



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**REMOCIÓN DE LA DBO, DQO, PLOMO, HIERRO Y
MANGANESO MEDIANTE MANTOS FILTRANTES
ELABORADOS CON CARBÓN ACTIVADO DE CÁSCARA DE
COCO Y CALIZA EN LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN DEL
CANTÓN ALFREDO BAQUERIZO MORENO (JUAN).**

TUTOR

Ing. PABLO MARIO PAREDES RAMOS

AUTORES

**ARMANDO STALIN CHELE SANCÁN
KATHERINE VERÓNICA PALMA SÁNCHEZ**

GUAYAQUIL

2021



REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Remoción de la DBO, DQO, plomo, hierro y manganeso mediante mantos filtrantes elaborados con carbón activado de cáscara de coco y caliza en la planta de potabilización del cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan).	
AUTOR/ES: Chele Sancán Armando Stalin Palma Sánchez Katherine Verónica	REVISORES O TUTORES: Ing. Pablo Mario Paredes Ramos
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Roca fuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Ingeniero Civil
FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	CARRERA: INGENIERÍA CIVIL
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2021	N. DE PAGS: 144
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y construcción.	
PALABRAS CLAVE: Agua potable, plomo, hierro, manganeso.	
RESUMEN: El presente trabajo de investigación tiene por objetivo determinar el nivel de remoción de parámetros orgánicos (DBO y DQO), así como de parámetros metálicos (plomo, hierro y manganeso), mediante la implementación de mantos filtrantes elaborados a partir de carbón activado de cáscara de coco y caliza en la planta de potabilización del	

cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan), para lo cual se diseñaron dos prototipos con áreas transversales y velocidades de filtración diferentes, los ensayos fueron realizados mediante la aplicación por separado de los mantos filtrantes y de la combinación de estos, así como de la comparación del filtrado propio de la planta potabilizadora en Jujan, para luego ser analizados en el laboratorio para determinar cuantitativamente el nivel de remoción, entre los resultando obtenidos en los ensayos se determinó los niveles de parámetros orgánicos removidos (DBO y DQO) de hasta el 75,02% y 75%, respectivamente. Para los resultados obtenidos de la remoción de parámetros metálicos (Plomo, hierro y manganeso) se tienen valores de: 62,94%, 88,90% y 91,71% respectivamente. Como parte del análisis de los resultados se procede a contrastar los obtenidos con los establecidos en las normas vigentes (TULSMA e INEN).

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES: Chele Sancán Armando Stalin Palma Sánchez Katherine Verónica	Teléfono: 096 936 3453 098 931 7089	E-mail: astchs@hotmail.com kathe_ps@hotmail.com
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	<p>MSc. Ing. Alex Salvatierra Espinoza Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 241 E-mail: asalvatierrae@ulvr.edu.ec</p> <p>MSc. Alexis Valle Benítez Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 260 E-mail: avalleb@ulvr.edu.ec</p>	

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO

TESIS FINAL

por Armando - Katherine Chele - Palma

Fecha de entrega: 08-may-2021 10:49p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1581597251

Nombre del archivo: 2-_Tesis_Palma_Chele_Final.docx (8.47M)

Total de palabras: 32809

Total de caracteres: 173753

Atentamente,



Ing. PABLO MARIO PAREDES RAMOS, MSC
PROFESOR TUTOR

TESIS FINAL

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

docplayer.es

Fuente de Internet

2%

2

Submitted to Universidad San Francisco de
Quito

Trabajo del estudiante

2%

3

dspace.ucuenca.edu.ec

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

Atentamente,



Ing. PABLO MARIO PAREDES RAMOS, MSC
PROFESOR TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados ARMANDO STALIN CHELE SANCÁN y KATHERINE VERÓNICA PALMA SÁNCHEZ, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, Remoción de la DBO, DQO, plomo, hierro y manganeso mediante mantos filtrantes elaborados con carbón activado de cáscara de coco y caliza en la planta de potabilización del cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan), corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo (emos) los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor(es)

Firma:



ARMANDO STALIN CHELE SANCÁN

C.I. 0929525251

Firma:



KATHERINE VERÓNICA PALMA SÁNCHEZ

C.I. 0929366680

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación Remoción de la DBO, DQO, plomo, hierro y manganeso mediante mantos filtrantes elaborados con carbón activado de cáscara de coco y caliza en la planta de potabilización del cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan), designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: Remoción de la DBO, DQO, plomo, hierro y manganeso mediante mantos filtrantes elaborados con carbón activado de cáscara de coco y caliza en la planta de potabilización del cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan), presentado por los estudiantes ARMANDO STALIN CHELE SANCÁN y KATHERINE VERÓNICA PALMA SÁNCHEZ como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



Ing. PABLO MARIO PAREDES RAMOS, MSC

C.I. 0911828150

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme cumplir mis sueños, darme la fortaleza y sabiduría necesaria para no decaer, muy especialmente agradezco a mis padres, Eduardo y Raquel quienes me enseñaron a no rendirme hasta cumplir mis metas.

A ti Armando, por tu apoyo para realizar este trabajo de investigación.

A la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil por ser mi alma máter y hacer de mí una profesional, a todos los docentes a lo largo de mi formación académica en la institución, a mi tutor de tesis Msc. Pablo Paredes por sus conocimientos brindados.

A mis familiares que me apoyaron en todo momento.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres, Eduardo y Raquel por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida y quienes son mi pilar fundamental, a mis hermanos Joselyn, Anthony y Jasslyn por siempre apoyarme, a mis sobrinos Rafael y Santiago quienes son nuestra alegría.

A ti Armando por ser mi compañero de tesis y mi compañero de vida.

Katherine Palma S.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a la Universidad Laica Vicente Rocafructe y a los docentes de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción, por compartir sus conocimientos durante la preparación de nuestra profesión, además agradezco a mi tutor Msc. Pablo Paredes, quien con su guía y conocimientos me apoyó en cada etapa de este proyecto para poder así alcanzar los resultados propuestos.

A la Sra. alcaldesa del municipio de Jujan que nos facilitó la documentación necesaria para realizar el presente trabajo.

Por último, quiero hacer mención especial a toda mi familia, mi tía Midonia quienes siempre han estado dispuestos a apoyarme en el transcurso de la carrera universitaria. Además, a mi tío que siempre aportó con su granito de arena.

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia, mi tía Midonia quienes siempre estuvieron ahí apoyándome en el transcurso de la carrera universitaria.

A todas las personas especiales que me apoyaron durante esta etapa, aportando en mi formación profesional y como ser humano.

A mi compañera Katherine que siempre ve el lado bueno de las cosas.

“La ingeniería no se limita a pequeñas o grandes construcciones, va mucho más allá en el espacio y en el tiempo. La ingeniería trasciende”

Carlos Slim Helú

Armando Chele S.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA.....	ii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO.....	iv
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES	vi
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA	viii
ÍNDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
INTRODUCCIÓN	1
Capítulo I.....	3
Diseño de la investigación	3
1.1 Tema	3
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Formulación del problema	7
1.4 Sistematización del problema	7
1.5 Objetivo general.....	8
1.6 Objetivos específicos	8
1.7 Justificación	8
1.8 Delimitación del problema.....	9
1.9 Hipótesis o idea para defender	10
1.10 Línea de investigación institucional/facultad.....	10

Capítulo II	11
Marco teórico	11
2.1 Antecedentes	11
2.2 Marco Teórico.....	17
2.2.1 Aspectos generales.....	17
2.2.2 Parámetros de calidad en el proceso de potabilización.....	24
2.2.3 Especificación de los materiales para la remoción de contaminantes.....	37
2.2.4 Descripción de los procesos de potabilización del agua.....	42
2.3 Marco Conceptual.....	51
2.4 Marco Legal	56
2.4.1 Constitución de la República del Ecuador.....	56
2.4.2 Código orgánico de organización territorial, autonomía y descentralización (COOTAD).....	58
2.4.3 Reglamento Ley recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua.....	58
2.4.4 Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente (TULSMA) 2017.....	58
2.4.5 Código Orgánico del Ambiente	61
2.4.6 Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental	62
2.4.7 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2020-04.....	62
2.4.8 Secretaría del Agua.....	63
2.4.9 Naciones Unidas	63
Capítulo III.....	64
Metodología de la investigación	64
3.1 Metodología experimental y científica	64

3.2	Tipo de investigación.....	64
3.3	Enfoque de la investigación.....	64
3.4	Población y muestra.....	65
3.5	Técnica e instrumentos	66
	Elaboración de la planta piloto.....	66
3.5.1	Dimensionamiento de prototipos 1 y 2 (Sistema de filtración).	66
3.5.2	Cálculos de diseño para prototipos	67
3.5.3	Materiales.....	69
3.5.4	Procedimiento de construcción de prototipos de planta piloto	70
3.6	Combinaciones de materiales y espesores	76
3.7	Toma de muestras	77
3.7.1	Planta potabilizadora.....	77
3.7.2	Prototipo 1 / Combinación: carbón activo cáscara de coco (0,60m).....	78
3.7.3	Prototipo 2 / Combinación: caliza (0,60m).....	79
3.7.4	Prototipo 1 / Combinación: Caliza (0,60m).....	80
3.7.5	Prototipo 2 / Combinación: Carbón activado cáscara de coco (0,60m).....	81
3.7.6	Prototipo 1 / Combinación: carbón activado cáscara de coco (0,30m) y caliza (0,30m).....	82
3.7.7	Prototipo 2 / Combinación: carbón activado cáscara de coco (0,30m) y caliza (0,30m).....	82
	Capítulo IV	84
	Análisis de resultados.....	84
4.1	Identificación de cargas contaminantes	84
4.1.1	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).	84

4.1.2	Demanda química de oxígeno (DQO)	85
4.1.3	Plomo	86
4.1.4	Hierro	87
4.1.5	Manganeso	88
4.2	Determinación porcentual de remoción de contaminantes	89
4.3	Comparación de resultados obtenidos para los procesos de filtración	91
4.4	Discusión de resultados.....	97
CONCLUSIONES		102
RECOMENDACIONES		103
BIBLIOGRAFÍA		104
ANEXOS		108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Principales metales presentes en el agua subterránea</i>	29
Tabla 2	<i>Distribución del tamaño de poros</i>	38
Tabla 3	<i>Características de la columna litológica del pozo</i>	47
Tabla 4	<i>Profundidades de acuíferos</i>	47
Tabla 5	<i>Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico</i>	59
Tabla 6	<i>Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios</i>	60
Tabla 7	<i>Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios (Cont.)</i>	61
Tabla 8	<i>Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano</i>	62
Tabla 9	<i>Detalle de muestras a obtener para su respectivo análisis.</i>	65
Tabla 10	<i>Parámetro DBO presente en las muestras</i>	84
Tabla 11	<i>Parámetro DQO presente en las muestras</i>	85
Tabla 12	<i>Parámetro Pb presente en las muestras</i>	86
Tabla 13	<i>Parámetro Fe presente en las muestras</i>	87
Tabla 14	<i>Parámetro Mn presente en las muestras</i>	88
Tabla 15	<i>Porcentaje de remoción del ensayo carbón activado (prototipo 1)</i>	89
Tabla 16	<i>Porcentaje de remoción del ensayo caliza (prototipo 2)</i>	90
Tabla 17	<i>Porcentaje de remoción del ensayo caliza (prototipo 1)</i>	90
Tabla 18	<i>Porcentaje de remoción del ensayo carbón activado (prototipo 2)</i>	90
Tabla 19	<i>Porcentaje de remoción del ensayo carbón activado y caliza (prototipo 1)</i>	90
Tabla 20	<i>Porcentaje de remoción del ensayo carbón activado y caliza (prototipo 2)</i>	91
Tabla 21	<i>Resultados de parámetros monitoreados en el ensayo agua de pozo</i>	91
Tabla 22	<i>Resultados de parámetros monitoreados en el ensayo carbón activado (prototipo 1)</i>	92
Tabla 23	<i>Resultados de parámetros monitoreados en el ensayo caliza (prototipo 2).</i>	92
Tabla 24	<i>Resultados de parámetros monitoreados en el ensayo caliza (prototipo 1)</i>	93

Tabla 25	<i>Resultados de parámetros monitoreados en el ensayo carbón activado (prototipo 2)</i>	93
Tabla 26	<i>Resultados de parámetros monitoreados en el ensayo carbón activado y caliza (prototipo 1)</i>	94
Tabla 27	<i>Resultados de parámetros monitoreados en el ensayo caliza y carbón activado (prototipo 2)</i>	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Micrografía de microscopia electrónica con campo de emisión del carbón activado sin impregnar	13
Figura 2	Eficiencia de la remoción	15
Figura 3	Relación entre la Turbidez y las cantidades de cáscara de coco utilizadas en los tratamientos	17
Figura 4	Ciclo de las aguas meteóricas	18
Figura 5	Representación de las aguas superficiales	19
Figura 6	Representación de las aguas subterráneas	20
Figura 7	Filtro a partir de la corteza de coco	39
Figura 8	Representación de la piedra caliza	41
Figura 9	Modelo esquemático del proceso de captación de agua	42
Figura 10	Lecho filtrante (filtro lento)	44
Figura 11	Etapas de pre filtrado (filtro rápido).	45
Figura 12	Vista de la planta de tratamiento del cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan).	46
Figura 13	Sistema de conducción de agua cruda	48
Figura 14	Sistema de filtrado	49
Figura 15	Sistema de bombas para el proceso de pre y pos-cloración.	49
Figura 16	Sistema de almacenamiento	50
Figura 17	Sistema de bombas del sistema booster	51
Figura 18	Cortes de ángulos a). Prototipo 1, b) Prototipo 2.	70
Figura 19	Ensamble de estructura para los prototipos	71
Figura 20	Soldadura de la estructura del prototipo 1	71
Figura 21	Soldadura de la estructura del prototipo 2	71
Figura 22	Cortes de láminas de metal de los prototipos	72
Figura 23	Soldadura de las planchas metálicas del prototipo 1	72
Figura 24	Soldadura de la estructura del prototipo 2	72
Figura 25	Soldadura de neplo en las estructuras de los prototipos 1 y 2	73
Figura 26	Sellado de estructuras de los prototipos 1 y 2	73
Figura 27	Pintado de la estructura de los prototipos 1 y 2	74
Figura 28	Corte y montaje de tubería de PVC en las estructuras de los prototipos 1 y 2	74
Figura 29	Montaje de vidrio en la estructura de los prototipos 1 y 2	75
Figura 30	Sellado del vidrio en la estructura de los prototipos 1 y 2	75

Figura 31	Montaje del tanque elevado.	76
Figura 32	Toma de muestra 1 de la planta potabilizadora	78
Figura 33	Toma de muestra 2 del Prototipo 1 / carbón activo cáscara de coco (0,60m)	78
Figura 34	Toma de muestra 3 del prototipo 2 / caliza (0,60m)	79
Figura 35	Muestras 1,2, 3, almacenadas y preparadas para ser enviadas al laboratorio	80
Figura 36	Vista del prototipo 1, caliza (0,60m) y toma de muestra 4, caliza e=0,60m	80
Figura 37	Prototipo 2 / carbón activo cáscara de coco (0,60m) y la respectiva toma de la muestra 5	81
Figura 38	Muestras 4, 5; envasadas para ser entregadas al laboratorio	81
Figura 39	Prototipo 1 y toma de muestra 6 / carbón activo cáscara de coco (0,30m) y caliza (0,30m)	82
Figura 40	Prototipo 2, carbón activo cáscara de coco (0,30m) y caliza (0,30m) y toma de la muestra 7.	83
Figura 41	Muestras 6, 7 almacenadas y envasadas para ser entregadas al laboratorio.	83
Figura 42	Resultado del parámetro DBO, presente en las muestras	85
Figura 43	Resultado del parámetro DQO, presente en las muestras	86
Figura 44	Resultado del parámetro Pb, presente en las muestras	87
Figura 45	Resultado del parámetro Fe, presente en las muestras	88
Figura 46	Resultado del parámetro Mn, presente en las muestras	89

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Ficha técnica de la caliza	109
Anexo 2	Ficha técnica del carbón activado de origen vegetal	110
Anexo 3	Presupuesto del prototipo 1	111
Anexo 4	Presupuesto del prototipo 2	112
Anexo 5	Informes de ensayos	113

INTRODUCCIÓN

El suministro de agua potable se relaciona de forma directa a la adecuación de la calidad para el consumo de la población; por esto se necesita determinar la forma más conveniente de realizar esta adecuación, desde el punto de vista técnico, así como del aspecto económico. En este tipo de procesos comúnmente se realiza el suministro de agua por medio de fuentes convencionales, las cuales se basan en las aguas subterráneas (fuentes acuíferas) y las aguas superficiales (por medio de ríos, lagos y presas).

Muchas veces este proceso se realiza por medio de fuentes no convencionales, por medio de fuentes acuíferas saladas, del agua de mar y de aguas negras. Por la calidad requerida para su procesamiento, se recomienda potabilizar aguas de fuentes acuíferas para las cuales solo se necesita aplicar la cloración y en ciertos casos eliminar las trazas de hierro y manganeso disueltas. Por otro lado, para las fuentes de agua superficiales, se necesitan plantas potabilizadoras de agua más complejas, las cuales incluyen procesos de potabilización tales como la coagulación-floculación, la sedimentación, la filtración y pues la desinfección por medio de la cloración. Respecto al suministro del líquido vital, respecto a esto, diario El Universo, acota:

En el Ecuador, **Solo 5 434 064 (el 31 %) ecuatorianos de 17 267 986 consumen agua de ‘calidad asegurada’**. Esta cantidad corresponde a la suma de las poblaciones de Guayaquil y Quito, los únicos cantones de Ecuador que poseen el **sello de calidad** que otorga el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) (Diario El Universo, 2020, p. 1).

La evaluación de la calidad del líquido la realiza el INEN con parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos en la Norma 1108, que contiene estándares internacionales. Acogerse a estos parámetros es voluntario, pero desde el momento que son incluidos en las ordenanzas municipales pasan a ser obligatorios (EL UNIVERSO, 2020).

Actualmente el Cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan), cuenta con una planta de tratamiento de agua potable implementada hace dos años atrás, dicho sistema se encuentra con muchas deficiencias en la actualidad, debido a que el líquido vital llega a los ciudadanos en condiciones no aptas para el consumo humano. El agua no tiene las especificaciones

óptimas necesarias, muchas veces presenta turbiedad debido al arrastre de impurezas en los procesos de potabilización, almacenamiento o distribución; esto ocasiona malestar entre los usuarios del cantón, por cuanto no satisface las necesidades básicas, siendo causante de muchas enfermedades en la población.

Capítulo I

Diseño de la investigación

1.1 Tema

Remoción de la DBO, DQO, plomo, hierro y manganeso mediante mantos filtrantes elaborados con carbón activado de cáscara de coco y caliza en la planta de potabilización del cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan).

1.2 Planteamiento del problema

El agua constituye uno de los recursos naturales fundamentales y básicos en que se fomenta el desarrollo de la humanidad, junto con el aire, la tierra y la energía; debido a que es el compuesto químico más abundante en el planeta y resulta indispensable para el desarrollo de la vida, ya que constituye del 50 al 90% de la masa de los organismos vivos. Por medio del ciclo del agua, la naturaleza trata de eliminar los contaminantes disueltos, no obstante, no posee la capacidad necesaria para remover todas las sustancias y contaminantes que se encuentran disueltas en ella. Respecto a los riesgos hídricos, los autores: Yapa, Auyoong, Hassan & Farivar (2020) comentan:

Según estadísticas recientes del Instituto de Recursos Mundiales, aproximadamente una cuarta parte de la población mundial se identifican como las regiones con un estrés hídrico extremadamente alto. El cambio climático impredecible, el aumento de la demanda de agua dulce debido al aumento de la población y el empeoramiento de la contaminación del agua son los factores principales que contribuyen a la actual crisis del agua. (p. 2)

El agua constituye un factor esencial para la vida y todas las personas deben poseer un suministro satisfactorio de este líquido vital (suficiente, accesible e inocuo). La mejoría de este acceso al agua potable brinda beneficios evidentes en aspectos de salubridad e higiene, factores que tienen que ver con el bienestar de los ciudadanos. Por lo tanto, es necesario realizar esfuerzos con el objetivo de lograr que la inocuidad en el agua para consumo público sea de la mejor calidad posible. Respecto a la accesibilidad a los servicios de agua potable, Naciones Unidas (2019) por medio de su informe anual afirma lo siguiente:

El uso del agua ha venido aumentando un 1% anual en todo el mundo desde los años 80 del siglo pasado, impulsado por una combinación de aumento de la población, desarrollo socioeconómico y cambio en los modelos de consumo. Más de 2 000 millones de personas viven en países que sufren una fuerte escasez de agua, y aproximadamente 4 000 millones de personas padecen una grave escasez de agua durante al menos un mes al año. Los niveles de escasez seguirán aumentando a medida que crezca la demanda de agua y se intensifiquen los efectos del cambio climático. (p. 1)

No obstante, estas cifras registradas no reflejan las marcadas desigualdades entre dentro y fuera de las distintas regiones, países, comunidades e incluso barrios. Análisis globales, respecto a los estudios costo-beneficio han determinado que los Servicios de Agua potable, Saneamiento e Higiene (WaSH) brindan efectivos beneficios sociales y económicos, en comparación con sus costos, debido a que poseen una relación global media. Respecto a estudios realizados desde el punto de vista de la mortalidad, en las zonas rurales de África, los autores: Guo, Bowling, Bartram & Kayser (2017) determinaron:

En 2012, se estima que ocurrieron 842.000 muertes debido a enfermedades diarreicas por falta de agua, saneamiento e higiene; esta carga de morbilidad puede reducirse aumentando el acceso a agua potable y saneamiento y promoviendo comportamientos de higiene básica (WaSH). Una intervención bien dirigida y ejecutada para mejorar el agua o el saneamiento puede reducir la prevalencia de enfermedades diarreicas en aproximadamente un tercio. (p. 1033)

Los problemas que existe en la actualidad y que gira en torno a la calidad del agua persiste, ya sea este en países desarrollados, así como en los países en vía de desarrollo, estos incluyen la ausencia de agua de calidad; los impactos relacionados con los cambios debido a la hidromorfología, así como al aumento de contaminantes de tipo emergentes y a la propagación de microorganismos patógenos. La calidad deficiente del agua influye directamente en los usuarios que de una u otra forma dependen de estos suministros como su fuente principal de líquido vital, limitando de alguna manera su libre acceso al preciado líquido (su disponibilidad de suministro) y se ve incrementado en lo que tiene que ver con los riesgos de la salud de la ciudadanía en general, sin tomar en consideración su nivel de

calidad de vida. Muchas son las enfermedades relacionadas con el consumo de agua contaminada, que van desde el cólera hasta la esquistosomiasis, las cuales siguen siendo muy frecuentes en muchos de los países en vías de desarrollo. Respecto a la disponibilidad de las aguas residuales, la UNESCO (2017) afirma:

La disponibilidad de una infraestructura de saneamiento mejorada no necesariamente equivale a una mejor gestión de aguas residuales o seguridad pública. Solo 26% de los servicios urbanos de saneamiento y de gestión de aguas residuales y 34% de los servicios rurales previenen de forma efectiva el contacto de los humanos con excrementos a lo largo de la cadena de saneamiento, los cuales sí reflejan una gestión segura para las personas. (p. 2)

En países africanos, las carencias se acrecientan especialmente en las zonas rurales de este continente, en donde las implementaciones destinadas a la infraestructura de saneamiento no están en condiciones óptimas, ocasionando altos riesgos para la salubridad de la población, debido principalmente a la propagación de enfermedades. “Estos datos son alarmantes entre los niños menores de cinco años, con la mayor tasa de mortalidad de todas las regiones en vías de desarrollo: 191 niños morían por cada 1.000 nacimientos en 2015, según datos de la ONU” (ACNUR, 2019, p. 1).

En relación con este fenómeno, uno de sus principales efectos es la malnutrición en los infantes, así como la pérdida de cultivos y de la inseguridad alimentaria. El consumo de agua no potabilizada ocasiona severas enfermedades digestivas, incluso del tipo mortales muchas de ellas, afectando la salud de los usuarios que la consumen. En lo que tiene que ver con el derecho al agua y los objetivos de desarrollo sostenible, la ACNUR (2018) comenta:

En julio de 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció la importancia del agua, el derecho a su acceso y al saneamiento. Determinó que todo ser humano tiene derecho a entre 50 y 100 litros de agua apta para el consumo por persona y día y que el acceso esté a menos de 1.000 metros o un máximo de media hora de su hogar. (p. 1)

En lo que tiene que ver con la calidad del agua en el Ecuador, se puede afirmar que, en el país, “solo 5 434 064 (el 31 %) ecuatorianos de 17 267 986 consumen agua de ‘calidad’. que corresponde a la suma de las poblaciones de Guayaquil y Quito, los cuales son los únicos cantones que poseen el sello de calidad del INEN” (Diario El Universo, 2020, p. 1). En lo referente a la evaluación de la calidad del agua, realizada por el INEN, en base a parámetros físicos, químicos y microbiológicos, los cuales están establecidos en la Norma 1108, la cual se compone de valores referenciales, así como de estándares internacionales. La figura legal de restringirse a estos estándares es de forma voluntaria, no obstante, desde el momento que son tomados en consideración dentro de las ordenanzas municipales de las localidades en las que se encuentran circunscritas, pasan a ser forma obligatoria.

Para que los municipios locales sean evaluados, deben analizarse entre sí, verificando si cumplen con todos los requisitos exigidos en la Norma 1108 del INEN. Si se cumplen con los estándares, así como con los indicadores, se debe contactar con el Instituto Ecuatoriano de Normalización, con la finalidad de que sean auditados y si estos procesos mejoran los indicadores del ente regulador, entonces obtienen el sello de calidad del INEN. Con relación a los porcentajes del suministro utilizado en el Ecuador, Diario El Universo (2020), comenta respecto a los indicadores del agua, saneamiento e higiene durante el 2019 en el Ecuador y afirma:

Siete de cada diez personas en el país beben agua ‘segura’ (libre de la bacteria E. coli). Además, que el 67,8 % de la población utiliza como suministro para beber una fuente tipo A (tubería, pozo protegido o agua embotellada), en la vivienda, de manera suficiente y libre de contaminación fecal. (p. 1)

En lo que respecta a la planta de tratamiento de agua potable en el cantón Jujan, se puede comentar que en la actualidad el Cantón Alfredo Baquerizo Moreno cuenta con una planta de tratamiento de agua potable implementada hace dos años atrás, dicho sistema de potabilización se encuentra con muchas deficiencias en la actualidad, debido a que el líquido vital llega a los ciudadanos en condiciones no aptas para el consumo humano. El agua no posee las especificaciones y características necesarias, muchas veces presenta turbiedad, debido al arrastre de impurezas derivadas del proceso de potabilización en sí, así

como del almacenamiento o distribución; esto ha causado un malestar considerable en los usuarios, debido a que no satisface las necesidades básicas, siendo causante además de enfermedades en la ciudadanía.

El suministro del agua potable se enmarca en el desarrollo sostenible de Jujan en lo referente al acceso equitativo contemplado en los proyectos de agua potable y saneamiento. Dentro de este contexto, el Banco de Desarrollo del Ecuador (BDE), en su informe Misión Agua y Saneamiento para Todos, contempla indicadores dentro de los cuales se alinea el proyecto, el BDE (2021), a través de su sitio web comenta sobre el proyecto de potabilización y anota:

Este moderno sistema, que generó 30 nuevas plazas de trabajo, tiene como finalidad captar el agua cruda, tratarla, reservarla y distribuirla, para mitigar la contaminación ambiental, evitar enfermedades de origen hídrico e impulsar el desarrollo productivo, económico y social en la zona. La comunidad se va a beneficiar con agua de calidad y en cantidad suficiente, generando una cobertura del 90% las 24 horas del día, el cantón solo cuenta con el 10% de cobertura del servicio porque no existe un tratamiento adecuado de las aguas residuales. (p. 1)

1.3 Formulación del problema

¿Cuáles son los niveles de remoción de parámetros DBO, DQO, plomo, hierro y manganeso, mediante mantos filtrantes elaborados con carbón activado de cáscara de coco y caliza en la planta de potabilización del cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan)?

1.4 Sistematización del problema

¿Qué tipo de cargas contaminantes se pueden identificar mediante análisis químicos en la fuente de captación de la planta de potabilización?

¿Cómo se determina los porcentajes de remoción de contaminantes presentes en el agua, mediante la construcción a escala de un sistema de filtración propuesto con carbón activado de cáscara de coco y caliza?

¿Cómo comparar los resultados obtenidos en los procesos de filtración con los límites máximos permisibles según la Norma NTE INEN 1108 y la TULSMA?

1.5 Objetivo general

Determinar los niveles de remoción de los parámetros DBO, DQO, plomo, hierro y manganeso mediante mantos filtrantes elaborados con carbón activado de cáscara de coco y caliza en la planta de potabilización del cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan).

1.6 Objetivos específicos

Identificar cargas contaminantes mediante análisis químicos, en la fuente de captación de la planta de potabilización.

Determinar los porcentajes de remoción de contaminantes presentes en el agua, mediante la construcción a escala de un sistema de filtración a escala propuesto con carbón activado de cáscara de coco y caliza.

Comparar los resultados obtenidos en los procesos de filtración con los límites máximos permisibles según la Norma NTE INEN 1108 y la TULSMA.

