratado un especialista maestro de obras y principalmente de estuarios y piscinas, cuyo rating de experiencia lo ha llevado a elaborar grandes obras de interés para los propietarios cercanos de varios predios.

La tabla de la siguiente figura presenta el procedimiento para la construcción:



Tabla 11.

Procedimiento llevado a cabo para la construcción de los Humedales Artificiales



Se inicia con la selección del terreno, su limpieza y plancha de concreto, para hacer el levantamiento de las estructuras en ladrillo y cemento con aditivo plastificante para evitar fugas de agua por el fondo de la estructura, ya que es más probable.



La construcción comienza con la disposición de ladrillos, no sin antes instalar la base de las flautas, con la cual se espera eliminar el exceso del agua que se encontrará dentro de los humedales artificiales. En este punto es muy importante esperar para hacer una evaluación preliminar y evitar fugas de agua por el fondo de la estructura.

Continuación de la Tabla



Cada unidad finalizada fue sometida a prueba para verificar si presentaban fugas, todas tuvieron problemas, puesto que aún no habían sido empañetadas, así como se aprecia en la fotografía presentada. Las unidades fueron construidas de manera precavida y para su función.



Los humedales artificiales, compartidos en un único complejo fueron situados en zona alejada del área de restaurante, aproximadamente 150 metros, muy cerca al sitio vertimiento de las aguas originadas por las actividades que se desarrollan en este lugar.

Continuación de la Tabla



Finalmente, fueron empañetadas las paredes internas de los humedales artificiales, posteriormente, cuando estas lograron su fraguado total, fueron sujetas a pruebas, encontrando pequeñas infiltraciones, en un ensayo que tomó 15 días de supervisión constante



Al identificar los puntos críticos, fueron nuevamente sujetas a mantenimiento las unidades de humedales artificiales, solucionando los puntos críticos por donde posiblemente se presentaron fugas, así, pudiendo obtener un resultado más habido para proceder a realizar el llenado con los lechos filtrantes.



Se inició el llenado de los humedales artificiales, disponiendo 18 centímetros de grava, tal como se había determinado en los cálculos anteriores del diseño de los modelos pilotos.



El siguiente paso fue añadir la gravilla, tal como se aprecia, su tamaño es inferior a la grava, por lo cual ocupa menos espacio y es coherente con base a la densidad y porosidad definida en sus características comerciales.



Se hizo la adición del carbón activado, el cuál es un recurso valioso obtenido en gránulos mayores, los cuáles fueron depositados en el segundo humedal como lecho filtrante y adhesivo de alto espectro en los sistemas de tratamiento.



La adición de la fibra de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) al tercer humedal representó un reto logístico, puesto que esta suele adoptar forma de arco cuando es secada y desmenuzarla es una opción difícil de conseguir de manera manual o artesanal.



Seguidamente, se hizo la adición de la arena gruesa y fina, conforme a como si distribuyeron en el diseño, así tal cual se llevó a cabo en la práctica, puesto que es fundamental como principal cimiento para la infiltración del agua hacia los lechos inferiores.



Asimismo, se procedió a añadir el suelo de turba o humedal, el cual se observa deshidratado por las condiciones extremas climáticas que se tuvieron cuando se realizó este trabajo, sin embargo, su humectación permitió garantizar que se pudiera realizar la siembra de las especies, tal como se aprecia en las siguientes fotografías.

Continuación de la Tabla



La *Typha* (Enea) fue obtenida en el río Guatapurí, al noreste de la ciudad de Valledupar, además, fue colectado lodo de río, el cuál ayudó al sostenimiento de la planta durante su traslado y resiembra en los humedales artificiales.



La siembra de la *Typha* y la *Portulaca oleracea* hicieron una cohesión competitiva, que, en veces, el crecimiento de la verdolaga era poco apreciativo. Durante este tiempo se alimentaron los humedales con mezcla de aguas residuales y agua de pozo para mejorar el rendimiento de la adaptación, proceso que tomó 20 días aproximadamente.



Fueron colectadas las muestras combinadas del efluente de los humedales artificiales, como se observa, fueron recortadas las tuberías para mejorar el proceso de transmisión del agua a través de las perforaciones ya que existía pendiente inversa que no le permitía escurrir.



Las muestras fueron almacenadas y llevadas al laboratorio para su respectivo examen fisicoquímico. El proceso se hizo durante la variación de tiempo definido $t = 1,125$ a 5 días.

Nota: Fotografías de la autoría de los Investigadores, 2023.

6.2.3. Eficiencia Del Tratamiento

Para determinar la eficiencia del tratamiento, se realizaron muestras compuestas considerando que estas fueron realizadas variando el periodo de retención en los humedales artificiales, por lo cuál se definieron tres tiempos de trabajo, que permitieron trabajar un caudal mínimo (1,125 días), medio (promedio) y máximo (5 días, conforme al artículo 180 de la resolución 0330 del 2017) (ver tabla 11); así mismo, se conservó la muestra entre un rango de temperatura de 4°C a 20°C y se obtuvieron los valores de los resultados de las caracterizaciones físicas, químicas y microbiológicas de los tres humedales.

Tabla 12.

Tiempo de Tratamiento y Caudal manejado para los humedales

Tiempos de Tratamiento (días)	Caudales (m ³ /día) ($Q = V/t$)	Volumen de suministro (m ³)	Muestras Realizadas (L)
1,125	0,2643 $\frac{m^3}{día}$	0,2346 m ³	1,5
3,0625	$Q = \frac{0,2346 m^3}{3,0625 días} = 0,0766 \frac{m^3}{día}$	0,2346 m ³	1,5
5	$Q = \frac{0,2346 m^3}{5 días} = 0,0469 \frac{m^3}{día}$	0,2346 m ³	1,5
Sumatoria		0,7038 m ³	4,5

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Considerando esto, se determina que el volumen de trabajo que es equivalente a 0,7038 m³ de los 2,7015625 m³, lo que representa el 26,05% del volumen total de vertimiento diario.

Seguidamente, se obtuvieron los resultados de las caracterizaciones físicas, químicas y microbiológicas de los laboratorios para cada uno de los t y Q , tal como se había indicado, esto llevó a resultados bastante alentadores en cuanto a cumplimiento normativo, pero existen diferencias notables en los tratamientos, puesto que el segundo humedal o Humedal Referente (con lecho de carbón activado) fue mucho más eficiente que el Primer y Tercer Humedal.

A continuación, se presenta los resultados de la caracterización del humedal blanco:

Tabla 13.

Caracterización física, químico y microbiológica del Humedal Blanco

Parámetros	Valores		Unidades
	Agua Tratada Humedal Blanco	Norma (Resolución 631 de 2015)	
Grasas y Aceites	34	20	mg/L
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	27	100	mg SST/L
pH	7,3	6 a 9	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	128	200	mg O2/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	99,8	90	mg O2/L
Sólidos Totales Disueltos (SDT)	21	<i>No lo establece</i>	mg STD/L
Nitrógeno Total	7,86	<i>Análisis y Reporte</i>	mg N/L
Fósforo Total	6,54	<i>Análisis y Reporte</i>	mg P/L
Coliformes Totales (NMP/100 mL)	< 5	<i>Análisis y Reporte</i>	NMP/100 mL
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	< 5	<i>Análisis y Reporte</i>	NMP/100 mL

Nota: Resultados realizadas con Laboratorio Cristalvioleta. Ver Anexos del Documento. 2023.

En la siguiente tabla se presenta la caracterización para el humedal referente:

Tabla 14.

Caracterización física, químico y microbiológica del Humedal Referente

Parámetros	Valores		Unidades
	Agua Tratada Humedal Referente	Norma (Resolución 631 de 2015)	
Grasas y Aceites	5,2	20	mg/L
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	17,0	100	mg SST/L
pH	7,8	6 a 9	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	54,3	200	mg O2/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	27,5	90	mg O2/L
Sólidos Totales Disueltos (SDT)	16,2	<i>No lo establece</i>	mg STD/L
Nitrógeno Total	5,54	<i>Análisis y Reporte</i>	mg N/L
Fósforo Total	3,67	<i>Análisis y Reporte</i>	mg P/L
Coliformes Totales (NMP/100 mL)	< 5	<i>Análisis y Reporte</i>	NMP/100 mL
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	< 5	<i>Análisis y Reporte</i>	NMP/100 mL

Nota: Resultados realizadas con Laboratorio Cristalvioleta. Ver Anexos del Documento. 2023.

En la siguiente tabla se presenta la caracterización para el humedal referente:

Tabla 15.

Caracterización física, químico y microbiológica del Humedal Evaluado

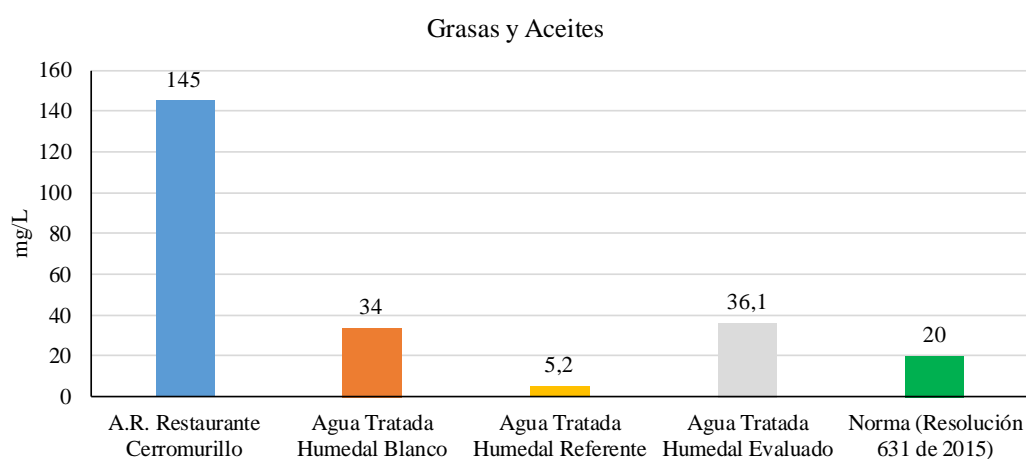
Parámetros	Valores		Unidades
	Agua Tratada Humedal Evaluado	Norma (Resolución 631 de 2015)	
Grasas y Aceites	36,1	20	mg/L
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	45	100	mg SST/L
pH	7,3	6 a 9	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	145	200	mg O2/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	115	90	mg O2/L
Sólidos Totales Disueltos (SDT)	41,2	<i>No lo establece</i>	mg STD/L
Nitrógeno Total	8,54	<i>Análisis y Reporte</i>	mg N/L
Fósforo Total	8,22	<i>Análisis y Reporte</i>	mg P/L
Coliformes Totales (NMP/100 mL)	131	<i>Análisis y Reporte</i>	NMP/100 mL
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	95	<i>Análisis y Reporte</i>	NMP/100 mL

Nota: Resultados realizadas con Laboratorio Cristalvioleta. Ver Anexos del Documento. 2023.

Considerando la caracterización preliminar (Tabla 6) y las caracterizaciones finales, entonces, se puede hacer una discusión más amplia de los resultados post al tratamiento:

Figura 38.

Comparación de los Resultados de la concentración de Grasas y Aceites



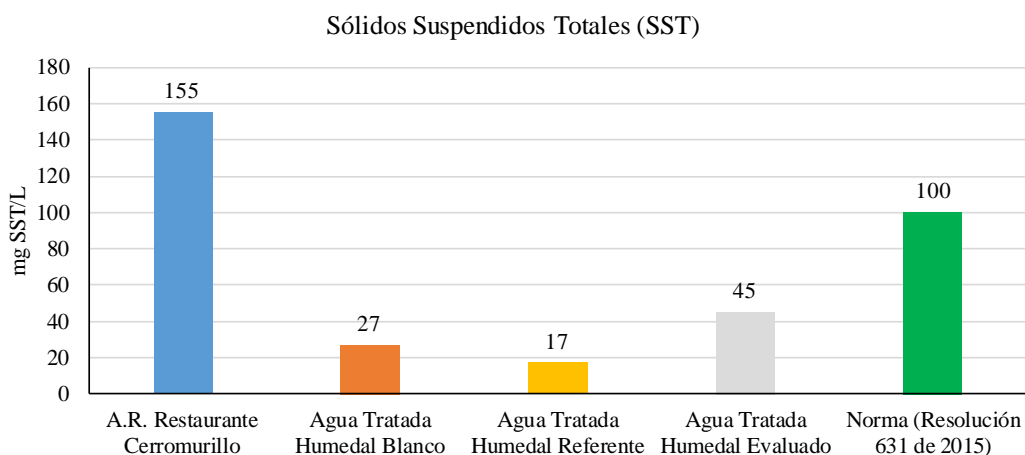
Nota: Elaborado por los Autores, 2023

El análisis preliminar de las aguas residuales del restaurante reveló una concentración de FOG de 145 mg/L, superando con creces el límite permisible de 20 mg/L definido por la Resolución 0631 de 2015 de Colombia. Esta concentración excesiva, como señalan Adetunji y Olaniran (2021), no solo representa una amenaza directa a la calidad del suelo y de las aguas subterráneas debido a la práctica de descarga en campo abierto, sino que también puede comprometer la estructura y la permeabilidad del suelo, afectando así a la flora y fauna local.

