PREDISEÑO PTAP PORTABLE EN LA OBRA CIVIL HACIENDA LOS SAUCES, MADRID CUNDINAMARCA MEDIANTE SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA.

SERGIO STIVEN MORENO CARDENAS
JUAN FELIPE RODRIGUEZ CORREA

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
FACATATIVÁ
2024

SPREDISEÑO PTAP PRTABLE EN LA OBRA CIVIL HACIENDA LOS SAUCES, MADRID CUNDINAMARCA MEDIANTE SELECCIÓN DE TECNOLOGIA

SERGIO STIVEN MORENO CARDENAS
JUAN FELIPE RODRIGUEZ CORREA

Trabajo de grado realizado en el área investigativa aplicada adscrita al programa UNIAGRARIA al campo para optar el título de ingeniero civil

Director
Ing. Msc. Diego Fernando Bedoya Ríos

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
FACATATIVÁ
2024

SERGIO STIVEN MORENO CARDENAS

JUAN FELIPE RODRIGUEZ CORREA

PREDISEÑO PTAP PORTABLE EN LA OBRA CIVIL HACIENDA LOS SAUCES, MADRID CUNDINAMARCA MEDIANTE SELECCIÓN DE TECNOLOGIA

Trabajo de grado realizado en el área investigativa aplicada adscrita al programa UNIAGRARIA como requisito parcial para obtener el título de ingeniero civil del programa de ingeniería civil de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia.

APROBADO EL 11 DE MARZO DE 2024

Nota de aceptación

_____

_____

_____

_____

_____

Presidente del jurado

_____

Jurado

_____

Jurado

FACATATIVÁ

Inicialmente dedico este trabajo a Dios por permitirme culminar mi carrera. Además, a mis padres, hermano y familiares por su constante apoyo en esta etapa de mi vida.

Sergio Moreno

A mi familia. Especialmente a mis padres y hermano por su apoyo incondicional.

Juan Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

En el transcurso de este proyecto de investigación, hemos tenido el privilegio de contar con el apoyo, la colaboración y la generosidad de diversas personas e instituciones, cuyas contribuciones han sido fundamentales para la realización de este trabajo. Es un placer expresar nuestro más sincero agradecimiento a cada uno de ellos.

En primer lugar, deseamos expresar nuestra gratitud a Amarillo S.A. por proporcionarnos información básica crucial sobre el proyecto, incluyendo el número de personas y apartamentos involucrados. Su disposición para compartir este conocimiento ha sido una base esencial para el desarrollo de la investigación.

Nuestro más sincero agradecimiento a Isabel Martínez por su amabilidad y generosidad al permitirnos obtener suministros de agua subterránea de su pozo, situado en su sitio personal. Esto ha sido muy beneficioso para la comprensión y el análisis de los recursos hídricos locales, por lo que los estudios se han beneficiado significativamente de ello.

Nuestro agradecimiento también a Aguas de la Prosperidad por permitirnos el acceso a la planta de tratamiento de agua potable y por proporcionar información pertinente al estudio en forma de parámetros y otros datos relacionados. Su apoyo ha sido un punto importante para poder abordar, de manera eficiente, las complejidades del tratamiento del agua en el contexto de la investigación.

Un agradecimiento especial a la Fundación Universitaria Agraria de Colombia por prestarnos las instalaciones, las herramientas tecnológicas y los conocimientos necesarios para llevar a cabo esta investigación. Su apoyo ha sido un pilar en nuestra formación académica y en el desarrollo de este proyecto.

Por último, pero no menos importante, queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a Diego Fernando Bedoya Ríos, director de este proyecto, por su acompañamiento y dedicación a lo largo de la elaboración de esta investigación. Su guía, paciencia y sabiduría han sido fundamentales para superar los desafíos y alcanzar los objetivos planteados.

A todos ustedes, nuestro más profundo respeto y gratitud. Este proyecto no habría sido posible sin su generosa colaboración y apoyo.