1.7 Justificación

El presente trabajo de titulación es de vital importancia, debido a que el agua es el recurso hídrico fundamental para el desarrollo de la vida y existencia humana, además constituye uno de los problemas mundiales en la actualidad, debido principalmente a que no se cuenta con la calidad y la gestión necesarios para abastecer del líquido vital a la población, lo que genera diversas afectaciones a la salud, debido a la exposición con ciertos contaminantes presentes en el agua potable. Para poder calificar al agua apta para el consumo, es necesario que este pase por un proceso de potabilización, que constituye una serie de procesos que garantizan una generación de agua de calidad, estos mismos procesos, que deben ser los adecuados dependiendo del tratamiento que necesite el líquido vital, que está en función principalmente de la fuente de captación de donde se va a extraer.

La planta de tratamiento de agua potable del cantón Alfredo Baquerizo Moreno, a pesar de que cuenta con la suficiente producción de agua, los usuarios no reciben una excelente calidad en el servicio, por lo que genera incomodidad, lo cual conlleva a una insatisfacción general de la población. Actualmente la planta de tratamiento de agua potable se encuentra en operaciones por lo que es imprescindible darle solución oportuna a la calidad de agua

que se está entregando a los usuarios, lo que ayudará a mejorar de manera significativa la calidad del agua y de vida de los habitantes del lugar.

Mediante este estudio se busca determinar el dimensionamiento del manto filtrante, para la remoción de contaminantes mediante un prototipo de filtro elaborado con carbón activado de cascara de coco y caliza, que posibilite determinar la eficiencia de este sistema en la remoción de contaminantes presentes en el agua a tratar y que son dañinos para la salud de los habitantes del cantón. En esta evaluación se analizarán parámetros necesarios para determinar posibles problemas que afecten la calidad del agua del cantón Jujan y así proponer soluciones las cuales serán presentadas a la autoridad competente del GAD Municipal del Cantón.

El presente trabajo posee justificación práctica, debido a que como resultado de este se obtendrán especificaciones basadas en la implementación de una planta de prueba que tiene el dimensionamiento para que el agua trate de cumplir los parámetros dentro de la normativa vigente. La tesis posee además una justificación metodológica, por cuanto en esta se recomiendan alternativas que se pueden llevar a cabo en la planta y que tiene como finalidad que el líquido vital se encuentre dentro los límites exigidos por las normativas TULSMA e INEN.

1.8 Delimitación del problema

- **Campo:** Ambiental
- **Área específica:** Ingeniería Civil
- **Periodo:** 2021
- **Marco espacial:** Empresas potabilizadoras de agua
- **Delimitación espacial:** Cantón Alfredo Baquerizo Moreno – Jujan.
- **Delimitación temporal:** 6 meses
- **Unidades de observación:** Planta de tratamiento de agua potable del cantón Alfredo Baquerizo Moreno – Jujan. Provincia del Guayas.

Para la evaluación de los parámetros que serán removidos del agua de la planta de tratamiento del cantón Jujan, se partirá de la información y análisis por parte del Gobierno

Autónomo Descentralizado (GAD) del cantón, quienes han realizado estudios con anterioridad, además se realizarán visitas a la planta de tratamiento con la finalidad de tomar muestras necesarias para los análisis que tienen que ver con las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de los parámetros establecidos. Se verificarán los resultados de estos análisis en base a las normas establecidas para agua potable (NTE INEN 1108-2020), así como para la captación de agua destinada a consumo humano (TULSMA), para así poder adoptar las medidas necesarias para mejorar la calidad de agua que se entrega a la población.

1.9 Hipótesis o idea para defender

Los mantos filtrantes elaborados con carbón activado de cáscara de coco y caliza inciden en la remoción de los parámetros DBO, DQO, plomo hierro y manganeso en la planta potabilizadora del cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan).

1.10 Línea de investigación institucional/facultad

Dominio: Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de la construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables.

Línea Institucional: Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.

Línea de Facultad: Territorio.

Capítulo II

Marco teórico

2.1 Antecedentes

Dentro del material referencial revisado, se puede citar al trabajo de investigación relacionado a la utilización de corteza de coco para la elaboración de mantos filtrantes para la eliminación de herbicidas presentes en el agua, sobre este trabajo se puede comentar que el objetivo del mismo que se basa en la evaluación de la reducción del herbicida específico (Atrazina) en el agua, durante el proceso de tratamiento convencional de potabilización (coagulación, floculación, sedimentación y filtración con arena y antracita), para luego ser tratado por medio de una doble filtración con dos medios adsorbentes de tipo granular (de origen vegetal y mineral).

Como parte de la experimentación, ésta contó con una etapa de filtrado en base a un filtro transparente de 19 mm de diámetro interno y 40 mm de longitud, la salida consistía en un acople de silicona. El experimento consiste en someter las muestras en ambos filtros, el convencional y el experimental con la corteza de coco, encontrando disminución del contaminante. Sobre el proceso los autores Fuentes, Amézquita & Torres (2018) afirman:

La Atrazina es uno de los herbicidas de mayor aplicación en el mundo, ingresa a los cuerpos de agua superficial por escorrentía, aplicación directa o dispersión aérea. Los métodos de tratamiento convencional de agua no remueven eficientemente este tipo de contaminantes, mientras que la adsorción con Carbón Activado Granular (CAG), es una técnica apropiada para la remoción de compuestos orgánicos del agua. En este trabajo, se evaluó la reducción de Atrazina de un agua dopada con dos concentraciones Atrazina, durante el proceso de tratamiento convencional (coagulación, floculación, sedimentación y filtración con arena y antracita) seguido de una doble filtración con dos medios adsorbentes granulares (CAG de origen Vegetal y Mineral), la cual permitió obtener una eficiente reducción de Atrazina (99%). (p. 184)

El citado artículo de investigación se relaciona de forma directa con el presente trabajo de titulación por cuanto se parte de la premisa de la utilización de materiales de origen

biológicos, que son ampliamente amigables con el medio ambiente con mínimos niveles de contaminación en su utilización e implementación, para que, mediante sus propiedades fisicoquímicas intrínsecas, disminuya los niveles de contaminación presente en las muestras de agua para uso de la ciudadanía.

Seguidamente, en el trabajo titulado: “Tratamiento complementario de agua potable utilizando un filtro de carbón activado impregnado con quitosano producidos a partir de biomasa residual”, que tiene por objetivo la prueba de la eficiencia de un filtro a base de carbón activado generado a partir de maíz e impregnado con quitosano, como tratamiento complementario del agua potable en la ciudad de Tumbes. El carbón activado se obtuvo por activación química del material, el filtro diseñado logró disminuir eficientemente los niveles de turbidez, de cloro residual en el agua potable, llegando a valores aceptados por la norma. Sobre los resultados obtenidos de la filtración complementaria, los autores Cruz, Guzmán, Rimaycuna & Alfaro (2016) comentan:

El carbón activado se obtuvo por activación química con $ZnCl_2$ a $600\text{ }^{\circ}C$ durante 2 horas y bajo atmósfera de nitrógeno. Luego el quitosano fue impregnado bajo condición húmeda durante 4 horas en agitación constante. 30 g del material producido se colocaron en un soporte de plástico PVC de 1.5” de diámetro para constituir el filtro a ser utilizado durante el desarrollo de los experimentos con agua potable colectada en la zona de El Milagro – Tumbes. El filtro construido logró reducir eficientemente los niveles de concentración de turbidez, cloro residual en el agua potable llegando a valores entre 46.9 y 68.9 % y entre 87.5 hasta 100 % respectivamente. La cantidad inicial de bacterias heterótrofas en el agua también se logró reducir en niveles de 32,8 y 66,7 % en los primeros 50 min del experimento. El caudal promedio de agua tratada por el filtro fue de 0,20 l/min y la capacidad máxima de tratamiento de agua, teniendo como variable limitante la eficiencia en la reducción de bacterias heterótrofas, fue de 0,3 l gua/g de carbón impregnado con quitosano puesto en el filtro. (p. 65)

Hay que comentar que el artículo citado se relaciona de manera directa con el presente trabajo, debido a que en su implementación se utiliza el carbón activado, que posee un aditamento que contribuye a la disminución de contaminantes presentes en el agua potable,

en comparación con el utilizado en la tesis, que consta de carbón activado a partir de la cascara de coco, la cual al ser procesada le proporciona propiedades físicas que le otorgan la porosidad apropiada para mejorar los niveles de potabilización.

Es necesario acotar que entre los resultados del artículo anterior se pueden apreciar las dimensiones microscópicas que se obtuvieron al agregar al filtro convencional el material propuesto por los autores, se realizó una comparación entre dichas capas filtrantes, obteniendo los siguientes resultados, que se muestran en la figura 1, a continuación:

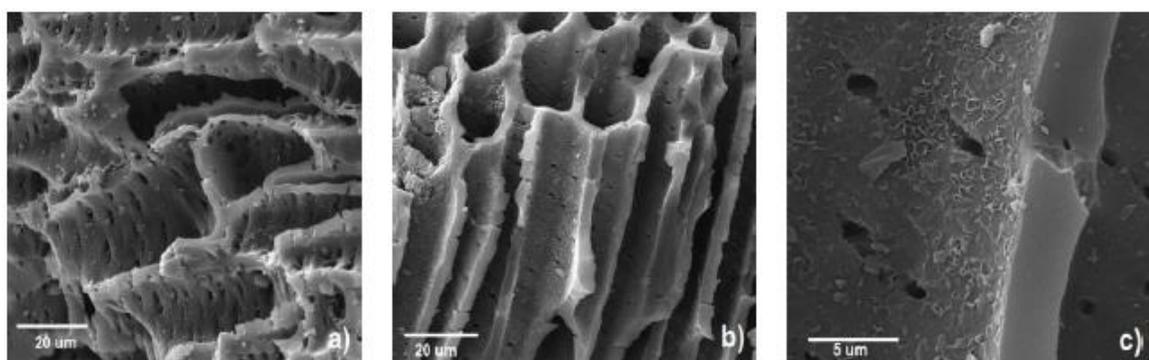


Figura 1: Micrografía de microscopia electrónica con campo de emisión del carbón activado sin impregnar a) e impregnado con quitosano b) y c).

Fuente: (Cruz, Guzmán, Rimaycuna & Alfaro, 2016)

En el trabajo de titulación: “Remoción de plomo para mejorar el agua de Mórrope utilizando carbón activado del endocarpio de aceituna y cáscara de coco”, que tuvo como objetivo la evaluación de la eficiencia en el uso del carbón activado, determinando además la relación entre la remoción de la cantidad de plomo para mejorar el agua potable de la localidad de Mórrope. El desarrollo de este trabajo de investigación se centra en el análisis de la concentración de plomo que se encuentra en el agua, el cual es objeto de estudio, con la finalidad de determinar si se encuentra dentro de los rangos aceptables de las normativas vigentes o está dentro del estándar de calidad según sea su aplicación. Sobre los resultados de la remoción del plomo presente en el agua de las muestras, los autores del trabajo de investigación, Condor & Maza (2020) detallan:

El carbón activado de cáscara de coco es un producto altamente eficiente en la remoción de plomo en aguas de consumo humano ya que tiene un amplio poder de adsorción con un promedio 95.2 %. El costo de este residuo es ventajoso y a su vez

económico debido a su disponibilidad en el mercado comercial, este a su vez tiene una repercusión positiva en la población ya que contribuye a la mejora del ambiente.
(p. 48)

Es importante la referencia del trabajo anteriormente comentado, debido a que se utiliza en el mismo, de forma expresa los mismos materiales que se contemplan en el trabajo de titulación actual, es decir el carbón activado, a partir de la cáscara de coco; así como su objetivo de estudio es similar por cuanto su contexto se basa en la remoción de los mismos elementos disueltos en el agua que son entre otros el plomo, el hierro y el manganeso, por lo que se procedió a citarlo.

El trabajo de titulación que lleva por título: “Filtros de cáscara de coco y cascarilla de arroz, una revisión en el tratamiento de aguas residuales de lavaderos de vehículos”, tiene como objetivo principal la comparación de filtros diseñados a partir de la cáscara de coco y de la cascarilla del arroz, utilizados para el tratamiento de aguas en los lavaderos de vehículos. Como parte de la metodología a utilizar, se hizo una recolección de fichas de datos, con la finalidad de la comparación de las metodologías y de los resultados obtenidos de ambos análisis. Además, se realizó una revisión exhaustiva de artículos de bases de datos.

Como resultado de la investigación, se obtuvo que el filtro de fibra de cáscara de coco consiguió la remoción de aceites y grasas con 59.08% de eficiencia; vale la pena comentar que los resultados obtenidos del tratamiento cumplen con la normativa TULSMA. En base a esto se concluye que la utilización del filtro de cáscara de coco constituye una buena alternativa para el tratamiento de aguas residuales, debido a sus propiedades fisicoquímicas (ver Figura 2). Sobre la eficiencia obtenida por la aplicación del filtro a partir de la cascara de coco, en la remoción del DBO y del DQO, los autores Urrelo & Troya (2020) comentan lo siguiente:

En la Figura 2 a) se muestra las eficiencias de remoción de la DBO del agua residual proveniente del lavado de vehículos, al utilizar como medios filtrantes la fibra de cáscara de coco, se encontró una eficiencia de 52.33%. Para la remoción de la DBO, En la Figura 2 b) se muestra las eficiencias y la remoción de la DQO del agua residual

utilizando como medio filtrante la fibra de la cáscara de coco encontrándose una eficiencia de 59.08% para la remoción de la DQO (p. 9-10).

Es importante recalcar que el trabajo citado anteriormente, posee relevancia debido a que dentro de su redacción contempla la utilización de la cáscara de coco, así como entre los objetivos propuestos se obtiene la eficacia de la remoción de los parámetros del DBO y DQO, los cuales constituyen principalmente el objeto de estudio de la tesis que se lleva a cabo, por lo que guarda una relación directa con el diseño de los mantos filtrantes que se han propuesto en la presente tesis.

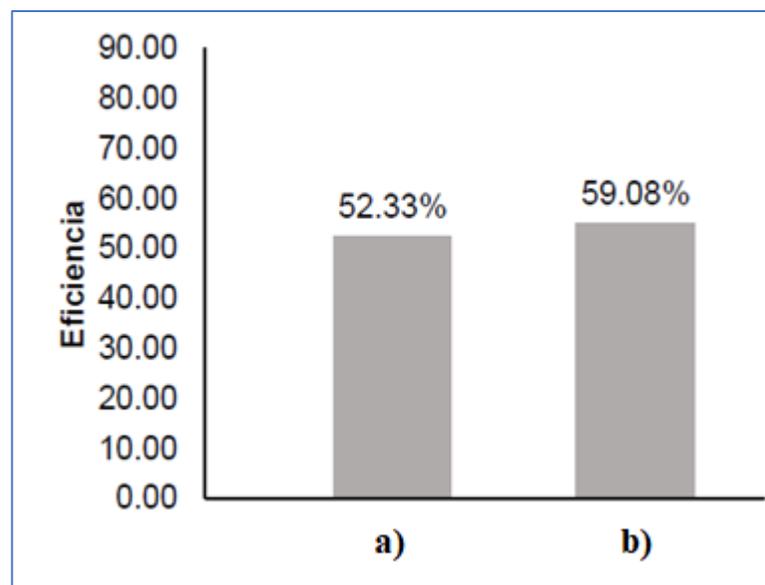


Figura 2: Eficiencia de la remoción del a). DBO y del b) DQO.

Fuente: (Urrelo & Troya, 2020)

El artículo de investigación titulado: “Remoción de turbidez de agua mediante filtración utilizando cáscara de coco (*Cocos nucífera*) a nivel de laboratorio”, en la cual se plantea como objetivo de la investigación a la evaluación del efecto de un medio filtrante que estaba diseñado en base de la cáscara o endocarpio de coco, utilizado como un reductor del nivel de la turbidez del agua. Como parte de la metodología implementada se realizó una preparación en base a una solución con 5000 mg/L de caolín en agua para luego diluirlo hasta obtener una turbidez de 100 NTU, esta solución fue pasada por un filtro empacado diseñado a base de la cáscara de coco granulado, al agua se le midió la turbidez, así como los sólidos suspendidos totales y el potencial hidrógeno (pH).

Se utilizaron además 6 porciones de cáscara de coco, con las cuales se analizó la influencia de esta variable sobre los valores de los parámetros (turbidez y pH). Se realizó además un análisis de regresión estadística para las variables de estudio, así como la obtención del modelo matemático que describe el comportamiento respecto a la variable de cáscara de coco. Dentro de los resultados obtenidos se tiene que, a partir de la utilización de la cáscara de coco, se determinó las condiciones óptimas para la remoción de parámetros tales como la turbidez, debido a que esta alcanzó una eficiencia máxima del 76,4% para la masa de la superficie filtrante de 225 gramos.

Sobre las propiedades que poseen los materiales tales como la corteza de coco, los autores Marín & Arriojas (2020) comentan sobre la utilización de esta corteza, desde el punto de vista ambiental y anotan:

Aunque el uso de filtros granulares puede reducir significativamente la turbidez del agua, la reducción de esta se logra de mejor manera cuando el agua pasa por una serie de métodos de tratamiento químico y físico antes de llegar al filtro, entre los que se encuentran la coagulación, floculación y sedimentación. En los últimos años se han investigado diferentes productos y medios filtrantes de origen vegetal como métodos alternativos para la remoción de la turbidez del agua, los cuales tienen en común la búsqueda de productos con menor impacto ambiental y la reducción del empleo de productos químicos. (p. 101)

El trabajo de investigación se basa en el análisis del comportamiento en la variación de parámetros tales como la turbidez, en torno a la variable medio filtrante a partir de la cascara de coco, los resultados pueden observarse en la Figura 3, donde se observa el comportamiento de la curva que relaciona la turbidez del agua con la variación del parámetro de corteza de coco.

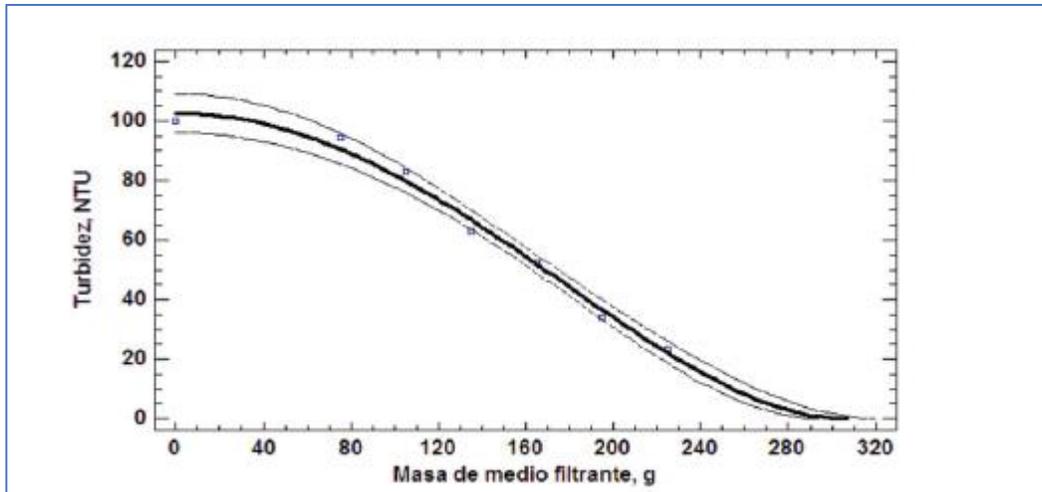


Figura 3: Relación entre la Turbidez y las cantidades de cáscara de coco utilizadas en los tratamientos.

Fuente: (Marín & Arriojas, 2020)

El artículo científico descrito anteriormente se relaciona de manera directa con lo propuesto en la tesis, desde el punto de vista metodológico, debido principalmente a que el artículo se centra básicamente en la variación del parámetro de masa filtrante constituida por corteza de coco, la cual es la variable que manipula; obteniendo de esta forma la variación de los parámetros de interés, en el caso del presente trabajo de titulación se contrasta la disminución de parámetros tales como plomo, hierro y manganeso en base a la variable de manto filtrante a partir de la cascara de coco.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Aspectos generales

El agua presente en la naturaleza se encuentra con muchos contaminantes, por ello necesita pasar por procesos de purificación para ser potable y estar al servicio de la población, ya que de no pasar por estos procesos puede afectar la salud humana. Los análisis físicos, químicos y bacteriológicos ayudan a detectar el grado de contaminación de cada fuente de captación, las cuales puede provenir de aguas superficiales o subterráneas; dependiendo las características resultantes se toman decisiones sobre cuál será el tratamiento adecuado para proporcionar agua de calidad, por ello antes de distribuirla a la población se hace indispensable aplicarle tratamientos de purificación para luego destinar agua segura para el consumo.

La potabilización es el conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos aplicados al agua, los procesos que se utilizan están determinados por el origen del agua (superficial o subterránea), las normas mundiales y nacionales imponen parámetros de calidad y restricciones para el consumo de agua.

El Agua

Fuentes de abastecimiento de agua

En el diseño de un sistema de potabilización de agua, según como lo indica, es de gran utilidad saber el lugar de donde se va a realizar el abastecimiento de agua cruda, o como se puede efectuar la captación de diferentes fuentes subterráneas, las cuales pueden ayudar a captar las cantidades suficientes para cubrir las necesidades del sector (Fabian, 2019). Las fuentes pueden clasificarse según de donde provengan:

Aguas Meteóricas

Las aguas meteóricas son básicamente las provenientes de lluvias, se originan a partir de fenómenos meteorológicos en la naturaleza, esta agua surge a partir de la condensación y solidificación del vapor de agua que se encuentra en la capa atmosférica, lo que se conoce normalmente como nubes. Como resultado de esta evaporación, que reacciona con una masa considerable de agua, se origina el líquido vital a partir de vertientes terrestres y/o marinas, tal como se representa en la Figura 4.

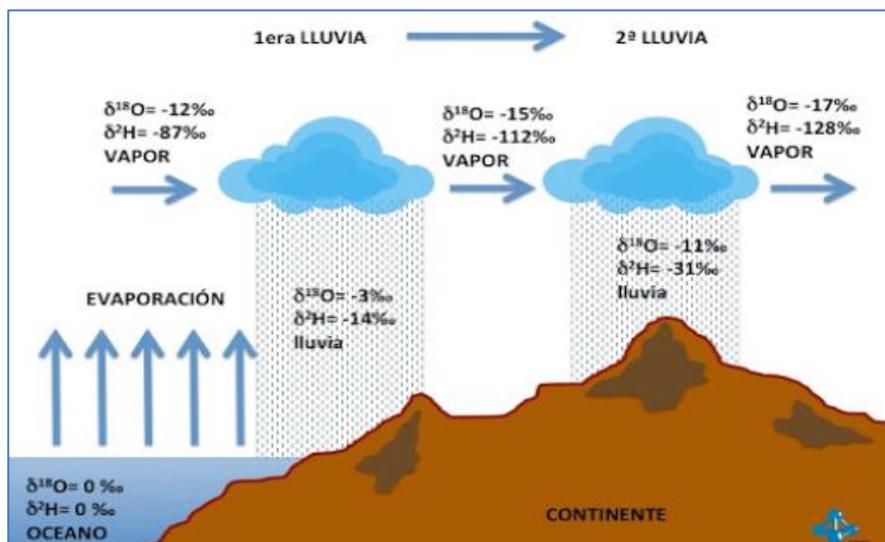


Figura 4: Ciclo de las aguas meteóricas.

Fuente: (Soler, Otero, Rosell, Carrey & Domènech, 2016)

Aguas superficiales

Las aguas superficiales constituyen en el Ecuador las fuentes más representativas, debido principalmente a que se forman a partir de ríos seguidos de embalses, lagos o represamientos, ya sean estos naturales o artificiales. Dentro de un contexto de fuente de aguas superficiales, se consideran de mayor importancia, debido a que pueden proporcionar agua durante largos periodos de tiempo, siempre y cuando las vertientes tengan suministro de agua todo el año.

En el Ecuador las fuentes superficiales de agua son de gran importancia, tal es el caso del río Daule que aporta agua a cantones como Guayaquil, Samborondón y Santa Elena, así como del embalse en la represa Daule-Peripa, que suministra a la localidad agua dulce, controlando además las inundaciones y abasteciendo de agua a otros afluentes. La representación de las aguas superficiales se muestra en la Figura 5 a continuación:

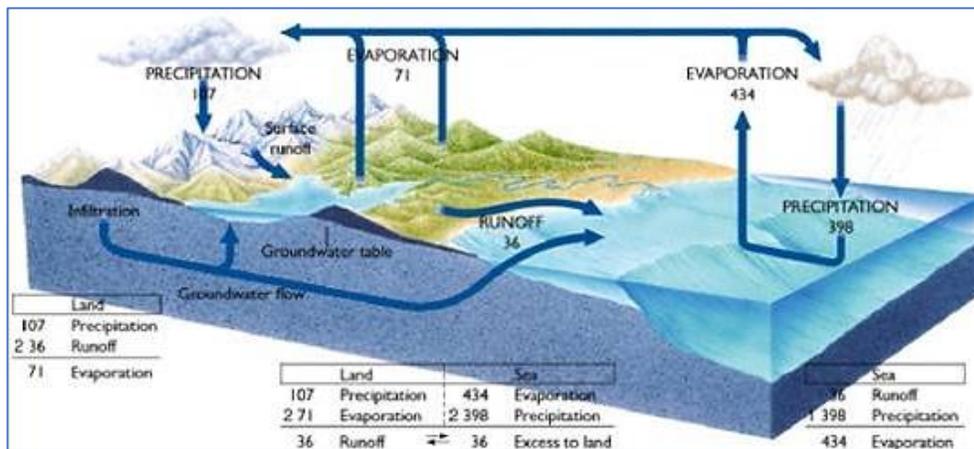
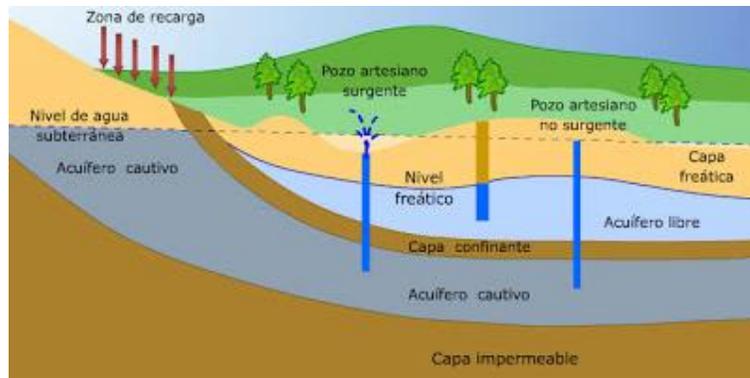


Figura 5: Representación de las aguas superficiales.

Fuente: (Agentes geológicos, 2019)

Aguas subterráneas

Las aguas subterráneas constituyen una fuente considerable de abastecimiento, sin tomar en consideración la contaminación, podría afirmarse que serían las más propicias para tratar. En el Ecuador existen numerosas fuentes hidrológicas que no han sido explotadas en la actualidad, debido principalmente a que existen considerables fuentes de aguas superficiales que están ya siendo utilizadas para el tratamiento, en la siguiente figura, se representa a las aguas subterráneas.



*Figura 6: Representación de las aguas subterráneas.
Fuente: (Valencia, 2021)*

Contaminación del agua

La contaminación del agua se considera como un cambio químico, físico o biológico que ocasiona una variación en la calidad del agua, la cual tiene un efecto patológico en cualquier organismo que la consuma. Cuando las personas consumen agua contaminada se produce en ellos regularmente problemas de salud, la contaminación del agua puede también volverla inadecuada para su consumo. Sobre este aspecto del agua y sus efectos, el autor Gómez-Duarte (2018) afirma:

La contaminación del agua fresca se traduce en problemas de salud pública que afectan no solo las poblaciones humanas y animales, sino también el ambiente natural en general. Las tasas elevadas de morbilidad infantil por enfermedad diarreica aguda es un claro ejemplo de los resultados de la contaminación del agua. Se estima que 1 800 millones de personas en el mundo consumen agua contaminada con heces fecales; en Colombia se calcula que el 64% de la población tiene riesgo de consumo de agua contaminada y que las regiones más afectadas pertenecen al área rural, en especial el Pacífico y la Amazonía. El continuo consumo de agua contaminada por la población infantil no solo se traduce en diarreas recurrentes, sino que también se manifiesta en desnutrición aguda, desnutrición crónica y alteraciones en el desarrollo psicomotor. (p. 7)

Del problema de la contaminación del agua y del medio ambiente, se puede comentar que está llegando a niveles elevados, de manera especial en países de bajo nivel de desarrollo o con recursos limitados, donde las grandes o medianas ciudades no poseen

plantas de potabilización de agua y donde los ríos se encuentran en elevados niveles de contaminación, los cuales terminan afectando a las poblaciones circundantes, lo cual afecta negativamente los recursos naturales constituidos por la flora y fauna hasta llegar al océano. “De acuerdo con la National Oceanic and Atmospheric Administration, 1 400 millones de libras de basura terminan en el mar cada año. Los océanos también sufren contaminación por metales pesados, químicos, drogas, insecticidas, sustancias radioactivas y demás contaminantes hidrosolubles” (Gómez-Duarte, 2018, p. 7).

Contaminantes Orgánicos e Inorgánicos.

Se denomina así a la presencia o al exceso en la concentración de un fluido, de una sustancia o agente físico, químico o biológico.