Frente a este escenario preocupante, los tres humedales artificiales diseñados para el tratamiento de estas aguas residuales muestran resultados prometedores. El humedal blanco logró reducir la concentración de FOG a 34 mg/L, el referente a 5.2 mg/L y el evaluado a 36.1 mg/L. Aunque todos los sistemas redujeron significativamente la concentración de FOG, el humedal referente, que incorpora carbón activado granular en su diseño, se destaca por su eficiencia, alcanzando niveles por debajo del límite normativo. Este éxito corrobora las observaciones de Gurd et al. (2018), quienes indican que los sistemas de tratamiento adecuados son fundamentales para mitigar los riesgos asociados con las descargas de FOG, incluso en entornos rurales que carecen de infraestructura de saneamiento avanzada

Figura 39.

Comparación de los Resultados de la concentración de Sólidos Suspendedos Totales

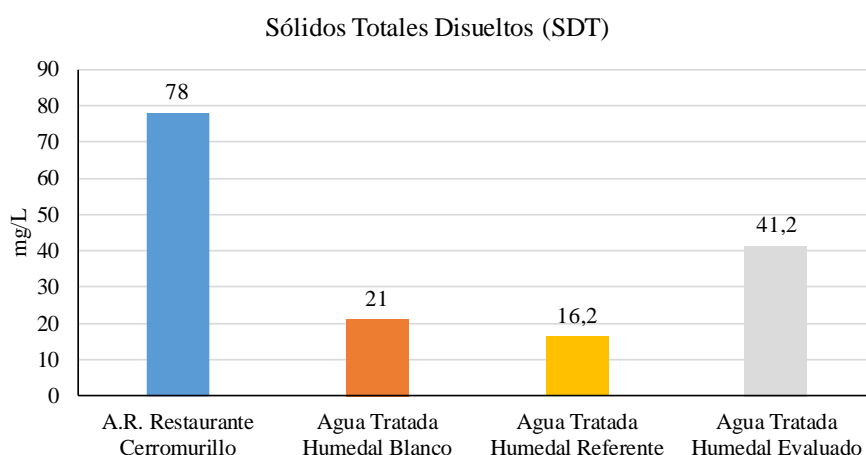


Nota: Elaborado por los Autores, 2023

La evaluación inicial de las aguas residuales del Restaurante Cerromurillo indicó una preocupante concentración de Sólidos Suspendedos Totales (SST) de 155 mg/L, superando el umbral establecido de 100 mg/L según la normativa colombiana. Esta alta presencia de SST, tal como subraya Adjovu et al. (2023), sugiere una carga considerable de materia en suspensión, que puede ser perjudicial para ecosistemas acuáticos receptores, al influir negativamente en la calidad del agua y en la vida acuática. En respuesta a esto, el tratamiento a través de humedales artificiales ha demostrado ser efectivo: el humedal blanco redujo los SST a 27 mg/L, el referente a 17 mg/L y el evaluado a 45 mg/L. Estas cifras reflejan la eficacia de los humedales en la eliminación de partículas en suspensión, con el humedal referente mostrando la mayor eficiencia, probablemente debido a la inclusión de carbón activado en su diseño.

Figura 40.

Comparación de los Resultados de la concentración de Sólidos Totales Disueltos

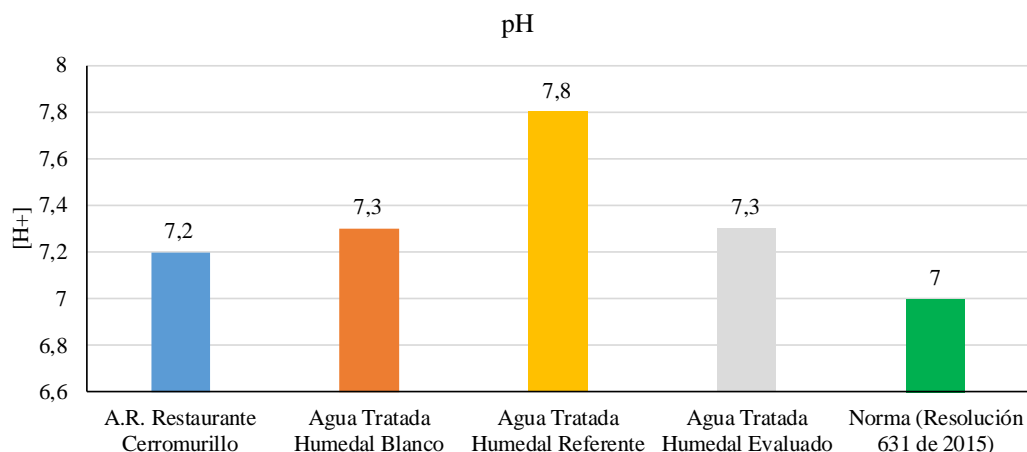


Nota: Elaborado por los Autores, 2023

Por otro lado, la medida de los Sólidos Totales Disueltos (SDT) en la caracterización inicial fue de 78 mg/L, sin un límite específico normativo que regulara estos valores. Sin embargo, el seguimiento de los SDT es crucial para evaluar la calidad general del agua. Post-tratamiento, los humedales artificiales mostraron resultados variados: 21 mg/L para el humedal blanco, 16,2 mg/L para el referente y 41,2 mg/L para el evaluado.

Figura 41.

Comparación de los Resultados de la concentración de pH



Nota: Elaborado por los Autores, 2023

La normativa vigente en Colombia, así como los estándares establecidos por Pescod (1992), concuerdan en que el pH de las aguas residuales debe mantenerse en un rango específico para evitar impactos negativos tanto en el medio ambiente como en su potencial uso agrícola. Antes del tratamiento en los humedales artificiales, el pH de las aguas residuales del Restaurante Cerromurillo era de 7.2, situándose cómodamente dentro de los límites normativos y denotando una neutralidad que favorece diversas aplicaciones, incluyendo el riego.

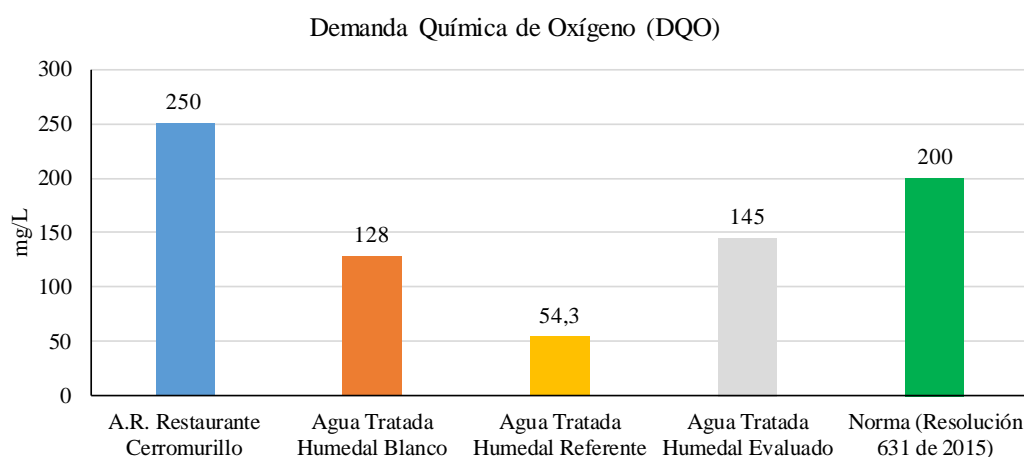
Después de la implementación de los humedales, se observaron ligeras variaciones en los valores de pH: 7.3 en el humedal blanco y evaluado, y 7.8 en el humedal referente, indicando que el tratamiento ha mantenido el pH dentro de un rango neutral y aceptable, alineándose con los hallazgos de Olabode et al. (2020), que reflejan una tendencia similar en aguas residuales tratadas.

El mantenimiento de un pH neutro en las aguas residuales es crucial, ya que valores extremos podrían implicar riesgos de corrosión de infraestructuras y daños a la vida acuática, como menciona Popa (2012). La eficacia de los humedales en mantener un pH estable sugiere que su contribución va más allá de la mera neutralización; fomenta un ambiente propicio para el crecimiento de plantas como la Enea y la Verdolaga y para la actividad microbiana, que es esencial en el proceso de depuración del agua.

Este equilibrio de pH refuerza el potencial de las aguas tratadas para el uso en riego, cumpliendo con los criterios tanto de la legislación local como de las recomendaciones de expertos en la calidad del agua para la agricultura.

Figura 42.

Comparación de los Resultados de la concentración de DQO



Nota: Elaborado por los Autores, 2023

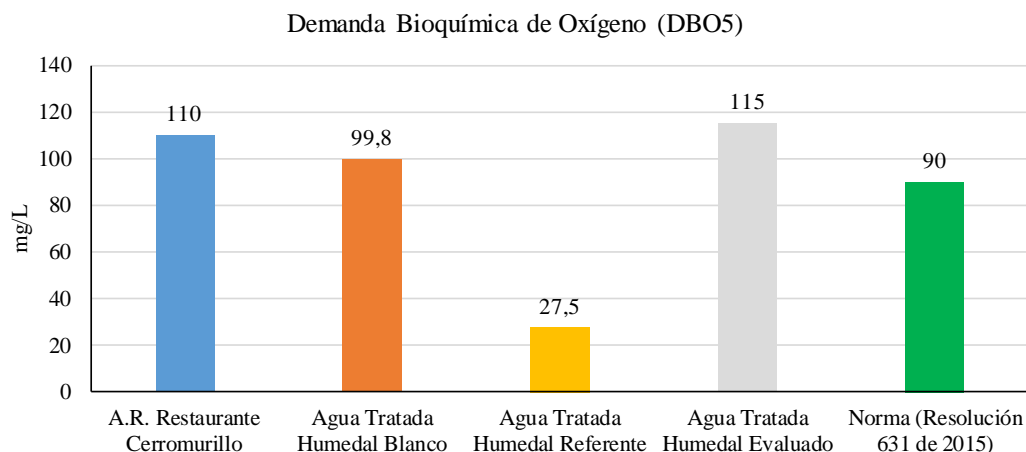
La medición inicial de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en las aguas residuales del Restaurante Cerromurillo arrojó un valor de 250 mg/L, evidenciando un exceso sobre el límite permisible de 200 mg/L que estipula la normativa colombiana. Este parámetro, como destaca Ramírez (2008), es un indicador crucial del contenido orgánico presente y su potencial

impacto ambiental. La aplicación de humedales artificiales para el tratamiento de estas aguas mostró una reducción significativa en la DQO: 128 mg/L en el humedal blanco, 54.3 mg/L en el humedal referente y 145 mg/L en el humedal evaluado. Tal disminución enfatiza la capacidad de los humedales para mejorar la calidad del agua, aunque solo el humedal referente logró valores por debajo del umbral normativo.

El proceso de tratamiento con humedales no solo cumplió con la reducción de la carga orgánica, reflejada en los niveles de DQO, sino que también destacó la diferencia entre la efectividad de los distintos tipos de lechos utilizados. El humedal referente, con su combinación de carbón activado, presentó la mayor eficiencia, subrayando la observación de Ramírez (2008) sobre la importancia de elegir adecuadamente los procesos de depuración.

Figura 43.

Comparación de los Resultados de la concentración de DBO5



Nota: Elaborado por los Autores, 2023

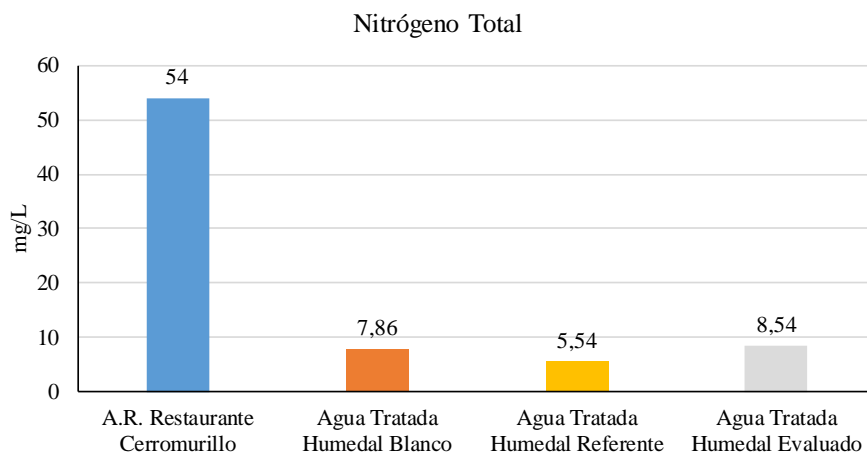
La superación de los límites normativos de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en las aguas residuales del Restaurante Cerromurillo, con una concentración inicial de 110 mg/L, indica una presencia considerable de materia orgánica biodegradable.

Los estudios realizados en los humedales artificiales muestran una reducción en la DBO5: 99,8 mg/L en el humedal blanco, 27,5 mg/L en el humedal referente y 115 mg/L en el humedal evaluado. Aunque solo el humedal referente alcanzó niveles por debajo del límite normativo, estos resultados resaltan la eficacia de las técnicas de tratamiento biológico en la descontaminación del agua.

La necesidad de optimizar los tratamientos de aguas residuales, como sugiere Ngoc et al. (2020), se hace patente en el contexto del restaurante. La implementación de estrategias que promuevan la actividad de consorcios microbianos especializados en la degradación de la materia orgánica podría ser clave en la mejora de la calidad del agua. En particular, el humedal referente, que posiblemente favorece la proliferación de microorganismos eficientes como *Pseudomonas aeruginosa*, muestra una notable reducción en la DBO5, lo que subraya la relevancia de seleccionar los componentes de tratamiento más efectivos.