CONTENIDO

Glosario **19**

Resumen **21**

Introducción **21**

Antecedentes **23**

Justificación **29**

Alcance y limitaciones **30**

Planteamiento del problema **31**

Objetivos **32**

Objetivo general 32
Objetivos específicos 32

Marco conceptual y teórico **33**

1.1 El lugar 33
1.1.1 Ubicación geográfica 33
1.1.2 Clima 35
1.1.3 Actividades económicas 35
1.1.4 Hidrografía y usos del agua 36
1.1.5 Vías de acceso 36
1.2 Bases conceptuales 36
1.2.1 Planta de Tratamiento 37
1.2.2 Número de Reynolds 37
1.2.3 Ecuación de Bernoulli 38
1.2.4 Pérdidas de energía 38
1.2.5 Principio de continuidad 40
1.2.6 Coeficiente de Manning 41
1.3 Floculación 42
1.3.1 Tipos de Floculadores. 43
1.4 Sedimentacion 45
1.4.1 Tipos de Sedimentacion 46
1.5 Filtracion 46
1.5.1 Mecanismos de remoción de un filtro 47
1.6 Coagulacion 47
1.7 Desinfección 48
1.7.1 Compuestos químicos para la desinfección del agua: 48
1.8 Ecuacion de thiem 49
1.9 Ensayo de bombeo 50
1.10 Planta de tratamiento convencional(ptap) 50

1.11 Software de apoyo 52
1.11.1 Autocad 53

Metodología 55

2.1 Documentación previa 58
2.2 Trabajo de campo 58
2.3 Análisis espacial e higrologico 59
2.4 Analisis de parametros de agua cruda 61
2.5 Comparacion de resultados y tratamiento 63
2.6 Selección de tecnologia 63
2.7 Informe final y sustentación 63

Desarrollo de la propuesta 65

3.1 Parametros de agua cruda 65
3.1.1 Selección de tecnología 67
3.1.2 Componente de consumo humano 67
3.1.3 Componente curado del concreto 68
3.2 Sistema de bombeo 71
3.3 Pre-tratamiento aireacion 80
3.4 Coagulacion 84
3.4.1 Dosificacion de cuagulante 88
3.5 Mezclador conico 89
3.5.1 Diseño mezclador cónico 91
4.1 Floculador mecánico de eje vertical. 92
4.1.2 Diseño floculador y Agitador 97
4.1.3 Distribución propuesta 98
4.1.4 Propuesta agitador 99
4.2 Sedimentodor de placas paralelas. 99
4.2.1 Diseño de sedimentador 104
4.3 Filtracion 104
4.3.1 Diseño de filtro 106
4.4 Desinfección 107
4.5 Diagrama de flujo 109
4.6 Esquema ptap 110
4.7 Factivilidad economica 112
4.8 Carrotanques 114
4.9 Acueducto de madrid 115
4.10 Comparativa 117
5 Conclusiones 118
6 Recomendaciones 119

Referencias 120

A ANEXOS REGISTROS FOTOGRAFICOS 127

B ANEXOS ANALISIS DE AGUA CRUDA Y TRATADA ALP (AGUAS DE LA PROSPERIDAD) 135

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. parámetros de Agua Cruda 24
Tabla 2. Sistema de tratamiento 26
Tabla 3. Clasificación de flujo Reynolds 38
Tabla 4. Valores de coeficiente N 42
Tabla 5. Mecanismos de remoción de un filtro 47
Tabla 6. Resultado parámetros Sonda multiparamétrica 65
Tabla 7. Resultado parámetros Fotómetro 66
Tabla 8. Dotación neta máxima 67
Tabla 9. resumen demanda de agua 69
Tabla 10.Valores de transmisividad 72
Tabla 11. Valores de transmisividad 76
Tabla 12. Valores curva característica 77
Tabla 13. curva característica Bomba 4SR60G/15 78
Tabla 14. parámetros de referencia de diseño de aireadores de bandeja múltiple 81
Tabla 15. parámetros vertedero rectangular. 85
Tabla 16. Parámetros de diseño para cono de mezcla 90
Tabla 17.Coeficiente de arrastre 94
Tabla 18. Relación potencia para agitadores 95
Tabla 19.Tabal relación potencia para agitadores 100
Tabla 20. características de filtración convencional 105
Tabla 21. Presupuesto general PTAP 113
Tabla 22.Tarifas Acueducto y alcantarillado Madrid Cundinamarca 115
Tabla 23.Presupuesto General Acueducto 116
Tabla 24. Comparativa Presupuestal 117
Tabla 25. Parámetros Pozo 1 136
Tabla 26. Parámetros Pozo 2 139
Tabla 27. Parámetros Pozo 3 141
Tabla 28.Parámetros Red de Distribución Completa 144