Los Contaminantes Orgánicos persistentes , son sustancias químicas que tienen una alta duración en el medio ambiente al ser resistentes a la degradación, son bioacumulables, incorporándose en los tejidos de los seres vivos y pudiendo aumentar su concentración a través de la cadena trófica , son altamente dañinos y provocan considerables efectos sobre la salud humana y el medio ambiente, tienen condiciones para transportarse a largas distancia, pudiendo llegar a regiones en las que nunca se han producido o utilizado.

Contaminación orgánica del agua.

Petróleo crudo y varios derivados del petróleo. Incluye gasolina, el diésel, el queroseno, aceites lubricantes para motores y combustibles para aviones. Estas sustancias son más ligeras que el agua y por lo tanto suelen permanecer en una capa sobre la superficie de ésta, sin embargo, parte de estas sustancias se disuelven en el agua y se filtran al ecosistema acuático, lo cual no es perceptible a la vista, por lo que causa perjuicios a los organismos marinos.

Disolventes clorados. Incluyen sustancias tales como el tricloroetileno, percloroetileno, tricloroetano, tetracloruro de carbono y freones. Estas sustancias son más densas que el agua, por lo tanto, logran hundirse en ella, siendo considerablemente tóxicas, debido a que no son percibidas a simple vista, a diferencia de los derivados del petróleo que se ven fácilmente en la superficie del agua.

Contaminación Inorgánica del agua.

La contaminación inorgánica se produce cuando los desechos que están en contacto con el líquido vital no presentan origen biológico, entre los cuales se tiene:

- **Metales y otros compuestos.** Los riesgos de afectación a la salud más altos se originan por medio de la reacción de los compuestos organometálicos, que se forman cuando los metales y los compuestos orgánicos reaccionan en el agua. Un ejemplo típico se presenta con el envenenamiento del agua con otras sustancias que pueden ser: mercurio (Hg), arsénico (As) y cromo (Cr).
- **Fertilizantes inorgánicos.** Son algunas sustancias contaminantes de origen inorgánico muchas veces no son tóxicas, sin embargo, constituyen una amenaza para el medio ambiente, por cuanto son utilizadas ampliamente. Estos incluyen sustancias fertilizantes, tales como nitratos y fosfatos. Los nitratos y fosfatos producen la proliferación de algas en las fuentes de aguas superficiales, ocasionando una disminución de la cantidad de oxígeno en el agua. En otros casos, esto origina una falta de oxígeno debido al consumo del O₂, debido a microorganismos que se forman a partir de las algas. A esto se le denomina eutrofización.
- **Acidez.** Esta se debe principalmente a las descargas de desechos industriales, especialmente sustancias tales como el dióxido de azufre proveniente de las plantas industriales, entre otras.

Causas más comunes de contaminación del agua

Las actividades del ser humano, las cuales originan la contaminación del agua son entre otras:

- Infiltración de compuestos tales como nitratos y abonos químicos, que son ampliamente utilizados en actividades agrícolas.
- Productos químicos utilizados en los hogares, tales como productos de limpieza, detergentes, baterías a base de mercurio, insecticidas y plaguicidas
- Cercanía de las fuentes de agua a pozos sépticos, cuyo sistema se encuentre en estado defectuoso, ocasionando altos niveles de nitratos, siendo perjudiciales especialmente a mujeres embarazadas, causando trastornos tales como el

síndrome de bebe azul, trastorno ocasionado por la falta de oxigenación en el organismo, lo que conlleva a la coloración de piel.

- Botaderos de basura, originado por la variabilidad de contenido de: restos orgánicos, de metales, de sustancias como pinturas, de pañales usados, entre otras sustancias consideradas indeseables, tóxicas y dañinas.
- Pozos de agua diseñados de forma inadecuada o que se encuentran en estado de abandono.
- Descargas a las fuentes de agua de desechos orgánicos de tipo industrial, tales como son los disolventes químicos, plaguicidas, pinturas y esmaltes, grasas y combustibles, entre otras.

Calidad del agua

La calidad del agua sea esta de tipo superficial o subterránea depende de factores naturales, así como resultado de la interacción humana. Sin esta acción humana, la calidad del agua estaría determinada por medio de la erosión del substrato mineral, de los procesos atmosféricos de evapotranspiración del agua, de la sedimentación de lodos y las sales, de la lixiviación natural de la materia orgánica, así como de los nutrientes presentes en el suelo a partir de los factores hidrológicos asociados, por acción de los procesos biológicos presentes en el medio acuático, los cuales pueden variar la composición físico-química del agua.

De manera general, la calidad del agua se determina además por medio de la comparación de las características físicas y químicas de una muestra con normas de calidad del agua o estándares. Para el caso del agua potable, estos estándares están diseñados con la finalidad de asegurar un suministro de agua apta, limpia y saludable para el consumo de la población y de esta forma, salvaguardar la salud de la ciudadanía. Estos estándares se basan generalmente en niveles de toxicidad aceptables técnicamente, ya sea para los ciudadanos, así como para los organismos acuáticos.

El agua que se encuentra en la naturaleza es contaminada a velocidades exponenciales. Sin tomar en consideración que se trata de un líquido esencial a nivel planetario su deterioro es cada vez mayor. La demanda básica es para el consumo humano, para lo cual debe tener

una calidad óptima para su uso. La demanda de agua potable se ha incrementado durante las últimas décadas, por lo que la disponibilidad de agua para el consumo cada vez es menor, debido al crecimiento poblacional y a la contaminación de las fuentes de distribución.

Factores que determinan la calidad del agua

Factores físicos-químicos. Proveen información sobre las propiedades físicas y químicas, las cuales pueden ser de origen natural o de tipo antropogénico; esta define además su composición tanto mineralógica, así como física de sustancias disueltas e insolubles presentes en el agua. Estos parámetros están en función del tiempo, debido a lo cual su monitoreo y control debe ser periódico.

Además de esto, existen efectos negativos al encontrar materia orgánica natural en el agua provista por la planta de tratamiento existente, debido a que si se utiliza cloro en el proceso de desinfección, se pueden formar los subproductos de desinfección en el agua potable, los mismos que han sido comprobados como altamente mutantes y de efectos cancerígenos.

Factores biológicos o bacteriológicos. Se sabe relativamente poco sobre la incidencia de los microorganismos patógenos en el agua de tipo subterránea en comparación con su similar de tipo superficial. El agua potable constituye un buen medio para la propagación de organismos patógenos intestinales, pudiendo además provocar epidemias de escala considerable si se trata de un sistema de distribución de agua para una localidad. En aguas subterráneas existen múltiples microorganismos patógenos, entre los más comunes se tienen parásitos zoonóticos, tales como *C. Parvum* y *G. lambia*; parásitos originados por contaminación a partir de heces fecales, muy probablemente por la existencia de fuentes contaminantes cercanas a la captación, tal como puede darse por la presencia de pozos sépticos, entre otras.

2.2.2 Parámetros de calidad en el proceso de potabilización

El agua contaminada por materia orgánica

La materia orgánica es de gran importancia ya que vigila los procesos geoquímicos, esta interviene como un donador de protones y como controlador del pH, afecta el traslado y degradación de contaminantes y contribuye en las reacciones de disolución y precipitación.

En aguas subterráneas la materia orgánica es una combinación de algunos compuestos orgánicos como macromoléculas de bajo peso molecular tales como ácidos orgánicos simples e hidrocarburos de corta cadena molecular. Existen tres fuentes de materia orgánica en aguas subterráneas como: depósitos de materia orgánica en forma de turba enterrada, queróseno y carbón; materia orgánica de suelo y sedimento; materia orgánica presente en aguas de infiltración provenientes de ríos, lagos o sistemas marinos. Mediante mediciones de la DBO y DQO se puede cuantificar la materia orgánica en el agua subterránea. A continuación, se detalla los parámetros principales de contaminación en el agua por materia orgánica.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

La demanda biológica de oxígeno o demanda bioquímica de oxígeno (DBO) mide el nivel de dióxígeno que se consume al degradar la materia orgánica del agua. Es la materia disponible a ser consumida u oxidada por efectos biológicos que están contenidos en una muestra, que este disuelta o en suspensión.

Este parámetro se utiliza para medir el nivel de contaminación; generalmente se lo realiza luego de cinco días de reacción (DBO₅), y se la expresa en mg O₂/l. El método de análisis se trata en medir el dióxígeno que se consume en una población microbiana, la cual se encuentra en condiciones cuyos procesos fotosintéticos se han inhibido con relación a la producción de dióxígeno y cuyas condiciones favorecen el desarrollo de los microorganismos.

Para el agua potable tal vez no constituya un parámetro exacto, debido a que el contenido de la materia orgánica presente en la muestra pudiera ser muy bajo. Es decir, los valores de DBO constituyen una medida de alimentación para las bacterias formadas, de modo que, al ingresar la materia orgánica, estas bacterias comienzan a multiplicarse de forma exponencial, de esta manera se reduce la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Al ocurrir esto, las colonias bacterianas mueren, constituyéndose como alimento para los organismos protozoarios, que a su vez estos mueren y pasan a ser alimento para los organismos rotíferos y así finalmente a los crustáceos.

Demanda química de oxígeno (DQO).

Es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg O₂/l). Aunque este método pretende medir principalmente la concentración de materia orgánica, sufre interferencias por la presencia de sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas (sulfuros, sulfitos, yoduros...), que también se reflejan en la medida.

Su determinación es una técnica que suele aplicarse en aguas continentales (ríos, lagos o acuíferos), aguas negras, aguas pluviales o aguas de cualquier otra procedencia, las cuales puedan contener una considerable cantidad de materia orgánica. Este método es de mucha utilidad para la comprensión sobre el funcionamiento de las estaciones depuradoras del proceso, más sin embargo no se considera aplicable, a las aguas potables, debido a que, al contener cantidades relativamente bajas de materia oxidable, la sensibilidad propia de la técnica resultaría inadecuada. En estos casos se recomienda la utilización de métodos de oxidabilidad basadas en permanganato potásico.

El parámetro DQO posee variabilidad que está relacionada en función de las especificaciones que tienen las materias presentes, de sus porcentajes de concentración, de las probabilidades de oxidación, entre otras variantes. Por lo que, la reproducibilidad a la que están sujetas los resultados, así como de sus interpretaciones, no pueden ser satisfechas sino en condiciones metodológicas que contemplen ensayos bien definidos y estrictos.

Relación entre la DQO y la DBO

Sobre la relación existente entre los parámetros DQO y DBO, los autores Cisterna & Daisy (2017) comentan al respecto y afirman que:

Para diseñar una planta de tratamiento, es necesario saber cuánta materia orgánica biodegradable está presente en el efluente de aguas residuales, por consiguiente, se necesita determinar la DBO₅, sin embargo, es aconsejable medir también en paralelo la demanda química de oxígeno DQO, de esta forma se obtiene información acerca de la biodegradabilidad de los compuestos orgánicos presentes en el efluente.

Además, la razón DBO/DQO, una vez establecida, se utiliza para controlar y operar la planta de tratamiento. El concepto de DQO biodegradable tiene la ventaja, que el coeficiente F_b es experimentalmente determinado de los Ensayos de DBO5 y DQO sobre el mismo tipo de aguas residuales, se puede entonces calcular la cantidad de materia orgánica para ser biológicamente eliminada, basada sobre el DQO medido antes. El valor de DQO corresponde a lo que se denomina Demanda bioquímica de oxígeno, una aproximación cuantitativa de la biodegradabilidad de un efluente va a estar dada por la relación de la demanda bioquímica de oxígeno a la demanda química de oxígeno. (p. 9)

El agua contaminada por metales pesados

La calidad del agua puede ser alterada a consecuencia de actividades, ya sean estas producidas por el hombre o por la naturaleza, estas actividades pueden generar efectos contraproducentes que ocasionen efectos negativos en sus propiedades para los consumidores, así como para el medio ambiente. De forma general, se puede referir a la contaminación del agua como una alteración negativa y desfavorable que genera, al incorporársele componentes, los cuales varían sus propiedades físicas y químicas en su estado natural, que influyen en su calidad, ocasionando riesgos para la salud de los consumidores, así también como para la salud en general.

Específicamente peligroso es la contaminación generada por las concentraciones presentes de algunos metales considerados pesados y su influencia sobre los efectos negativos generados por la continua presencia, así como el fenómeno de biomagnificación que se pueda dar de forma natural, los metales pesados son añadidos a los sistemas acuíferos como consecuencia de la lixiviación de los suelos. Además, pueden surgir a partir de actividades generadas por el humano, tales como son: actividades agrícolas, domésticas, industriales, mineras, entre otras, los principales metales presentes en las aguas subterráneas se resumen en la Tabla 1. Sobre la contaminación de las aguas, el autor Ramirez (2018) detalla al respecto y afirma:

La actividad minera-metalúrgica a través del procesamiento de minerales y fundición, podría causar la dispersión y depósito de grandes cantidades de metales hacia el medio ambiente, si existe alguna operación inadecuada. Los rellenos sanitarios no diseñados siguiendo las normas técnicas, pueden generar lixiviados que son las sustancias procedentes, de la basura descompuesta, que contienen gran cantidad de metales pesados, y que pueden filtrar el suelo por medio del agua y generar la contaminación del agua subterránea. (p. 14)

Plomo

Generalidades

El plomo es un metal considerado pesado, cuyo símbolo químico es (Pb), se considera un elemento químico básico, el cual, si es combinado con otros elementos químicos, puede producir variados compuestos de importancia comercial. El Pb es generalmente de color gris azulado, además existe en el medio de forma natural en cantidades relativamente pequeñas, “se calcula en un 0.00002 % de la corteza terrestre, tiene un punto normal de fusión de 327.4°C, un punto normal de ebullición de 1770°C y una densidad de 11.35 g/mL” (Ramirez, 2018, p. 20).

El Pb se encuentra a partir de minerales, tales como la galena sulfuro de plomo (PbS) el cual se utiliza como una fuente básica para la obtención del plomo, además de la anglosita, del sulfato de plomo II, (PbSO₄) y la cerusita y el carbonato de plomo, (PbCO₃). El Pb se encuentra ampliamente diseminado en la naturaleza. La mayor parte surge a partir de actividades mineras, así como también a partir de la producción de materiales industriales y de la combustión de combustibles fósiles.

Tabla 1

Principales metales presentes en el agua subterránea

Contaminantes	Origen	Efectos
ARSENICO	Medio geológico, pesticidas, minería, residuos químicos	Posible cancerígeno en concentraciones menores, inhibe la producción de ATP, coagula proteínas, forma complejos con enzimas.
MERCURIO	Medio geológico, minería, pesticidas	Toxicidad aguda y crónica, especialmente complejos órgano-metálicos, síntomas psicopatológicos.
HIERRO	Medio Geologico, minería y rocas ferrosas	La sobrecarga de hierro puede conducir a la hemocromatosis, una enfermedad grave que puede dañar los órganos del cuerpo. Los primeros síntomas incluyen fatiga, pérdida de peso y dolor en las articulaciones.
NIQUEL	Medio Geologico, minería y lixiviados	Alto consumo de Niquel tiene la probabilidades de desarrollar cáncer de pulmón, nariz, laringe y próstata.
PLOMO	Medio geológico, minería, fundiciones, gasolina, tuberías	Sabor desagradable. Inhibición de la síntesis de hemoglobina. Tóxico (anemia, riñones, sistema nervioso). Posiblemente relacionado con encefalitis a elevadas concentraciones.
MANGANESO	Medio geologico, minería, acero	Le confiere mal sabor al agua, el manganeso aun en cantidades pequeñas presenta los siguientes inconvenientes: manchas en la ropa, machas en el esmalte de los dientes, se crean depositos en los alimentos durante la coccion.

Fuente: (Ramírez, 2018)

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

Sobre los usos y particularidades del plomo, el autor Ramirez (2018), comenta:

El Pb tiene muchos usos diferentes. Se usa en la fabricación de baterías, municiones, productos metálicos (soldaduras y cañerías) y en dispositivos para evitar irradiación con rayos X. El plomo no se degrada, sin embargo, compuestos de plomo son transformados por la luz solar, el aire y el agua. Cuando se libera al aire, puede ser transportado largas distancias antes de sedimentar en el suelo; una vez que cae a la tierra, generalmente se adhiere a partículas en el suelo. (p. 20)

Contaminación del agua por plomo

La contaminación del agua producida por el plomo normalmente no es causada por el contacto directo con el agua, sino por las sales solubles que son generadas por la industria de pintura, por la fabricación de alfarería con esmaltado, en pirotecnia, en la fabricación de vidrio o por industrias productoras de tetraetilo de plomo (como antidetonante en gasolina), por la mayoría de las actividades industriales minera, entre otras.

La fuente de contaminación principal del agua es la acumulación de forma aérea de los desechos de plomo, los cuales son vertidos a la atmósfera en forma de gases de combustión,

como resultado de emanaciones vehiculares que utilizan combustibles derivadas del plomo que actúan como antidetonantes, generalmente en las proximidades de las vías. Otras fuentes, tales como las emanaciones no depuradas de ciertas industrias, así como la incineración del carbón, de los residuos de los hogares y residuos de los plaguicidas comúnmente usados en la agricultura, también fomentan de forma considerable.

La forma de ingreso del plomo al organismo es por medio de la respiración de humo y polvo principalmente en trabajos que involucren el uso del Pb a temperaturas mayores de los 500°C, tal es el caso de la de soldadura, de la fundición y de recubrimientos de metales con plomo fundido. Los trabajos que se realizan en la industria de la mecánica, específicamente en las metálicas, las cuales lo poseen como elemento básico el pulido, la perforación o la soldadura de piezas que tienen contenidos de plomo, constituyen de alto riesgo. Los mayores agentes de emisión de plomo contaminante del agua son las plantas procesadoras de metales principalmente. Sobre los efectos de la contaminación del plomo, el autor (Ramirez, 2018), afirma:

La presencia del plomo en el aire atmosférico deteriora su calidad y origina complementariamente la formación de la "lluvia ácida" la misma que puede depositar el plomo en suelos aún en pequeñas concentraciones (2 a 10 mg/m) y el plomo puede, con estos parámetros, inhibir el crecimiento de las plantas, al llegar al suelo producen los siguientes efectos: Si se deposita en suelos urbanos: Contaminan el suelo y este es a su vez es absorbido por el mismo llegando a los mantos acuíferos. Si se deposita en suelos agrícolas: Contaminan el suelo, las raíces y hojas de las plantas, que pueden ser hortalizas y se inician dentro del 'proceso de la vida', incorporan al plomo en su estructura celular con el consiguiente peligro para las personas que las consuman además envenenan a las aves que toman su alimento de las hojas de las plantas y del suelo agrícola del entorno. (p. 22)

Hierro

Generalidades

El hierro es un metal descubierto en el año 1500 A.C., aproximadamente, es uno de los metales que existen en mayor abundancia en la corteza terrestre, además se lo puede encontrar en concentraciones que varían entre 0.5 a 50mg/l presente en las aguas que

proviene de corrientes naturales. Se encuentra además en la naturaleza como parte considerable número de minerales, además de numerosos óxidos y muy escaso al aire libre. Para poder obtener el hierro en forma elemental, los compuestos de óxido se deben reducir con carbono para luego ser sometido a un proceso de refinación, con el objetivo de eliminar las impurezas.

Las aguas que provienen de fuentes subterráneas poseen mayores concentraciones de hierro, las cuales pueden alcanzar valores de hasta 10mg/l, debido a que la materia orgánica proveniente del suelo es capaz de absorber el oxígeno que se encuentra disuelto en el agua, generalmente las aguas que tienen grandes cargas orgánica tienden a tener más hierro, ocasionando asociaciones entre ellos, su eliminación, así como la potabilización del agua puede ser muy compleja. Sin embargo, las aguas de tipo mineral, así como las termominerales pueden poseer contenidos mayores a 10mg/l de hierro.

En las aguas provenientes de fuentes superficiales pueden poseer hasta 0.5mg/l de hierro disuelto, el cual puede ser resultado de la lixiviación en los terrenos o por contaminación industrial; además es posible hallar hierro presente en el agua potable, como resultado de la utilización de coagulantes de Fe o por la corrosión de tuberías metálicas de acero y/o hierro fundido presentes en redes de distribución. Respecto a esto, los autores Pacheco & Torres (2020), comentan sobre el Fe y afirman que éste puede encontrarse en forma de:

- Hierro en suspensión → En estado férrico principalmente.
- Hierro disuelto → Hierro en estado férrico solubilizado.
→ Hierro en estado ferroso.

El hierro metálico y sus aleaciones son de gran interés, porque el agua los corroe en presencia de oxígeno. El resultado de los productos de la corrosión es hierro en estado iónico el cual puede ser considerado como contaminante del agua. En adición a los productos de corrosión, las aguas naturales pueden ser contaminadas por los vertimientos industriales como las operaciones de niquelado y del lavado de las sales solubles del suelo y las rocas como son los drenajes de las aguas ácidas de mina. Una fuente principal de contaminación por sales de hierro es el proceso de decapado del

acero empleado por la industria del acero para remover los óxidos formados durante el proceso de fundición. (p. 9)

Tipos de hierro presentes en el agua.

Hay tres formas principales de hierro en el agua.

- **Ferroso.** Este tipo de Fe es generalmente denominado “hierro de agua transparente”, debido a que no es perceptible a simple vista cuando es servido en el agua. Además, se lo puede encontrar en el agua que no tiene oxígeno disuelto, tal es el caso del agua en pozos hondos y en agua que se encuentra debajo de la tierra. El dióxido de carbono presente reacciona con el Fe de la tierra para formar el bicarbonato de Fe que se encuentra soluble en agua, donde produce iones ferrosos (Fe^{++}).

- **Férrico.** El hierro férrico, se lo conoce también como “agua roja de hierro”. Este tipo de Fe reacciona en la naturaleza de forma parecida al hierro ferroso, pero éste ha sido expuesto al oxígeno, de esta forma se combina con el Fe y forma iones férricos (Fe^{+++}). Estas moléculas que se encuentran oxidadas normalmente son visibles en el agua.

- **Hierro bacterial.** Es el hierro que se encuentra presente en el limo, que se encuentra en los tanques de inodoros o filtros y en suavizantes de agua, estos son un excelente indicador de la presencia del Fe bacterial. Comúnmente determinado como biofouling de Fe. El inconveniente de la bacteria del hierro es complicado y extenso, ataca a las fuentes de agua a partir de los pozos y sistemas de agua en todo el planeta. En ciertos lugares, esto ocasiona un daño considerable y en otros casos se estima como una anomalía menor. Sobre la presencia del hierro, los autores Pacheco & Torres (2020) anotan:

Dependiendo del valor de pH y de la concentración de oxígeno, el hierro puede estar presente bajo la forma férrica y ferrosa. A pH neutro y en presencia de oxígeno, el hierro ferroso soluble (Fe^{2+}) es oxidado a hierro férrico (Fe^{3+}), el mismo que rápidamente es hidrolizado bajo la forma de un precipitado insoluble como hidróxido férrico $Fe(OH)_3$. A valores de pH por debajo de 6.0, la tasa de oxidación del hierro ferroso hacia hierro férrico es extremadamente lenta. Por otra parte, condiciones anaeróbicas son necesarias para que exista una apreciable concentración de hierro

soluble. De otra parte, a valores de pH por encima de 12 el hidróxido férrico se solubilizará como consecuencia de la formación del anión $\text{Fe}(\text{OH})_4^-$. (p. 9)

En aguas superficiales, el hierro se encuentra en valores muy bajos, debido a que en estas aguas el ion Fe^{2+} es básicamente insoluble. Sin embargo, el Fe divalente no se puede hallar generalmente en este tipo de aguas, debido a que se encuentra en estados anaeróbicos, principalmente por que la presencia de oxígeno causa su oxidación de forma acelerada. Las aguas de tipo subterráneas poseen una mayor concentración de Fe, debido a que la materia orgánica presente en el suelo absorbe el oxígeno que se encuentra disuelto en el agua, generalmente el agua que tiene una gran carga orgánica suele tener más Fe, lo que produce asociaciones entre ellos, cuya eliminación y potabilización tiende a ser problemática.

El Fe se oxida por la acción del aire o por la adición de cloro, ocasionando un estado férrico, logrando de esta forma hidrolizarse para dar paso a un hidróxido de hierro que es insoluble. El Fe puede estar además en estado coloidal más o menos combinado con la materia orgánica. Cuando baja el nivel del oxígeno en el agua, se produce un aumento en el nivel del hierro divalente, este comportamiento es normal en lagos y represamientos que sufren temporadas de estratificación térmica, escaso oxígeno y elevados potenciales reductores. Sobre esto los autores Pacheco & Torres (2020) afirman:

El hierro juega un papel importante en el ciclo natural del fósforo. En las muestras filtradas de aguas superficiales oxigenadas el hierro no llega a 1mg/L, algunas aguas subterráneas pueden contener una cantidad bastante mayor. En muestras de aguas el Fe puede estar en forma de solución auténtica, en estado coloidal, en complejos inorgánicos u orgánicos, o en partículas suspendidas. (p. 10)

Contaminación del agua por el hierro

El hierro que se encuentra presente en el agua natural procede como resultado de la disolución de las rocas, así como de los minerales donde se halla contenido, además, puede aumentarse de forma artificial, debido a que es muy usado en la industria y existe la posibilidad de encontrarlo vertidos en trazas ferrosas en el agua. El Fe presente en los suministros de aguas que provienen del subsuelo, encontrados en zonas rurales es frecuente, el Fe que esta disuelto en aguas de tipo subterráneo, se reduce a su forma de hierro II. Esta

es una forma soluble y que generalmente no genera ningún inconveniente, sobre esto el autor Ramirez (2018) anota:

El hierro II se oxida a formas de hierro III que son hidróxidos insolubles en agua. Estos son compuestos rojos corrosivos que tiñen y provocan el bloqueo de pantallas, bombas, tuberías y sistemas de recirculación. Si los depósitos de hidróxido de hierro se producen por bacterias del hierro entonces son pegajosos y los problemas de manchas y bloqueo de sistemas son todavía más graves. La presencia de bacterias de hierro puede venir indicada por sustancias limosas corrosivas. (p. 17)

Manganeso

Generalidades

El manganeso (Mn) se encuentra generalmente en el aire que nos rodea, en el suelo, está presente en el agua, así como en los alimentos. Se pueden además encontrar el Mn en cantidades más altas de manganeso en las condiciones anteriormente comentadas, como resultado de la liberación del Mn, luego de la utilización o disposición de artículos y productos fabricados en base de manganeso.

El manganeso, al igual que otros elementos en la naturaleza no tiene la capacidad de ser degradado en el medio, únicamente puede variar su forma, adherirse o por el contrario desligarse de otras moléculas. Las propiedades químicas del manganeso, así como del tipo de suelo, determinan la velocidad con la cual se desplaza por medio del suelo, así como la cantidad que permanece en él. Cuando se encuentra mezclado con el agua, la mayor parte del manganeso disuelto tiende a juntarse con moléculas de sí mismo o a acumularse en forma de sedimento.

El precursor que contiene Mn, del cual se encuentra en la gasolina, se degrada de una forma rápida en el ambiente cuando es expuesto a la luz natural, liberando de esta forma el manganeso. El Mn se encuentra generalmente presente en el agua en forma de ion manganoso (Mn^{++}). Las sales de manganeso, por lo general son mejormente solubles en las soluciones ácidas en comparación de las soluciones alcalinas. El ion manganoso es normalmente agregado en el agua por medio de la solubilidad del bicarbonato manganoso.

En algunas fuentes de aguas superficiales, así como en pozos poco profundos, se pueden hallar compuestos orgánicos y coloides con presencia de manganeso. Además de esto, también pueden encontrarse bacterias de manganeso, similares a las comentadas en la sección anterior (ferro bacterias). Es muy usual hallar manganeso presente en las aguas provenientes de pozos abiertos, así como en aquellos terrenos que puedan contener rocas areniscas, también es muy probable encontrar manganeso presente en los pozos de poca profundidad en tierras aluviales.

Cuando existen concentraciones, estas pueden llegar a ser menores a 0.1mg/l. Sin embargo, es necesario recalcar que mientras aumenta la profundidad de los pozos, la masa de agua puede adquirir un elevado nivel de capacidad en lo que tiene que ver con la velocidad de disolución para todas aquellas sustancias con las que podría llegar a estar en contacto. Las concentraciones de Mn que están en el orden de 1.8 a 2.0mg/l, pueden ser encontradas en fuentes de agua provenientes de minas. Hay que recalcar que la química del manganeso es muy parecida a la del hierro, por lo que no es raro encontrar que las operaciones relacionadas a la producción industrial, que originan fuentes de hierro son también fuentes de manganeso. Respecto al Mn, en lo referente a su exposición en el agua, los autores Pacheco & Torres (2020) comentan que:

La exposición al manganeso en el agua ocurre debido a que el manganeso forma parte natural del ambiente, siempre estamos expuestos a niveles bajos en el agua, el aire, el suelo y los alimentos. Es común que el agua subterránea, el agua potable y el suelo contengan niveles bajos de manganeso. Beber agua que contiene manganeso, nadar o bañarse en agua que contiene manganeso puede exponernos a niveles bajos de esta sustancia. (p. 12)

Los compuestos tales como: los cloruros, los nitratos y los sulfatos tienen alta capacidad de solubilidad en el agua, sin embargo, los óxidos, los carbonatos y los hidróxidos a partir de ellos son ligeramente solubles. Es por esto que, los iones a partir del manganeso tales como son los mangánicos y manganosos suelen muchas veces estar presentes en aguas que provienen de fuentes superficiales y que poseen concentraciones de hasta 1.0mg/l. En este tipo de agua se observan condiciones reductoras, el Mn suele ser removido del suelo y de esta forma estar en concentraciones altas.