Figura 44.

Comparación de los Resultados de la concentración de Nitrógeno



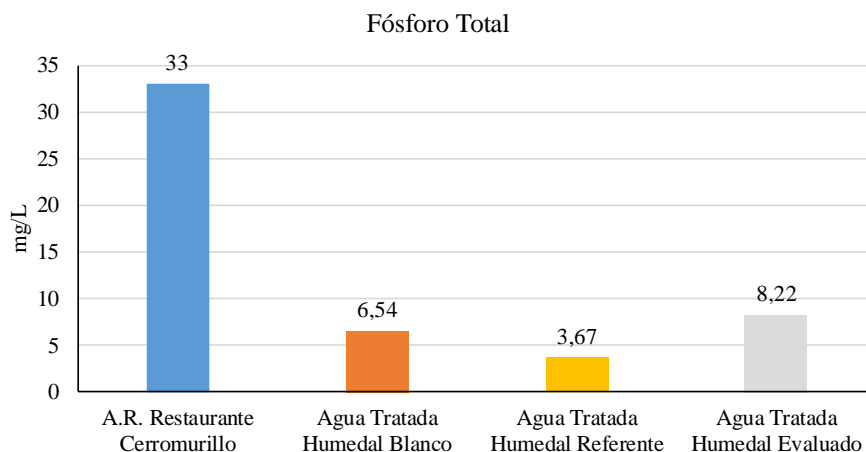
Nota: Elaborado por los Autores, 2023

En el análisis de las aguas residuales del Restaurante Cerromurillo, los niveles de nitrógeno y fósforo antes del tratamiento alcanzaban los 54 mg/L y 33 mg/L, respectivamente. Estas concentraciones, aunque no sobrepasan los límites específicos, pues la normativa colombiana no los establece, son preocupantes por sus potenciales efectos eutróficos, como indican Cárdenas y Sánchez (2013).

La eutrofización puede conducir a un crecimiento descontrolado de algas y a la consecuente disminución del oxígeno disuelto, lo cual deteriora la calidad del agua y afecta negativamente a los ecosistemas acuáticos. Los humedales artificiales implementados mostraron diferentes grados de eficacia en la reducción de estos nutrientes, con el humedal blanco alcanzando niveles de 7,86 mg/L y 6,54 mg/L, el referente 5,54 mg/L y 3,67 mg/L, y el evaluado 8,54 mg/L y 8,22 mg/L para nitrógeno y fósforo, respectivamente, evidenciando la capacidad de estos sistemas para atenuar la concentración de nutrientes críticos.

Figura 45.

Comparación de los Resultados de la concentración de Fósforo



Nota: Elaborado por los Autores, 2023

Además, la preocupación señalada por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA, 2018) respecto a las implicaciones ambientales y sanitarias del nitrógeno y el fósforo en el agua se ve reflejada en los esfuerzos del Restaurante Cerromurillo por tratar sus aguas residuales. La reducción de estos compuestos es vital, no solo para prevenir la eutrofización sino también para minimizar el riesgo de toxicidad en el agua y suelo, particularmente en un contexto donde las aguas residuales tienen el potencial de infiltrarse en el suelo y en las aguas subterráneas.

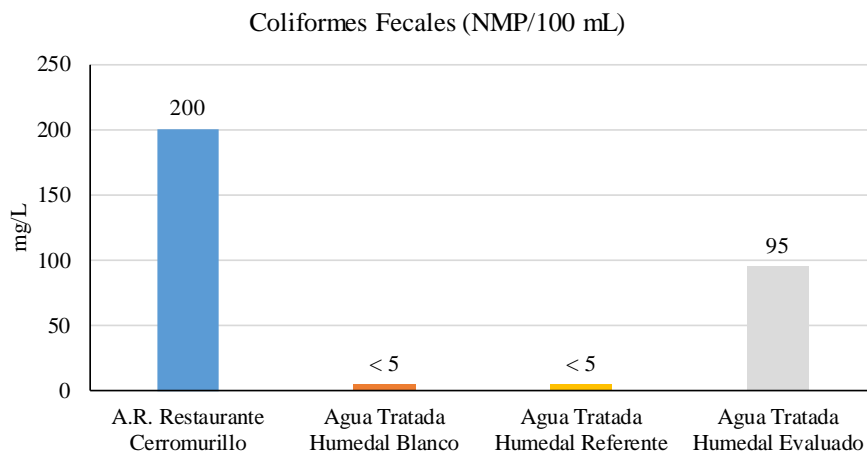
Los resultados obtenidos demuestran que los humedales construidos, especialmente el referente con su lecho de carbón activado, son efectivos en la reducción de nitrógeno y fósforo, aunque se debe continuar monitoreando y optimizando estos sistemas para asegurar la protección continua del medio ambiente y la salud pública.

Por último, La evaluación inicial de las aguas residuales del Restaurante Cerromurillo reveló una carga preocupante de Coliformes Totales y Fecales, ambos con valores de 200 NMP/100 mL, superando los estándares de calidad microbiológica del agua y señalando una posible contaminación fecal. Como Muñoz y Baumann (2017) identifican, los Coliformes Totales sirven como indicadores generales de contaminación y la presencia de Coliformes Fecales es aún más alarmante, ya que implica una contaminación directa por materias fecales que podría permitir la entrada de patógenos en el agua.

Esta situación representa un riesgo significativo para la seguridad alimentaria y requiere medidas de tratamiento efectivas para proteger la salud pública.

Figura 46.

Comparación de los Resultados de la concentración de Coliformes Fecales



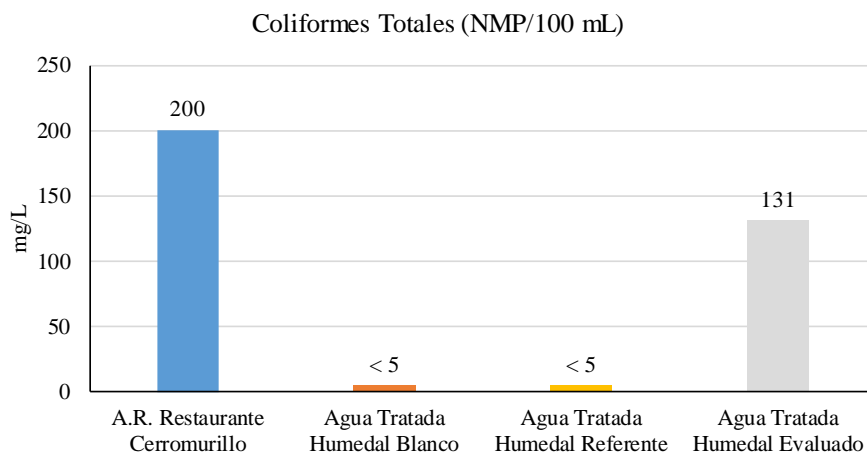
Nota: Elaborado por los Autores, 2023

La evaluación inicial de las aguas residuales del Restaurante Cerromurillo reveló una carga preocupante de Coliformes Totales y Fecales, ambos con valores de 200 NMP/100 mL, superando los estándares de calidad microbiológica del agua y señalando una posible contaminación fecal.

Como Muñoz y Baumann (2017) identifican, los Coliformes Totales sirven como indicadores generales de contaminación y la presencia de Coliformes Fecales es aún más alarmante, ya que implica una contaminación directa por materias fecales que podría permitir la entrada de patógenos en el agua. Esta situación representa un riesgo significativo para la seguridad alimentaria y requiere medidas de tratamiento efectivas para proteger la salud pública.

Figura 47.

Comparación de los Resultados de la concentración de Coliformes Totales



Nota: Elaborado por los Autores, 2023

Por consiguiente y a modo de resumen general, al examinar las aguas residuales del Restaurante Cerromurillo y los resultados posteriores al tratamiento con humedales artificiales, se observa una notable mejora en la calidad del agua, aunque con variaciones entre los distintos parámetros y humedales. Inicialmente, los niveles de Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) superaron los límites establecidos por la normativa colombiana, indicando una alta presencia de materia orgánica y partículas en suspensión, como lo refleja el estudio de Ramírez (2008). Sin embargo, tras el tratamiento, se evidencia una reducción significativa de estos parámetros en todos los humedales, siendo el humedal referente el que presentó los mejores resultados, posiblemente debido a la inclusión de carbón activado en su configuración.

Los niveles de pH se mantuvieron dentro del rango permitido antes y después del tratamiento, alineándose con las observaciones de Pescod (1992) y demostrando que, al menos en este aspecto, las aguas residuales del restaurante no representan un riesgo directo para el uso en riego. En cuanto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), los valores iniciales excedían los límites normativos, pero los humedales lograron reducirlos eficazmente, con el humedal blanco mostrando una disminución significativa, lo que sugiere la efectividad de los consorcios microbianos naturales en la descomposición de materia orgánica, como lo resalta Ngoc et al. (2020).

El análisis de los nutrientes como nitrógeno y fósforo, aunque no están regulados por límites específicos en la legislación colombiana, mostró una disminución en sus concentraciones post-tratamiento, lo que es crucial para prevenir la eutrofización. Los hallazgos respaldan la importancia de controlar estos nutrientes, subrayada por Cárdenas y Sánchez (2013), y la efectividad de los humedales en su remoción, aunque el humedal evaluado presentó los niveles más altos post-tratamiento, indicando la necesidad de revisar su diseño o funcionamiento.

Finalmente, la presencia de Coliformes Totales y Fecales en las aguas residuales tratadas revela la eficacia de los sistemas de humedales en la reducción de la contaminación microbiológica, en concordancia con las preocupaciones expresadas por Muñoz y Baumann (2017) sobre los riesgos para la salud pública. A pesar de la mejoría, el humedal evaluado aún mostró valores residuales de coliformes, lo que sugiere que es el menos efectivo en la eliminación de patógenos y que se requiere una evaluación y ajuste de los procesos de tratamiento para alcanzar un nivel seguro para la salud y el medio ambiente.

Posteriormente, se determinó la eficiencia del tratamiento considerando la siguiente fórmula matemática expresadas en término de concentración o valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, presentados así:

$$E(\%) = \left(1 - \frac{C}{C_0}\right) \times 100$$

Por consiguiente, se evaluó la eficiente para cada uno de los parámetros y para cada uno de los humedales, el resultado se presenta en la tabla distinguida en la página siguiente.

La comparativa de eficiencias entre los humedales utilizados para el tratamiento de las aguas residuales del Restaurante Cerromurillo ofrece una perspectiva clara del impacto de los distintos materiales y configuraciones en la depuración del agua. El Humedal Referente, con una eficiencia global del 87,95%, demuestra ser el más efectivo en la reducción de contaminantes. Su diseño, que incorpora una mezcla de arena gruesa y fina junto con carbón activado granular, parece ser decisivo en la mejora de la calidad del agua, logrando una remoción significativa de sustancias orgánicas, nitrógeno y fósforo, así como una eliminación prácticamente total de los coliformes totales y fecales.

Tabla 16.

Evaluación de la eficiencia de remoción de los humedales artificiales

Parámetros	Valores Porcentuales (%)		
	Agua Tratada Humedal Blanco	Agua Tratada Humedal Referente	Agua Tratada Humedal Evaluado
Grasas y Aceites	76,55%	96,41%	75,10%
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	82,58%	89,03%	70,97%
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	48,80%	78,28%	42,00%
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	9,27%	75,00%	-4,55%
Sólidos Totales Disueltos (SDT)	73,08%	79,23%	47,18%
Nitrógeno Total	85,44%	89,74%	84,19%
Fósforo Total	80,18%	88,88%	75,09%
Coliformes Totales (NMP/100 mL)	97,50%	97,50%	34,50%
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	97,50%	97,50%	52,50%

Nota: Elaborado por los Autores, 2023

Por otro lado, el Humedal Evaluado muestra una eficiencia global del 53,00%, la más baja entre los tres sistemas evaluados. A pesar de que la fibra de caña de azúcar prometía ser un buen complemento por su capacidad de absorción y por ofrecer una superficie para la fijación de microorganismos, los resultados sugieren que su contribución no fue suficiente para competir con la eficacia del carbón activado del Humedal Referente. El Humedal Blanco, con una eficiencia del 72,32%, también logra resultados notables, especialmente considerando que no utiliza carbón activado, lo que podría implicar una opción más económica y sostenible, pero con una menor eficacia en comparación con el Humedal Referente.

La utilización de fibra de caña de azúcar en el Humedal Evaluado aporta varios aspectos positivos al tratamiento de las aguas residuales, a pesar de que la eficiencia global no superó a la de los otros humedales. Este material orgánico es una alternativa sostenible y de bajo costo que se puede obtener fácilmente como subproducto de la industria azucarera, lo que contribuye a un enfoque de economía circular y reduce la necesidad de desechar o quemar los residuos de caña.

Desde el punto de vista técnico, la fibra de caña posee una gran superficie específica que favorece la adhesión y el crecimiento de colonias microbianas, esenciales en la degradación de materia orgánica. Además, su estructura porosa permite una buena aireación y distribución del agua, aspectos fundamentales para los procesos aeróbicos de depuración. En este caso, aunque la eficiencia del Humedal Evaluado fue menor en comparación con el Humedal Referente, la fibra de caña de azúcar mostró su potencial para ser utilizada en sistemas de tratamiento de agua por su contribución a la mejora de la calidad del agua en términos de nitrógeno y fósforo.