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. combinación e procesos unitarios para el tratamiento móvil del agua 27
Figura 2. Localización de la ciudad de Madrid en el municipio y en la sabana de Bogotá 34
Figura 3. Localización de Hacienda los sauces en el municipio de Madrid Cundinamarca 34
Figura 4. Floculador mecánico con paletas de eje horizontal 43
Figura 5. Floculador mecánico con paletas de eje vertical 44
Figura 6.Floculador hidráulico de flujo vertical 45
Figura 7. Floculador hidráulico de flujo Horizontal 45
Figura 8. Bombeo de acuífero 49
Figura 9.Planta de Tratamiento de Agua Potable Convencional – PTAP. 51
Figura 10.PROCESO PTAP 52
Figura 11. ubicación de la ciudadela La Prosperidad, los pozos de agua subterránea y las estaciones meteorológicas más cercanas indicados en la leyenda 59
Figura 12. Mapa distancia pozo de estudio-Hacienda los sauces 60
Figura 13.Valores obtenidos Sonda Multiparamétrica 61
Figura 14. Fotómetro multiparamétrico 62
Figura 15. Diagrama de flujo PTAP ALP 66
Figura 16. Diagrama de abatimiento. 73
Figura 17. Diseño aireador de bandejas 83
Figura 18. Distribución de orificios de bandejas 84
Figura 19. Diseño vertedero 88
Figura 20. Diseño Mezclador cónico 91
Figura 21. Diseño Floculador Mecánico 97
Figura 22.Diseño Floculador Mecánico 98
Figura 23. Diseño Sedimentador placas paralelas 104
Figura 24. Diseño Filtro 106
Figura 25. Diagrama de flujo PTAP 109
Figura 26. Esquema 3D PTAP 110
Figura 27. Esquema 3D PTAP 110
Figura 28. Esquema 3D PTAP 111
Figura 29. Esquema 3D PTAP 111

LISTA DE GRAFICOS

Grafico 1. Diagrama Metodológico 58
Grafico 2. Curva Característica. 78
Grafico 3 Curva característica Bomba 4SR60G/15 79

GLOSARIO

Caudal medio diario (Q_{md}): es un promedio de los consumos diarios en un año teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Viceministro de Agua y Saneamiento, 2010)

Coagulación: proceso de desestabilización química de las partículas coloidales por medio de la adición de coagulantes y la aplicación de energía de mezclado (Andía Cárdenas, 2000).

Demanda base (D_b): hace referencia a los nudos que tienen asignado un consumo en la red de distribución (De Piaza Solórzano, 2017).

Dotación neta (D_{neta}): «es la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto» (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Viceministro de Agua y Saneamiento, 2010).

Floculación: proceso que sigue a la coagulación que consiste en agitar la masa coagulada para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados (Andía Cárdenas, 2000).

Pérdidas técnicas (%p): ocurren a lo largo del sistema y se miden como la diferencia entre el volumen de agua que se prepara para la distribución y la que efectivamente se entrega en las acometidas.

Potabilización: conjunto de procedimientos a la que es sometida el agua, con el propósito de quitarle todos los elementos contaminantes y obtener un agua pura (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 1986).