El Mn suele encontrarse disuelto en el agua con valencias diferentes, que pueden ser: II, III y IV, en estado de solubilidad, de suspensión o en forma de complejo; la concentración que posee muchas veces depende de elementos externos tales como el oxígeno disuelto y el pH del agua. En aguas de fuentes naturales, que poseen bajo valor de pH, y en ausencia de oxígeno, el Mn puede presentarse en forma reducida y con solubilidad que no genera coloración alguna. Respecto al comportamiento iónico del Mn, los autores Pacheco & Torres (2020):

El ion manganeso se comporta en la mayoría de los casos muy parecido al ion hierro, además de poder ser bivalente y trivalente positivo puede también presentarse con valencia +4 formando el MnO_2 que es insoluble. Rara vez el agua contiene más de 1 ppm y requiere un pH ácido. La forma manganeso (Mn^{++}), que es más general por aireación se oxida y se precipita con un color oscuro de MnO_2 . Se determina por oxidación a permanganato y colorimetría de la solución oxidada y espectrometría de absorción atómica. Los estados de oxidación del manganeso más comunes son 2+, 3+ cuando se encuentra como metal y 4+, 6+ y +7 cuando se encuentra como no metal, aunque se han encontrado compuestos con todos los números de oxidación desde 1+ a 7+. Los compuestos en los que el manganeso presenta estado de oxidación 7+ son agentes oxidantes muy enérgicos. Dentro de los sistemas biológicos, el catión Mn^{2+} compite frecuentemente con el Mg^{2+} . Se emplea sobre todo aleado con hierro en aceros y en otras aleaciones. (p. 13)

Las aguas que proviene de embalses a partir de aguas superficiales, que se encuentren contenidas en rocas areniscas, suelen acumular Mn con Fe, debido principalmente a que la descomposición de la materia orgánica presente se encuentra en el fondo de estos pozos mitiga el nivel del oxígeno que se encuentra disuelto en el agua, de esta manera forma un anhídrido carbónico; con esto, el manganeso, el hierro presente en las rocas y de la tierra, que se encuentra en continuo contacto con el agua, se adiciona a la solución resultante, y de esta forma se convierten en compuestos con solubilidad.

2.2.3 Especificación de los materiales para la remoción de contaminantes.

Carbón activado a partir de la cáscara de coco

La corteza de coco constituye un material fibroso, del cual se puede encontrar en su parte interna una concha delgada, en donde posee una membrana rígida de cierta dureza; seguidamente se halla la pulpa de la fruta que es de coloración blanca y de apariencia compacta, dentro de esta pulpa se encuentra un centro, donde está contenido un líquido de apariencia lechosa que se caracteriza por poseer una cantidad considerable de electrolitos y sales minerales.

El cultivo del coco se constituye de considerable importancia para las poblaciones, especialmente ubicadas en la costa ecuatoriana, forma parte de su cultura y se ha llegado a convertir en una de las fuentes de ingresos para estas localidades. El cultivo del coco es capaz de adaptarse a condiciones agroclimáticas que mantienen las playas, de forma especial a las variedades de las cuales se puede extraer aceites. Actualmente la producción del coco se considera de mucha importancia por la cantidad de hectáreas de cultivo, que producen una considerable producción, que es capaz de proveer a la demanda que existe en el país.

A partir de la corteza del coco es posible obtener diferentes tipos de carbones activados para aplicaciones diversas variando las condiciones de preparación. Por medio de la cáscara de coco a alta temperatura, aproximadamente 800°C, y en presencia de vapor de agua se puede obtener un carbón con propiedades hidrofílicas o que posean afinidad con el agua, de apariencia micro porosa, es decir que posean una porosidad (poros de diámetros < 0.7 nm), apropiada para las aplicaciones que tengan que ver con la separación de gases; pero, si es que se activa a menores temperatura (aprox. 450°C) utilizando un agente químico, tal como es el ácido fosfórico o el cloruro de zinc, se puede tener un carbón hidrofílico que posea poros más grandes (Con diámetros de poros > 2 nm), el cual sea más apropiado para utilizarse en aplicaciones de fase líquida. Sobre la porosidad de los materiales.

Adicionalmente de poseer una amplia distribución de poros, el carbón activado a partir de la cáscara de coco resulta presenta una dureza y resistencia, comparado con el obtenido a partir de la madera. Además, que ofrecen los carbones activados obtenidos de materiales

orgánicos, con relación a los obtenidos de materiales inorgánicos, es que, en los orgánicos el porcentaje de cenizas es menor.

Con la finalidad de remover los compuestos metálicos, los mismos que se encuentran en forma de complejos de coordinación disueltos en una solución acuosa de retención se la realiza por medio de la creación de enlaces químicos entre el complejo metálico y el carbón, de esta manera puede ser adsorbido. Un ejemplo típico de esto es la retención y de la adsorción del complejo en el cianuro de oro. El carbón activado que reacciona químicamente con el ácido fosfórico no consigue adsorber de una manera eficiente el complejo, sin embargo, el carbón activado por medio de la temperatura (vapor), posee una mayor capacidad de retener el mencionado complejo de oro.

La capacidad de un carbón activado en general, que tenga para retener una determinada sustancia, no solo depende del área superficial de este, sino que depende por la proporción de poros distribuidos y que cuyo tamaño sea el adecuado: por ejemplo, de una a cinco veces el diámetro de la molécula de dicha sustancia, un ejemplo de estas propiedades se describe en la Tabla 2, a continuación.

Tabla 2

Distribución del tamaño de poros

Propiedad	Coco	Carbón	Lignita	Madera
Microporos	Altos	Altos	medianos	bajos
Macroporos	Bajos	Medianos	altos	altos
Dureza	Alta	Alta	baja	mediana
Cenizas	5%	10%	20%	5%
Polvo	Bajo	Mediano	alto	mediano
Regeneración	Buena	Buena	Pobre	regular

Fuente: (Ponce, 2018)

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

Respecto a la filtración por medio de la cascara de coco, esto se realiza a través de un medio poroso por el cual puede atravesar de manera fácil, el carbón activado es preparado por medio de la combustión de coco (ver Figura 7), madera, carbón, entre otros, después de varios procedimientos se produce la activación del carbón, el medio de la filtración es muy eficaz para la remoción del cloro, así como de otros parámetros tales como el olor y el sabor, así como de la presencia de metales pesados, tales como el mercurio o el plomo, logrando

de esta forma el olor y sabor agradable del agua. Hay que recalcar que estos carbones son separados en base a sus tamaños los cuales tiene diferentes capacidades de absorción.

La filtración por medios orgánicos es una de las técnicas más antiguas en lo que a tratamiento de aguas se refiere, si este tipo de filtración se la realiza con parámetros de diseño, operación, construcción y mantenimiento de forma eficiente, se podría considerar esta forma de filtración como una de las más eficientes, debido principalmente a que este tipo de filtros poseen un lecho de material granular.



*Figura 7: Filtro a partir de la corteza de coco.
Fuente: (Carbón Activado Mundial, 2021)*

Caliza

Se llama piedra o roca a un componente natural, el cual se forma por la interacción de uno o más minerales, que se encuentran asociados químicamente, así como de impurezas en cantidades que pueden variar, las dimensiones son extensas y no poseen una forma determinada; la composición química, así como su estructura no son fijas; son denominadas técnicamente “rocas” aunque se las conocen generalmente como piedras, se denominan comúnmente a la roca cuando es heterogénea y esta a su vez puede ser de forma simple o compuesta.

En el ambiente se puede conseguir masas estructuradas de las cuales se pueden extraer los recursos minerales, los cuales se los denominan canteras, al estar formando parte de la litósfera, que es la capa más superficial de la Tierra, de ésta se pueden obtener las rocas que serán destinadas a diversas aplicaciones tales como la construcción. Debido a que se componen generalmente de silicato de aluminio (sin embargo, también las hay compuestas de otros minerales que originan una considerable variedad de rocas), se las destinan a la construcción y se pueden usar como: elemento de resistencia, elementos de decoración, como materia prima para la elaboración otros compuestos (hormigón armado, cerámica de alfarería, cemento de construcción, yesos, vidrio, entre otros).

La piedra caliza es un material sedimentario compuesto generalmente por carbonato de calcio (CaCO_3), normalmente a partir de la calcita. Además, puede poseer pequeñas cantidades de otros minerales, tales como: la arcilla, la hematita, la siderita, el cuarzo, entre otros, los cuales modifican, muchas veces ligeramente el color, así como el grado de coherencia del material.

Todas las piedras que se encuentran en la naturaleza pueden poseer atributos de calidad, tales como: su composición homogénea, la carencia de grietas, la inalterabilidad (que no se encuentre alterada), que no sufra modificaciones por efecto de variables atmosféricas, que no se pueda alterar o encontrar afectada por heladas climáticas. De similar modo, las piedras calizas que se denominan como buenos materiales de construcción se pueden usar en la mampostería de construcción, en decoración, hasta para la fabricación de cales y cementos. Sobre parte de sus características, el autor Mendoza (2016) comenta:

Entre sus características destacamos: su densidad aparente es de 1.87 a 2.82 g/cm³ su densidad real es de 2.62 a 2.87 g/cm³, su absorción en agua es de 2 a 8 % del peso, su resistencia a compresión de 25 a 200 MPa y su desgaste de rozamiento de 30 a 40 cm³. (p. 9)

La fabricación de carbonato de calcio (CaCO_3), se compone de dos tipos de productos: Carbonato de calcio precipitado y carbonato de calcio micronizado. Sin embargo, en su composición química muy a menudo se habla del mismo producto, estos tienen diferencias en la tecnología asociada a su proceso, así como en las características fisicoquímicas del producto final, lo que como resultado termina teniendo presencia en diversos mercados, así

como en aplicaciones de acabados. La elaboración del carbonato micronizado, generalmente se le asocia un proceso físico en la conformación de sus etapas basadas en operaciones de trituración y molienda básicamente, lo que resulta que esta actividad sea considerada para efectos netamente estadísticos, dentro de lo que se considera como explotación de minerales no metálicos. La apariencia física de la caliza se muestra en la figura a continuación:



Figura 8: Representación de la piedra caliza.
Fuente: (Imgarcade, 2015)

La piedra caliza, que se obtiene por medio de la explotación de yacimientos minerales, debe tener una pureza de por lo menos del 98% de carbonato de calcio y un porcentaje máximo de 0.2% de contenido de fierro y aluminio, con la finalidad de poder implementar una operación minera que posea rentabilidad. Sobre la factibilidad de la obtención de la piedra caliza el auto Mendoza (2016), anota:

Se debe asegurar un abasto de materia prima de al menos 1 millón de toneladas de piedra; la energía eléctrica es el insumo indispensable para la operación del equipo de proceso; en una operación inicial se debe considerar la instalación de un transformador y posteriormente una subestación, para el empaque se requieren sacos de papel Kraft, con capacidades para 25 y 50 kg. (p. 11)

2.2.4 Descripción de los procesos de potabilización del agua.

Descripción de un sistema convencional en una planta de tratamiento de agua potable

Proceso de captación

La primera etapa en el proceso de potabilización se realiza por medio de la toma de agua, la cual se realiza en los ríos, diques o napas subterráneas. El agua proveniente de ríos está más expuesta a la contaminación, debido a que tiene contacto directo con materias y microorganismos, por ello este tipo de fluidos necesitan un proceso más elaborado para su tratamiento. La turbiedad, el contenido de sales minerales y el nivel de contaminación varían según la época del año y del clima de la región; la captación de aguas subterráneas se la obtiene mediante pozos de bombeo o perforaciones. La descripción de la etapa de captación se describe de forma gráfica por medio de la Figura 9 a continuación:

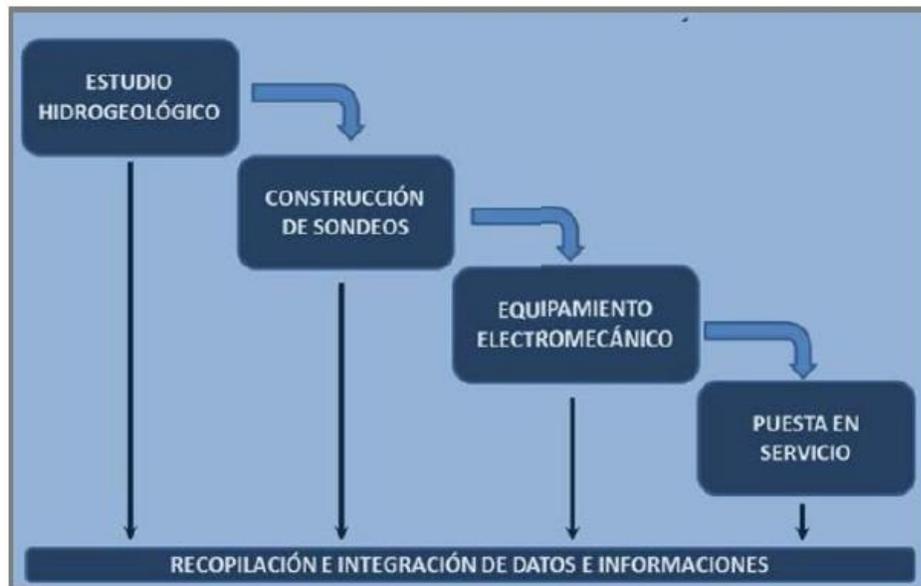


Figura 9: Modelo esquemático del proceso de captación de agua.
Fuente: (Burgos & Agudo, 2015)

Conducción

Esta etapa se realiza desde la captación hasta la planta de potabilización, el agua se transporta a través de acueductos o canales abiertos.

Desarenador

En esta etapa, la cual tiene por objetivo el extraer del agua procesada la grava, arena y partículas minerales de grosor mayor a 0.2mm. Esto con la finalidad de evitar que se produzcan taponamientos por efecto de la sedimentación en los canales y conductos.

Coagulación

La coagulación tiene como finalidad eliminar las sustancias coloidales para que puedan sedimentarse de mejor manera. Esta etapa es posible gracias a la adición de sustancias químicas tales como el sulfato de aluminio líquido o granulado y el policloruro de aluminio. Para corregir el pH se utiliza cal o hidróxido de sodio.

La floculación

Las partículas después de ser coaguladas pasan a una etapa denominada floculación. El floculador mediante un movimiento lento del agua permite que las partículas coloidales presentes en el fluido y que anteriormente estaban en contacto con el coagulante, pasen a formar partículas de mayores dimensiones (flocs) que puedan sedimentar por efecto de la gravedad.

Sedimentación

La sedimentación es un proceso mediante el cual se sedimentan los sólidos en suspensión menores a 0.2 mm en un fluido, debido al efecto de la gravedad. En un fluido se distinguen dos tipos de materias sedimentables, la primera que sedimenta a una velocidad de caída homogénea, teniendo constante su densidad, tamaño y forma al descender en el líquido. Y el otro son las partículas coloidales en suspensión que se aglomeran de forma natural o provocada que al sedimentar se aglutinan lo que ocasiona que la velocidad de caída sea variable debido al cambio de tamaño, forma y peso de la partícula.

Filtración

Es importante que las partículas del filtro sean más o menos del mismo tamaño, si este tamaño varía, los granos más pequeños rellenarán a los espacios más grandes ocasionando que el filtro se tape, mientras que las partículas más grandes ocasionarán que el agua pueda correr más rápido, el tamaño de la granulación influye en que tanta penetración se permita y que tan limpia sea el agua resultante.

El nivel de filtración depende exclusivamente de algunos factores entre los que se tienen: la estructura del filtro, del espesor del manto filtrante, granulometría y especificaciones de la masa del filtro, la velocidad de la filtración, entre otras, es necesario acotar además el mantenimiento de estos equipos, el tiempo de mantenimiento está regido por factores tales como el volumen, la presión y el tiempo.

El diseño del filtro se lo puede realizar a partir de varios materiales que tengan propiedades filtrantes, además de los orgánicos, tales como la arena, la antracita o de inclusive materiales de origen volcánico que son porosos y que tiene la propiedad de absorber al agua y purificarla.

Tipos de filtros

En las Plantas de potabilización se pueden encontrar dos procesos de filtración, uno que se denomina de filtración rápida, y el otro que consiste en una filtración lenta.

Filtro lento

El proceso lento consiste en una estructura rectangular de cemento, dentro de la cual se encuentra el lecho filtrante de arena (ver Figura 10). La finalidad de esta etapa consiste en eliminar los microorganismos patógenos que se encuentran en el agua. El flujo de agua que circula e ingresa a esta etapa se puede producir por dos condiciones: la primera es proveer al filtro con el agua que se origina directamente de la entrada del agua hacia la planta, cuando los niveles de turbiedad sean menores a 20 NTU. Mientras que la segunda condición es proveer al filtro con el líquido que proviene de la etapa de los prefiltros.



Figura 10: Lecho filtrante (filtro lento).

Fuente: (Carangui, 2016)

Filtro rápido.

La filtración rápida consiste en hacer circular el agua primero por una etapa de pre filtrado (ver Figura 11), basada en grava gruesa, así como en grava fina y que consiste en hacer fluir el agua de forma horizontal, la finalidad de esta etapa es minimizar la carga de material que se encuentra en suspensión, la cual está presente antes de ingresar a los filtros rápidos.



Figura 11: Etapa de pre filtrado (filtro rápido).

Fuente: (Carangui, 2016)

La batería de este filtro está compuesta por un lecho filtrante, el mismo que está conformado por una capa de arena, además de una capa de grava; en cuyo fondo existe una capa de piedra, contiene además un fondo falso. Adicionalmente está equipado con un canal de aislamiento por donde circula el agua filtrada que se ubica a la salida de la etapa de los filtros, hasta que finalmente el agua se la conduce hasta un canal de interconexión, para continuar con la siguiente etapa.

Desinfección.

Por medio de la desinfección se puede eliminar elementos patógenos, para esto se utiliza el gas cloro como agente desinfectante, en el caso de volúmenes de agua considerable el hipoclorito de sodio.

Tanques y reservas.

Son tanques de gran tamaño que permiten almacenar agua para ofrecer continuidad al proceso; además permite mantener una presión constante en las redes de distribución de agua potable.

Descripción del sistema actual de la planta de tratamiento de agua potable del cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan).

Actualmente el cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan) cuenta con una planta modular de tratamiento de agua potable, la misma consta de dos módulos con una capacidad de 27 litros por segundo, mismos que se encuentran asentados sobre muros construidos sobre la losa superior de la reserva baja; cabe mencionar que se dispone de espacio para la implementación de un tercer módulo, teniendo en cuenta el crecimiento poblacional. La planta se muestra en la Figura 12, donde se aprecian las instalaciones de ésta. A continuación, se describirán los procesos con la que cuenta la planta de tratamiento de agua potable.



Figura 12: Vista de la planta de tratamiento del cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan).

Fuente: (GAD Municipio de Jujan, 2018)

Proceso de captación

La zona urbana del cantón cuenta en su mayoría con una red de distribución, la misma que es abastecida por la actual planta de tratamiento de agua potable que a su vez esta cuenta con un pozo con agua subterránea con una profundidad de 120 metros y un diámetro de 24 pulgadas.

Al realizar la perforación del pozo se realizaron los respectivos registros de Potencial Espontáneo (SP) y de resistividad (NC16”) y (NL 64) para conocer los respectivos acuíferos que fueron atravesados en el proceso de la perforación del pozo. Estos datos que fueron

obtenidos mediante el registro eléctrico, se realizó la siguiente columna litológica, dando a conocer las características y profundidad del pozo que se indica en la Tabla 3:

Tabla 3

Características de la columna litológica del pozo

Desde	Hasta	Características
0 m	2 m	Horizonte A (capa superficial limo arcillosa)
2 m	29 m	Arcilla color gris
29 m	32 m	Grava
32 m	46 m	Arcilla color gris
46 m	50 m	Arcilla – grava
50 m	52 m	Arcilla color gris arenosa
52 m	60 m	Arenas color gris regular
60 m	70 m	Arcilla color gris oscura
70 m	88 m	Arenas color gris regular
88 m	110 m	Arcillas color gris
110 m	113 m	Arenas color gris
113 m	120 m	Arcillas color gris

Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal, 2018)

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

Además, con los datos obtenidos de resistividad y la columna litológica se concluyó que el pozo cuenta con seis acuíferos a distintas profundidades, las cuales se representa en la siguiente tabla:

Tabla 4

Profundidades de acuíferos

Acuíferos	Desde:	Hasta:
Primer acuífero	22 m	34 m
Segundo acuífero	46 m	60 m
Tercer acuífero	68 m	72 m
Cuarto acuífero	80 m	86 m
Quinto acuífero	100 m	102 m
Sexto acuífero	113 m	120 m

Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal, 2018)

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

La fuente de captación o pozo cuenta con un encamisado 16 pulgadas con tubería de PVC espina campana de 1.25 MPa, cabe mencionar que los primeros 42 m consta de tubería ciega es decir sin ranuras.

Sistema de conducción de agua

Luego de la placa de sujeción del pozo, se encuentra un codo de 90 grados y 8 pulgadas de acero bridado, sobre el cual está instalado un manómetro de glicerina para el control de la presión de descarga de la bomba del pozo. La tubería de conducción consta de dos codos de 45 grados 8 pulgadas de acero sch, seguidos de una válvula check de 8 pulgadas bridada, tal como se muestra en la Figura 13.



Figura 13: Sistema de conducción de agua cruda.
Fuente: (GAD Municipio de Jujan, 2018)

Filtro

El filtro de la planta de tratamiento es de tipo mecánico, es decir necesita de bombeo para realizar el retro lavado de los mantos filtrantes. El proceso de retro lavado es sencillo ya que únicamente se requiere la manipulación de las válvulas instaladas y el encendido del sistema de bombeo. El manto filtrante está compuesto por arena sílice en dos granulometrías y zeolita. La primera capa de este filtro está constituida por zeolita que tiene un espesor de 50 cm, seguido por la capa de arena sílice con un espesor de 50 cm. En total la altura de este manto filtrante es de 1 m, el proceso se muestra en la figura a continuación:



Figura 14: Sistema de filtrado.
Fuente: (GAD Municipio de Jujan, 2018)

Desinfección

La planta de tratamiento cuenta con un sistema de desinfección mediante cloro gaseoso, el sistema de cloro gas está conformado por los siguientes equipos:

- * Cilindro de cloro gas de 120 kg
- * Dosificador de cloro gas
- * Rotámetro de regulación de cloro gas
- * Switchover

La distribución del equipo se muestra a continuación en la Figura 15:



Figura 15: Sistema de bombas para el proceso de pre y poscloración.
Fuente: (GAD Municipio de Jujan, 2018)

Almacenamiento

El agua tratada se la almacena en un tanque bajo que tiene una capacidad de 1250 m³, los niveles de operación son:

Mínimo: 1.30 m

Máximo: 3.20 m

Rebose físico: 3.40 m

La bomba del pozo esta automatizada para que se apague cuando el nivel del tanque sea de 3.20 m. Cabe mencionar que las bombas del sistema booster tienen una protección para que se apaguen automáticamente cuando el nivel del tanque se encuentre en 1.00 metros y no encenderán hasta que el tanque tenga un nivel de 1.30 metros, esto se muestra en la figura a continuación:



*Figura 16: Sistema de almacenamiento.
Fuente: (GAD Municipio de Jujan, 2018)*

Distribución

El agua almacenada en el tanque bajo es distribuida a la red mediante el sistema booster. Mismo que está conformado por 3 bombas de 40 hp, estas bombas reemplazan al tanque elevado. Las válvulas de descarga de cada una de las bombas booster están reguladas a la mitad (8 vueltas de 16). Las válvulas de compuerta de la succión deben permanecer completamente abiertas (16 de 16 vueltas). El movimiento de las válvulas únicamente se debe realizar cuando se vaya a ejecutar algún tipo de mantenimiento al equipo de bombeo. La estación se muestra a continuación en la Figura 17.



Figura 17: Sistema de bombas del sistema booster.
Fuente: (GAD Municipio de Jujan, 2018)

2.3 Marco Conceptual

Acuífero

“Capa o capas subterráneas de roca o de otros estratos geológicos que tienen la suficiente porosidad y permeabilidad para permitir un flujo significativo de aguas subterráneas o su extracción en cantidades significativas” (RAE, 2020, p. 1).

Agua Potable

“El agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano” (ARCSA, 2020, p. 1).

“Agua potable es el agua utilizada para los fines domésticos y la higiene personal, así como para beber y cocinar” (OMS / *Agua potable salubre y saneamiento básico en pro de la salud*, s/f).

Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014, p. 1).

Agua residual

“Las aguas residuales incluyen las aguas usadas, domésticas, urbanas y los residuos líquidos industriales o mineros eliminados, o las aguas que se mezclaron con las anteriores (aguas pluviales o naturales)” (Aguas residuales, 2020, p. 1).

“Agua que no tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella” (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, s/f).

Agua subterránea

“El agua subterránea es parte de la precipitación que se filtra a través del suelo hasta llegar al material rocoso que está saturado de agua” (Agua subterránea, 2020, p. 1).

Aguas superficiales

“Aguas superficiales son aquellas que se encuentran sobre la superficie del planeta. Esta se produce por la escorrentía generada a partir de las precipitaciones o por el afloramiento de aguas subterráneas” (Agua superficial, 2020, p. 27).

El organismo mexicano Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental (2017), que se dedica a la regulación del agua en su país, la define como:

Son todas las aguas que se encuentran en la superficie del suelo. Son producidas por la escorrentía generada por las precipitaciones y por la captación de aguas subterráneas. Pueden presentarse como corrientes de agua que se mueven en una dirección como son los ríos y los manantiales; o como aguas en calma o quietas como los lagos. (p. 1)

Carbón Activado

Material que se caracteriza por poseer una cantidad muy grande de microporos (poros menores a 2 nanómetros de radio). Carbón activado o carbón activo es un término genérico que describe una familia de adsorbentes carbonáceos altamente cristalinos y con una porosidad interna altamente desarrollada. (Carbón activado, 2020, p. 1).

“El carbón activado es un tipo de carbón especialmente poroso que tiene la cualidad de atrapar diferentes compuestos como metales pesados, gases, toxinas, algunas proteínas y productos de desecho” (GMEquipment, 2019, p. 1).

“Carbón poroso que permite atrapar diferentes compuestos como materiales pesados, gases, toxinas y productos de desecho” (Linarez García & González Escobar, 2019, p. 26).

Desinfección

“Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública” (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014)

Se denomina desinfección a un proceso químico que mata o erradica los microorganismos sin discriminación (tales como agentes patógenos) al igual como las bacterias, virus y protozoos impidiendo el crecimiento de microorganismos patógenos en fase vegetativa que se encuentren en objetos inertes (Desinfección, 2020, p. 1).

Efluente

“Un efluente o emisario, en hidrología, corresponde a un curso de agua, también llamado distributivo, que desde un lugar llamado confluencia se desprende de un lago o río como una derivación menor, ya sea natural o artificial” (Efluente, 2020, p. 1).

“Líquido que sale de una planta de tratamiento de aguas” (Díaz, 2017, p. 25).

NMP.

“Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples” (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014, p. 1).

“El método del Número más probable (NMP) es una forma de obtener datos cuantitativos en concentraciones de elementos discretos a partir de datos de incidencia positiva/negativa” (Número más probable, 2020, p. 1).

Plaguicidas

Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repeler o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nemátodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general” (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014, p. 1).

“Los pesticidas son sustancias usadas para evitar, destruir, repeler o ejercer cualquier otro tipo de control de insectos, roedores, plantas, malezas indeseables u otras formas de vida inconvenientes” (Ministerio del Medio Ambiente del Ecuador, 2015, p. 263).

La (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, s/f), la define como:

Cualquier sustancia destinada a impedir, destruir, atraer, repeler o combatir cualquier plaga, incluidas las especies indeseadas de plantas o animales, durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de alimentos, productos agrícolas o piensos, o que pueda administrarse a los animales para combatir ectoparásitos. El término normalmente excluye los fertilizantes, nutrientes de origen vegetal y animal, aditivos alimentarios y medicamentos veterinarios.

Planta de tratamiento de agua potable o planta de potabilización

Se denomina planta de tratamiento de agua potable o planta de potabilización al conjunto de estructuras en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano.

Complejo comprendido por varias etapas o procesos que se encarga de la transformación de aguas subterráneas, superficiales o de embalses. Garantizando una calidad de agua apta para el consumo humano y derivados.

Propiedades físicas

Una propiedad física es cualquier propiedad que es medible, usualmente se asume que el conjunto de propiedades físicas define el estado de un sistema físico. Los cambios en las propiedades físicas de un sistema describen sus transformaciones y su evolución temporal entre estados instantáneos. (Propiedad física, 2020, p. 1)

“Una propiedad física es aquella que se basa principalmente en la estructura del objeto, sustancia o materia, que es visible y medible” (Significado de Propiedades físicas, s/f).

“Parámetro, componente o característica física, combinación de las anteriores, elemento o sustancia que sirve para caracterizar la calidad del recurso agua o de las descargas” (Ministerio del Medio Ambiente del Ecuador, 2015, p. 160).

Propiedades químicas

“Una propiedad química es cualquier propiedad de la materia por la cual cambia de composición” (Propiedad química, 2020, p. 1).

“Una propiedad química altera la estructura interna o molecular de una sustancia al interactuar con otra sustancia creando una nueva” (*Significado de Propiedades químicas*, s/f).

Sistema de distribución

“Comprende las obras y trabajos auxiliares construidos desde la salida de la planta de tratamiento hasta la acometida domiciliaria” (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014, p. 2).