Estos beneficios resaltan la viabilidad de la fibra de caña de azúcar como componente en sistemas de tratamiento de aguas residuales, especialmente en áreas donde se buscan alternativas más verdes y económicas. Además, su uso podría optimizarse aún más mediante la combinación con otros materiales o procesos, para alcanzar o incluso superar la eficacia de sistemas más convencionales como los que utilizan carbón activado.

Análisis y Discusión con Autores Referentes a la Temática

Al analizar tres humedales artificiales específicos con diferentes configuraciones de materiales, se revelan diferencias sustanciales en sus eficiencias globales, lo que ofrece una oportunidad única para entender el impacto de estos materiales en el tratamiento de aguas residuales.

El Humedal Blanco, compuesto por grava, gravilla, arena gruesa y fina, suelo de turbas o humedales, Enea y Verdolaga, muestra una eficiencia global del 72.32%. Esta configuración, que se alinea con enfoques tradicionales en la construcción de humedales, refleja una eficacia que se encuentra dentro del rango reportado por estudios como el de Vymazal (2013). Sin embargo, la eficiencia global no especifica la eficacia contra contaminantes particulares, lo que subraya la necesidad de un análisis más detallado para comprender completamente su rendimiento.

Por otro lado, el Humedal Referente, que introduce el carbón activado en una configuración similar a la del Humedal Blanco, alcanza una eficiencia significativamente mayor del 87.95%. Esta mejora puede atribuirse a la capacidad del carbón activado para remover compuestos orgánicos y metales pesados, según estudios como el de Ong et al. (2010).

Aunque esta eficiencia elevada es prometedora, los aspectos de costo y sostenibilidad del uso del carbón activado deben ser cuidadosamente evaluados, ya que pueden influir en la viabilidad a largo plazo de esta configuración.

En contraste, el Humedal Evaluado, que utiliza fibra de *Saccharum officinarum* (caña de azúcar) junto con los materiales empleados en el Humedal Blanco, muestra una eficiencia global más baja del 53%. Este resultado es particularmente interesante, ya que investigaciones anteriores, como las realizadas por Del Angel et al., han indicado que los subproductos de la caña de azúcar pueden ser efectivos en el tratamiento de aguas residuales. La disminución en la eficiencia sugiere que la eficacia de la fibra de caña de azúcar es altamente dependiente de factores específicos como la preparación, la cantidad y las características particulares del agua tratada.

Este análisis comparativo destaca la complejidad de diseñar humedales artificiales eficientes y la importancia de considerar una variedad de factores, incluyendo el tipo de materiales utilizados, su costo y sostenibilidad, así como la naturaleza específica de las aguas residuales a tratar. Aunque cada configuración presenta sus propias ventajas y desventajas, el análisis subraya la necesidad de un enfoque equilibrado y bien informado en el diseño y la operación de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales.

6.3. FORMULACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE APLICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE REDUCCIÓN DE VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES A BENEFICIO TRIBUTARIO POR CONTROL, CONSERVACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE CONFORME A LOS REQUISITOS DE LA RESOLUCIÓN 509 DE 2018 DEL MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE.

6.3.1. Evaluación De Aplicabilidad

Para esta actividad, se elaboró una lista de chequeo con base a la resolución 509 del 2018, la cual establece los requisitos de aplicación al beneficio tributario por control, conservación y mejoramiento del medio ambiente, estableciendo un sistema de tratamiento por humedales para las aguas residuales provenientes del restaurante Cerromurillo. A continuación, se presenta la lista de chequeo y la respuesta dadas por los investigadores:

- Evaluación de Elegibilidad

¿La empresa es una persona jurídica? *Peso: 20%*

Sí No

¿Se realiza la inversión independientemente y no por mandato de una autoridad ambiental? *Peso: 20%*

Sí No

¿La inversión no está relacionada con la mitigación del impacto ambiental de una licencia ambiental? *Peso: 20%*

Sí No

- Preparación de la Solicitud

¿Se ha obtenido y completado correctamente el Formato Único de Solicitud de Certificación Ambiental? *Peso: 5%*

Sí No

¿Se ha preparado una declaración jurada sobre la naturaleza independiente de la inversión? *Peso: 5%*

Sí No

¿Se ha descrito detalladamente la inversión realizada, incluyendo todos los aspectos requeridos? *Peso: 10%*

Sí No

- Documentación Técnica y Anexos

¿Se han completado y adjuntado los Formatos 1 a 5 según corresponda a la inversión? *Peso: 10%*

Sí No

¿Se ha preparado y adjuntado el soporte técnico requerido por la normativa específica?

Peso: 5%

Sí No

- Procedimiento de Solicitud

¿Se ha radicado la solicitud ante la Autoridad Ambiental Competente con todos los requisitos? Peso: 2.5%

Sí No

¿Se está preparado para proporcionar información o documentación adicional si es solicitada? Peso: 2.5%

Sí No

- Seguimiento y Renovación (para proyectos por fases)

¿Se ha planificado la renovación anual de la certificación para proyectos por fases? Peso: 2.5%

Sí No

¿Se mantiene un registro detallado de las fases o etapas del proyecto? Peso: 2.5%

Sí No

- Uso de Plataformas y Herramientas

¿Se utiliza correctamente la Ventanilla Integral de Trámites Ambientales en Línea (VITAL) para el envío de solicitudes? Peso: 2.5%

Sí No

- Coordinación con Entidades Tributarias

¿Se ha informado a la DIAN sobre la certificación obtenida? Peso: 2.5%

Sí No

¿Se está preparado para cualquier proceso de vigilancia y control por parte de la entidad tributaria? Peso: 2.5%

Sí No

- Vigencia y Normativa Complementaria

¿Se ha revisado si ha habido cambios en la normativa desde la fecha de publicación de la Resolución 509 de 2018? Peso: 5%

Sí No

- Notificaciones y Correcciones Formales

¿Se está atento a las notificaciones o comunicaciones sobre correcciones formales? Peso: 5%

Sí No

De manera resumida, conforme a estos resultados, se indica que el Restaurante Cerromurillo ha obtenido un puntaje de 90% basado en la lista de chequeo y los criterios establecidos en la Resolución 509 de 2018. Esto indica que cumple con la mayoría de los requisitos para obtener el beneficio tributario por inversiones en control del medio ambiente y conservación y mejoramiento del medio ambiente. Sin embargo, hay aspectos específicos que necesitan atención, como la inversión relacionada con la mitigación del impacto ambiental de una licencia ambiental y varios pasos en el procedimiento de solicitud. Estos aspectos deben ser revisados y corregidos para cumplir completamente con los requisitos y maximizar el potencial de obtener el beneficio tributario completo.

Por otra parte, conociendo que es poco para la viabilidad del proyecto como beneficio tributario que compensaría la inversión a largo plazo, se redimensionan los resultados a una escala real física, teniendo en cuenta que el factor de escalamiento (F.E.) se tomará con base al caudal real más la desviación estándar respecto al caudal del prototipo.

$$F. E. = \frac{Q_A}{Q_H} = \frac{2,7015625 \frac{m^3}{día}}{0,2346 \frac{m^3}{día}}$$

$$F.E. = 11,51561168$$

Por consiguiente, se hacen los ajustes pertinentes a las dimensiones y se presentan otros ajustes, al multiplicar cada parámetro de dimensión con el factor de escalamiento:

Tabla 17.

Redimensionamiento a Escala Real de los Parámetros de los Humedales

Parámetros	Piloto	Escalado
Q (m ³ /día)	0,2346	2,7015625
b (m)	0,5	5,7578058
L (m)	1	11,515612
y (m)	0,75	8,6367088
V (m ³)	0,2346	2,7015625
V _L (m ³)	0,09	1,0364051
As (m ²)	0,67	7,7154598
CH (m ³ /m ² /día)	0,3501	4,0316156
No. Perforaciones	162	1866
Diámetro Tubería (m)	0,0254	0,2924965
Longitud Tubería (m)	2	23,031223
Espaciamiento (cm)	1,227	14,129656

Nota: Elaborado por los Autores, 2023

Sin embargo, como se aprecia, la profundidad de escalado es bastante prominente, por lo cual, esta se llevará hasta 1,5 metros. Para esto se utilizará el área superficial necesaria a escala real y ajustando la relación largo y ancho en 3:1, como relación normativa del artículo 180 de la resolución 0330 del 2017.

$$V = ybL = y4b^2$$

$$2,7015625 \text{ m}^3 = 1,5 \text{ m} \times 4b^2$$

$$b = \sqrt{\frac{2,7015625 \text{ m}^3}{1,5 \text{ m} \times 3 \text{ m}^2}}$$

$$b \cong 0,77 \text{ m}$$

Al determinar la longitud, tendría un $L \approx 2,32$ metros.

6.3.2. Cálculo De Beneficio Tributario

Para determinar el beneficio tributario, primeramente, se busca estimar con base a los resultados de las caracterizaciones, el tiempo de retención hidráulico necesario, considerado para que la concentración de vertimiento de los parámetros de más interés: Grasas y Aceites, Sólidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Nitrógeno Total y Fósforo Total, lleguen a cero, por lo tanto, se emplea la fórmula estimada para este tiempo:

$$t = \frac{\ln(C/C_0)}{-1,759608 \text{ días}^{-1}}$$

Ya que lo que se busca es llevar estos parámetros a las unidades de medición adecuadas para estimar el flujo másico de cada una de ellas tanto en su entrada (valores preliminares) como de vertimiento (valores finales). El cálculo del tiempo permite determinar:

Tabla 18.

Tiempos de Retención adecuados para el tratamiento de las aguas residuales

Parámetros	Valores			Unidades
	Agua Tratada Humedal Blanco	Agua Tratada Humedal Referente	Agua Tratada Humedal Evaluado	
Grasas y Aceites	2,83	2,83	2,83	día
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	2,87	2,87	2,87	día
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	3,14	3,14	3,14	día
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	2,67	2,67	2,67	día
Sólidos Totales Disueltos (SDT)	2,48	2,48	2,48	día
Nitrógeno Total	2,27	2,27	2,27	día
Fósforo Total	1,99	1,99	1,99	día

Coliformes Totales (NMP/100 mL)	3,01	3,01	3,01	día
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	3,01	3,01	3,01	día

Nota: Elaborado por los Autores, 2023

El tiempo teórico de retención máximo estimado es de 3,14 días, lo que es suficiente considerando las jornadas de trabajo del Restaurante Cerromurillo y permite calidad al final.

Por consiguiente, entonces, se puede estimar los valores de los flujos máxicos para el caudal de tratamiento, al multiplicar la concentración de vertimiento por el caudal, y se obtiene el beneficio ambiental al determinar la eficiencia entre el flujo máxico final y esperado respecto al flujo máxico actual o, de entrada. Los resultados del cálculo del beneficio ambiental se presentan a continuación:

Tabla 19.

Determinación del Beneficio Ambiental

Parámetro	Concentración Actual de Descarga (kg/día)	Concentración esperada en descarga (kg/día)	Beneficio Ambiental (%)
Grasas y Aceites	0,391727	2,7016	85,50%
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	0,418742	2,7016	84,50%
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	0,675391	2,7016	75,00%
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	0,297172	2,7016	89,00%
Nitrógeno Total	0,089152	2,7016	96,70%
Fósforo Total	0,540313	2,7016	80,00%

Nota: Elaborado por los Autores, 2023

Con base a la resolución 509 de 2018 y el artículo 255 y 258 del Estatuto Tributario colombiano y el decreto 2205 del 2017, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MINAMBIENTE, se espera un cumplimiento superior a 85% del beneficio ambiental, en donde no se alcanza a optar el beneficio para los parámetros SST, DQO y Fósforo Total, por lo tanto, es concluyente que se deben aunar esfuerzos de otras series de tratamientos para alcanzar el cumplimiento de estos parámetros al beneficio ambiental, cuyo límite es poco, tal vez, se podrían hacer ajustes al humedal, añadiendo otro lecho o adicionando microorganismos que ayuden a la reducción relativa de estos parámetros.



7. CONCLUSIONES

Este proyecto de grado ha permitido una comprensión detallada de las dinámicas de consumo y producción de agua, así como de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos asociados a las aguas residuales generadas por la actividad del restaurante Cerromurillo.

La caracterización preliminar evidencia que, si bien el pH de las aguas residuales cumple con las normativas colombianas y se ajusta a los estándares aceptables para el riego según Pescod, la presencia de grasas y aceites (FOG), sólidos suspendidos totales (SST), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno y fósforo, así como coliformes fecales y totales, superan los límites permisibles o representan una preocupación ambiental y sanitaria significativa.

En particular, los niveles elevados de FOG y SST no solo exceden los límites establecidos por la Resolución 0631 de 2015, sino que también implican riesgos ambientales relacionados con la salud del suelo y la posibilidad de obstrucciones en infraestructuras de saneamiento inexistentes en la zona.

La DBO y la DQO sobrepasan los máximos permisibles, reflejando una alta carga de materia orgánica biodegradable y sugiriendo la insuficiencia de los procesos de tratamiento actuales del restaurante. La presencia de nitrógeno y fósforo, aunque no regulada por límites específicos, es indicativa de potenciales problemas de eutrofización y contaminación de aguas subterráneas, particularmente preocupante en el contexto campestre del restaurante.