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó una propuesta de desarrollar un diseño preliminar de una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) portátil para abastecer de agua potable en la obra civil Hacienda Los Sauces, ubicada en Madrid Cundinamarca, Colombia. El enfoque principal del estudio consiste en analizar y seleccionar la tecnología más adecuada, teniendo en cuenta la calidad del agua cruda disponible en la zona, con el fin de proponer los procesos de tratamiento más eficientes en la eliminación de contaminantes y en la reducción del consumo de recursos y energía.

La metodología empleada se basa en evaluar las características del agua cruda disponible en la zona de la obra. Se llevan a cabo análisis de laboratorio y pruebas piloto para determinar la composición química y biológica del agua, así como la presencia de contaminantes y microorganismos. Con base en estos resultados, se evalúan diferentes tecnologías de tratamiento de agua potable para determinar su eficiencia en la eliminación de los contaminantes detectados y su viabilidad en una PTAP portátil.

Se realizará un análisis prospectivo de la relación costo-beneficio de la PTAP portátil propuesta para determinar los beneficios socioeconómicos y ambientales que estarían asociados a su implementación. Con base en este análisis, se espera que los beneficios resultantes superen los costos de diseño, construcción, operación y mantenimiento de la planta.

El diseño preliminar de la PTAP portátil en la obra civil Hacienda Los Sauces ofrece una solución eficiente y sostenible para el suministro de agua potable. Este estudio resalta la importancia de realizar análisis exhaustivos y considerar criterios técnicos, económicos y ambientales al seleccionar la tecnología adecuada para el tratamiento de agua en proyectos de construcción.

PALABRAS CLAVE: costo/beneficio, Prediseño, PTAP portable, Obra civil, composición química, Microorganismos.

INTRODUCCIÓN

Dentro El acceso a agua potable en las obras civiles es de vital importancia tanto para el bienestar de los trabajadores como para cumplir con los estándares de calidad establecidos. Sin embargo, en muchas ocasiones, el suministro de agua potable en estas áreas resulta limitado y representa un desafío logístico. En este contexto, se plantea la necesidad de desarrollar soluciones innovadoras que permitan garantizar un suministro seguro y sostenible de agua en proyectos de construcción.

(Tal como se aborda en el presente documento), se aborda el prediseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) portable en la obra civil Hacienda Los Sauces, ubicada en Madrid, Cundinamarca. Este proyecto busca no solo resolver el problema de abastecimiento de agua en el lugar, sino también sentar las bases para la implementación de tecnologías y procesos eficientes que puedan ser aplicados en otros proyectos similares. La selección de la tecnología adecuada para el tratamiento del agua y su posterior distribución en la obra civil es un factor determinante para garantizar la calidad y disponibilidad del recurso. En este sentido, se explorarán diferentes opciones tecnológicas, considerando aspectos como la eficiencia, la portabilidad, la facilidad de instalación y operación, así como la sostenibilidad ambiental.

Además, se examinarán las fuentes de abastecimiento de agua disponibles en la zona de la obra civil, evaluando su viabilidad y calidad. Asimismo, se abordarán los procesos de tratamiento necesarios para cumplir con los estándares de potabilización establecidos, teniendo en cuenta las características físicas, químicas y microbiológicas del agua.

La importancia de este estudio radica en la necesidad de garantizar el acceso a agua potable segura en las obras civiles, promoviendo la salud y el bienestar de los

trabajadores, así como contribuyendo a la sostenibilidad ambiental. A través del prediseño de una PTAP portable en la obra civil Hacienda Los Sauces, se espera ofrecer una solución práctica y eficiente que pueda ser replicada en otras situaciones similares, mejorando la calidad de vida de los trabajadores y promoviendo prácticas responsables en el sector de la construcción.

ANTECEDENTES

El agua es un recurso natural imprescindible para la vida humana. A pesar de que el planeta tiene una gran cantidad de agua, la mayoría de esta se encuentra en los océanos, que contienen altas concentraciones de sales disueltas. El agua dulce, que es la que se utiliza para la supervivencia humana, representa solo el 2.5% del total de agua en el mundo.