Una red de distribución de agua potable es el conjunto de instalaciones que la empresa de abastecimiento tiene para transportar desde el punto o puntos de captación y tratamiento, hasta hacer llegar el suministro al cliente en unas condiciones que satisfagan sus necesidades.

Subproductos de desinfección

“Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas” (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014, p. 2).

Turbiedad

Se entiende por turbidez o turbiedad a la medida del grado de transparencia que pierde el agua o algún otro líquido incoloro por la presencia de partículas en suspensión. Cuanto mayor sea la cantidad de sólidos suspendidos en el líquido, mayor será el grado de turbidez. En potabilización del agua y tratamiento de aguas residuales, la turbidez es considerada como un buen parámetro para determinar la calidad del agua, a mayor turbidez menor calidad” (Turbidez, 2020, p. 1).

“La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión” (*Turbidez*, s/f).

ufc/ml.

“Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias” (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014, p. 1).

“En microbiología la unidad formadora de colonias es una unidad de medida que se emplea para la cuantificación de microorganismos, es decir, para contabilizar el número de bacterias o células fúngicas (levaduras) viables en una muestra líquida o sólida” (Unidad formadora de colonias, 2020, p. 1).

2.4 Marco Legal

El marco jurídico está fundamentado por leyes, normas y estatutos que establecen los requisitos a cumplir por la planta potabilizadora de agua para su abastecimiento, distribución y calidad. Las normas establecidas para el siguiente estudio son las siguientes:

- Constitución de la República del Ecuador.
- Código orgánico de organización territorial, autonomía y descentralización
- Reglamento Ley recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua
- Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente (TULSMA) 2017.
- Código Orgánico del Ambiente.
- Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.
- Normas Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108: 2020– Calidad del agua.
- Secretaría del Agua
- Naciones Unidas

2.4.1 Constitución de la República del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador, rige desde su publicación con Registro Oficial N° 449, 20 de octubre del 2008 y mediante su última modificación del 21 de diciembre del 2015, y cuyo estado se encuentra vigente, define políticas y estatutos fundamentales del Estado Ecuatoriano, de las cuales el sector público y privado deben dar cumplimiento, el tema ambiental es muy extenso entre ella el recurso agua.

Se enfatiza el derecho humano al agua, que es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. Así como la salud, la cual es un derecho que garantiza

el Estado, y cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, tales como el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir.

Es este inciso se hecha referencia al derecho a una vida digna, el acceso a la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad y otros servicios sociales necesarios. Se menciona además la participación de los municipios y sus competencias: Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

Se determina que el Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley, mediante la delegación de la participación en los sectores estratégicos y servicios públicos a empresas mixtas en las cuales tenga mayoría accionaria. La delegación se sujetará al interés nacional y respetará los plazos y límites fijados en la ley para cada sector estratégico. El Estado podrá, de forma excepcional, delegar a la iniciativa privada y a la economía popular y solidaria, el ejercicio de estas actividades, en los casos que establezca la ley.

La constitución ecuatoriana, afirma que el agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua. La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria. El servicio público de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias. Por lo que se prohíbe la paralización de los servicios públicos de salud y saneamiento ambiental, educación, justicia, bomberos, seguridad social, energía eléctrica, agua potable y alcantarillado, producción Hidrocarburífera, procesamiento, transporte y distribución de combustibles, transportación pública, correos y telecomunicaciones.

2.4.2 Código orgánico de organización territorial, autonomía y descentralización (COOTAD)

Por medio del COOTAD, se establecen competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal, los gobiernos autónomos descentralizados municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley; tal como prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

2.4.3 Reglamento Ley recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua

Este reglamento dicta multas y sanciones para quienes infrinjan las regulaciones o disposiciones relacionadas. Las disposiciones de la ley de aguas regulan el uso y aprovechamiento de las aguas oceánicas, superficiales, subterráneas y atmosféricas en todo el territorio nacional.

2.4.4 Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente (TULSMA) 2017

El texto de la presente legislación define los objetivos estratégicos institucionales que son mantener y mejorar la cantidad y calidad del agua, manejando sustentablemente las cuencas hidrográficas. Su estructura organizacional está definida por el Ministerio del Ambiente y está sustentada en su base legal y direccionamiento estratégico institucional. La cual se encarga de mantener y mejorar la cantidad y calidad del agua, manejando sustentablemente las cuencas hidrográficas. Sobre el monitoreo ambiental de la calidad del agua, el Ministerio del Medio Ambiente del Ecuador expresa que una determinada actividad requiera, deben estar detallados en los Planes de Manejo Ambiental respectivos; es posible realizar distintos tipos de monitoreos de acuerdo con el sector, según la cantidad y magnitud de los impactos y riesgos contemplados en una obra, actividad, o proyecto.

Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente

Las municipalidades dentro de su límite de actuación y a través de las Entidades Prestadoras de Servicios de agua potable y saneamiento (EPS) de carácter público o delegadas actualmente al sector privado, serán las responsables de prevenir, controlar o solucionar los problemas de contaminación que resultaren de los procesos involucrados en

la prestación del servicio de agua potable y alcantarillado, para lo cual deberán realizar los respectivos planes maestros o programa de control de la contaminación. En las siguientes tablas (Tabla 5, 6 y 7), se presentan los estándares a utilizar para la elaboración del proyecto:

Tabla 5

Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro	CN	mg/l	0,1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color real	Unidades de Platino Cobalto	75
Cromo hexavalente	Cr	mg/l	0,05
Fluoruro	F	mg/l	1,5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	<2
Hierro total	Fe	mg/l	1,0
Mercurio	Hg	mg/l	0,006
Nitratos	NO ₃	mg/l	50,0
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2
Potencial Hidrógeno	pH	unidades de pH	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO ₄ <2	mg/l	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,2
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100,0

Fuente: (TULSMA, 2017)

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

Nota: Podrán usarse aguas con turbiedades y coliformes fecales ocasionales superiores a los indicados en esta Tabla, siempre y cuando las características de las aguas tratadas sean entregadas de acuerdo con la Norma INEN correspondiente.

Tabla 6

Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios

PARÁMETROS	Expresados como	Unidad	Criterio de calidad	
			Agua dulce	Agua marina y de estuario
Aluminio ⁽¹⁾	Al	mg/l	0,1	1,5
Amoniaco Total ⁽²⁾	NH3	mg/l	-	0,4
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	1,5
Bifenilos Policlorados	Concentración de PCBs totales	µg/l	1,0	1,0
Boro	B	mg/l	0,75	5,0
Cadmio o	Cd	mg/l	0,001	0,005
Cianuros	CN ^{<}	mg/l	0,01	0,01
Cinc	Zn	mg/l	0,03	0,015
Cloro residual total	Cl ₂	mg/l	0,01	0,01
Cloro fenoles ⁽³⁾		mg/l	0,05	0,05
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2
Cobre	Cu	mg/l	0,005	0,005
Cromo total	Cr	mg/l	0,032	0,05
Estaño	Sn	mg/l		2,00
Fenoles mono-hídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1
Materia flotante de origen antrópico	Visible		Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,1
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	> 80	> 60
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05

⁽¹⁾ Aluminio: Si el pH es menor a 6,5 el criterio de calidad será 0,005 mg/l

⁽²⁾ Aplicar la Tabla 2a como criterio de calidad para agua dulce

⁽³⁾ Si sobrepasa el criterio de calidad se debe analizar el diclorofenol cuyo criterio de calidad es 0,2 µg/l.

Fuente: (TULSMA, 2017)

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

Tabla 7

Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios (Cont.)

PARÁMETROS	Expresados como	Unidad	Criterio de calidad	
			Agua dulce	Agua marina y de estuario
Plaguicidas organoclorados totales	Organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Organofosforados Totales	µg/l	10,0	10,0
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,005
Plomo	Pb	mg/l	0,001	0,001
Potencial de Hidrógeno	pH	unidades de pH	6,5 – 9	6,5 – 9,5
Selenio	Se	mg/l	0,001	0,001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2	
Nitratos	NO ₃	mg/l	13	200
DQO	DQO	mg/l	40	-
DBO ₅	DBO ₅	mg/l	20	-
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	Max incremento de 10% de la condición natural	-

⁽¹⁾ Aluminio: Si el pH es menor a 6,5 el criterio de calidad será 0,005 mg/l.

⁽²⁾ Aplicar la Tabla 2a como criterio de calidad para agua dulce

⁽³⁾ Si sobrepasa el criterio de calidad se debe analizar el diclorofenol cuyo criterio de calidad es 0,2 ug/l.

Fuente: (TULSMA, 2017)

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

2.4.5 Código Orgánico del Ambiente

Sobre el control y la gestión de los recursos hídricos, la Presidencia de la República del Ecuador, por medio del Código Orgánico del Ambiente, establece el monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo. La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto.

2.4.6 Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental

Sobre la prevención de la contaminación de las aguas, la Ley de Prevención y control, remitida por la Asamblea Nacional del Ecuador comenta que queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades.

2.4.7 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2020-04

La Norma Técnica Ecuatoriana establece los parámetros que debe cumplir el agua para el consumo humano y aprovechamiento. Condiciones específicas: el agua potable debe cumplir con los parámetros establecidos por la NTE INEN 1108:2020 Sexta Revisión presentados en la siguiente tabla:

Tabla 8

Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano

Parámetro	Unidad	Límite permitido ^b	Método de ensayo ^c
Arsénico	mg/L	0,01	Standard Methods 3114
Cadmio	mg/L	0,003	Standard Methods 3113
Cloro libre residual	mg/L	0,3 a 1,5	Standard Methods 4500 Cl ⁻
Cobre	mg/L	2,0	Standard Methods 3111
Color aparente	Pt-Co	15	Standard Methods 2120
Cromo (cromo total)	mg/L	0,05	Standard Methods 3113
Fluoruro	mg/L	1,5	Standard Methods 4500-F ⁻
Mercurio	mg/L	0,006	Standard Methods 3112
Nitratos (como NO ₃)	mg/L	50,0	Standard Methods 4500-NO ₃
Nitritos (como NO ₂)	mg/L	3,0	Standard Methods 4500-NO ₂
Plomo	mg/L	0,01	Standard Methods 3113
Turbiedad ^a	NTU	5	Standard Methods 2130

^a Se conoce también como *Turbidez*.

^b Los resultados obtenidos deben expresarse con el mismo número de cifras significativas de los límites permitidos, aplicando las reglas para redondear números indicadas en NTE INEN 52.

^c En el caso de que sean usados métodos de ensayo alternativos a los señalados, estos deben ser normalizados. En el caso de no ser un método normalizado, este debe ser validado.

Fuente: (NTE INEN 1108, Sexta Revisión, 2020)

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

2.4.8 Secretaría del Agua

Del sitio web de la Secretaría del agua, se detallan ciertos artículos relacionados al derecho al agua potable en el Ecuador, de estos, la Secretaría del Agua determina la transferencia únicamente a la Agencia de Regulación y Control del Agua, las competencias que hasta el momento ha ejercido la Secretaría del Agua y que le fueron asignadas como consecuencia de la reorganización del Consejo Nacional de Recursos Hídricos, para la regulación y control de la gestión integral e integrada de los recursos hídricos, de la gestión de la calidad y cantidad del agua en sus fuentes y zonas de recarga, de la calidad de los servicios públicos relacionados al sector agua y de todos los destinos, usos y aprovechamientos económicos del agua.

Entre las atribuciones se estipula regular y controlar la calidad y cantidad del agua en sus fuentes y zonas de recarga, así como las condiciones de toda actividad que afecte estas cualidades, así como el normar los destinos, usos y aprovechamientos del agua y controlar su aplicación, Regular y controlar la aplicación de criterios técnicos y actuariales para la fijación de las tarifas para los usos y aprovechamiento productivo del agua y para la prestación de los servicios vinculados al agua.

2.4.9 Naciones Unidas

Sobre el acceso al suministro de agua potable, las Naciones Unidas establece en sus artículos 11 y 12 que el agua es un recurso natural limitado y un bien público fundamental para la vida y la salud. El derecho humano al agua es indispensable para vivir dignamente y es condición previa para la realización de otros derechos humanos. El Comité ha constatado constantemente una denegación muy generalizada del derecho al agua, tanto en los países en desarrollo como en los países desarrollados. Más de 1.000 millones de personas carecen de un suministro suficiente de agua y varios miles de millones no tienen acceso a servicios adecuados de saneamiento, lo cual constituye la principal causa de contaminación del agua y de las enfermedades relacionadas con el agua.

Capítulo III

Metodología de la investigación

3.1 Metodología experimental y científica

La recolección de datos, su procesamiento y análisis están orientados a la obtención de pautas para solucionar o complementar alguna situación puntual que está dentro de los lineamientos del proceso de investigación, por ello, es de especial importancia determinar las bases que sustentan la metodología, que permita llegar a establecer conclusiones facilitadoras del diseño más adecuado para superar cualquier situación que requiera intervención, dentro del ámbito en el que se desenvuelve esta investigación. Todos estos elementos se presentan en este capítulo, tomando como base las teorías relacionadas con el campo investigativo, así como las herramientas utilizadas para analizar la problemática.

El diseño metodológico corresponde al inductivo, debido principalmente a que se analizan premisas particulares, tal es el caso, de las propiedades físico químicas del carbón activado a partir de la cáscara de coco y de la caliza, para de esta forma arribar a conclusiones generales, las cuales son la variación de remoción de parámetros orgánicos y metálicos presentes en el agua a analizar.

El método inductivo, como tal, sigue una serie de pasos. Inicia por la conversación de determinados hechos, los cuales registra, analiza y contrasta. A continuación, clasifica la información obtenida, establece patrones, hace generalizaciones, para inferir, de lo anterior, una explicación o teoría.

3.2 Tipo de investigación

En lo que tiene que ver con el tipo de investigación adoptado se puede comentar que el diseño del presente trabajo de titulación, según su finalidad es de tipo experimental, por cuanto se deben realizar múltiples ensayos y pruebas, con la finalidad de obtener la medición de parámetros específicos.

3.3 Enfoque de la investigación

En vista del tipo de investigación adoptado y de su relación con la problemática abordada, se puede apreciar la observación del nivel de parámetros, concentraciones, entre

otros, lo que de cierta forma alinea el enfoque del análisis a tener en consideración para su ejecución.

A lo que se respecta al enfoque de la investigación adoptado para la elaboración del marco metodológico de forma específica, se puede comentar que es de tipo cuantitativo, es decir que para su elaboración se hará uso de pruebas analíticas (de laboratorio), las cuales proporcionaran datos que tienen que ver con porcentajes, concentraciones y valores de tipo numérico, lo que caracteriza a este tipo de investigación.

3.4 Población y muestra

Debido a que se trata de un trabajo experimental, por medio de la obtención de parámetros a través de ensayos de laboratorio, se procederá a trabajar con una muestra basada en tomas de agua procedente de la planta potabilizadora ubicada en Jujan, para su posterior análisis.

Se tomarán como muestra 1,5 litros de agua, estas muestras serán depositadas en varios recipientes previamente esterilizados, para así no adulterar dicha muestra. Se tomarán 7 muestras en total para su respectivo análisis que se detallarán en la siguiente tabla:

Tabla 9

Detalle de muestras a obtener para su respectivo análisis.

Muestras-Detalle	Prototipo 1	Prototipo 2	Observación	Total
Pozo de planta de tratamiento			1	1
Combinación 1: Caliza, e=0,6m	1	1		2
Combinación 2: Carbón activado cáscara de coco, e=0,6m	1	1		2
Combinación 3: Carbón activado cáscara de coco y caliza, e=0,3m /capa	1	1		2
			Total	7

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

3.5 Técnica e instrumentos

Elaboración de la planta piloto

El dimensionamiento del prototipo se lo realizará de acuerdo al caudal de la planta de agua potable del cantón Jujan, el sistema de tratamiento cuenta con dos módulos (A y B) y la disponibilidad para un tercer módulo que fue considerado según el crecimiento poblacional (C); cada módulo se encuentra dividido en dos tanques de filtración, cada módulo cuenta con un caudal de 27 litros por segundo, disponiendo de un caudal de 54 litros por segundo entre los dos módulos de la planta de tratamiento de agua potable del cantón Jujan.

Se realizarán dos prototipos para el sistema de filtración en diferentes dimensiones, mismos que dependen de las velocidades de filtración que se consideraron para el dimensionamiento de los tanques de filtración propuestos; los mismos que servirán para el estudio a realizar y así poder tomar muestras de agua que serán destinada al respectivo laboratorio para posteriormente obtener datos de los parámetros que se evaluarán.

3.5.1 Dimensionamiento de prototipos 1 y 2 (Sistema de filtración).

El dimensionamiento de los dos prototipos se lo realizó en base al 1% del caudal de la planta y la velocidad de filtración, se consideró una altura de 1,20 m para los dos prototipos, el dimensionamiento para el prototipo 1 y prototipo 2 son los siguientes:

Prototipo 1: 0,40m x 0,80m x 1,20m

Prototipo 2: 0,60m x 1,10m x 1,20m

El prototipo 1 y prototipo 2 servirá para simular el módulo o tanque de filtración de la planta de tratamiento del cantón Jujan, se podrá observar a través del vidrio templado el comportamiento de los materiales que se usarán como mantos filtrantes los mismos que tendrán como objetivo retener la mayor cantidad de impurezas, así como cualquier contaminante presente en el agua.

El sistema de filtración se elaboró con planchas metálicas de 0.90 mm de espesor y vidrio templado e=8mm mismo que servirá para la visualización de los estratos del manto filtrante, cada prototipo contará con sus respectivas combinaciones y espesores establecidos para realizar ensayos y su vez la toma de muestras, mismas que serán analizadas por un

laboratorio acreditado. Los prototipos 1 y 2 están diseñados para soportar la carga de los mantos filtrantes como el volumen de agua que será descargado en cada prototipo. La tubería de salida para el agua filtrada se encuentra en el fondo del prototipo 1 y prototipo 2, dicha tubería es de 1/2", la cual servirá para obtener la respectiva muestra.

Tanque elevado

Para el llenado del sistema de filtración propuesto se utilizará un tanque de 55 galones, simulando el 1% del caudal de la planta que es de 0,54 l/s. La tubería de conducción que sale del tanque al prototipo es de 1" y cuenta con una llave de paso plástica de 1" (esférica) que servirá para regular el caudal antes mencionado.

3.5.2 Cálculos de diseño para prototipos

En el respectivo estudio se consideró el caudal de la planta de tratamiento, además se tomó en cuenta el 1% de dicho caudal para el dimensionamiento de los tanques de filtración, dichos datos son los siguientes:

$$Q = 54 \text{ l/s (caudal de la planta de agua potable de Jujan)}$$

$$Q = 0,54 \text{ l/s (1\% del caudal de la planta de tratamiento)}$$

Las velocidades de filtración que se consideraron para este estudio son las siguientes:

Tasa superficial de filtración

○ $V1 = 6\text{m/h}$

○ $V2 = 3\text{m/h}$

El cálculo del caudal para el diseño del prototipo 1 y prototipo 2 es el siguiente:

Caudal para el diseño del prototipo

$$Q = 0,54 \frac{\text{l}}{\text{s}} * \frac{1\text{m}^3}{1000 \text{ l}} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 1,94 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$Q = 0,54 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 1,94 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Cálculo del área

3.5.2.1 Prototipo 1.

Área del prototipo 1: 0,40 m x 0,80 m

$$\text{Área}_1 = \frac{Q}{\text{Tasa Sup.}} = \frac{1.94 \text{ m}^3/\text{h}}{6 \text{ m}/\text{h}} = 0,32 \text{ m}^2$$

Corrección del área

$$A = L * W = 2W * W = 2W^2$$

$$W = \sqrt{\frac{0,32}{2}}$$

$$W = 0,40 \text{ m}$$

3.5.2.2 Prototipo 2.

Área del prototipo 2: 0,60 m x 1,10 m

$$\text{Área}_2 = \frac{Q}{\text{Tasa Sup.}} = \frac{1.94 \text{ m}^3/\text{h}}{3 \text{ m}/\text{h}} = 0,65 \text{ m}^2$$

Corrección del área

$$A = L * W = 2W * W = 2W^2$$

$$W = \sqrt{\frac{0,65}{2}}$$

$$W = 0,57 \text{ m}$$

$$W = 0,60 \text{ m}$$

3.5.2.3 Tanque elevado.

Para calcular el tiempo en que se debe vaciar el tanque elevado es el siguiente:

Datos:

$$Q = 0,54 \text{ l/s}$$

$$1 \text{ galón} = 3,78541 \text{ litros}$$

$$1 \text{ tanque} = 55 \text{ galones}$$

Cálculo de volumen

$$V = 55 \text{ gal} * \frac{3,785 \text{ l}}{1 \text{ gal}} = 207,9 \text{ litros}$$

$$V = 208 \text{ litros}$$

Cálculo de tiempo de vaciado del tanque elevado

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{208 \text{ l}}{0,54 \text{ l/s}} = 385,18 \text{ seg}$$

$$t = 385,19 \text{ seg} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 6,42 \text{ min} = 6,5 \text{ minutos}$$

$$t = 6,5 \text{ minutos (tiempo de vaciado)}$$

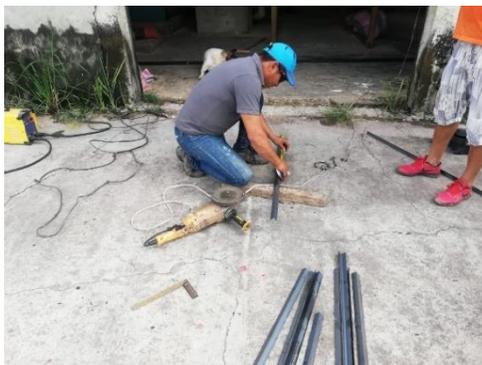
3.5.3 Materiales

- 5 ángulos de 1" x 1/8
- 3 planchas de metal de 0,90mm x 1/25
- Correa tipo G 1,5mm x 80mm
- Lámina de vidrio templado de 1,20m x 0,50m e=8 mm
- Lámina de vidrio templado de 1,20m x 0,40m e=8 mm
- Pintura anticorrosiva color gris
- Tanque metálico de 55 galones

- Válvula esférica de PVC 1”
- Neplo metálico de 1”
- Neplo polipropileno 1”
- 2 llaves PVC de ½”
- 2 codos polipropileno de ½”
- 2 Neplo metálicos de ½”
- 2 uniones polipropileno de ½”
- Tubo PVC de 4”
- 4 codos PVC de 4”
- 5 dispensadores de silicón “ABRO” 1200 transparente
- Teflón
- Diluyente

3.5.4 Procedimiento de construcción de prototipos de planta piloto

1. Se realizaron los respectivos cortes de los ángulos de los perfiles metálicos de dimensiones (1”x1/8) con las longitudes asignadas para el prototipo 1 y prototipo 2. (Ver Figura 18).



a)



b).

*Figura 18: Cortes de ángulos a). Prototipo 1, b) Prototipo 2.
Elaborado por: Chele & Palma (2021)*

2. Se realizaron cortes en base a las dimensiones respectivas de las longitudes en la correa tipo “G” para luego proceder a soldarlas y con esto implementar una estructura que servirá para colocar el prototipo 1 y 2. (Ver Figura 19).



*Figura 19: Ensamble de estructura para los prototipos.
Elaborado por: Chele & Palma (2021)*

3. Se soldaron los ángulos de dimensiones de 1"x1/8, que fueron destinados para el prototipo 1 y así poder armar su estructura (ver Figura 20).



*Figura 20: Soldadura de la estructura del prototipo 1.
Elaborado por: Chele & Palma (2021)*

4. Se soldaron los ángulos 1"x1/8 designados para el prototipo 2 y así poder armar su estructura (ver Figura 21).



*Figura 21: Soldadura de la estructura del prototipo 2.
Elaborado por: Chele & Palma (2021)*

5. Se cortaron las láminas de metal (0,90mm x 1/25) con sus respectivas dimensiones tanto para el prototipo 1 como para el prototipo 2 (Figura 22).



Figura 22: Cortes de láminas de metal de los prototipos.

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

6. Se procedió a soldar las planchas metálicas, que fueron destinadas para el prototipo 1 en la estructura previamente armada para el mismo (ver Figura 23).



Figura 23. Soldadura de las planchas metálicas del prototipo 1.

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

7. Se soldaron las planchas metálicas designadas para el prototipo 2 en la estructura elaborada anteriormente para el mismo prototipo (ver Figura 24).



Figura 24. Soldadura de la estructura del prototipo 2.

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

8. En el prototipo 1 y prototipo 2 se soldó en la parte baja los respectivos neplos metálicos que servirán para la salida del agua filtrada. (ver Figura 25).



Figura 25. Soldadura de neplo en las estructuras de los prototipos 1 y 2.

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

9. Se sellaron todas las aberturas o ranuras presentes en el prototipo 1 y 2 con silicona ABRO 1200 para evitar filtraciones o fugas de agua. (ver Figura 26).



Figura 26. Sellado de estructuras de los prototipos 1 y 2.

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

10. Se aplicó a toda la estructura del prototipo 1 y prototipo 2 la respectiva pintura para darle un mejor acabado, además se dejó secar para continuar con el proceso de elaboración (ver Figura 27).



*Figura 27. Pintado de la estructura de los prototipos 1 y 2.
Elaborado por: Chele & Palma (2021)*

11. Se cortó el tubo de PVC 4" a la mitad y se lo colocó en los dos prototipos, mismo que servirán como canaleta para cada prototipo. (ver figura 28).



*Figura 28. Corte y montaje de tubería de PVC en la estructura de los prototipos 1 y 2.
Elaborado por: Chele & Palma (2021).*

12. Se colocó silicona en el espacio designado para el vidrio, para luego proceder a colocar el respectivo vidrio $e=8\text{mm}$ designado para el prototipo 1 y 2. (ver figura 29).



Figura 29. Montaje de vidrio en la estructura de los prototipos 1 y 2.
Elaborado por: Chele & Palma (2021)

13. Se selló con silicona las posibles aberturas existentes donde se colocó el vidrio para evitar fugas de agua en el prototipo 1 y 2. (ver figura 30).



Figura 30. Sellado del vidrio en la estructura de los prototipos 1 y 2.
Elaborado por: Chele & Palma (2021)

14. Para el tanque elevado que va a proporcionar agua a los prototipos, se soldó un niple metálico de 1" en la parte baja, se procedió a colocar la válvula esférica de PVC 1" además se colocó un niple polipropileno de 1" en la salida de la válvula. (ver figura 31).



Figura 31. Montaje del tanque elevado.

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

3.6 Combinaciones de materiales y espesores

Para la remoción de contaminantes en la planta de tratamiento de agua potable en Jujan, el manto filtrante estará compuesto por dos materiales: carbón activado de cáscara de coco (malla N° 6 a 18) y caliza (malla N° 20 a 40). En cada prototipo se realizará las diferentes combinaciones de material y espesores.

Combinación 1: Caliza, 60 cm de espesor.

Esta combinación el manto filtrante tendrá una altura o espesor de 0,60m en los prototipos 1 y 2, la caliza se considera como excelente material para regular el pH en el agua, en esta combinación se espera que además de regular el pH tenga un considerable porcentaje de retención de contaminantes presentes en la muestra de agua. Los resultados obtenidos mediante análisis de laboratorio se compararán con las normativas vigentes.

Combinación 2: Carbón activado de cáscara de coco, 60 cm de espesor.

En esta combinación, el manto filtrante tendrá una altura o espesor de 0,60m en ambos prototipos, con esta combinación se procederá a tomar una muestra por cada prototipo propuesto y posteriormente poder enviarla al laboratorio quien se encargará de emitir los resultados de los parámetros a analizar.

Combinación 3: Carbón activado de cáscara de coco 30 cm de espesor y caliza 30 cm de espesor.

Con esta combinación de carbón activado de cáscara de coco y caliza, se estima que tenga un porcentaje elevado a la remoción de contaminantes, ya que ambos materiales son considerados como buenos elementos al momento de su retención de contaminantes, se estima que los resultados obtenidos con esta combinación superen los porcentajes de retención de la combinación 1 y 2 ya que si ambos materiales trabajan juntos al momento de la remoción se obtendrá una calidad de agua aceptable para el consumo humano, misma que se verá reflejada en los análisis emitidos por el laboratorio. Los resultados emitidos por el laboratorio serán comparados con la normativas vigentes y actualizadas.

Las muestras serán transportadas en un ambiente de 2 °C a 8 °C, estas temperaturas son consideradas y dispuestas por el laboratorio donde se realizarán los respectivos análisis. El laboratorio emitirá los respectivos resultados a los 8 días laborables una vez entregada la muestra en el laboratorio.

3.7 Toma de muestras

Para la toma de muestras se definen por medio de la fuente: Planta de potabilización, prototipo 1 o prototipo 2 (que fueron explicados en los incisos anteriores) y el tipo de combinación de la cual se va a extraer la muestra a ser analizada, que puede ser: caliza, carbón activado de cáscara de coco o de la combinación de ambos (mediante prototipo). Las tomas de muestras se detallan a continuación:

3.7.1 Planta potabilizadora

Para la muestra inicial se procedió a obtener una muestra de la etapa de la fuente de captación de la planta potabilizadora, para luego ser analizada, la toma de la muestra se ilustra a continuación:



Figura 32: Toma de muestra 1 de la planta potabilizadora.