Por otra parte, la concentración de coliformes fecales y totales marca una alarma sanitaria que debe ser atendida con urgencia, destacando la necesidad de implementar y mantener prácticas de manejo y tratamiento de aguas residuales que protejan la salud pública y el medio ambiente.

La situación del Restaurante Cerromurillo requiere una revisión crítica de sus sistemas de manejo de aguas residuales y la adopción de medidas correctivas, para cumplir con las normativas ambientales y salvaguardar la integridad de los recursos hídricos locales, esenciales para la sostenibilidad ecológica y la salud de las comunidades circundantes.

En el marco del segundo objetivo específico del proyecto de grado, se ha determinado la eficiencia de los modelos piloto de tratamiento de aguas residuales utilizando fibra de *Saccharum officinarum* (caña de azúcar) en el Restaurante Cerromurillo, ubicado en la zona rural de Valledupar – Cesar. Los resultados indican que los humedales artificiales implementados han demostrado ser efectivos en la reducción de la carga orgánica. El humedal referente, que incluyó un lecho de carbón activado, se destacó por su superior eficiencia en la remoción de contaminantes, cumpliendo con los estándares normativos y logrando una reducción significativa en los niveles de FOG, SST, DQO y DBO5, así como en la concentración de nitrógeno, fósforo y coliformes. Esta eficacia subraya la importancia de la selección de materiales adecuados en el diseño de los humedales para asegurar un tratamiento óptimo.

Por otro lado, la utilización de fibra de caña de azúcar en los humedales artificiales representó una estrategia innovadora, aunque su eficiencia global fue menor en comparación con el humedal que utilizó carbón activado. A pesar de esto, la fibra de caña de azúcar ofreció ventajas como material sostenible y de bajo costo, sugiriendo su potencial como un recurso valioso para sistemas de tratamiento de aguas residuales que buscan alternativas más ecológicas. Se observó que la fibra de caña proporcionó una superficie adecuada para la fijación de microorganismos y facilitó la distribución del agua dentro del lecho, aspectos cruciales para la depuración del agua. Sin embargo, la menor eficiencia en comparación con el humedal referente sugiere la necesidad de revisar su configuración o combinación con otros materiales para mejorar su desempeño.

El proyecto ha evidenciado que los humedales artificiales son una solución viable y eficaz para el tratamiento de aguas residuales en entornos rurales. Los resultados obtenidos enfatizan la capacidad de estos sistemas para mejorar la calidad del agua, reduciendo significativamente la presencia de contaminantes y cumpliendo con los requisitos normativos. La eficacia del humedal referente, en particular, resalta la relevancia de un diseño adecuado y la selección de materiales eficientes. Además, los hallazgos apuntan hacia un futuro prometedor para la incorporación de subproductos agrícolas como la fibra de caña de azúcar en el desarrollo de tecnologías de tratamiento más sostenibles y económicas.

8. RECOMENDACIONES

Para optimizar aún más la eficiencia de los humedales artificiales en el tratamiento de las aguas residuales del Restaurante Cerromurillo, se sugiere realizar ajustes en las dimensiones de los humedales. Una revisión detallada del volumen y la superficie de contacto en los humedales podría permitir una mejora en los procesos de absorción y filtración. Por ejemplo, el aumento del área superficial de los humedales permitiría una mayor colonización de microorganismos beneficiosos, lo que potenciaría la descomposición de la materia orgánica.

Asimismo, la profundidad de los lechos filtrantes podría ser calibrada para optimizar el tiempo de retención y mejorar la eficiencia de remoción de contaminantes. Estas modificaciones deberían basarse en un análisis de los flujos hidráulicos y las cargas contaminantes para asegurar que los ajustes resulten en mejoras significativas en el rendimiento del tratamiento.

Además, se recomienda explorar el uso de otros materiales como lechos filtrantes para evaluar su eficacia en la remoción de contaminantes. Materiales como la zeolita, la escoria, la arcilla expandida o incluso productos innovadores derivados de residuos reciclados, podrían ofrecer alternativas rentables y sostenibles al carbón activado y la fibra de caña de azúcar.

La experimentación con estos nuevos materiales podría revelar combinaciones que mejoren la tasa de remoción de nutrientes y materia orgánica, además de proporcionar un hábitat más propicio para los microorganismos. Estas pruebas deben ser acompañadas de un riguroso monitoreo y evaluación de la calidad del agua, para asegurar que cualquier nuevo lecho filtrante no solo sea efectivo en términos de tratamiento, sino también ambientalmente sostenible y económicamente viable para aplicaciones a mayor escala.

Para fortalecer el diseño experimental y asegurar resultados más robustos y aplicables, se recomienda ampliar el espectro de muestreo e incluir una gama más amplia de parámetros de caracterización. Es esencial tomar muestras a intervalos regulares y durante diferentes condiciones climáticas y de carga de aguas residuales, lo que permitiría evaluar la estabilidad y eficacia del sistema bajo diversas condiciones operativas. Además, la caracterización debe extenderse para incluir parámetros emergentes.

En cuanto a la biodiversidad de los humedales, probar con especies vegetales alternativas a la Enea y la Verdolaga podría ser beneficioso. Especies como el junco y el carrizo han demostrado ser efectivas en la fitorremediación y podrían adaptarse bien a las condiciones locales del restaurante Cerromurillo. Evaluar diferentes especies permitirá determinar cuáles tienen mayor eficiencia en la absorción de nutrientes y contaminantes, así como en la mejora de la estructura del humedal y la promoción de la diversidad microbiana.

Continuar con las mediciones del consumo de agua y la generación de residuos líquidos es crucial para el monitoreo continuo y la evaluación de la eficiencia del sistema. Estos datos no solo proporcionarán información sobre la operación del sistema de tratamiento de aguas residuales, sino que también serán fundamentales para el desarrollo de estrategias de gestión del agua y la sostenibilidad a largo plazo del restaurante.

Finalmente, para aprovechar los beneficios tributarios y las exenciones de impuestos por renta disponibles para proyectos ambientales, es esencial mantener un registro detallado y sistemático de todas las actividades de monitoreo y mantenimiento del sistema de humedales. La documentación debe incluir informes de laboratorio, registros de diseño y operación, así como cualquier mejora o modificación del sistema. Estos documentos no solo servirán como justificación para los beneficios fiscales, sino que también proporcionarán un marco valioso para la replicación del sistema en otros contextos similares, demostrando el compromiso del Restaurante Cerromurillo con prácticas ambientales responsables y su contribución a la sostenibilidad ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adetunji, A., & Olaniran, A. (2021). Treatment of industrial oily wastewater by advanced technologies: a review. *Appl Water Sci*, 11(98). doi:<https://doi.org/10.1007/s13201-021-01430-4>
- Adjovu, G. E., Stephen, H., James, D., & Ahmad, S. (2023). Measurement of Total Dissolved Solids and Total Suspended Solids in Water Systems: A Review of the Issues, Conventional, and Remote Sensing Techniques. *Remote Sensing*, 15(14). doi:<https://doi.org/10.3390/rs15143534>
- AEMA. (21 de mayo de 2018). *Eliminación del nitrógeno en las aguas residuales*. Obtenido de iAgua: <https://www.iagua.es/noticias/aema/eliminacion-nitrogeno-aguas-residuales>
- Alcaldía de Valledupar. (2020). *Plan de Desarrollo Municipio de Valledupar "Valledupar en Orden 2020-2023"*. Valledupar: Gobierno Municipal de Valledupar.
- APHA-AWWA-WPCF. (1992). «*Standard Methods*» *For the Examination of Water and Wastewater*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Arce, P. (2018). *HUMEDALES ARTIFICIALES: UNA ALTERNATIVA PARA TRATAMIENTO DE AGUAS DE PRODUCCIÓN*. Bogotá D.C.: FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA. Obtenido de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7132/1/091369-2018-I-GA.pdf>
- BID. (2019). *¿Cómo está América Latina en términos de saneamiento?* Obtenido de Banco Interamericano para el Desarrollo: <https://www.iadb.org/es/mejorandovidas/como-esta-america-latina-en-terminos-de-saneamiento#:~:text=En%20la%20regi%C3%B3n%20alrededor%20del,general%20en%20r%C3%ADos%20o%20lagos.>
- Borhade, A. V., & Khedkar, S. V. (2014). Treatment of wastewater using sugarcane bagasse and cow dung. *Environmental engineering and management journal*, 555-560.

Borja, M. (2015). *ESTUDIO Y DIMENSIONADO EXPERIMENTAL DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE AGUAS DE CURSOS FLUVIALES EUTROFIZADOS*. Elche, España: Universitat Miguel Hernández. Obtenido de <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2712/1/Mateu%20Romero%2c%20Cristian%20Borja.pdf>

CAR. (12 de diciembre de 2020). *permiso de vertimientos*. Obtenido de Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca: https://www.ambientebogota.gov.co/historial-de-noticias/-/asset_publisher/VqEYxdh9mhVF/content/conoce-que-es-un-vertimiento-y-como-se-clasifica#:~:text=sabemos%20qu%C3%A9%20significan.-,Estos%20se%20refieren%20a%20la%20descarga%20final%20de%20elementos%2C

Cárdenas, G., & Sánchez, I. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *Universidad y Salud*, 15(1), 72-88. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v15n1/v15n1a07.pdf>

Castañeda, C., García, N., Maldonado, J., & Romero, A. (2000). *El uso eficiente del agua desde la escuela primaria*. México, D.F.: Secretaría de Educación Pública. Obtenido de <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2007/08/e1%20uso%20eficiente%20de%20agua%20en%20las%20escuelas%20primarias.pdf>

CEPIS. (2003). *Trampa de Grasas*.

College of Agricultural Sciences. (05 de septiembre de 2023). *Bacterias Coliformes*. Obtenido de PennState Extension of the College of Agricultural Sciences: <https://extension.psu.edu/bacterias-coliformes>

Colprensa. (2 de mayo de 2022). *El 47 % de las aguas residuales no son tratadas en Colombia*. Obtenido de Radio Nacional Colombia: <https://www.radionacional.co/actualidad/medio-ambiente/aguas-residuales-en-colombia-47-por-ciento-no-son-tratadas>

Conagua. (2016). *Lineamientos Tecnicos; Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales a nivel vivienda en zona rural.*

Convención Ramsar. (2013). Manual de Convención Ramsar. *Ramsar Org.*

Cuartas, A. (2011). *Determinar las características fisicoquímicas del agua.* Bogotá: ecosiglos.

DAFP. (s.f.). *Gestor Normativo del Departamento Administrativo de Función Pública.* Obtenido de Departamento Administrativo de Función Pública: <https://www.funcionpublica.gov.co/web/e/eva/gestor-normativo>

Del Angel, E., Pantoja, M. A., López, R., & Cruz, A. E. (2022). Tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando carbón activado preparado de bagazo de caña de azúcar. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 144-183. Obtenido de http://www.revistatyc.org.mx/ojs/index.php/tyca/user/setLocale/en_US?source=%2Findex%2Findex.php%2Ftyca%2Farticle%2Fview%2F2496

Delgado, G. (2022). *Diseño de un biofiltro a escala a base de carbon activado y zeolita para el tratamiento de agua en una laguna de oxidación.* Universidad Agraria del Ecuador .

Díaz, E., Alvarado, A., & Camacho, K. (2012). El tratamiento de agua residual domestica para el desarrollo local sostenible: el caso de la tecnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutriente y energia . *Quivera*, 78-97.

Donaldson. (Octubre de 2012). *ABC de filtración: Tipos de medio filtrante.* Obtenido de Donaldson Latinoamerica : <https://www.donaldson.com/content/dam/donaldson/engine-hydraulics-bulk/literature/latin-america/aftermarket/fabc1203/ABC-de-Filtracion-Tipos-de-Medios-Filtrantes.pdf>

FAO. (s.f.). *Servicios ecosistémicos y biodiversidad.* Recuperado el 30 de enero de 2023, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <https://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>

- Forero, J., Ortiz, O., & Rios, F. (2005). Aplicacion de procesos de oxidacion avanzada como tratamineto de fenol en aguas residuales industriales de refineria. *CT&F: Ciencia, Tecnologia y Futuro*.
- Franceschi, M., & Guerra, M. (2015). *Estudio de Agotamiento de Columnas de Carbón Activado Granular usadas para el manejo de un Lixiviado previamente tratado mediante procesos de oxidación avanzada*. Cartagena de Indias, Bolivar: Universidad de Cartagena. Obtenido de <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/2391/ESTUDIO%20DE%20AGOTAMIENTO%20DE%20COLUMNAS%20DE%20CARB%20ACTIVADO%20GRANULAR%20USADAS%20PARA%20EL%20MANEJO%20DE%20UN%20LIXIVI.pdf?sequence=1>
- Garzón, M., Buelna, G., & Moeller, G. (2012). La biofiltracion sobre materiales organicos, nueva tecnologia sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 153-161.
- Gurd, C., Jefferson, B., Villa, R., & de Castro Rodríguez, C. (2018). Determination of fats, oils and greases in food service establishment wastewater using a modification of the Gerber method. *Water and Environment*(34), 5-13. doi:10.1111/wej.12431
- Hernández S., R., & Mendoza T., C. (2018). *Metodología de la Investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México D.F.: McGraw Hill.
- Hernández S., R., Fernández C., C., & Baptista L., P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Ciudad de México D.F.: McGraw Hill.
- León, E., & Pacheco, H. (2010). *MANUAL DE CAPACITACION A FAMILIAS "Cuidemos el Agua fuente de Vida y Salud"*. Santiago de Chile: PAHO.
- López, S. (2021). *Análisis de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas, generadas en la subestación eléctrica de cerromatoso localizada en el municipio de montelíbano*. Montería: Universidad de Cordoba.
- Martínez, M. (2002). *Tratamiento de Aguas Residuales*.