El recurso hídrico en Colombia se divide en cinco áreas hidrográficas: Caribe, Magdalena-Cauca, Orinoquía, Amazonía y Pacífico. Aunque estas áreas no son uniformes en todo el territorio nacional, se descubrió que 318 cabeceras municipales corren el riesgo de quedarse sin agua. El área hidrográfica del Magdalena-Cauca es la más afectada, con el 70,7% de las cuencas abastecedoras ubicadas en ella y 224 cabeceras municipales en riesgo de desabastecimiento. Sin embargo, en el área hidrográfica del Amazonas, solo el 1,2% de las cabeceras municipales están en esta condición.

En el inicio de una obra civil, se utiliza el agua para instalaciones temporales como baños y para lavar las llantas de los vehículos que transportan los materiales. A lo largo del proceso, se continúa utilizando para el curado del hormigón, morteros de pega, pañetes y para cortar ladrillos. Al final de la obra, se sigue requiriendo para las pruebas y lavado de herramientas. (CAPADOR, 2018)

Según el artículo de investigación "*Diseño y valoración económica de una PTAP portátil alimentada con energía solar "* (Morante-Hernández1, Pasqualino1, & Turizo-Dávila, 2020)*,* las características físicas, químicas y microbiológicas, más evaluadas comúnmente corresponden a las indicadas en la Tabla 1.

Parámetro	Método
pH	Sonda multiparamétrica
Turbiedad (UNT)	Nefelométrico
OD (mgO2/L)	Sonda multiparamétrica
Conductividad (µS/cm)	Sonda multiparamétrica
SD (ppm)	Sonda multiparamétrica
Salinidad (PSU)	Sonda multiparamétrica
CO_2 (mg/L)	Volumétrico
NO_3 (mg/L)	Colorimétrico
NO_2 (mg/L)	Colorimétrico
PO_4 (mg/L)	Colorimétrico
Alcalinidad total (mg $CaCO_3$/L)	Volumétrico
Amonio (mg/L)	Colorimétrico
C. totales (NMP/100mL)	Tubos múltiples
C. fecales (NMP/100mL)	Tubos múltiples

Tabla 1. parámetros de Agua Cruda

(Morante-Hernández1, Pasqualino1, & Turizo-Dávila, 2020)

Los equipos de la planta portátil, como las bombas, los filtros y los sistemas de desinfección, son esenciales para llevar a cabo el proceso de tratamiento del agua y producir agua potable segura para el consumo humano. Además, es importante realizar un monitoreo constante del agua tratada para asegurar que se cumplan con los estándares de calidad establecidos.

Las fuentes de abastecimiento de agua para una PTAP portátil son diversas y pueden variar según la ubicación geográfica y la disponibilidad de recursos hídricos en la zona. Algunas de las principales fuentes de abastecimiento de agua para una PTAP portátil incluyen los ríos, arroyos y quebradas, especialmente en áreas rurales o alejadas. Las aguas subterráneas también pueden ser una fuente de agua potable confiable y sostenible, y el agua de lluvia recolectada en algunos casos también se puede tratar para su consumo mediante una PTAP portátil. Asimismo, el agua de

un pozo también puede ser tratada con una PTAP portátil para convertirla en agua potable. (Jovel, 2020)

La calidad de las aguas subterráneas en la sabana de Bogotá es determinada por la CAR (Corporaciones Autónomas Regionales). Para las aguas subterráneas de esta zona la CAR dice:

“Se infiere que el agua subterránea en la Sabana de Bogotá requiere tratamiento de aireación debido a las altas concentraciones de hierro que se presentan.