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

3.7.2 Prototipo 1 / Combinación: carbón activo cáscara de coco (0,60m)

Para tomar esta muestra se dejó con anterioridad activando el carbón de cáscara de coco para luego de 24 horas tomar la respectiva muestra. En este prototipo se colocó una capa de piedra (malla N° 3 ½”), espesor de 0,02 m; misma que servirá para que el carbón activo de cáscara de coco no se desperdicie y obstruya el flujo en la tubería para la toma de muestra, además la altura comprendida del material para este prototipo fue de 0,60 m, lo cual se evidencia en la Figura 33.



Figura 33: Toma de muestra 2 del Prototipo 1 / carbón activo cáscara de coco (0,60m).

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

Se verificó que el vertido de agua por medio del canalón con tubería de 4" mediante rebose fuese el correcto para evitar socavación en el manto filtrante. Una vez vertida la cantidad de agua se realizó la obtención de la muestra.

3.7.3 Prototipo 2 / Combinación: caliza (0,60m)

Para la toma de la muestra 3, se procedió a colocar una capa de piedra (malla N° 3 ½"), espesor de 0,02 m, seguido de la caliza en el prototipo, teniendo en cuenta que debía cumplir con una altura del material de 0,60m, tal como se muestra a continuación:



Figura 34: Toma de muestra 3 del prototipo 2 / caliza (0,60m).

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

Por medio del canalón hecho con tubería de 4" se procedió a verter el agua provista para este prototipo, el canalón cumplió la función de distribuir el flujo del agua y por medio de rebose caer al manto filtrante. Se procedió a colocar las muestras 1, 2, 3 tomadas para luego almacenarlas en un recipiente donde las mantendrá en las condiciones necesarias para luego ser transportadas y entregadas al laboratorio que se encargará de su respectivo análisis (ver Figura 35).



Figura 35: Muestras 1,2, 3, almacenadas y preparadas para ser enviadas al laboratorio.

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

3.7.4 Prototipo 1 / Combinación: Caliza (0,60m)

Para tomar la muestra 4 en este prototipo, previamente se procedió a limpiar el mismo, para la colocación del nuevo material, primero se colocó una cama de piedra (malla N° 3 ½”), misma que servirá para evitar taponamiento en la salida del prototipo, luego se colocó la caliza con una altura de 0,60 m que será el manto filtrante, tal como se ilustra a continuación en la figura 36. En este prototipo también se verificó que el vertido de agua por medio de rebose usando el canalón fuese el correcto para evitar socavación en el manto filtrante. Una vez vertido la cantidad de agua para este prototipo se procedió a la respectiva obtención de la muestra.



Figura 36: Vista del prototipo 1, caliza (0,60m) y toma de muestra 4, caliza e=0,60m.

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

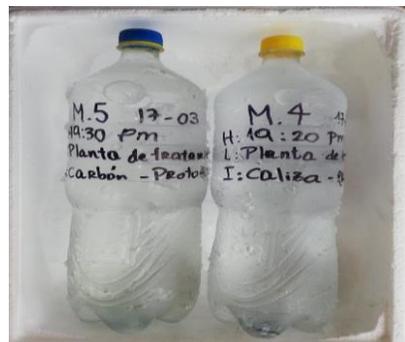
3.7.5 Prototipo 2 / Combinación: Carbón activado cáscara de coco (0,60m)

Para obtener la muestra 5 de este prototipo, previamente se procedió a limpiar el mismo, para la colocación del material respectivo, primero se colocó una cama de piedra (malla N° 3 ½”), misma que servirá para evitar taponamiento en la salida del prototipo, luego se colocó el carbón activado cáscara de coco con una altura de 0,60 m. que será el manto filtrante, tal como se muestra en la Figura 37 a continuación:



*Figura 37: Prototipo 2 / carbón activo cáscara de coco (0,60m) y la respectiva toma de la muestra 5.
Elaborado por: Chele & Palma (2021)*

Se verificó que el vertido de agua por medio de rebose se cumpla mediante el uso del canalón para evitar socavación en el manto filtrante. Luego de tomar las dos respectivas muestras se procedió a colocarlas en un recipiente que las mantendrán conservadas para luego ser entregadas al laboratorio, el envasado de las muestras 4 y 5 se muestran a continuación en la Figura 38.



*Figura 38: Muestras 4, 5; envasadas para ser entregadas al laboratorio.
Elaborado por: Chele & Palma (2021)*

3.7.6 Prototipo 1 / Combinación: carbón activado cáscara de coco (0,30m) y caliza (0,30m)

Para la toma de las últimas muestras se procedió a limpiar bien los prototipos y colocarle nuevo material, mismos que servirán como mantos filtrantes. Para este prototipo se le colocó así mismo como en todos los prototipos una cama de piedra (malla N° 3 ½”), espesor de 0,02 m mismo que servirá y evitará el taponamiento por parte del material en la salida de la tubería de este. Este prototipo dispondrá de un manto filtrante combinado con los dos materiales, cada material o capa filtrante tendrá un espesor de 0,30m.

Se procedió a colocar el agua destinada para este prototipo verificando que la misma no esté socavando el manto filtrante y a su vez que el rebose del agua en el canalón sea uniforme. Luego que se vertiera el agua a ser filtrada en el prototipo con sus respectivos mantos filtrantes se procedió a obtener cuidadosamente la muestra 6.



*Figura 39: Prototipo 1 y toma de muestra 6 / carbón activo cáscara de coco (0,30m) y caliza (0,30m).
Elaborado por: Chele & Palma (2021)*

3.7.7 Prototipo 2 / Combinación: carbón activado cáscara de coco (0,30m) y caliza (0,30m)

Para el prototipo 2 se dispondrá de un manto filtrante combinado con una altura igual a la del prototipo 1, con la combinación de carbón activado cáscara de coco (0,30m) y caliza (0,30m), tal como se muestra en la Figura 40:



Figura 40: Prototipo 2, carbón activo cáscara de coco (0,30m) y caliza (0,30m) y toma de la muestra 7.
Elaborado por: Chele & Palma (2021)

Se procedió a verter el agua destinada para este prototipo, verificando que la misma no esté socavando el manto filtrante y a su vez que el rebose del agua en el canalón sea uniforme. Luego de que se vertiera el agua a ser filtrada en el prototipo con sus respectivos mantos filtrantes se procedió a obtener cuidadosamente la muestra. Una vez tomadas las muestras 6 y 7 se las colocó en un recipiente para que se conserven para luego ser transportadas y entregadas al laboratorio, tal como se indica en la Figura 41:



Figura 41: Muestras 6, 7 almacenadas y envasadas para ser entregadas al laboratorio.
Elaborado por: Chele & Palma (2021)

Capítulo IV

Análisis de resultados

4.1 Identificación de cargas contaminantes

Luego de haber realizados los ensayos correspondientes para la obtención de agregados orgánicos tales como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO). Así como de la presencia de metales tales como plomo (Pb), hierro (Fe) y manganeso (Mn), presentes en las muestras obtenidas, se procede a resumir los resultados. Para el análisis de los agregados orgánico y de los metales, se resolvió realizar los siete ensayos correspondientes que comprenden los realizados de la fuente de entrada a la planta potabilizadora (agua de pozo), los tres ensayos del prototipo 1(P1) correspondiente a: carbón activado (CA), caliza (CaCO₃) y carbón activado + caliza (CA + CaCO₃), así como los tres ensayos respectivos para el prototipo 2 (P2).

4.1.1 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

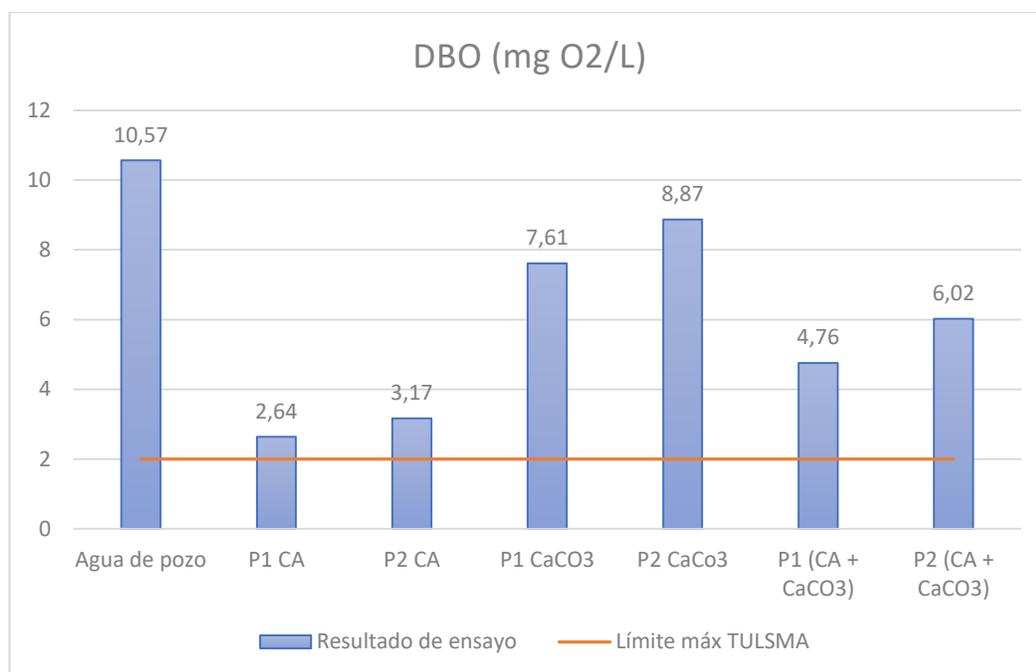
La demanda bioquímica del oxígeno obtenido en las siete muestras analizadas arrojó como resultado los valores resumidos en la Tabla 10, y las tendencias de este parámetro presente en las muestras se ilustra en la Figura 42 a continuación:

Tabla 10

Parámetro DBO presente en las muestras

ID de la muestra	Resultado del ensayo (mg O ₂ /L)	Límite máx. TULSMA (mg O ₂ /L)	Límite máx. INEN (mg O ₂ /L)
Agua de pozo	10,57	< 2	-
Prototipo 1 Carbón Activo	2,64	< 2	-
Prototipo 2 Carbón Activo	3,17	< 2	-
Prototipo 1 Caliza	7,61	< 2	-
Prototipo 2 Caliza	8,87	< 2	-
Prototipo 1 (CA + Caliza)	4,76	< 2	-
Prototipo 2 (CA + Caliza)	6,02	< 2	-

Elaborado por: Chele & Palma (2021)



*Figura 42: Resultado del parámetro DBO, presente en las muestras.
Elaborado por: Chele & Palma (2021)*

4.1.2 Demanda química de oxígeno (DQO).

Los resultados obtenidos que reflejan la demanda química de oxígeno presente en las muestras analizadas se resumen en la tabla 11, y a continuación se presenta el gráfico correspondiente que determina su comportamiento, dependiendo del tipo de ensayo realizado (Figura 43), a continuación.

Tabla 11

Parámetro DQO presente en las muestras

ID de la muestra	Resultado del ensayo (mg O ₂ /L)	Límite máx. TULSMA (mg O ₂ /L)	Límite máx. INEN (mg O ₂ /L)
Agua de pozo	20,44	< 4	-
Prototipo 1 Carbón Activo	5,11	< 4	-
Prototipo 2 Carbón Activo	6,13	< 4	-
Prototipo 1 Caliza	14,71	< 4	-
Prototipo 2 Caliza	17,16	< 4	-
Prototipo 1 (CA + Caliza)	9,20	< 4	-
Prototipo 2 (CA + Caliza)	11,65	< 4	-

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

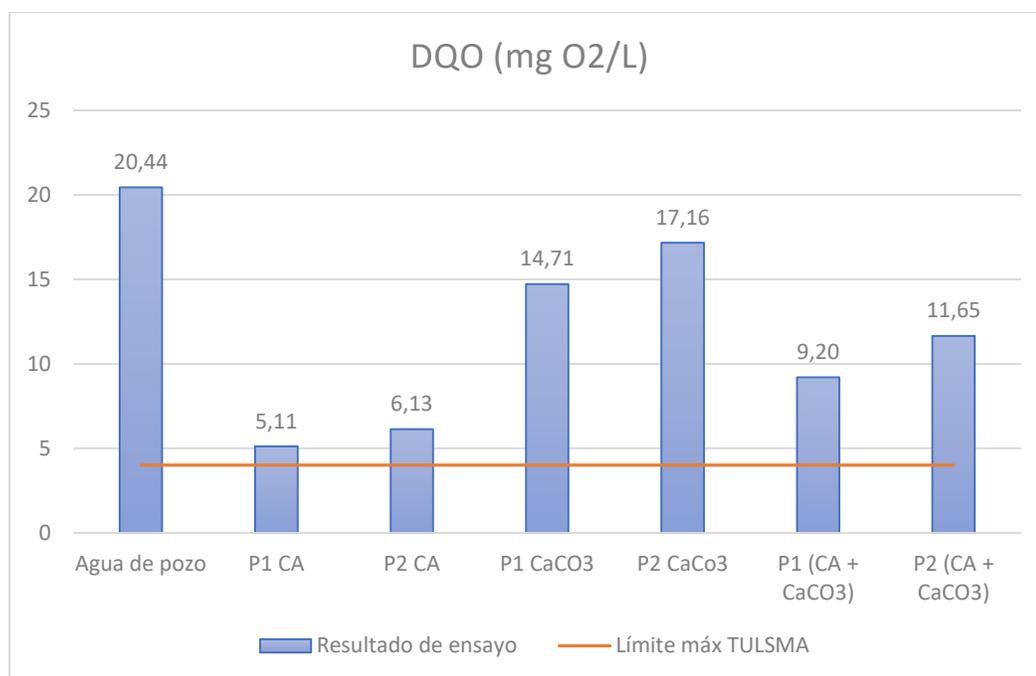


Figura 43: Resultado del parámetro DQO, presente en las muestras.
Elaborado por: Chele & Palma (2021)

4.1.3 Plomo

El contenido (mg/L), de plomo (Pb), en las muestras ensayadas se resumen en la Tabla 12, y su respectivo gráfico de tendencias, en donde se muestra el comportamiento de este parámetro se muestra en la Figura 44 a continuación:

Tabla 12

Parámetro Pb presente en las muestras

ID de la muestra	Resultado del ensayo (mg /L)	Límite máx. TULSMA (mg /L)	Límite máx. INEN (mg /L)
Agua de pozo	0,0170	0,01	0,01
Prototipo 1 Carbón Activo	0,0063	0,01	0,01
Prototipo 2 Carbón Activo	0,0068	0,01	0,01
Prototipo 1 Caliza	0,0075	0,01	0,01
Prototipo 2 Caliza	0,0081	0,01	0,01
Prototipo 1 (CA + Caliza)	0,0030	0,01	0,01
Prototipo 2 (CA + Caliza)	0,0049	0,01	0,01

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

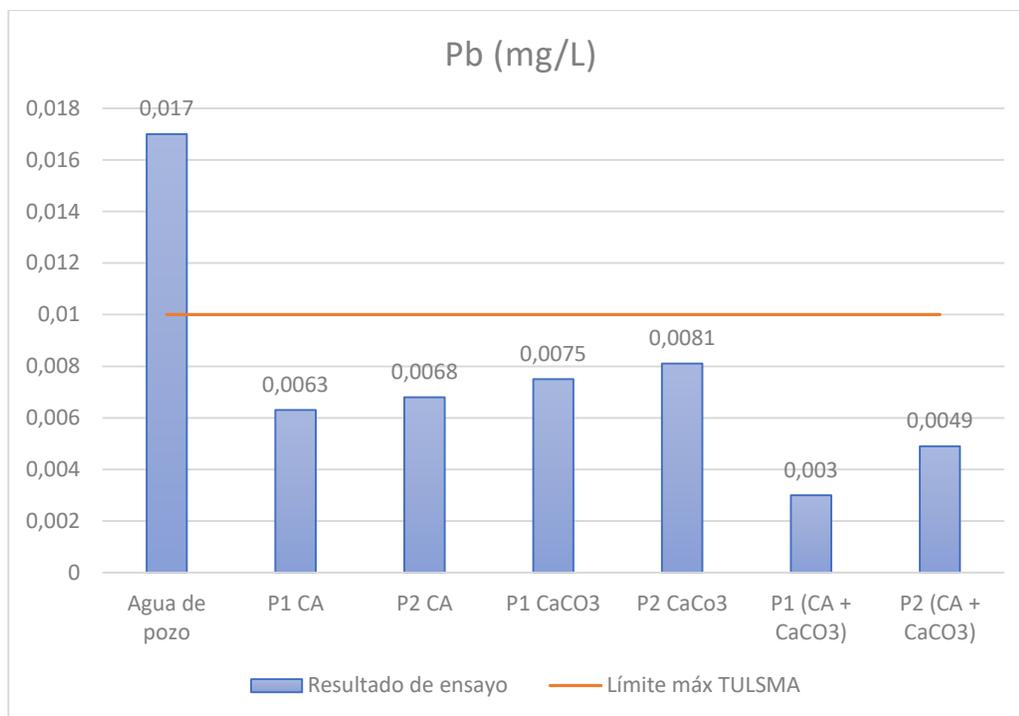


Figura 44: Resultado del parámetro Pb, presente en las muestras.
Elaborado por: Chele & Palma (2021)

4.1.4 Hierro

Para los ensayos correspondientes a la medición del hierro presente en las muestras, los resultados se presentan de forma resumida en la Tabla 13 y su respectivo diagrama de barras en la Figura 45, en donde se puede apreciar su tendencia a continuación:

Tabla 13

Parámetro Fe presente en las muestras

ID de la muestra	Resultado del ensayo (mg /L)	Límite máx. TULSMA (mg /L)	Límite máx. INEN (mg /L)
Agua de pozo	1,100	1,0	-
Prototipo 1 Carbón Activo	0,122	1,0	-
Prototipo 2 Carbón Activo	0,312	1,0	-
Prototipo 1 Caliza	0,135	1,0	-
Prototipo 2 Caliza	0,348	1,0	-
Prototipo 1 (CA + Caliza)	0,090	1,0	-
Prototipo 2 (CA + Caliza)	0,297	1,0	-

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

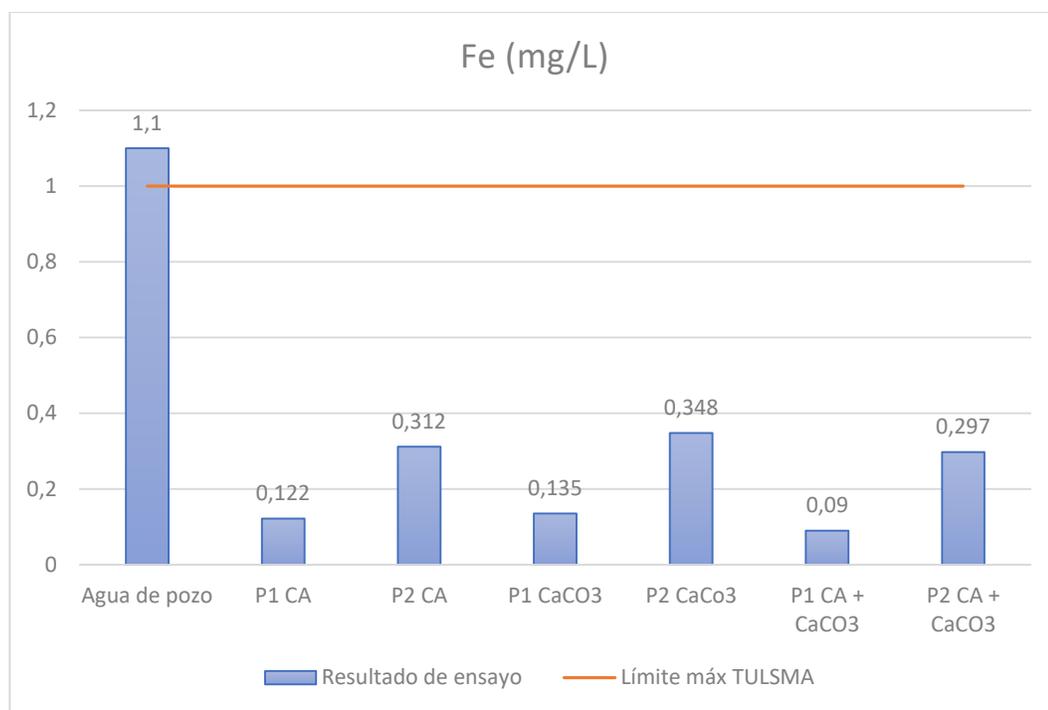


Figura 45: Resultado del parámetro Fe, presente en las muestras.
Elaborado por: Chele & Palma (2021)

4.1.5 Manganeso

De manera similar los resultados obtenidos para la medición del manganeso, presentes en las muestras analizadas se resumen en la Tabla 14 y su respectivo gráfico donde se observa la tendencia de este parámetro en la Figura 46 a continuación:

Tabla 14

Parámetro Mn presente en las muestras

ID de la muestra	Resultado del ensayo (mg /L)	Límite máx. TULSMA (mg /L)	Límite máx. INEN (mg /L)
Agua de pozo	0,181	0,1*	-
Prototipo 1 Carbón Activo	0,015	0,1*	-
Prototipo 2 Carbón Activo	0,031	0,1*	-
Prototipo 1 Caliza	0,018	0,1*	-
Prototipo 2 Caliza	0,042	0,1*	-
Prototipo 1 (CA + Caliza)	0,010	0,1*	-
Prototipo 2 (CA + Caliza)	0,024	0,1*	-

*Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

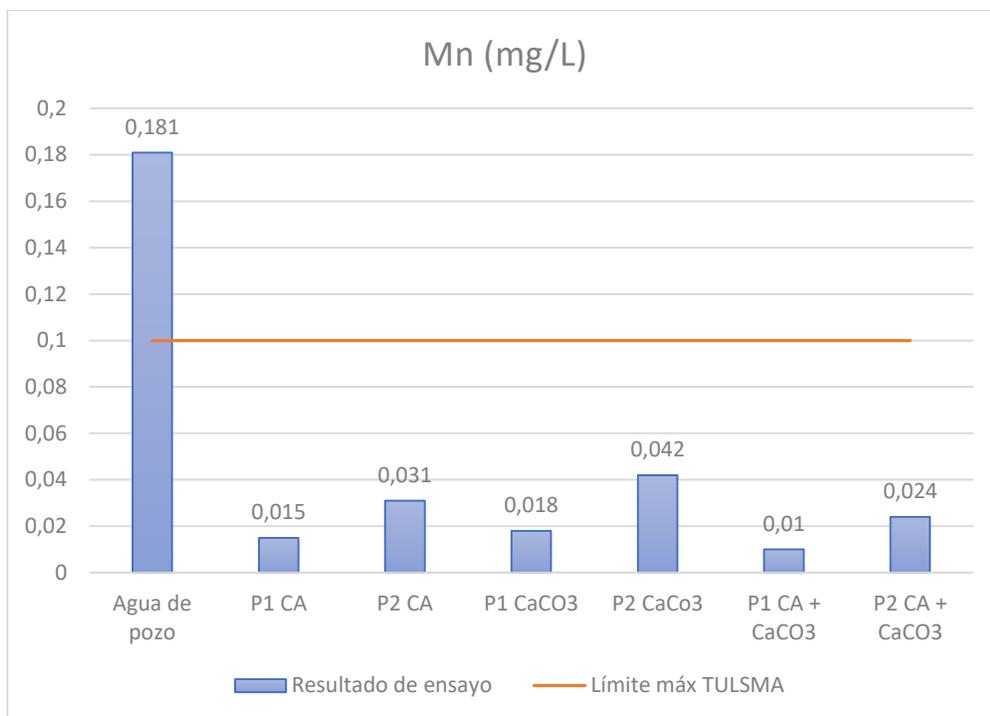


Figura 46: Resultado del parámetro Mn, presente en las muestras.
Elaborado por: Chele & Palma (2021)

4.2 Determinación porcentual de remoción de contaminantes

Con la finalidad de establecer el nivel de remoción de los parámetros orgánicos y metálicos de los ensayos realizados, se procedió a tabular los diferentes ensayos llevados a cabo con sus respectivos valores de remoción y el porcentaje resultante con referencia al agua de pozo (Jujan), con el fin de establecer el nivel de remoción alcanzado por el manto filtrante y el prototipo determinado, estas tablas se muestran a continuación:

Tabla 15

Porcentaje de remoción del ensayo carbón activado (prototipo 1)

Parámetro	Resultado referencial	Resultado del ensayo	Remoción
DBO	10,57 mgO ₂ /l	2,64 mgO ₂ /l	75,02 %
DQO	20,44 mgO ₂ /l	5,11 mgO ₂ /l	75,00 %
Plomo	0,017 mg/l	0,0063 mg/l	62,94 %
Hierro	1,10 mg/l	0,122 mg/l	88,90 %
Manganeso	0,181 mg/l	0,015 mg/l	91,71 %

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

Tabla 16

Porcentaje de remoción del ensayo caliza (prototipo 2)

Parámetro	Resultado referencial	Resultado del ensayo	Remoción
DBO	10,57 mgO ₂ /l	8,87 mgO ₂ /l	16,08 %
DQO	20,44 mgO ₂ /l	17,16 mgO ₂ /l	16,04 %
Plomo	0,017 mg/l	0,0081 mg/l	52,35 %
Hierro	1,10 mg/l	0,348 mg/l	68,36 %
Manganeso	0,181 mg/l	0,042 mg/l	76,80 %

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

Tabla 17

Porcentaje de remoción del ensayo caliza (prototipo 1)

Parámetro	Resultado referencial	Resultado del ensayo	Remoción
DBO	10,57 mgO ₂ /l	7,61 mgO ₂ /l	28,00 %
DQO	20,44 mgO ₂ /l	14,71 mgO ₂ /l	28,03 %
Plomo	0,017 mg/l	0,0075 mg/l	55,88 %
Hierro	1,10 mg/l	0,135 mg/l	87,72 %
Manganeso	0,181 mg/l	0,018 mg/l	90,05 %

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

Tabla 18

Porcentaje de remoción del ensayo carbón activado (prototipo 2)

Parámetro	Resultado referencial	Resultado del ensayo	Remoción
DBO	10,57 mgO ₂ /l	3,17 mgO ₂ /l	70,00 %
DQO	20,44 mgO ₂ /l	6,13 mgO ₂ /l	70,00 %
Plomo	0,017 mg/l	0,0068 mg/l	60,00 %
Hierro	1,10 mg/l	0,312 mg/l	71,64 %
Manganeso	0,181 mg/l	0,031 mg/l	82,87 %

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

Tabla 19

Porcentaje de remoción del ensayo carbón activado y caliza (prototipo 1)

Parámetro	Resultado referencial	Resultado del ensayo	Remoción
DBO	10,57 mgO ₂ /l	4,76 mgO ₂ /l	54,96 %
DQO	20,44 mgO ₂ /l	9,20 mgO ₂ /l	55,00 %
Plomo	0,017 mg/l	0,0030 mg/l	82,35 %
Hierro	1,10 mg/l	0,090 mg/l	91,81 %
Manganeso	0,181 mg/l	0,010 mg/l	94,47 %

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

Tabla 20

Porcentaje de remoción del ensayo carbón activado y caliza (prototipo 2)

Parámetro	Resultado referencial	Resultado del ensayo	Remoción
DBO	10,57 mgO ₂ /l	6,02 mgO ₂ /l	43,05 %
DQO	20,44 mgO ₂ /l	11,65 mgO ₂ /l	43,00 %
Plomo	0,017 mg/l	0,0049 mg/l	71,18 %
Hierro	1,10 mg/l	0,297 mg/l	73,00 %
Manganeso	0,181 mg/l	0,024 mg/l	86,74 %

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

4.3 Comparación de resultados obtenidos para los procesos de filtración

Una vez realizado los ensayos por medio del manto filtrante compuesto por los dos tipos de materiales y en tres combinaciones (carbón activado, caliza, carbón activado + caliza), implementados en dos prototipos 1 y 2; y con la finalidad de determinar la remoción de parámetros orgánicos tales como el DBO y el DQO, así como los parámetros metálicos tales como el plomo, hierro y manganeso, se puede argumentar que los resultados del ensayo correspondiente al agua de pozo, y su correspondiente referenciación en el cumplimiento de las normativas TULSMA e INEN, lo cual se muestra a continuación en la Tabla 21.

Tabla 21

Resultados de parámetros monitoreados en el ensayo agua de pozo

No. de Laboratorio	83061-1	Límite máximo permisible según Norma TULSMA		Límite máximo permisible según Norma INEN 1108	
Identificación	Pozo Jujan				
Fecha Muestreo	16/03/2021				
Hora de Muestreo	10:30				
Parámetro	Unidades	Método	Resultado		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	PEE-GQM-FQ-05	10,57	< 2	-
Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	PEE-GQM-FQ-16	20,44	< 4	-
Plomo	mg/L	ICP-OES	0,017	0,01	0,01
Hierro	mg/L	PEE-GQM-FQ-33	1,10	1,0	-
Manganeso	mg/L	PEE-GQM-FQ-33	0,181	0,1*	-

*Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

Para los resultados determinados en el ensayo correspondiente al carbón activado implementado en el prototipo 1, se procedió a redactar la Tabla 22, donde se resumen los resultados.

Tabla 22

Resultados de parámetros monitoreados en el ensayo carbón activado (prototipo 1)

No. de Laboratorio	83061-2			Límite máximo permisible según Norma TULSMA	Límite máximo permisible según Norma INEN 1108
Identificación	Planta de tratamiento				
Fecha Muestreo	16/03/2021				
Hora de Muestreo	13:15				
Parámetro	Unidades	Método	Resultado		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O2/L	PEE-GQM-FQ-05	2,64	< 2	-
Demanda Química de Oxígeno	mg O2/L	PEE-GQM-FQ-16	5,11	< 4	-
Plomo	mg/L	ICP-OES	0,0063	0,01	0,01
Hierro	mg/L	PEE-GQM-FQ-33	0,122	1,0	-
Manganeso	mg/L	PEE-GQM-FQ-33	0,015	0,1*	-

*Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

En lo referente a los datos del ensayo correspondiente al manto filtrante compuesto de caliza implementado en el prototipo 2, los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 23 a continuación.