- Masi, F., Degetto, S., Canziani, R., Tosatto, L., Marzocchi, U., & Brix, H. (2014). The use of sugar cane (*Saccharum officinarum*) for wastewater treatment in a laboratory-scale vertical-flow constructed wetland. *Ecological Engineering*, 26-32.
- Medina, J., Vargas, M., Ayaquica, R., & Patiño, L. (2021). Evaluación de la capacidad de remoción de nutrientes y materia orgánica de un filtro de bagazo de caña de azúcar en el tratamiento de aguas residuales. *Revista De Investigación Agraria Y Ambiental*, 15-25.
- Mendoza, G., Pinilla, F., & Martínez, F. (2006). *Evaluación de filtros de arena y de malla para riego por goteo*.
- MINAMBIENTE. (02 de febrero de 2022). *En 2022, Colombia aspira a tratar el 54 % de las aguas residuales urbanas*. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/en-2022-colombia-aspira-a-tratar-el-54-de-las-aguas-residuales-urbanas/>
- MINAMBIENTE. (09 de Junio de 2022). *Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente*. Obtenido de Sección Normativa Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente: <https://www.minambiente.gov.co/normativa/>
- MINSALUD. (s.f.). *Normativa*. Obtenido de Ministerio de Salud y Protección Social: <https://www.minsalud.gov.co/Normativa/Paginas/normativa.aspx>
- MINVIVIENDA. (2012). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS Título B: Sistemas de Acueductos*. Bogotá D.C.: Ministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial.
- MINVIVIENDA. (2012). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Título B: del Sistema de Acueducto*. Bogotá D.C.: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.
- Morillo, L., Naranjo, D., Pérez, J., Villacis, W., Vargas, P., & Muñoz, F. (2019). REMOCIÓN DE TENSOACTIVOS Y COLIFORMES EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS MEDIANTE PROCESOS FENTON. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(4), 931-943. doi:<https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.04.12>

- Muñoz, H., & Baumann, J. (2017). Remoción de bacterias coliformes en un sistema de lodos activados y humedal construido. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 4(11), 287-297. doi:<https://doi.org/10.19136/era.a4n11.913>
- Nascimento, M. M., & Rodrigues, J. A. (2016). The Efficiency of Sand Filtration in the Treatment of Wastewater Contaminated with Heavy Metals. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 15-23.
- Ngoc, L., Tu, T., Hien, L., & others. (2020). Simple approach for the rapid estimation of BOD5 in food processing wastewater. *Environ Sci Pollut*(27). doi:<https://doi.org/10.1007/s11356-020-08703-6>
- Noyola, A., Morgan, J., & Leon, G. (2013). *Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales*.
- Olabode, G. O., & Somerset, V. (2020). Physicochemical properties of wastewater effluent from two selected wastewater treatment plants (Cape Town) for water quality improvement. *Int. J. Environ. Sci. Technol*(17), 4745–4758. doi:<https://doi.org/10.1007/s13762-020-02788-9>
- Ong, S., Toorisaka, E., Hirata, M., & Hano, T. (2010). Comparative study on the use of activated carbon and Moringa oleifera seeds in wastewater treatment. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 85(5), 511-515.
- ONU. (22 de marzo de 2020). *El agua, parte del problema, pero también de la solución ante el cambio climático*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas: <https://news.un.org/es/story/2020/03/1471492>
- Paredes, D. (2016). *Biofiltración sobre Cama de Turba, para el Tratamiento sobre Agua Residual Proveniente del Lavado de Jeans*. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato .
- Pérez, R. (1997). «Chapter 3: Sugar cane» *Feeding pigs in the tropics*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- Pescod, M. (1992). *Wastewater treatment and use in agriculture - FAO irrigation and drainage paper 47*. Roma: Food and Agriculture Organization - FAO. Obtenido de <https://www.fao.org/3/t0551e/t0551e03.htm>
- Ponce, F., Ramos, A., Díaz, L., & Valles, V. (2016). Aporte de tecnologías limpias y sostenibles, en el desarrollo de las Cooperativas agropecuarias. *Coodes: Revista de cooperativismo y desarrollo*.
- Ponte, R. (2022). *“ESTUDIO DE CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA EN COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES DE LOS RIOS DE CAJAMARCA, POR REVISIÓN SISTEMÁTICA, ENTRE LOS AÑOS 2016-2021*. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/31598/Ponte%20Huaman%20Rosa%20Angelica%20-%20Prado%20Salazar%20Aurora%20Stefany.pdf?sequence=1>
- Popa, P., Timofti, M., Voiculescu, M., Dragan, S., Trif, C., & Georgescu, L. (2012). Study of Physico-Chemical Characteristics of Wastewater in an Urban Agglomeration in Romania. *The Scientific World Journal*, 10 pages. Obtenido de <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2012/549028/>
- Ramírez, M. (2008). *Validación del Método Colorimétrico de Reflujo Cerrado para Determinar la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en aguas residuales*. León, Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Obtenido de <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/1140/1/209617.pdf>
- Riaño, L. (2017). *Evaluación de Coliformes totales, E. coli, colifagos somáticos, colifagos CB390 y fagos de Bacteroides GA17 como indicadores microbiológicos de contaminación en afluentes de plantas de tratamiento de agua residual doméstica*. Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/57891/DOCUMENTO%20FINAL.pdf>
- Rincones, J., & Ríos, C. (2018). *Diseño de Biofiltro de Fibra de Coco para el Tratamiento de Aguas Grises en el Corregimiento de Villa Germania, Valledupar*. Valledupar, Cesar: Universidad Popular del Cesar.

- Rodríguez, E. (2021). *Evaluación de Biofiltros Orgánicos en la Remoción de Contaminantes Emergentes de Aguas Residuales Municipales*. Instituto Politecnico Nacional.
- Romero, L. (2020). *Diseño de un sistema de biofiltros para el tratamiento de aguas residuales que llegan de manera directa al humedal Neuta en el Municipio de Soacha*. Bogotá: Universidad Libre .
- Salazar, M. (2002). *Sistemas Integrales de Tratamiento de Aguas Residuales, Mediante el Uso Combinado de Digestión Anaerobia y Microalgas*.
- Sosa-Hernández, M. A., Cáceres-Martínez, C. H., García-Vázquez, L. J., Rangel-Peraza, J. G., & Orona-Navar, C. (2019). Use of *Saccharum officinarum* for Domestic Wastewater Treatment in a Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland. *Journal of Environmental Engineering*, 04017049.
- Suryanto, D. A., & Budianta, D. (2017). Phosphorus and nitrogen removal from wastewater using sugarcane bagasse. *AIP Conference Proceedings*, 020010.
- Thermo Scientific. (2016). *Measuring Suspended Solids in Water/Wastewater*. LA, United States: Thermo Fisher Scientific. Obtenido de <https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/LED/Application-Notes/Measuring-Suspended-Solids-AppNote-AN-SSONLINE-EN.pdf>
- UNESCO. (21 de marzo de 2020). *La gestión del agua, elemento clave para afrontar el cambio climático*. Obtenido de La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura: <https://es.unesco.org/news/gestion-del-agua-elemento-clave-afrontar-cambio-climatico#:~:text=El%20tratamiento%20de%20las%20aguas,utilizados%20precisamente%20para%20ese%20tratamiento.>
- UNICESAR. (2021). *Acuerdo N°003 del 08 de julio de 2021 “por medio del cual se adoptan las líneas de investigación de los programas de Pregrado de la Facultad de Ingeniería y Tecnológicas sede Valledupar, y se dictan otras disposiciones”* . Valledupar, Cesar: Universidad Popular del Cesar.

UNICESAR. (2023). *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*. Valledupar, Cesar, Colombia: Universidad Popular del Cesar.

Vanotti, M. B., & Szogi, A. A. (Springer, Cham). Use of Gravel Bed Biofilters for Treatment of Animal Waste. In *Animal Waste Utilization*. 2018, 189-202.

Veléz, E. (2014). *Calidad del Agua*. Ecosiglos.

Vymazal, J. (2013). Emergent plants used in free water surface constructed wetlands: A review. *Ecological Engineering*(61), 582-592.



ANEXOS

Carta de permiso para la realización de trabajos en el restaurante Cerromurillo:

Valledupar, 01 de mayo de 2023

Señores(as):

Comité de Investigación del Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria
Facultad de Ingenierías y Tecnológica
Universidad Popular del Cesar

Asunto: Autorización de estudiantes para realizar proyecto de grado en Restaurante Cerromurillo
K.M.10.5 S.A.S.

Estimados(as) señores(as),

Por medio de la presente carta, me dirijo a ustedes en calidad de Representante Legal del Restaurante Cerromurillo K.M.10.5 S.A.S., con NIT 901251797-6, para hacer constar que los estudiantes JUAN MANUEL PEDRAZA GALLARDO y ANTONIO FABIÁN VILORIA SARMIENTO, trabajadores del restaurante y estudiantes del Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad Popular del Cesar, han sido autorizados para llevar a cabo un proyecto de grado en nuestro restaurante.

En particular, los estudiantes estarán encargados de realizar la siguiente información empresarial en el marco de su proyecto de grado:

- Misión y Visión
- Políticas y Objetivos
- Principios y Valores
- Estructura Organizacional

Sus funciones estarán relacionadas con el estudio de consumo, calidad del agua, diseño de prototipo de tratamiento de aguas residuales y redacción de informes de interés particular de la empresa.

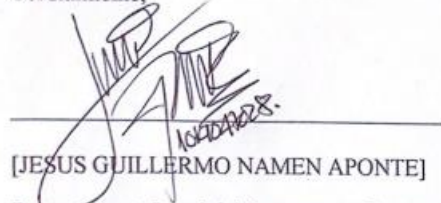
Confirmamos que los estudiantes mencionados han sido seleccionados para llevar a cabo este proyecto y han sido debidamente autorizados para acceder a nuestras instalaciones y realizar las actividades necesarias para completar su proyecto de grado.

Por este medio, les solicitamos que cualquier consulta o requerimiento de información que los estudiantes necesiten para la realización de su proyecto sea canalizado a través de nuestro Departamento de Responsabilidad Social Empresarial.

La presente carta es expedida recientemente y está firmada por mí, el representante legal de la empresa, con el objetivo de que sirva como respaldo para el desarrollo del proyecto de grado de los estudiantes mencionados.

Quedamos atentos a cualquier consulta o solicitud adicional que puedan tener.

Cordialmente,

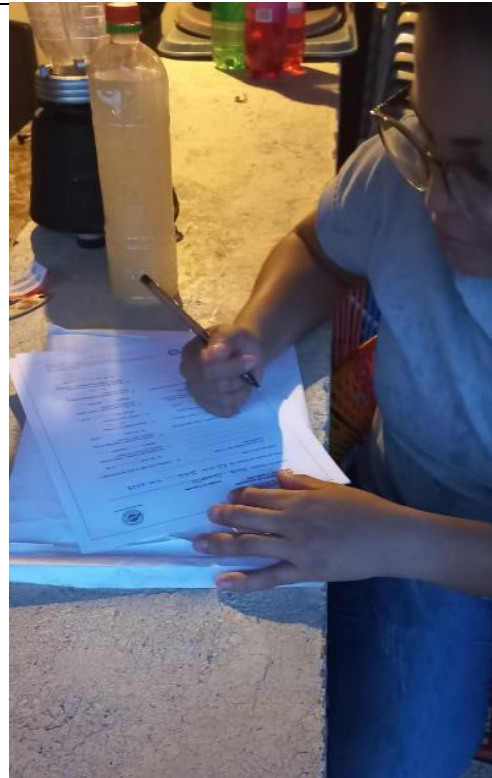
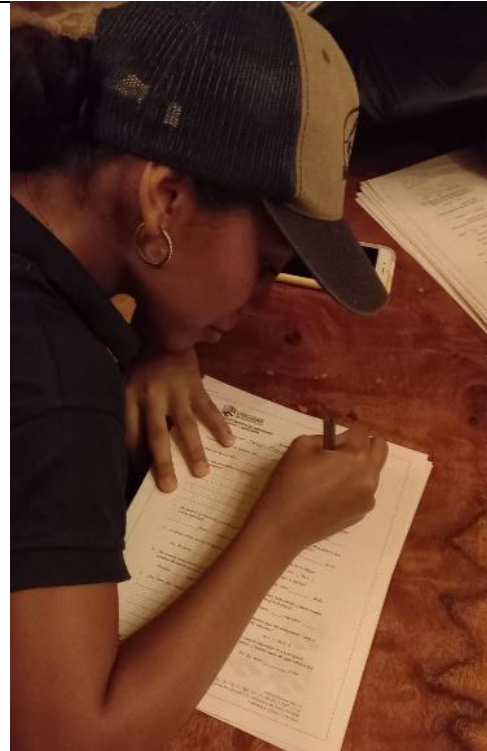


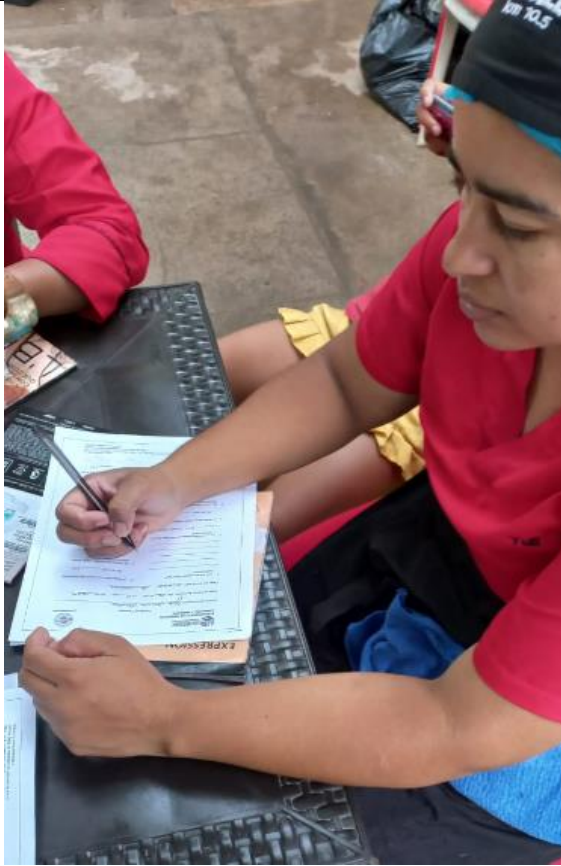
[JESUS GUILLERMO NAMEN APONTE]

Representante Legal del Restaurante Cerromurillo K.M.10.5 S.A.S.