El número de puntos de agua y su distribución espacial por unidad geológica indican que la red de monitoreo de la CAR es insuficiente para determinar fluctuación en cuanto a vulnerabilidad a contaminación del agua subterránea de los acuíferos subyacentes en la Sabana de Bogotá; el promedio de puntos de la red de monitoreo es de 6, el cual no es suficiente y representativo para una zona extensa como la Sabana de Bogotá; además, no son suficientes los registros y las campañas de monitoreo realizadas para determinar fluctuación de los parámetros de calidad de agua subterránea.” (CAR, 2008)

Para hacer uso de aguas subterráneas en Cundinamarca es indispensable contar con la (concesión de aguas subterráneas), pues este es el modo de adquirir el derecho a usar o aprovechar las aguas subterráneas tanto en predios privados como ajenos.

En función del desarrollo de pozos profundos como fuente de captación de aguas subterráneas, se sugiere buscar métodos precisos y económicos, como el proyecto de investigación (Next Generation Drill Pipe for Extended Reach, Deepwater and Ultra-deep Drilling), en la cual nos indica los diferentes diámetros de tubos que optimizan la perforación de gran alcance. (Michael J. Jellison, 2017). Además, el proyecto de investigación Andrew Frazelle y Reynaldo Vargas, en el que hablan de

la novedosa tecnología que puede ahorra 5.1 millones de dólares en la perforación de pozos, menciona que el uso de dispositivos de perforación de barrenos rectos utilizado en combinación con barrenas PDC y barrenas de conos de rodillos mejoran el rendimiento en pozos profundos. (Andrew Frazelle, 2014),

El artículo de investigación que tiene por nombre (Diseño de una planta potabilizadora portable a base de luz ultravioleta y energía fotovoltaica de uso militar) opina que:
“De todos estos procesos habituales para el tratamiento de potabilización de aguas, los procesos de coagulación, floculación y sedimentación tratan de conseguir que las pequeñas partículas en suspensión que contiene el agua se aglutinen y sedimenten añadiendo productos químicos. Son sistemas adecuados para potabilizar enormes cantidades de agua y abastecer amplias zonas de un país.

Con el fin de evitar el uso de grandes depósitos para las etapas de coagulación, floculación y sedimentación, se ha intentado suplir dichas etapas realizando una fase de filtrado más extensa y exhaustiva.” (Gallego, 2018). De igual forma basado En la inspección de campo realizada en la panta de agua ubicada en la ciudad Marl -borough, Massachusetts, se encontró que allí se realiza un proceso avanzado para el tratamiento del agua que incluye solamente la desinfección, es decir, no necesita realizar procesos de aireación, coagulación, floculación, sedimentación ni filtración, porque la calidad del agua antes de ingresar a la planta es elevada.

DESINFECCIÓN							
Ozono	Bisulfato de sodio	Luz UV	Hipoclorito de Sodio	Ácido hidrofluoro silicio de sodio	Amoniaco acuoso	Carbonato de sodio	Dióxido de carbono

Tabla 2. Sistema de tratamiento

(L. Velandia, 2019)

Pese a que este articulo establezca que el proceso de coagulación se pueda suplir, el estudio realizado por una estudiante de la universidad de Glasgow, nos dice

textualmente “La coagulación con sulfato de aluminio ha sido y es probable que siga siendo un proceso clave en el éxito de las operaciones de tratamiento y suministros de agua en situaciones de emergencia” (Dorea, 2018)

De igual manera a la propuesta para omitir los procesos de coagulación, floculación y sedimentación, el trabajo de investigación realizado en (Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology KICT), proporciona un proceso de cuatro combinaciones para cumplir con el objetivo de la calidad del agua.

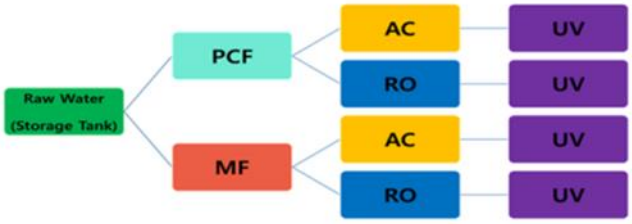


Figure 1. Unit process combination for mobile water treatment

Figura 1. combinación e procesos unitarios para el tratamiento móvil del agua

(Young Kyu Park, 2019)

PCF: Filtro de fibra de control de poros

UV: Ultravioleta

AD: carbón activado

AOP: Proceso de Oxidación Avanzada

RO: Ósmosis Inversa

MF: Microfiltración.