Tabla 23

Resultados de parámetros monitoreados en el ensayo caliza (prototipo 2).

No. de Laboratorio	83061-3			Límite máximo permisible según Norma TULSMA	Límite máximo permisible según Norma INEN 1108
Identificación	Planta de tratamiento				
Fecha Muestreo	16/03/2021				
Hora de Muestreo	13:50				
Parámetro	Unidades	Método	Resultado		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O2/L	PEE-GQM-FQ-05	8,87	< 2	-
Demanda Química de Oxígeno	mg O2/L	PEE-GQM-FQ-16	17,16	< 4	-
Plomo	mg/L	ICP-OES	0,0081	0,01	0,01
Hierro	mg/L	PEE-GQM-FQ-33	0,348	1,0	-
Manganeso	mg/L	PEE-GQM-FQ-33	0,042	0,1*	-

*Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

En el ensayo correspondiente al manto filtrante compuesto por caliza e implementado en el prototipo 1, los resultados obtenidos y su correspondiente referenciación se resumen en la Tabla 24 a continuación:

Tabla 24

Resultados de parámetros monitoreados en el ensayo caliza (prototipo 1)

No. De Laboratorio		83090-1		Límite máximo permisible según Norma TULSMA	Límite máximo permisible según Norma INEN 1108
Identificación		Planta de tratamiento			
Fecha Muestreo		17/03/2021			
Hora de Muestreo		19:20			
Parámetro	Unidades	Método	Resultado		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O2/L	PEE-GQM-FQ-05	7,61	< 2	-
Demanda Química de Oxígeno	mg O2/L	PEE-GQM-FQ-16	14,71	< 4	-
Plomo	mg/L	ICP-OES	0,0075	0,01	0,01
Hierro	mg/L	PEE-GQM-FQ-33	0,135	1,0	-
Manganeso	mg/L	PEE-GQM-FQ-33	0,018	0,1*	-

*Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

El ensayo correspondiente a la determinación de los parámetros mediante el manto filtrante de carbón activado e implementado en el prototipo 2 se resumen en la Tabla 25 a continuación:

Tabla 25

Resultados de parámetros monitoreados en el ensayo carbón activado (prototipo 2)

No. de Laboratorio		83090-2		Límite máximo permisible según Norma TULSMA	Límite máximo permisible según Norma INEN 1108
Identificación		Planta de tratamiento			
Fecha Muestreo		17/03/2021			
Hora de Muestreo		19:30			
Parámetro	Unidades	Método	Resultado		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O2/L	PEE-GQM-FQ-05	3,17	< 2	-
Demanda Química de Oxígeno	mg O2/L	PEE-GQM-FQ-16	6,13	< 4	-
Plomo	mg/L	ICP-OES	0,0068	0,01	0,01
Hierro	mg/L	PEE-GQM-FQ-33	0,312	1,0	-
Manganeso	mg/L	PEE-GQM-FQ-33	0,031	0,1*	-

*Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

Para los ensayos realizados para la determinación de la remoción de los parámetros, los cuales fueron realizados en el prototipo 1, cuyo manto filtrante estaba compuesto de carbón activado y caliza, los resultados se resumen a continuación en la tabla 26:

Tabla 26

Resultados de parámetros monitoreados en el ensayo carbón activado y caliza (prototipo 1)

No. de Laboratorio	83090-3				
Identificación	Planta de tratamiento			Límite máximo permisible según Norma TULSMA	Límite máximo permisible según Norma INEN 1108
Fecha Muestreo	18/03/2021				
Hora de Muestreo	09:30				
Parámetro	Unidades	Método	Resultado		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O2/L	PEE-GQM-FQ-05	4,76	< 2	-
Demanda Química de Oxígeno	mg O2/L	PEE-GQM-FQ-16	9,20	< 4	-
Plomo	mg/L	ICP-OES	0,0030	0,01	0,01
Hierro	mg/L	PEE-GQM-FQ-33	0,090	1,0	-
Manganeso	mg/L	PEE-GQM-FQ-33	0,010	0,1*	-

*Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

Finalmente, los resultados del ensayo correspondiente al manto filtrante de caliza y carbón activado, tomados desde el prototipo 2, se resumen en la tabla 27 a continuación:

Tabla 27

Resultados de parámetros monitoreados en el ensayo caliza y carbón activado (prototipo 2)

No. de Laboratorio	83090-4				
Identificación	Planta de tratamiento			Límite máximo permisible según Norma TULSMA	Límite máximo permisible según Norma INEN 1108
Fecha Muestreo	18/03/2021				
Hora de Muestreo	13:35				
Parámetro	Unidades	Método	Resultado		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O2/L	PEE-GQM-FQ-05	6,02	< 2	-
Demanda Química de Oxígeno	mg O2/L	PEE-GQM-FQ-16	11,65	< 4	-
Plomo	mg/L	ICP-OES	0,0049	0,01	0,01
Hierro	mg/L	PEE-GQM-FQ-33	0,297	1,0	-
Manganeso	mg/L	PEE-GQM-FQ-33	0,024	0,1*	-

*Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.

Elaborado por: Chele & Palma (2021)

De los resultados redactados desde la tabla 15 a la tabla 20, se puede argumentar lo siguiente:

Los ensayos correspondientes a la determinación de la remoción de la demanda bioquímica del oxígeno (DBO), se puede aseverar que este parámetro medido en la planta

de tratamiento del cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan), corresponde a 10,57 mg O₂/L. Luego de realizar las experimentaciones correspondientes por medio de los dos prototipos diseñados con los tres mantos filtrantes para el efecto, se tuvo que el prototipo 1, cuya tasa superficial de filtrado es de 6 m/h, con el manto filtrante de carbón activado es el ensayo que mejor remoción reflejó, con un valor de 2,64 mg O₂/L, resultando una disminución al 25% del valor inicial.

En la remoción del DQO, uno de los parámetros de interés propuesto en la tesis, se obtiene que comparando el agua presente en la planta de tratamiento de Jujan, corresponde a un valor de 20,44 mg O₂/L, mientras que el ensayo realizado en la planta compuesta por el prototipo 1 y manto filtrante de carbón activado, se tiene el valor de 5,11 mg O₂/L, lo que resulta una disminución al 25%, que constituye un valor aceptable considerando la practicidad del diseño del prototipo. Es necesario acotar que el prototipo 1 tiene una tasa superficial de filtrado de 6 m/h y un área transversal de 0,32 m².

Es importante recalcar que los resultados obtenidos de la remoción del DBO y DQO guardan relación por cuanto gráficamente a partir de las figuras 42 y 43 se puede observar que tiene una relación de 1:1.9 en las muestras de agua de pozo y del prototipo 1 de carbón activado de ambos ensayos.

Continuando con los parámetros metálicos se tiene que, en la remoción del plomo, este tuvo los mejores resultados en el ensayo correspondiente al prototipo 1 compuesto de un manto filtrante de carbón activado más caliza. Debido a que, si se comparan los valores medidos en la planta de tratamiento de Jujan, la cual corresponde a 0,017 mg/L de Pb, con el valor obtenido en el citado ensayo se tiene 0,003 mg/L de Pb, lo que resulta en una disminución al 18% del valor inicial, lo que en términos prácticos resulta muy conveniente la utilización de este manto filtrante para la correspondiente tasa superficial de filtrado de 6 m/h.

En los resultados obtenidos, producto de los ensayos para la remoción del hierro, se pudo observar que el valor correspondiente para la planta de tratamiento en Jujan corresponde a 1,1 mg/L, mientras que el mayor nivel de remoción de este metal corresponde a la filtración por medio del manto filtrante compuesto por carbón activado y caliza, esto implementado

en el prototipo 1; se logró una remoción en más del 90% lo que para efectos prácticos resulta muy conveniente tomando en cuenta la delimitación del tema propuesto.

Finalmente, en los ensayos correspondientes a la remoción del manganeso, estos reflejaron que las pruebas llevadas a cabo por medio del prototipo 1, equipado con un manto filtrante compuesto por carbón activado y caliza demostró ser el mejor análisis, debido a que si se compara el resultado obtenido de la planta de tratamiento del cantón Alfredo Baquerizo Moreno, estimado en 0,181 mg/L de Mn y contrastado con el resultante del ensayo citado (0,01 mg/L), se tiene una remoción del 95 %, que constituye un nivel de remoción muy aceptable.

Es necesario notar que la remoción de los parámetros metálicos, realizada en los tres ensayos correspondientes al contenido de plomo, hierro y manganeso tienen en común que el mejor nivel de remoción se lo obtuvo por medio de la composición del manto filtrante de carbón activado y caliza, así como el prototipo de mejor desempeño (prototipo 1), es necesario tomar en cuenta que ambos prototipos 1 y 2 tienen áreas de manto filtrante de 0,32 y 0,65 metros cuadrados así como tasas superficiales de filtrado de 6 y 3 m/h respectivamente; lo que indica que depende exclusivamente de estos factores la capacidad de remoción, esto debido a que ambos prototipos tienen ensayos con este mismo manto.

De los resultados redactados desde la Tabla 21 a la tabla 27, se puede argumentar que en el caso de los ensayos correspondientes tanto para la demanda bioquímica del oxígeno, así como para la demanda química del oxígeno, los resultados no cumplen con la norma establecida (TULSMA), esto se debe principalmente a que en la actualidad las plantas de tratamiento de agua potable cuentan además de mantos filtrantes con etapas de ozonificación, lo que influye drásticamente en el nivel de remoción de los parámetros orgánicos, situación que no se implementó en el trabajo de titulación por cuestión de delimitación del tema, pero que si se compara con los resultados obtenidos en la actualidad en la planta de tratamiento de Jujan resultan muy alentadores.

Es necesario acotar además que no existe en la actualidad una normativa dentro de la TULSMA que regule el contenido de manganeso en el agua para el consumo humano, por lo que se procedió a referenciarla con el criterio de calidad para la preservación de la vida

acuática en agua dulce; Así mismo no existen normativas dentro de la INEN 1108 para los límites máximos permisibles para los parámetros DBO, DQO, Fe y Mn, de modo que no se puede obtener un criterio respecto a esa norma.

4.4 Discusión de resultados

Es necesaria la revisión de otras investigaciones, basados en artículos de bases de datos indexadas, que tengan relación directa con la temática establecida en esta tesis, con la finalidad de contemplar y analizar los resultados obtenidos en el presente trabajo y estar en la capacidad de establecer una referencia con dichos trabajos y así poder establecer un criterio sobre la validez de los resultados acá presentados.

En primer lugar, se tiene el artículo titulado Degradación rápida de contaminantes orgánicos refractarios por ozonización continua en un reactor de lecho micro empacado, incluido en la revista Chemosphere, se plantea una investigación donde se propone la utilización de una etapa de pos - filtración basada en la ozonización para mejorar la remoción del DQO en aguas tratadas, los autores Cao, et al. (2021), sobre lo anteriormente comentado afirman:

El ozono de entrada condujo a una mayor fuerza impulsora para la transferencia de masa entre el ozono y los contaminantes orgánicos, por lo que se mejoraron las eficiencias de eliminación de DQO. Cuando la concentración de ozono de entrada alcanzó 60 mg/ L y continuó aumentando. La eficiencia de eliminación de DQO permaneció básicamente sin cambios. Hasta que la concentración de ozono se elevó a 128 mg/ L, la eficiencia de eliminación de DQO aumentó en aproximadamente un 10%. Aunque una mayor concentración de ozono en la entrada mejoró la eficiencia de degradación de los contaminantes orgánicos. (p. 8)

La remoción del DQO resultante en el trabajo de titulación presente, cumplió su objetivo específico, si se lo compara con la situación actual de la planta de tratamiento de Jujan, pero si se considerara incluir una etapa final de ozonización, estos resultados serían más aceptables; por lo que se plantea como trabajo futuro la implementación de esta etapa para mejorar los niveles de remoción de parámetros orgánicos en agua potable.

Con referencia a la remoción de parámetros orgánicos DQO y DBO, los autores del artículo: “Contribución del carbón activado a base de cáscaras de cacao (*Theobroma cacao* L.) para mejorar la calidad del agua de pozo (Color, DBO y DQO)” presentado en el Congreso Internacional de Ciencias Aplicadas, Información y Tecnología 2019, detallan los resultados obtenidos de la remoción de parámetros orgánicos, por medio de la utilización de carbón activado a partir de la cáscara de cacao, dentro de sus resultados los autores Yetri, Marantika, Alamsyah, & Alif (2019) comentan:

El pozo de agua sucia se puede purificar utilizando carbón activado de cáscaras de cacao (*Theobroma cacao* L.) que se activa con H_3PO_4 al 50% a $400\text{ }^{\circ}C$ durante 1 hora a 5 mL / minuto de caudal en condiciones óptimas, y 2 gramos de masa, con 96.5 % de disminución de la eficiencia en el valor de color, 91,8% de DBO y 90,2% de DQO. Los resultados del análisis obtenido determinan que las cáscaras de cacao son aplicables para ser utilizadas como carbón activado en el proceso de purificación del agua de pozo sucia convirtiéndose en agua limpia, de acuerdo con el Reglamento del Ministerio de Salud de RI No. 492 / Menkes / Per / IV / 2010. El análisis de morfología con microscopio electrónico de barrido (SEM) ha indicado cambios de poros en la superficie del carbón activado. (pp. 6-7)

En los resultados obtenidos en el citado trabajo de investigación se puede constatar que se removieron con éxito los parámetros orgánicos DBO y DQO en un 91,8% y 90,2% respectivamente, como contraparte se tiene que en el presente trabajo de tesis se obtuvieron los correspondientes resultados de remoción del DBO y DQO en el orden de 75,03% y 75,12% respectivamente, por lo que se pueden considerar aceptables, considerando que para este trabajo no se contó con tratamientos adicionales (activación con H_3PO_4 al 50% a $400\text{ }^{\circ}C$ durante 1 hora a 5 mL / minuto), tal fue el caso del trabajo de investigación comentado.

Con relación a resultados obtenidos en otros trabajos sobre remoción de plomo en agua para consumo de la población, se tiene el artículo titulado: “PAA injertado con carbón activado con lignito combinado con procesos convencionales de tratamiento de agua potable para la eliminación de emergencia de trazas de contaminación por Pb (II)“, el cual fue publicado en la revista *Water Air Soil Pollut*, donde se investigó la efectividad de un

adsorbente de bajo costo activado a base de lignito carbono / ácido poliacrílico (LAC / PAA) en la remoción de Pb en el río XJ (China), donde los autores Dong, et al. (2020) comentan:

La remoción máxima del 99.8% para 50 µg / L Pb (II) en el río XJ se logró para los procesos de combinación (adsorción LAC / PAA + proceso de tratamiento de agua convencional) bajo una menor dosis de LAC / PAA y coagulante (ambas de 20 mg / L) a un pH de 10, 3 veces mejor que el de los procesos de tratamiento de agua convencionales (solo el 30%). (p. 230)

En referencia a los resultados obtenidos en este artículo científico, el cual utilizaron procesos combinados de carbón de bajo costo y ácido poliacrílico, donde se pudo remover hasta un 99.8%, se puede observar entonces, la eficiencia del carbón activado en la remoción de este metal (Pb); y que esta aumenta al estar en combinación con otros procesos. Lo que da a entender que los resultados acá obtenidos se pudieran potenciar si se hubieran utilizado técnicas similares y con esto aumentar el porcentaje de remoción del plomo.

Con relación a los resultados de la remoción del hierro, presente en fuente de aguas para potabilización se puede citar al artículo titulado “Diseño de filtros aireados de flujo ascendente para la eliminación de hierro de las aguas subterráneas”, publicado en la revista Water Supply, donde se aborda la utilización de un filtro de carbón activado granular en combinación con un medio biológico fluidizado, con el que se pudo obtener resultados muy favorables al respecto, sobre estos, los autores Thinojah, Ketheesan, & Herath (2020) comentan:

El agua subterránea contiene hierro (Fe) que puede ser difícil de eliminar mediante métodos físico - químicos singulares. Se aplicó carbón activado granular (GAC) como portador de contaminantes y se comparó con un medio biológico fluidizado (BPM). Los resultados del experimento de la columna muestran que se puede lograr una eficiencia de eliminación de Fe de alrededor del 99% y 70%. El suministro de aire a la columna no mostró ninguna mejora en la eficiencia de eliminación de Fe.

En general, el nuevo método de tratamiento combinado de aireación seguido de filtración demostró ser una técnica eficaz para la eliminación de Fe del agua subterránea y también cumplió con el estándar de agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la concentración de Fe. (p. 3233)

Finalmente, para establecer una referencia con los niveles de remoción planteados en el trabajo de tesis, se puede citar al artículo titulado “Biofiltración directa para la eliminación de manganeso del agua superficial”, publicado en la revista American Society of Civil Engineers, donde se propuso un ensayo basado en la utilización filtros a partir de la oxidación biológica y adsorción de óxido biogénico. Obteniendo resultados muy alentadores al respecto, sobre esto sus autores Granger, Stoddart, & Gagnon (2014) afirman:

Los estudios a escala de laboratorio han demostrado que el Mn se puede eliminar mediante la filtración directa de agua superficial de pH 6 a 19 ° C. Los biofiltros (bacterias oxidantes de manganeso) de pH 6 mejorados con nutrientes para ambos medios obtuvieron una eliminación del 91% de Mn, cumpliendo con el objetivo estético el 88% de las veces. El pH fue un factor significativo en la eliminación de Mn. La mejora de nutrientes apoyó una mayor eliminación de Mn y DQO sobre los controles no mejorados. El material del medio (Carbón activado granular / arena o antracita / arena) no tuvo un impacto significativo en la remoción de Mn o DQO. (p. 6)

De todo lo anteriormente expuesto se puede resumir afirmando que la aplicación de métodos biológicos y de medios químicos pueden producir resultados muy alentadores en la remoción, tanto de parámetros biológicos, así como metálicos que están presentes en las aguas de tratamiento de las plantas potabilizadoras, así como de sus afluentes. De ahí la necesidad de incorporar estas tecnologías con la finalidad de mejorar los niveles de remoción de dichos parámetros.

Los resultados obtenidos luego de la realización de los ensayos demuestran que la capacidad de remoción de los parámetros, tanto orgánicos como metálicos dependen de las especificaciones químicas, así como del dimensionamiento de los materiales del que se compone el manto filtrante que actúa, por lo que respecto a la hipótesis formulada al inicio

de la tesis se puede afirmar que el correcto dimensionamiento del manto filtrante incide en la remoción de los parámetros DBO, BQO, plomo hierro y manganeso en la planta potabilizadora del cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan). Esta afirmación se fundamenta en que los prototipos 1 y 2 están diseñados de forma similar (diseño, mantos filtrantes y funcionamiento), pero que se diferencian en las áreas transversales que están en contacto con el volumen de agua a filtrar.

CONCLUSIONES

Las cargas contaminantes que se encuentran presentes en la fuente de captación de la planta de potabilización fueron determinadas por medio de análisis químicos; los cuales arrojaron resultados contundentes, mismos que se detallaron en el apartado 4.1 así como fueron analizados en el inciso 4.2 y 4.3.

Los porcentajes de remoción de contaminantes que se obtuvieron por medio de la implementación a escala realizada demostró que el dimensionamiento del manto filtrante, así como de la combinación de estos fue decisiva para la remoción de los parámetros de interés, la determinación de sus porcentajes dependió además del área de contacto, así como de la tasa superficial de filtrado.

Se compararon los resultados obtenidos de los parámetros de estudio, mismos que se detallaron desde la Tabla 21 hasta la 27, en donde se resumen los límites máximos permisibles según cada norma (en los que aplica). En las tablas se exponen los resultados obtenidos luego de la realización de todos los ensayos exigidos en donde se denota el cumplimiento o no de la norma respectiva.

De la hipótesis planteada de manera inicial, se puede concluir que el manto filtrante de carbón activado a partir de cascara de coco y caliza influye al momento de la remoción de los parámetros tales como DBO, DQO, plomo, hierro y manganeso.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a los encargados y directivos de la planta potabilizadora, implementar etapas de filtrado en los procesos de la planta, basados en la utilización de elementos orgánicos, tales como biofiltros o bacterias degradadoras de elementos metálicos, estas técnicas además de ser novedosas resultan muy convenientes por el bajo impacto ambiental que representan.

Al momento de implementar una planta de potabilización, basada en la utilización de mantos filtrantes de caliza y carbón activado, se recomienda a los técnicos del área de filtración, la utilización de técnicas de ozonificación, con la finalidad de lograr un nivel de remoción de los parámetros de interés, esto resulta de mucha utilidad, basado en la propia experimentación.

A manera de trabajo futuro, se recomienda a los interesados en esta temática, la inclusión de técnicas que sean previamente analizadas y que cuyos resultados se enmarquen en las normativas que rigen los criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico, debido a que por diversas limitantes acontecidas no se pudieron realizar, y principalmente a la delimitación del tema.

BIBLIOGRAFÍA

- ACNUR. (2018, Noviembre). *La importancia del agua para la vida en el planeta*. Retrieved from https://eacnur.org/blog/la-importancia-del-agua-para-la-vida-tc_alt45664n_o_pstn_o_pst/
- ACNUR. (2019, Febrero). *Escasez de agua en el África Subsahariana*. Retrieved from <https://eacnur.org/blog/escasez-de-agua-en-africa-subsahariana-tc-alt45664n-o-pstn-o-pst/>
- ARCSA. (2020, Julio 30). *Emisión de Permiso de funcionamiento para Empresas Proveedoras de Servicios de Agua Potable (EPS)*. Retrieved from <https://www.gob.ec/arcsa/tramites/emision-permiso-funcionamiento-empresas-proveedoras-servicios-agua-potable-eps>
- BDE. (2021, Enero 23). *JUJAN TENDRÁ AGUA SEGURA Y PERMANENTE, GRACIAS AL GOBIERNO DE TODOS*. Retrieved from <https://bde.fin.ec/jujan-tendra-agua-segura-y-permanente-gracias-al-gobierno-de-todos/>
- Cao, Q., Sang, L., Tu, J., Xiao, Y., Liu, N., & Wu, L. (2021). Rapid degradation of refractory organic pollutants by continuous ozonation in a micro-packed bed reactor. *Chemosphera*, 8.
- Cisterna, P., & Peña, D. (2017). *Determinación de la relación DQO/DBO5 en aguas residuales de comunas con población menor a 25.000 habitantes en la VIII región*. Santiago de Chile: Repositorio Institucional.
- Condor, J., & Maza, D. (2020). *Remoción de plomo para mejorar el agua de Mórrope utilizando carbón activado del endocarpio de aceituna y cáscara de coco*. Chiclayo: Repositorio Institucional .
- Cruz, G., Guzmán, V., Rimaycuna, J., & Alfaro, R. (2016). Tratamiento complementario de agua potable utilizando un filtro de carbón activado impregnado con quitosano producidos a partir de biomasa residual. *Revista de Investigación Científica Manglar*, 65.

- Diario El Universo. (2020, Febrero 16). Guayaquil y Quito son las únicas ciudades de Ecuador que tienen sello de calidad en su agua potable. *Diario El Universo*, p. 1.
- Diario El Universo. (2020, Febrero 16). Guayaquil y Quito son las únicas ciudades de Ecuador que tienen sello de calidad en su agua potable. *Diario El Universo*, p. 1.
- Díaz, W. (2017). *EVALUACION Y OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TENA EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA*. Bogotá: Repositorio Insitucional.
- Dong, L., Pan, S., Wang, Z., Hou, L., Zhou, G., & Chen, G. (2020). Lignite-Activated Carbon Grafted PAA Combined with Conventional Drinking Water Treatment Processes for the Emergency Removal of Trace Pb(II) Pollution. *Water, Air, and Soil Pollution*, 230.
- Fondo para la comunicación y la educación ambiental. (2017, Marzo 28). *Aguas superficiales*. Retrieved from <https://agua.org.mx/glosario/agua-superficial/>
- Fuentes-López, L., Amézquita-Marroquín, C., & Torres-Lozada, P. (2018). Application of double filtration with granular activated carbon for Atrazine reduction on water treatment processes. *DYNA*, 184.
- Gómez-Duarte, O. (2018). Contaminación del agua en países de bajos y medianos recursos, un problema de salud pública. *Revista de la Facultad de Medicina*, 7.
- Granger, H., Stoddart, A., & Gagnon, G. (2014). Biofiltración directa para la eliminación de manganeso del agua superficial. *American Society of Civil Engineers*, 7.
- Guo, A., Bowling, M., Bartram, J., & Kayser, G. (2017). Water, Sanitation, and Hygiene in Rural Health-Care Facilities: A Cross-Sectional Study in Ethiopia, Kenya, Mozambique, Rwanda, Uganda, and Zambia. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 1033.

- Marín-Velásquez, T., & Arriojas-Tocuyo, D. (2020). Remoción de turbidez de agua mediante filtración utilizando cáscara de coco (*Cocos nucífera*) a nivel de laboratorio. *Ion*, 101.
- Mendoza, J. (2016). *ÁNÁLISIS DE LOS COSTOS DE CONVERSIÓN EN EL ÁREA DE PULVERIZACIÓN DE CALIZA EN UNA EMPRESA DE GUAYAQUIL*. Guayaquil: Repositorio Institucional.
- Ministerio del Medio Ambiente del Ecuador. (2015, Marzo 29). *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente*. Retrieved from <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>
- Naciones Unidas. (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019*. New York: Lucart Estudio.
- Pacheco, E., & Torres, M. (2020). *VALIDACIÓN DE UN MÉTODO ANALÍTICO PARA LA DETERMINACIÓN DE HIERRO (Fe) TOTAL Y MANGANESO (Mn) EN AGUA POTABLE, NATURAL Y RESIDUAL POR ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA*. Montería: Repositorio Institucional.
- Ramirez, Y. (2018). *Aplicación de la cascara del musa paradisiaca, para la remoción de metales pesados (hierro, níquel y plomo) en el agua de consumo humano de las localidades de eslabón y mitucro-Independencia-Huaraz-Ancash*. Lima: Repositorio Institucional.
- Thinojah, T., Ketheesan, B., & Herath, G. (2020). Design of up-flow aerated filters for the removal of iron from groundwater. *Water Supply*, 3233.
- UNESCO. (2017). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017*. París: UNESCO.
- Urrelo, L., & Troya, D. (2020). *Filtros de cáscara de coco y cascarilla de arroz, una revisión en el tratamiento de aguas residuales de lavaderos de vehículos*. Tarapoto: Repositorio Institucional.

- Yapa, P., Auyoong, Y., Hassan, K., & Farivar, F. (2020). Multithiol functionalized graphene bio-sponge via photoinitiated thiol-ene click chemistry for efficient heavy metal ions adsorption. *Chemical Engineering Journal*, 2.
- Yetri, Y., Marantika, A., Alamsyah, T., & Alif, M. (2019). Contribución del carbón activado a base de cáscaras de cacao (*Theobroma cacao* L.) para mejorar la calidad del agua de pozo (COLOR, DBO y DQO). *International Conference on Applied Sciences, Information and Technology 2019*, 6-7.

ANEXOS

Anexo 2: Ficha técnica del carbón vegetal



FICHA TECNICA DEL CARBÓN ACTIVADO DE ORIGEN VEGETAL

El Carbón Activado es un producto de origen vegetal que tiene múltiples aplicaciones y su uso principal es la purificación de agua. Se presenta en granos inodoros de color negro insolubles en agua y tiene gran área superficial para adsorber contaminantes sólidos, sedimentos y compuestos orgánicos. La adsorción es el proceso en que las impurezas y compuestos orgánicos del agua se adhieren por medio de atracción o retención a la gran superficie de las paredes internas de los poros de Carbón Activado para purificar el líquido.

Materia prima: Cascarilla de palma africana.

Granulometría: 1 mm a 8 mm

Mallas: 4 a 18

pH: 6.9-7

Humedad: 3.5%

Densidad: 0.55 g/cc

Presentación: Saco de polipropileno de 25 kg y según el requerimiento del cliente hasta 50 kg.

Toxicidad: No es tóxico.

USOS

- Purificación y tratamiento de agua potable y residual.
- Potabilización de agua y depuración de agua subterránea.
- Depuración de agua para piscinas y acuarios.
- Refinamiento de las aguas residuales tratadas.
- Extracción de olores en cocina y nevera.
- Procesamiento de efluentes industriales.
- Protección de resinas de intercambio iónico.