NIT 901251797-6

Registro Fotográfico de la aplicación de la encuesta:







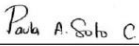
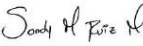

Resultados Laboratorio Cristal violeta

- Caracterización Preliminar



GPO-RG-002. Versión: 01

Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADO							No. CV 1023124
INFORMACION DEL CLIENTE							
Tipo de Cliente:	Persona Natural		Nombre y Apellido/ Razón Social:	Juan Manuel Pedraza Gallardo			
Tipo de Identificación:	CC		Número de Documento:	1003260125-9			
Teléfono/Celular:	3015179005		E-mail:	juanmanuelpedraza88@gmail.com			
Dirección:	Cra 18D # 49-146		Departamento y Municipio:	Cesar - Valledupar			
INFORMACION DEL ÍTEM DE ENSAYO Y DEL MUESTREO							
Matriz:			Identificación del ítem de ensayo: AG-24023102				
Matriz:			Aqua Residual				
Descripción del ítem de ensayo:							
Solicitó servicio toma de muestra:			No				
Lugar de toma de muestra:			Restaurante Cerro Murillo				
Plan de Muestreo:			I.N.S				
Hora y Fecha de muestreo:			13:00:00 2023-09-18				
Registro sanitario:			N.A				
Fabricante:			N.A				
Tipo de muestra:			Simple				
Análisis solicitados:			<input checked="" type="checkbox"/> Microbiológico <input checked="" type="checkbox"/> Físicoquímico				
Fecha ingreso del ítem de ensayo:			2023-09-18				
Ensayos realizados en el lugar de muestreo:			<input type="checkbox"/> pH <input type="checkbox"/> Conductividad <input type="checkbox"/> Cloro Libre Residual <input type="checkbox"/> Oxígeno Disuelto <input type="checkbox"/> Otro? Cuál?				
Responsable toma de muestra:			Juan Manuel Pedraza				
Ubicación del muestreo:			KM 10,5				
Método de muestreo:			I.N.S				
Punto de toma:			Vertedero aguas residuales				
Clasificación de la muestra:			Aqua Residual				
Cantidad recibida:			1,5 L				
Número de lote:			N.A				
Fecha de vencimiento:			N.A				
Fecha emisión de resultados:			2023-10-02				
REPORTE DE RESULTADOS							
CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS							
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis	
Coliformes totales	NMP/100mL	SM 9223 Sustrato definido IDEXX Quanti Try	-	200.000	-	2023-09-18	
Escherichia coli	NMP/100mL	SM 9223 Sustrato definido IDEXX Quanti Try	-	200.000	-	2023-09-18	
CRITERIOS FÍSICOQUÍMICOS							
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis	
Grasas y Aceites	mg /L	Espectrofotometría Infrarrojo NTC 3362:2005-06-29, Numeral 4, Metodo C		145,000		2023-09-18	
Sólidos Suspendedos Totales	mg SST /L	Gravimetría Secado 103-105°C - SM 2540 D (ED23,2017)		155,000		2023-09-18	
pH	p[H ⁺]	Electrometría SM 4500 H ⁺ B		7,2		2023-09-18	
DQO	mg O ₂ /L	Reflujo cerrado y Colorimétrico SM 5220D		250,000		2023-09-18	
DBO	mg O ₂ /L	Incubación por 5 días y Luminiscencia SM5210-B, ASTM D 888-12 METODO C		110,000		2023-09-18	
Sólidos disueltos Totales	mg SDT /L	Electrometría SM 2510 B 2017		78,000		2023-09-18	
Nitrógeno Total	mg N/L	Semi-micro Kjeldahl SM 4500-Norg C, SM 4500 NH3 B, C		54,000		2023-09-18	
Fósforo total	mg P /L	SM 4500-PB E (Ed 23, 2017) - Digestión - Método de Ácido ascórbico		33,000		2023-09-18	
Convenciones: (N.R.): No Registra; (SM): Standard Methods for examination of water and wastewater-AWWA, APHA, WEF. (N.D.): No detectable por el método; (LCM): Límite de cuantificación del método. (TA): Ensayo tercerizado con laboratorio acreditado en el método; (TNA): Ensayo tercerizado con laboratorio no acreditado en el método. (NA): No Aplica. (I.N.S): Información no suministrada por el cliente (NMP): Número más Probable.							
Notas: 1. El Resultado obtenido solo es válido para el ítem de ensayo analizado. 2. Cristal Violeta Aguas y Alimentos NO se hace responsable de la información suministrada por el cliente, la cual corresponde a la reportada en el ingreso del ítem de ensayo y que en este informe de resultado se diferencia por estar en formato: negrita, cursiva y subrayado. 3. Los resultados aplican para el ítem de ensayo y la información suministrada por el cliente,							
OBSERVACIONES GENERALES:			Alto nivel de turbiedad, olor fetido, presencia de detergentes que provocan presencia de espumas según el cliente.				
 Director técnico de Físicoquímica. Paula A. Soto Canchila No. PQ-08987		 Director técnico de Microbiología Sandy Ruiz Manrique.		 Coordinadora de Laboratorio Laideth Estrada Brito. Autoriza emisión del informe de resultado			
Los resultados de este informe no se pueden reproducir sin la aprobación del laboratorio, exceptuando cuando se reproduzca en su totalidad, para proporcionar seguridad y que la información no se interprete fuera del contexto.							
FIN DEL INFORME							
NIT: 901.015.580-4							
Carrera 13 # 18 – 48 Barrio Gaitán. Valledupar- Cesar							

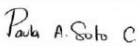


 : +57 324 6439379
  : @cristalvioleta_aa
  : Laboratorio Cristal Violeta

- Caracterización Primer Humedal



GPO-RG-002. Versión: 01

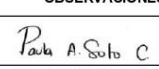
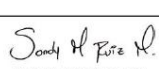
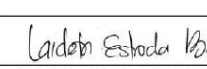
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADO							No. CV 1023124
INFORMACION DEL CLIENTE							
Tipo de Cliente:	Persona Natural	Nombre y Apellido/ Razón Social:	Juan Manuel Pedraza Gallardo				
Tipo de Identificación:	CC	Número de Documento:	1003260125-9				
Teléfono/Celular:	3015179005	E-mail:	juanmanuelpedraza88@gmail.com				
Dirección:	Cra 18D # 49-146	Departamento y Municipio:	Cesar - Valledupar				
INFORMACION DEL ÍTEM DE ENSAYO Y DEL MUESTREO							
Identificación del ítem de ensayo: <u>AG-24023102</u>							
Matriz: <u>Agua Residual</u>							
Descripción del ítem de ensayo: <u>Agua Residual</u>				Responsible toma de muestra: <u>Juan Manuel Pedraza</u>			
Solicitó servicio toma de muestra: <u>No</u>				Ubicación del muestreo: <u>KM 10,5</u>			
Lugar de toma de muestra: <u>Restaurante Cerro Murillo</u>				Método de muestreo: <u>I.N.S</u>			
Plan de Muestreo: <u>I.N.S</u>				Punto de toma: <u>Vertedero aguas residuales</u>			
Hora y Fecha de muestreo: <u>13:00:00</u> <u>2023-10-09</u>				Clasificación de la muestra: <u>Agua Residual</u>			
Registro sanitario: <u>N.A</u>				Cantidad recibida: <u>1,5 L</u>			
Fabricante: <u>N.A</u>				Número de lote: <u>N.A</u>			
Tipo de muestra: <u>Simple</u>				Fecha de vencimiento: <u>N.A</u>			
Análisis solicitados: <input checked="" type="checkbox"/> Microbiológico <input checked="" type="checkbox"/> Físicoquímico				Fecha emisión de resultados: <u>2023-10-23</u>			
Fecha ingreso del ítem de ensayo: <u>2023-10-09</u>							
Ensayos realizados en el lugar de muestreo: <input type="checkbox"/> pH <input type="checkbox"/> Conductividad <input type="checkbox"/> Cloro Libre Residual <input type="checkbox"/> Oxígeno Disuelto <input type="checkbox"/> Otro? Cuál? <u>N.A</u>							
REPORTE DE RESULTADOS							
CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS							
Ensayo	Unidad de Medida	Método- Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis	
Coliformes totales	NMP/100mL	SM 9223 Sustrato definido IDEXX Quanti Try	-	<5	-	2023-10-09	
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	SM 9223 Sustrato definido IDEXX Quanti Try	-	<5	-	2023-10-09	
CRITERIOS FÍSICOQUÍMICOS							
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis	
Grasas y Aceites	mg /L	Espectrofotometría Infrarrojo NTC 3362:2005-06-29, Numeral 4, Metodo C		34,000		2023-10-09	
Sólidos Suspendedos Totales	mg SST /L	Gravimetría Secado 103-105°C - SM 2540 D (ED23.2017)		27,000		2023-10-09	
pH	p[H ⁺]	Electrometría SM 4500 H ⁺ B		7,3		2023-10-09	
DQO	mg O ₂ /L	Reflujo cerrado y Colorimetrico SM 5220D		128,000		2023-10-09	
DBO	mg O ₂ /L	Incubacion por 5 días y Luminiscencia SM5210-B, ASTM D 888-12 METODO C		99,800		2023-10-09	
Sólidos disueltos Totales	mg SDT /L	Electrometría SM 2510 B 2017		21,000		2023-10-09	
Nitrógeno Total	mg N/L	Semi-micro Kjeldahl SM 4500-Norg C, SM 4500 NH3 B, C		7,860		2023-10-09	
Fósforo total	mg P /L	SM 4500-PB E (Ed 23, 2017) - Digestión - Método de Ácido ascórbico		6,540		2023-10-09	
Convenciones: (N.R.): No Registrar; (SM): Standard Methods for examination of water and wastewater-AWWA, APHA, WEF. (N.D.): No detectable por el método; (LCM): Límite de cuantificación del método. (TA): Ensayo tercerizado con laboratorio acreditado en el método; (TNA): Ensayo tercerizado con laboratorio no acreditado en el método. (NA): No Aplica. (I.N.S)= Información no suministrada por el cliente (NMP): Número más Probable.							
Notas: 1. El Resultado obtenido solo es válido para el ítem de ensayo analizado. 2. Cristal Violeta Aguas y Alimentos NO se hace responsable de la información suministrada por el cliente, la cual corresponde a la reportada en el ingreso del ítem de ensayo y que en este informe de resultado se diferencia por estar en formato: negrita, cursiva y subrayado. 3. Los resultados aplican para el ítem de ensayo y la información suministrada por el cliente,							
OBSERVACIONES GENERALES:			Alto nivel de turbiedad, olor fetido, presencia de detergentes que provocan presencia de espumas según el cliente.				
 Director técnico de Físicoquímica. Paula A. Soto Canchila No. PQ-08987		 Director técnico de Microbiología Sandy Ruiz Manrique.		 Coordinadora de Laboratorio Laideth Estrada Brito. Autoriza emisión del informe de resultado			
Los resultados de este informe no se pueden reproducir sin la aprobación del laboratorio, exceptuando cuando se reproduzca en su totalidad, para proporcionar seguridad y que la información no se interprete fuera del contexto.							
FIN DEL INFORME							

Carrera 13 # 18 – 48 Barrio Gaitán. Valledupar- Cesar

WhatsApp: +57 324 6439379 | Instagram: @cristalvioleta_aa | Facebook: Laboratorio Cristal Violeta