Ahora bien el proceso de Osmosis Inversa puede generar grande ventajas en el tratamiento del agua, pues según el proyecto de investigación (Diseño óptimo de sistemas de tratamiento de agua por osmosis inversa), argumenta que el proceso de osmosis inversa es muy eficaz pues puede eliminar una amplia gama de contaminantes, además de ser un proceso compacto, sin embargo hace énfasis en que puede ser de alto consumo de energía y debido a su gran capacidad de filtración

puede eliminar minerales esenciales del agua, es por esto que se debe evaluar su uso en comparación con otros sistemas. (Ramkumar Karuppiah, 2019), por otra parte según (Rakhmetova, 29) “El tratamiento por luz ultravioleta, ósmosis inversa, electro desionizacion continua y filtros de intercambio iónico de lecho Mixto completan un tratamiento integro para agua ultrapura”, en este se nos presenta un nuevo proceso el cual debe evaluarse y considerarse como opción para tratamiento en una PTAP portátil.

Por último, es preciso hacer un seguimiento constante y evaluativo de los procesos de filtración que se realizan en la PTAP, junto con un mantenimiento eficiente que permita extender la vida útil de este sistema, pues según un informe publicado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) “la vida útil de las PTAP puede variar desde unos pocos años hasta más de 20 años, dependiendo de factores como la calidad de los materiales, la capacidad de tratamiento, las condiciones ambientales y la frecuencia y calidad del mantenimiento.” (Agency, 2015). Esto está acompañado a su vez de la correcta instalación y nivelación de los terrenos en lo que se planean instalar las plantas de tratamiento de agua potable. En el proyecto liderado por YAMILE ARANGO BENITEZ, se nos muestra la mejora a nivel topográfico que se le realiza a la PTAP La Ayurá, haciendo uso de los sistemas de imágenes satelitales. (BENITEZ, 2019)

.

JUSTIFICACIÓN

El campo de acción del proyecto “prediseño PTAP portable en la obra civil hacienda los sauces, Madrid Cundinamarca” busca fomentar un sistema de tratamiento de agua potable (PTAP), la cual sea portable y adaptable a las necesidades más importantes a lo largo de la obra, Madrid Cundinamarca. Por consiguiente, presenta ventajas en términos de adaptabilidad y sostenibilidad. La PTAP portable permitiría adaptar el sistema a las necesidades específicas de la obra civil y garantizar su eficiencia, mientras que su portabilidad permitiría su reutilización en diferentes proyectos y su contribución a la conservación del medio ambiente ya que no será necesario el uso de carrotanques continuamente.

Además, al abordar la necesidad de agua potable en la Hacienda Los Sauces, este proyecto también puede mejorar el bienestar de los trabajadores en el sitio y optimizar el tiempo de ejecución de actividades que requieren el uso del recurso hídrico. En este sentido, el proyecto puede ser relevante tanto para la industria de la construcción como para la protección del medio ambiente y el bienestar de las comunidades locales. Por ende, será viable por la reducción de costos a largo plazo, la optimización de la gestión de recursos hídricos en la zona y la adaptabilidad a las necesidades específicas de la obra civil finalmente mejora la eficiencia en el manejo del suministro de agua en la obra, lo que puede contribuir a mejorar la productividad y reducir los tiempos en su construcción.

ALCANCE Y LIMITACIONES

El presente proyecto es de carácter investigativo y se fundamente como una solución innovadora y estratégica para asegurar un suministro constante y confiable del agua en el sitio de la construcción, el cual se plantea como fuente alternativa a los sistemas de operación convencionales, los cuales pueden presentar contratiempos y afectar el desarrollo continuo del proyecto civil Hacienda los Sauces.