Anexo 3: Presupuesto del prototipo 1

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
Mano de obra				
Maestro soldador	1		\$30,00	\$30,00
Material para manto filtrante				
Carbón	5	sacos	\$42,00	\$210,00
Caliza	5	sacos	\$3,25	\$16,25
Materiales para prototipo				
Planchas de metal 0.90mm x 1/25	1	u	\$30,00	\$30,00
Ángulo de 1" x 1/8	2	u	\$8,00	\$16,00
Lámina de vidrio templado de 1,20m x 0,40m e=8 mm	1	u	\$15,00	\$15,00
Correa tipo G 1,5mm x 80mm	1	u	\$12,00	\$12,00
Pintura anticorrosiva color gris	1	galón	\$13,00	\$13,00
Tanque metálico de 55 galones	1	u	\$10,00	\$10,00
Válvula esférica de PVC 1"	1	u	\$2,50	\$2,50
Neplo metálico de 1"	1	u	\$1,50	\$1,50
Neplo polipropileno 1"	1	u	\$0,80	\$0,80
Llave PVC de ½"	1	u	\$1,25	\$1,25
Codo polipropileno de ½"	1	u	\$0,60	\$0,60
Neplo metálico de ½"	1	u	\$0,90	\$0,90
Unión polipropileno de ½"	1	u	\$0,60	\$0,60
Tubo PVC de 4"	1	u	\$6,00	\$6,00
Codo PVC de 4"	2	u	\$3,00	\$6,00
Silicón "ABRO" 1200 transparente	2	u	\$3,75	\$7,50
Teflón	1	u	\$1,00	\$1,00
Soldadura	1	libra	\$2,00	\$2,00
Diluyente	1	galón	\$1,00	\$1,00
Gastos adicionales				
Transporte de material	1		\$20,00	\$20,00
TOTAL PROTOTIPO 1				\$403,90

Anexo 4: Presupuesto del prototipo 2

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
Mano de obra				
Maestro soldador	1		\$40,00	\$40,00
Material para manto filtrante				
Carbón	9	sacos	\$42,00	\$378,00
Caliza	9	sacos	\$3,25	\$29,25
Materiales para prototipo				
Planchas de metal 0.90mm x 1/25	2	u	\$30,00	\$60,00
Ángulo de 1" x 1/8	3	u	\$8,00	\$24,00
Lámina de vidrio templado de 1,20m x 0,40m e=8 mm	1	u	\$19,80	\$19,80
Llave PVC de ½"	1	u	\$1,25	\$1,25
Codo polipropileno de ½"	1	u	\$0,60	\$0,60
Neplo metálico de ½"	1	u	\$0,90	\$0,90
Unión polipropileno de ½"	1	u	\$0,60	\$0,60
Codo PVC de 4"	2	u	\$3,00	\$6,00
Silicón "ABRO" 1200 transparente	3	u	\$3,75	\$11,25
Soldadura	1	libra	\$2,00	\$2,00
Gastos adicionales				
Transporte de material	1		\$50,00	\$50,00
TOTAL PROTOTIPO 2				\$623,65

Anexo 5: Informes de ensayos



LABORATORIO DE ENSAYOS
ACREDITADO POR EL SAE
CON ACREDITACION No.
SAE-LEN-005-001

PALMA SANCHEZ KATHERINE VERONICA
Representante Legal: ---
Dirección: Ciudadela el Recreo, 1era Etapa, Tel. 0989317089
Atención: Ing. Katherine Palma

DATOS DE LA MUESTRA

Guayaquil, 2021-03-24

Punto e Identificación de la Muestra: M1 AGUA DE POZO
Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra: 2021/03/16 / 10:30 / JUJAN - PLANTA DE TRATAMIENTO
Fecha/Hora Recepción Muestras: 2021/03/16 / 16:07
Matriz de la muestra: Agua de Pozo

AGREGADOS ORGANICOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (3)	10,57	mgO ₂ /l	---	PEE-GQM-FQ-05	2021/03/17 CT
Demanda Química de Oxígeno (3)	20,44	mgO ₂ /l	---	PEE-GQM-FQ-16	2021/03/17 CT

METALES

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO
Plomo (3)	0,017	mg/l	---	PEE-GQM-FQ-33	2021/03/19 ER
Hierro (3)	1,10	mg/l	---	PEE-GQM-FQ-33	2021/03/19 ER
Manganeso	0,181	mg/l	0,056	PEE-GQM-FQ-33	2021/03/19 ER

SIMBOLOGÍA:

---- No. Aplica

<LD Menor al Limite Detectable

N.E. No efectuado

S.M. Standard Methods

U K=2 Incertidumbre Nivel de Confianza 95,45%

E.P.A. Environmental Protection Agency

P.E.E. Procedimiento específico de ensayo de GQM

G.R. Grados de Restricción

L.M.P. Límite Máximo Permissible

V.L.P. Valor Límite Permissible

V.M.R. Valor Máximo Referencial

C.C. Criterios de Calidad

V.M. Valor Máximo

V.M.P. Valor Máximo Permissible

NOMENCLATURA:

Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.

Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM

Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.

Parámetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a GQM previo a su monitoreo o recepción.

Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.



8306103162021000000Ilima

PALMA SANCHEZ KATHERINE VERONICA

Representante Legal: ---

Dirección: Ciudadela el Recreo, 1era Etapa, Tel. 0989317089

Atención: Ing. Katherine Palma

Guayaquil, 2021-03-24

DATOS DE TOMA / RECEPCIÓN DE MUESTRA

Punto e Identificación de la Muestra:	M1 AGUA DE POZO
Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra:	2021/03/16 / 10:30 / JUJAN - PLANTA DE TRATAMIENTO
Fecha/Hora Recepción Muestras:	2021/03/16 / 16:07
Matriz de la muestra:	Agua de Pozo
Responsable de Toma de Muestra / Tipo de Muestra:	CLIENTE / CLIENTE / Puntual
Duración de Actividad:	---
Coordenadas Geográficas:	- -
Norma Técnica Aplicada:	No Aplica
Temperatura de Recepción de Muestra (Equipo):	1.2 C° / EI-174
Condiciones Ambientales del Monitoreo:	CUANDO EL MUESTREO ES REALIZADO POR GQM, LOS DATOS SE REGISTRAN EN SU ACTA DE TOMA DE MUESTRAS QUE ESTA A DISPOSICIÓN DEL CLIENTE.

Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

MEMORIA FOTOGRÁFICA



Digitally signed by
FERNANDO LUIS MARCOS VACA
Date: 2021-03-24 08:50:10-05:00

Digitally signed by
LAURA MERCEDES YANQUI MOREIRA
Date: 2021-03-24 08:50:10-05:00

Q.F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico

Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

INCERTIDUMBRE DE MUESTREO/TOMA DE MUESTRA:

En caso de ser requerida, se encuentra disponible como una desviación de repetibilidad(r)

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a GQM previo a su monitoreo o recepción.

Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.



8306103162021000000Ilima

PALMA SANCHEZ KATHERINE VERONICA

Representante Legal: ---

Dirección: Ciudadela el Recreo, 1era Etapa, Tel. 0989317089

Atención: Ing. Katherine Palma

Guayaquil, 2021-03-24

DATOS DE LA MUESTRA

Punto e Identificación de la Muestra: M2 CARBON - PROTOTIPO 1
Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra: 2021/03/16 / 13:15 / JUJAN - PLANTA DE TRATAMIENTO
Fecha/Hora Recepción Muestras: 2021/03/16 / 16:07
Matriz de la muestra: Agua Purificada

AGREGADOS ORGANICOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Demanda Bioquímica de Oxígeno (3)	2,64	mgO2/l	---	PEE-GQM-FQ-05	2021/03/17 CT
Demanda Química de Oxígeno (3)	5,11	mgO2/l	---	PEE-GQM-FQ-16	2021/03/17 CT

METALES

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Plomo (1)	0,0063	mg/l	0,0017	ICP-OES	2021/03/19 ER
Hierro (3)	0,122	mg/l	---	PEE-GQM-FQ-33	2021/03/19 ER
Manganeso (3)	0,015	mg/l	---	PEE-GQM-FQ-33	2021/03/19 ER

SIMBOLOGÍA:

---- No. Aplica

<LD Menor al Limite Detectable

N.E. No efectuado

S.M. Standard Methods

U K=2 Incertidumbre Nivel de Confianza 95,45%

NOMENCLATURA:

Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.

Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM

Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.

Parámetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec

E.P.A. Environmental Protection Agency

P.E.E. Procedimiento específico de ensayo de GQM

G.R. Grados de Restricción

L.M.P. Límite Máximo Permisible

V.L.P. Valor Límite Permisible

V.M.R. Valor Máximo Referencial

C.C. Criterios de Calidad

V.M. Valor Máximo

V.M.P. Valor Máximo Permisible

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a GQM previo a su monitoreo o recepción.

Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.



8306103162021000000Ilima

PALMA SANCHEZ KATHERINE VERONICA
Representante Legal: ---
Dirección: Ciudadela el Recreo, 1era Etapa, Tel. 0989317089
Atención: Ing. Katherine Palma
Guayaquil, 2021-03-24

DATOS DE TOMA / RECEPCIÓN DE MUESTRA

Punto e Identificación de la Muestra:	M2 CARBON - PROTOTIPO 1
Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra:	2021/03/16 / 13:15 / JUJAN - PLANTA DE TRATAMIENTO
Fecha/Hora Recepción Muestras:	2021/03/16 / 16:07
Matriz de la muestra:	Agua Purificada
Responsable de Toma de Muestra / Tipo de Muestra:	CLIENTE / CLIENTE / Puntual
Duración de Actividad:	---
Coordenadas Geográficas:	- -
Norma Técnica Aplicada:	No Aplica
Temperatura de Recepción de Muestra (Equipo):	1.2 C° / EI-174
Condiciones Ambientales del Monitoreo:	CUANDO EL MUESTREO ES REALIZADO POR GQM, LOS DATOS SE REGISTRAN EN SU ACTA DE TOMA DE MUESTRAS QUE ESTA A DISPOSICIÓN DEL CLIENTE.

Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

MEMORIA FOTOGRÁFICA



Digitally signed by
FERNANDO LUIS MARCOS VACA
Date: 2021-03-24 08:50:11-05:00

Q.F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico

Digitally signed by
LAURA MERCEDES YANQUI MOREIRA
Date: 2021-03-24 08:50:11-05:00

Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

INCERTIDUMBRE DE MUESTREO/TOMA DE MUESTRA:

En caso de ser requerida, se encuentra disponible como una desviación de repetibilidad(r)

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a GQM previo a su monitoreo o recepción.

Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.



8306103162021000000lima

PALMA SANCHEZ KATHERINE VERONICA

Representante Legal: ---

Dirección: Ciudadela el Recreo, 1era Etapa, Tel. 0989317089

Atención: Ing. Katherine Palma

Guayaquil, 2021-03-24

DATOS DE LA MUESTRA

Punto e Identificación de la Muestra: M3 CALIZA - PROTOTIPO 2
Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra: 2021/03/16 / 13:50 / JUJAN - PLANTA DE TRATAMIENTO
Fecha/Hora Recepción Muestras: 2021/03/16 / 16:07
Matriz de la muestra: Agua Purificada

AGREGADOS ORGANICOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Demanda Bioquímica de Oxígeno (3)	8,87	mgO2/l	---	PEE-GQM-FQ-05	2021/03/17 CT
Demanda Química de Oxígeno (3)	17,16	mgO2/l	---	PEE-GQM-FQ-16	2021/03/17 CT

METALES

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Plomo (1)	0,0081	mg/l	0,0015	ICP-OES	2021/03/19 ER
Hierro (3)	0,348	mg/l	---	PEE-GQM-FQ-33	2021/03/19 ER
Manganeso (3)	0,042	mg/l	---	PEE-GQM-FQ-33	2021/03/19 ER

SIMBOLOGÍA:

---- No. Aplica

<LD Menor al Limite Detectable

N.E. No efectuado

S.M. Standard Methods

U K=2 Incertidumbre Nivel de Confianza 95,45%

NOMENCLATURA:

Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.

Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM

Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.

Parámetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec

E.P.A. Environmental Protection Agency

P.E.E. Procedimiento específico de ensayo de GQM

G.R. Grados de Restricción

L.M.P. Límite Máximo Permisible

V.L.P. Valor Límite Permisible

V.M.R. Valor Máximo Referencial

C.C. Criterios de Calidad

V.M. Valor Máximo

V.M.P. Valor Máximo Permisible

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a GQM previo a su monitoreo o recepción.

Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.



830610316202100000Ilima

PALMA SANCHEZ KATHERINE VERONICA

Representante Legal: ---

Dirección: Ciudadela el Recreo, 1era Etapa, Tel. 0989317089

Atención: Ing. Katherine Palma

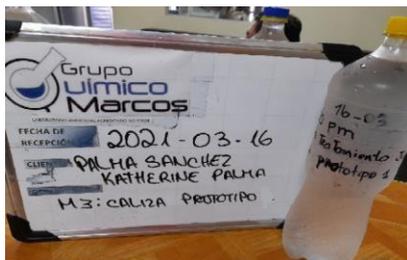
Guayaquil, 2021-03-24

DATOS DE TOMA / RECEPCIÓN DE MUESTRA

Punto e Identificación de la Muestra: M3 CALIZA - PROTOTIPO 2
Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra: 2021/03/16 / 13:50 / JUJAN - PLANTA DE TRATAMIENTO
Fecha/Hora Recepción Muestras: 2021/03/16 / 16:07
Matriz de la muestra: Agua Purificada
Responsable de Toma de Muestra / Tipo de Muestra: CLIENTE / CLIENTE / Puntual
Duración de Actividad: ---
Coordenadas Geográficas: - -
Norma Técnica Aplicada: No Aplica
Temperatura de Recepción de Muestra (Equipo): 1.2 C° / EI-174
Condiciones Ambientales del Monitoreo: CUANDO EL MUESTREO ES REALIZADO POR GQM, LOS DATOS SE REGISTRAN EN SU ACTA DE TOMA DE MUESTRAS QUE ESTA A DISPOSICIÓN DEL CLIENTE.

Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

MEMORIA FOTOGRÁFICA



Digitally signed by
FERNANDO LUIS MARCOS VACA
Date: 2021-03-24 08:50:12-05:00

Digitally signed by
LAURA MERCEDES YANQUI MOREIRA
Date: 2021-03-24 08:50:12-05:00

Q.F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico

Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

INCERTIDUMBRE DE MUESTREO/TOMA DE MUESTRA:

En caso de ser requerida, se encuentra disponible como una desviación de repetibilidad(r)

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a GQM previo a su monitoreo o recepción. Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.



8309003172021000000Ilima

PALMA SANCHEZ KATHERINE VERONICA

Representante Legal: ---

Dirección: Ciudadela el Recreo, 1era Etapa, Tel. 0989317089

Atención: Ing. Katherine Palma

Guayaquil, 2021-04-05

DATOS DE LA MUESTRA

Punto e Identificación de la Muestra: M4 - CALIZA - PROTOTIPO 1
Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra: 2021/03/17 / 19:20 / JUJAN - PLANTA DE TRATAMIENTO
Fecha/Hora Recepción Muestras: 2021/03/18 / 15:58
Matriz de la muestra: Agua Purificada

AGREGADOS ORGANICOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Demanda Bioquímica de Oxígeno (3)	7,61	mgO2/l	---	PEE-GQM-FQ-05	2021/03/19 CT
Demanda Química de Oxígeno (3)	14,71	mgO2/l	---	PEE-GQM-FQ-16	2021/03/19 CT

METALES

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Plomo (1)	0,0075	mg/l	0,0003	ICP-OES	2021/03/31 ER
Hierro (3)	0,135	mg/l	---	PEE-GQM-FQ-33	2021/03/31 ER
Manganeso (3)	0,018	mg/l	---	PEE-GQM-FQ-33	2021/03/31 ER

SIMBOLOGÍA:

---- No. Aplica	E.P.A. Environmental Protection Agency	V.M.R. Valor Máximo Referencial
<LD Menor al Límite Detectable	P.E.E. Procedimiento específico de ensayo de GQM	C.C. Criterios de Calidad
N.E. No efectuado	G.R. Grados de Restricción	V.M. Valor Máximo
S.M. Standard Methods	L.M.P. Límite Máximo Permisible	V.M.P. Valor Máximo Permisible
U K=2 Incertidumbre Nivel de Confianza 95,45%	V.L.P. Valor Límite Permisible	

NOMENCLATURA:

Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
 Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM
 Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
 Parámetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a GQM previo a su monitoreo o recepción.
 Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.



8309003172021000000Ilima

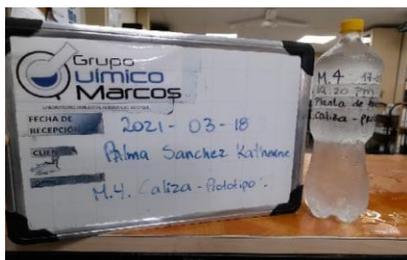
PALMA SANCHEZ KATHERINE VERONICA
Representante Legal: ---
Dirección: Ciudadela el Recreo, 1era Etapa, Tel. 0989317089
Atención: Ing. Katherine Palma
Guayaquil, 2021-04-05

DATOS DE TOMA / RECEPCIÓN DE MUESTRA

Punto e Identificación de la Muestra:	M4 - CALIZA - PROTOTIPO 1
Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra:	2021/03/17 / 19:20 / JUJAN - PLANTA DE TRATAMIENTO
Fecha/Hora Recepción Muestras:	2021/03/18 / 15:58
Matriz de la muestra:	Agua Purificada
Responsable de Toma de Muestra / Tipo de Muestra:	CLIENTE / Cliente / Puntual
Duración de Actividad:	---
Coordenadas Geográficas:	---
Norma Técnica Aplicada:	No Aplica
Temperatura de Recepción de Muestra (Equipo):	1.2 C° / EI-174
Condiciones Ambientales del Monitoreo:	CUANDO EL MUESTREO ES REALIZADO POR GQM, LOS DATOS SE REGISTRAN EN SU ACTA DE TOMA DE MUESTRAS QUE ESTA A DISPOSICIÓN DEL CLIENTE.

Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

MEMORIA FOTOGRÁFICA



Digitally signed by
FERNANDO LUIS MARCOS VACA
Date: 2021-04-05 12:44:32-05:00

Digitally signed by
LAURA MERCEDES YANQUI MOREIRA
Date: 2021-04-05 12:44:32-05:00

Q.F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico

Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

INCERTIDUMBRE DE MUESTREO/TOMA DE MUESTRA:

En caso de ser requerida, se encuentra disponible como una desviación de repetibilidad(r)

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a GQM previo a su monitoreo o recepción.

Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.



8309003172021000000Ilima

PALMA SANCHEZ KATHERINE VERONICA

Representante Legal: ---

Dirección: Ciudadela el Recreo, 1era Etapa, Tel. 0989317089

Atención: Ing. Katherine Palma

Guayaquil, 2021-04-05

DATOS DE LA MUESTRA

Punto e Identificación de la Muestra: M5 - CARBON - PROTOTIPO 2
Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra: 2021/03/17 / 19:30 / JUJAN - PLANTA DE TRATAMIENTO
Fecha/Hora Recepción Muestras: 2021/03/18 / 15:58
Matriz de la muestra: Agua Purificada

AGREGADOS ORGANICOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Demanda Bioquímica de Oxígeno (3)	3,17	mgO2/l	---	PEE-GQM-FQ-05	2021/03/19 CT
Demanda Química de Oxígeno (3)	6,13	mgO2/l	---	PEE-GQM-FQ-16	2021/03/19 CT

METALES

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Plomo (1)	0,0068	mg/l	0,0006	ICP-OES	2021/03/31 ER
Hierro (3)	0,312	mg/l	---	PEE-GQM-FQ-33	2021/03/31 ER
Manganeso (3)	0,031	mg/l	---	PEE-GQM-FQ-33	2021/03/31 ER

SIMBOLOGÍA:

---- No. Aplica

<LD Menor al Limite Detectable

N.E. No efectuado

S.M. Standard Methods

U K=2 Incertidumbre Nivel de Confianza 95,45%

NOMENCLATURA:

Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.

Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM

Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.

Parámetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec

E.P.A. Environmental Protection Agency

P.E.E. Procedimiento específico de ensayo de GQM

G.R. Grados de Restricción

L.M.P. Límite Máximo Permisible

V.L.P. Valor Límite Permisible

V.M.R. Valor Máximo Referencial

C.C. Criterios de Calidad

V.M. Valor Máximo

V.M.P. Valor Máximo Permisible

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a GQM previo a su monitoreo o recepción.

Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.



830900317202100000Ilima

PALMA SANCHEZ KATHERINE VERONICA

Representante Legal: ---

Dirección: Ciudadela el Recreo, 1era Etapa, Tel. 0989317089

Atención: Ing. Katherine Palma

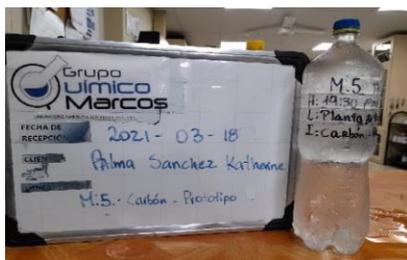
Guayaquil, 2021-04-05

DATOS DE TOMA / RECEPCIÓN DE MUESTRA

Punto e Identificación de la Muestra:	M5 - CARBON - PROTOTIPO 2
Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra:	2021/03/17 / 19:30 / JUJAN - PLANTA DE TRATAMIENTO
Fecha/Hora Recepción Muestras:	2021/03/18 / 15:58
Matriz de la muestra:	Agua Purificada
Responsable de Toma de Muestra / Tipo de Muestra:	CLIENTE / Cliente / Puntual
Duración de Actividad:	---
Coordenadas Geográficas:	---
Norma Técnica Aplicada:	No Aplica
Temperatura de Recepción de Muestra (Equipo):	1.2 C° / EI-174
Condiciones Ambientales del Monitoreo:	CUANDO EL MUESTREO ES REALIZADO POR GQM, LOS DATOS SE REGISTRAN EN SU ACTA DE TOMA DE MUESTRAS QUE ESTA A DISPOSICIÓN DEL CLIENTE.

Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

MEMORIA FOTOGRÁFICA



Digitally signed by
FERNANDO LUIS MARCOS VACA
Date: 2021-04-05 12:44:32-05:00

Digitally signed by
LAURA MERCEDES YANQUI MOREIRA
Date: 2021-04-05 12:44:32-05:00

Q.F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico

Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

INCERTIDUMBRE DE MUESTREO/TOMA DE MUESTRA:

En caso de ser requerida, se encuentra disponible como una desviación de repetibilidad(r)

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a GQM previo a su monitoreo o recepción.

Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.



8309003182021000000Ilima

PALMA SANCHEZ KATHERINE VERONICA

Representante Legal: ---

Dirección: Ciudadela el Recreo, 1era Etapa, Tel. 0989317089

Atención: Ing. Katherine Palma

Guayaquil, 2021-04-05

DATOS DE LA MUESTRA

Punto e Identificación de la Muestra: M6 - CARBON Y CALIZA - PROTOTIPO 1
Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra: 2021/03/18 / 09:30 / JUJAN - PLANTA DE TRATAMIENTO
Fecha/Hora Recepción Muestras: 2021/03/18 / 15:58
Matriz de la muestra: Agua Purificada

AGREGADOS ORGANICOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Demanda Bioquímica de Oxígeno (3)	4,76	mgO2/l	---	PEE-GQM-FQ-05	2021/03/19 CT
Demanda Química de Oxígeno (3)	9,20	mgO2/l	---	PEE-GQM-FQ-16	2021/03/19 CT

METALES

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Plomo (1)	0,0030	mg/l	0,0006	ICP-OES	2021/03/31 ER
Hierro (3)	0,090	mg/l	---	PEE-GQM-FQ-33	2021/03/31 ER
Manganeso (3)	0,010	mg/l	---	PEE-GQM-FQ-33	2021/03/31 ER

SIMBOLOGÍA:

---- No. Aplica

<LD Menor al Limite Detectable

N.E. No efectuado

S.M. Standard Methods

U K=2 Incertidumbre Nivel de Confianza 95,45%

NOMENCLATURA:

Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.

Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM

Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.

Parámetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec

E.P.A. Environmental Protection Agency

P.E.E. Procedimiento específico de ensayo de GQM

G.R. Grados de Restricción

L.M.P. Límite Máximo Permisible

V.L.P. Valor Límite Permisible

V.M.R. Valor Máximo Referencial

C.C. Criterios de Calidad

V.M. Valor Máximo

V.M.P. Valor Máximo Permisible

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a GQM previo a su monitoreo o recepción.

Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.



8309003182021000000Ilima

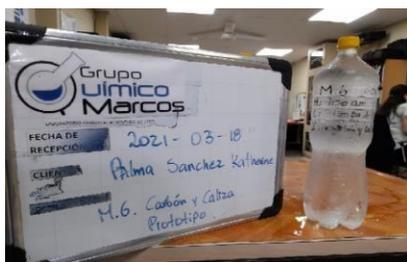
PALMA SANCHEZ KATHERINE VERONICA
Representante Legal: ---
Dirección: Ciudadela el Recreo, 1era Etapa, Tel. 0989317089
Atención: Ing. Katherine Palma
Guayaquil, 2021-04-05

DATOS DE TOMA / RECEPCIÓN DE MUESTRA

Punto e Identificación de la Muestra: M6 - CARBON Y CALIZA - PROTOTIPO 1
Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra: 2021/03/18 / 09:30 / JUJAN - PLANTA DE TRATAMIENTO
Fecha/Hora Recepción Muestras: 2021/03/18 / 15:58
Matriz de la muestra: Agua Purificada
Responsable de Toma de Muestra / Tipo de Muestra: CLIENTE / Cliente / Puntual
Duración de Actividad: ---
Coordenadas Geográficas: -- --
Norma Técnica Aplicada: No Aplica
Temperatura de Recepción de Muestra (Equipo): 1.2 C° / EI-174
Condiciones Ambientales del Monitoreo: CUANDO EL MUESTREO ES REALIZADO POR GQM, LOS DATOS SE REGISTRAN EN SU ACTA DE TOMA DE MUESTRAS QUE ESTA A DISPOSICIÓN DEL CLIENTE.

Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

MEMORIA FOTOGRÁFICA



Digitally signed by
FERNANDO LUIS MARCOS VACA
Date: 2021-04-05 12:44:33-05:00

Digitally signed by
LAURA MERCEDES YANQUI MOREIRA
Date: 2021-04-05 12:44:33-05:00

Q.F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico

Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

INCERTIDUMBRE DE MUESTREO/TOMA DE MUESTRA:

En caso de ser requerida, se encuentra disponible como una desviación de repetibilidad(r)

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a GQM previo a su monitoreo o recepción.

Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.



PALMA SANCHEZ KATHERINE VERONICA

Representante Legal: ---

Dirección: Ciudadela el Recreo, 1era Etapa, Tel. 0989317089

Atención: Ing. Katherine Palma

Guayaquil, 2021-04-05

DATOS DE LA MUESTRA

Punto e Identificación de la Muestra: M7 - CARBON Y CALIZA PROTOTIPO 2
Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra: 2021/03/18 / 13:35 / JUJAN - PLANTA DE TRATAMIENTO
Fecha/Hora Recepción Muestras: 2021/03/18 / 15:58
Matriz de la muestra: Agua Purificada

AGREGADOS ORGANICOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Demanda Bioquímica de Oxígeno (3)	6,02	mgO2/l	---	PEE-GQM-FQ-05	2021/03/19 CT
Demanda Química de Oxígeno (3)	11,65	mgO2/l	---	PEE-GQM-FQ-16	2021/03/19 CT

METALES

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Plomo (1)	0,0049	mg/l	0,0009	ICP-OES	2021/03/31 ER
Hierro	0,297	mg/l	0,101	PEE-GQM-FQ-33	2021/03/31 ER
Manganeso (3)	0,024	mg/l	---	PEE-GQM-FQ-33	2021/03/31 ER

SIMBOLOGÍA:

---- No. Aplica

<LD Menor al Limite Detectable

N.E. No efectuado

S.M. Standard Methods

U K=2 Incertidumbre Nivel de Confianza 95,45%

NOMENCLATURA:

Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.

Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM

Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.

Parámetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec

E.P.A. Environmental Protection Agency

P.E.E. Procedimiento específico de ensayo de GQM

G.R. Grados de Restricción

L.M.P. Límite Máximo Permissible

V.L.P. Valor Límite Permissible

V.M.R. Valor Máximo Referencial

C.C. Criterios de Calidad

V.M. Valor Máximo

V.M.P. Valor Máximo Permissible

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a GQM previo a su monitoreo o recepción.

Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.



PALMA SANCHEZ KATHERINE VERONICA
Representante Legal: ---
Dirección: Ciudadela el Recreo, 1era Etapa, Tel. 0989317089
Atención: Ing. Katherine Palma
Guayaquil, 2021-04-05

DATOS DE TOMA / RECEPCIÓN DE MUESTRA

Punto e Identificación de la Muestra: M7 - CARBON Y CALIZA PROTOTIPO 2
Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra: 2021/03/18 / 13:35 / JUJAN - PLANTA DE TRATAMIENTO
Fecha/Hora Recepción Muestras: 2021/03/18 / 15:58
Matriz de la muestra: Agua Purificada
Responsable de Toma de Muestra / Tipo de Muestra: CLIENTE / Cliente / Puntual
Duración de Actividad: ---
Coordenadas Geográficas: ---
Norma Técnica Aplicada: No Aplica
Temperatura de Recepción de Muestra (Equipo): 1.2 C° / EI-174
Condiciones Ambientales del Monitoreo: CUANDO EL MUESTREO ES REALIZADO POR GQM, LOS DATOS SE REGISTRAN EN SU ACTA DE TOMA DE MUESTRAS QUE ESTA A DISPOSICIÓN DEL CLIENTE.

Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

MEMORIA FOTOGRÁFICA



Digitally signed by
FERNANDO LUIS MARCOS VACA
Date: 2021-04-05 12:44:33-05:00

Digitally signed by
LAURA MERCEDES YANQUI MOREIRA
Date: 2021-04-05 12:44:33-05:00

Q.F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico

Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

INCERTIDUMBRE DE MUESTREO/TOMA DE MUESTRA:

En caso de ser requerida, se encuentra disponible como una desviación de repetibilidad(r)

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a GQM previo a su monitoreo o recepción.

Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.