- Caracterización Segundo Humedal

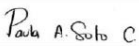


INFORME DE RESULTADO							No. CV 1023124
INFORMACION DEL CLIENTE							
Tipo de Cliente:	Persona Natural	Nombre y Apellido/ Razón Social:	Juan Manuel Pedraza Gallardo				
Tipo de Identificación:	CC	Número de Documento:	1003260125-9				
Teléfono/Celular:	3015179005	E-mail:	juanmanuelpedraza88@gmail.com				
Dirección:	Cra 18D # 49-146	Departamento y Municipio:	Cesar - Valledupar				
INFORMACION DEL ÍTEM DE ENSAYO Y DEL MUESTREO							
Identificación del ítem de ensayo: <u>AG-24023102</u>							
Matriz: <u>Agua Residual</u>							
Descripción del ítem de ensayo: <u>Agua Residual</u>				Responsible toma de muestra: <u>Juan Manuel Pedraza</u>			
Solicitó servicio toma de muestra: <u>No</u>				Ubicación del muestreo: <u>KM 10,5</u>			
Lugar de toma de muestra: <u>Restaurante Cerro Murillo</u>				Método de muestreo: <u>I.N.S</u>			
Plan de Muestreo: <u>I.N.S</u>				Punto de toma: <u>Vertedero aguas residuales</u>			
Hora y Fecha de muestreo: <u>13:00:00</u> <u>2023-10-09</u>				Clasificación de la muestra: <u>Agua Residual</u>			
Registro sanitario: <u>N.A</u>				Cantidad recibida: <u>1,5 L</u>			
Fabricante: <u>N.A</u>				Número de lote: <u>N.A</u>			
Tipo de muestra: <u>Simple</u>				Fecha de vencimiento: <u>N.A</u>			
Análisis solicitados: <input checked="" type="checkbox"/> Microbiológico <input checked="" type="checkbox"/> Físicoquímico				Fecha emisión de resultados: <u>2023-10-23</u>			
Fecha ingreso del ítem de ensayo: <u>2023-10-09</u>							
Ensayos realizados en el lugar de muestreo: <input type="checkbox"/> pH <input type="checkbox"/> Conductividad <input type="checkbox"/> Cloro Libre Residual <input type="checkbox"/> Oxígeno Disuelto <input type="checkbox"/> Otro? Cuál? <u>N.A</u>							
REPORTE DE RESULTADOS							
CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS							
Ensayo	Unidad de Medida	Método- Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis	
Coliformes totales	NMP/100mL	SM 9223 Sustrato definido IDEXX Quanti Try	-	< 5	-	2023-10-09	
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	SM 9223 Sustrato definido IDEXX Quanti Try	-	< 5	-	2023-10-09	
CRITERIOS FÍSICOQUÍMICOS							
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis	
Grasas y Aceites	mg /L	Espectrofotometría Infrarrojo NTC 3362:2005-06-29, Numeral 4, Metodo C		5,200		2023-10-09	
Sólidos Suspendedos Totales	mg SST /L	Gravimetría Secado 103-105°C - SM 2540 D (ED23.2017)		17,000		2023-10-09	
pH	p[H ⁺]	Electrometría SM 4500 H ⁺ B		7,8		2023-10-09	
DQO	mg O ₂ /L	Reflujo cerrado y Colorimetrico SM 5220D		54,300		2023-10-09	
DBO	mg O ₂ /L	Incubacion por 5 días y Luminiscencia SM5210-B, ASTM D 888-12 METODO C		27,500		2023-10-09	
Sólidos disueltos Totales	mg SDT /L	Electrometría SM 2510 B 2017		16,200		2023-10-09	
Nitrógeno Total	mg N/L	Semi-micro Kjeldahl SM 4500-Norg C, SM 4500 NH3 B, C		5,540		2023-10-09	
Fósforo total	mg P /L	SM 4500-PB E (Ed 23, 2017) - Digestión - Método de Ácido ascórbico		3,670		2023-10-09	
Convenciones: (N.R.): No Registrar; (SM): Standard Methods for examination of water and wastewater-AWWA, APHA, WEF. (N.D.): No detectable por el método; (LCM): Límite de cuantificación del método. (TA): Ensayo tercerizado con laboratorio acreditado en el método; (TNA): Ensayo tercerizado con laboratorio no acreditado en el método. (NA): No Aplica. (I.N.S)= Información no suministrada por el cliente (NMP): Número más Probable.							
Notas: 1. El Resultado obtenido solo es válido para el ítem de ensayo analizado. 2. Cristal Violeta Aguas y Alimentos NO se hace responsable de la información suministrada por el cliente, la cual corresponde a la reportada en el ingreso del ítem de ensayo y que en este informe de resultado se diferencia por estar en formato: negrita, cursiva y subrayado. 3. Los resultados aplican para el ítem de ensayo y la información suministrada por el cliente,							
OBSERVACIONES GENERALES:			Alto nivel de turbiedad, olor fetido, presencia de detergentes que provocan presencia de espumas según el cliente.				
 Directora técnica de Físicoquímica. Paula A. Soto Canchila No. PQ-08987		 Directora técnica de Microbiología Sandy Ruiz Manrique.		 Coordinadora de Laboratorio Laideth Estrada Brito. Autoriza emisión del informe de resultado			
Los resultados de este informe no se pueden reproducir sin la aprobación del laboratorio, exceptuando cuando se reproduzca en su totalidad, para proporcionar seguridad y que la información no se interprete fuera del contexto.							
FIN DEL INFORME							

- Caracterización Tercer Humedal



GPO-RG-002. Versión: 01

Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADO							No. CV 1023124
INFORMACION DEL CLIENTE							
Tipo de Cliente:	Persona Natural	Nombre y Apellido/ Razón Social:	Juan Manuel Pedraza Gallardo				
Tipo de Identificación:	CC	Número de Documento:	1003260125-9				
Teléfono/Celular:	3015179005	E-mail:	juanmanuelpedraza88@gmail.com				
Dirección:	Cra 18D # 49-146	Departamento y Municipio:	Cesar - Valledupar				
INFORMACION DEL ÍTEM DE ENSAYO Y DEL MUESTREO							
Identificación del ítem de ensayo: <u>AG-24023102</u>							
Matriz: <u>Agua Residual</u>							
Descripción del ítem de ensayo: <u>Agua Residual</u>							
Solicitó servicio toma de muestra:	No	Responsable toma de muestra:	<u>Juan Manuel Pedraza</u>				
Lugar de toma de muestra:	<u>Restaurante Cerro Murillo</u>	Ubicación del muestreo:	<u>KM 10,5</u>				
Plan de Muestreo:	I.N.S	Método de muestreo:	I.N.S				
Hora y Fecha de muestreo:	<u>13:00:00</u> <u>2023-10-09</u>	Punto de toma:	<u>Vertedero aguas residuales</u>				
Registro sanitario:	N.A	Clasificación de la muestra:	Agua Residual				
Fabricante:	N.A	Cantidad recibida:	1,5 L				
Tipo de muestra:	<u>Simple</u>	Número de lote:	N.A				
Análisis solicitados:	<input checked="" type="checkbox"/> Microbiológico	<input checked="" type="checkbox"/> Físicoquímico	Fecha de vencimiento: N.A				
Fecha ingreso del ítem de ensayo:	2023-10-09		Fecha emisión de resultados: 2023-10-23				
Ensayos realizados en el lugar de muestreo:	<input type="checkbox"/> pH <input type="checkbox"/> Conductividad <input type="checkbox"/> Cloro Libre Residual <input type="checkbox"/> Oxígeno Disuelto <input type="checkbox"/> Otro? Cuál? N.A						
REPORTE DE RESULTADOS							
CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS							
Ensayo	Unidad de Medida	Método- Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis	
Coliformes totales	NMP/100mL	SM 9223 Sustrato definido IDEXX Quanti Try	-	131,000	-	2023-10-09	
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	SM 9223 Sustrato definido IDEXX Quanti Try	-	95,000	-	2023-10-09	
CRITERIOS FÍSICOQUÍMICOS							
Ensayo	Unidad de Medida	Método - Técnica	LCM	Resultado	Incertidumbre	Fecha de Análisis	
Grasas y Aceites	mg /L	Espectrofotometría Infrarrojo NTC 3362:2005-06-29, Numeral 4, Metodo C		36,100		2023-10-09	
Sólidos Suspendedos Totales	mg SST /L	Gravimetría Secado 103-105°C - SM 2540 D (ED23.2017)		45,000		2023-10-09	
pH	p[H ⁺]	Electrometría SM 4500 H ⁺ B		7,3		2023-10-09	
DQO	mg O ₂ /L	Reflujo cerrado y Colorimetrico SM 5220D		145,000		2023-10-09	
DBO	mg O ₂ /L	Incubacion por 5 días y Luminiscencia SM5210-B, ASTM D 888-12 METODO C		115,000		2023-10-09	
Sólidos disueltos Totales	mg SDT /L	Electrometría SM 2510 B 2017		41,200		2023-10-09	
Nitrógeno Total	mg N/L	Semi-micro Kjeldahl SM 4500-Norg C, SM 4500 NH3 B, C		8,540		2023-10-09	
Fósforo total	mg P /L	SM 4500-PB E (Ed 23, 2017) - Digestión - Método de Ácido ascórbico		8,220		2023-10-09	
Convenciones: (N.R.): No Registrar; (SM): Standard Methods for examination of water and wastewater-AWWA, APHA, WEF. (N.D.): No detectable por el método; (LCM): Límite de cuantificación del método. (TA): Ensayo tercerizado con laboratorio acreditado en el método; (TNA): Ensayo tercerizado con laboratorio no acreditado en el método. (NA): No Aplica. (I.N.S)= Información no suministrada por el cliente (NMP): Número más Probable.							
Notas: 1. El Resultado obtenido solo es válido para el ítem de ensayo analizado. 2. Cristal Violeta Aguas y Alimentos NO se hace responsable de la información suministrada por el cliente, la cual corresponde a la reportada en el ingreso del ítem de ensayo y que en este informe de resultado se diferencia por estar en formato: negrita, cursiva y subrayado. 3. Los resultados aplican para el ítem de ensayo y la información suministrada por el cliente,							
OBSERVACIONES GENERALES:		Alto nivel de turbiedad, olor fetido, presencia de detergentes que provocan presencia de espumas según el cliente.					
 Director técnico de Físicoquímica. Paula A. Soto Canchila No. PQ-08987		 Director técnico de Microbiología Sandy Ruiz Manrique.		 Coordinadora de Laboratorio Laideth Estrada Brito. Autoriza emisión del informe de resultado			
Los resultados de este informe no se pueden reproducir sin la aprobación del laboratorio, exceptuando cuando se reproduzca en su totalidad, para proporcionar seguridad y que la información no se interprete fuera del contexto.							
FIN DEL INFORME							

Carrera 13 # 18 – 48 Barrio Gaitán. Valledupar- Cesar

+57 324 6439379 | @cristalvioleta_aa | Laboratorio Cristal Violeta

Resolución No. 0909 del 03 ABR 2018 Hoja No.9

Por la cual se establece la forma y requisitos para solicitar ante las autoridades ambientales competentes la acreditación o certificación de las inversiones de control del medio ambiente y conservación y mejoramiento del medio ambiente y se dictan otras disposiciones

ANEXO Formato Único de Solicitud de Certificación Ambiental para acceder al beneficio tributario de descuento del Impuesto a la Renta

FORMULARIO ÚNICO SOLICITUD BENEFICIOS TRIBUTARIOS DESCUENTO DE RENTA	
1. USUARIO	
Nombre o razón social	<u>Cerro Murillo KM 10.5 SAS</u>
Representante Legal	<u>Jesús Guillermo Namen Aponte</u>
Sector productivo	<u>Gastronómico</u>
Código CIU	
NIT	<u>901251797-6</u>
Domicilio	<u>KM 10.5 Via Rio Soco</u>
Teléfono	<u>3045231915</u>
Fax	
Correo Electronico	<u>Restaurantecerromurillo@gmail.com</u>
Persona de contacto	<u>Jesús Namen</u>
2. TIPO DE INVERSIÓN REALIZADA	
Inversión en Control del Medio Ambiente <input checked="" type="checkbox"/>	Inversión en Conservación y Mejoramiento del Medio Ambiente <input type="checkbox"/>
3. RUBRO DE LA INVERSIÓN DE ACUERDO A LO ESTABLECIDO EN EL Artículo 1.2.1.18.55 DE DECRETO 1675 DE 2016 MODIFICADO POR EL ARTICULO 1 DEL DECRETO 1338 2017	
<u>\$ 10.364 050.512 .</u>	
4. ESTADO DE LA INVERSIÓN	
En ejecución <input checked="" type="checkbox"/>	Fecha de Finalización: <u>01/01c/2023</u>
Terminada <input type="checkbox"/>	Fecha de Finalización: <u>01/01c/2024</u>
Por etapas <input type="checkbox"/>	No. De Etapas: _____ Etapa No.: _____
Por Realizarse <input checked="" type="checkbox"/>	Fecha de Inicio: <u>01/01c/2023</u>
4. LUGAR DONDE SE UBICA LA INVERSIÓN	
Departamento	Municipio
Coordenadas Geograficas en MAGNA SIRGAS	
Dirección	<u>Kilometro 10 salida de Valledupar</u>
5. VALOR DE LA INVERSIÓN	
Valor Total de la Inversión	
6. DECLARO QUE LA INVERSIÓN NO SE REALIZA POR MANDATO DE UNA AUTORIDAD AMBIENTAL PARA MITIGAR EL IMPACTO AMBIENTAL PRODUCIDO POR LA OBRA O ACTIVIDAD OBJETO DE UNA LICENCIA AMBIENTAL	
Firma del Representante Legal	