Respecto a los factores que influyeron en el normal desarrollo de las actividades preestablecidas en la etapa de planeación debe hablarse, entre otros, de cuestiones referentes a la accesibilidad de los lugares de interés (obra Civil Hacienda los Sauces), debido a que no se permitió el acceso de información privada por parte de la constructora, además no se contaba con todos los instrumentos necesarios para realizar los laboratorios correspondientes para determinar todos los parámetros del agua según el porcentaje IRCA. Por último, se presentó inconvenientes debido a la escasez de información acerca de proyectos similares por parte del acueducto de Madrid Cundinamarca.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Hacienda Los Sauces, ubicada en Madrid, Cundinamarca, es una zona urbana que experimenta un clima caracterizado por veranos cortos y cómodos, así como inviernos breves, frescos y húmedos. Este entorno climático plantea desafíos adicionales para las obras civiles que se llevan a cabo en la región, especialmente en lo que respecta al suministro de agua.

El proyecto en cuestión se enfoca en la construcción residencial en Hacienda Los Sauces. Sin embargo, ha habido dificultades históricas relacionadas con la disponibilidad y confiabilidad del suministro de agua para estas obras. Se ha informado que el acceso al agua del acueducto solo se obtuvo después de seis meses de iniciada la obra, lo que plantea cuestiones importantes sobre la eficiencia y la viabilidad de los métodos de suministro de agua tradicionales.
Esta problemática ha llevado a la necesidad de investigar y considerar soluciones alternativas, como la implementación de Plantas de Tratamiento de Agua Portable (PTAP) en el proceso de construcción de obras civiles. La PTAP portable podría ofrecer ventajas significativas, como la reducción de tiempos de construcción y la mitigación de retrasos causados por interrupciones en el suministro de agua.

¿Es viable y beneficioso, desde el punto de vista económico y ambiental, implementar una PTAP portable como fuente de agua alternativa para la obra civil en Hacienda Los Sauces, Madrid, Cundinamarca, en comparación con las fuentes de agua tradicionales como los carrotanques y el agua del acueducto?

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar un prediseño de una PTAP portátil para el abastecimiento de agua potable en la obra Hacienda Los Sauces, a través de un análisis de selección de tecnología.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características del agua cruda disponible en la zona de la obra Hacienda Los Sauces.

- Proponer los procesos de tratamiento de agua adecuados para el tipo de agua cruda disponible, considerando la eficiencia en la eliminación de contaminantes y la reducción del consumo de recursos y energía.

- Evaluar los costó - beneficio de la PTAP portátil propuesta, en las fases de costos de diseño asociado a los beneficios socioeconómicos y ambientales de la zona.

MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO

Inicialmente se presenta información general de la zona estudiada. En seguida, se habla de algunas de las bases teóricas con las cuales se sustentan los conceptos aquí emitidos y, adicionalmente, se mencionan algunas herramientas computacionales con las cuales se realizaron los procesos de análisis de información geográfica y de modelación.

1.1 EL LUGAR

El presente apartado muestra algunos rasgos generales del lugar que permiten situarlo dentro del territorio nacional. Además, se contribuye a entender parte de la realidad social que se vive en la zona.

1.1.1 Ubicación geográfica

Madrid, Cundinamarca como se presenta en la figura 2, es una ciudad y municipio situado en la Provincia de Sabana Occidente, en el departamento de Cundinamarca, Colombia. Se encuentra ubicada a 21 kilómetros (13 millas) de la capital del país, Bogotá. Es uno de los 116 municipios del departamento de Cundinamarca y, con una población de 136.374 habitantes (según datos de 2022), es el octavo municipio más poblado del departamento. La extensión del municipio es de 120.5 km²2.

La zona de estudio se conoce como hacienda los sauces de la constructora Amarilo s.a. ubicada en Madrid Cundinamarca, es un proyecto de infraestructura cerca de la variante que comunica Mosquera/Madrid/ Facatativá. Tal como se puede apreciar en la figura 3.

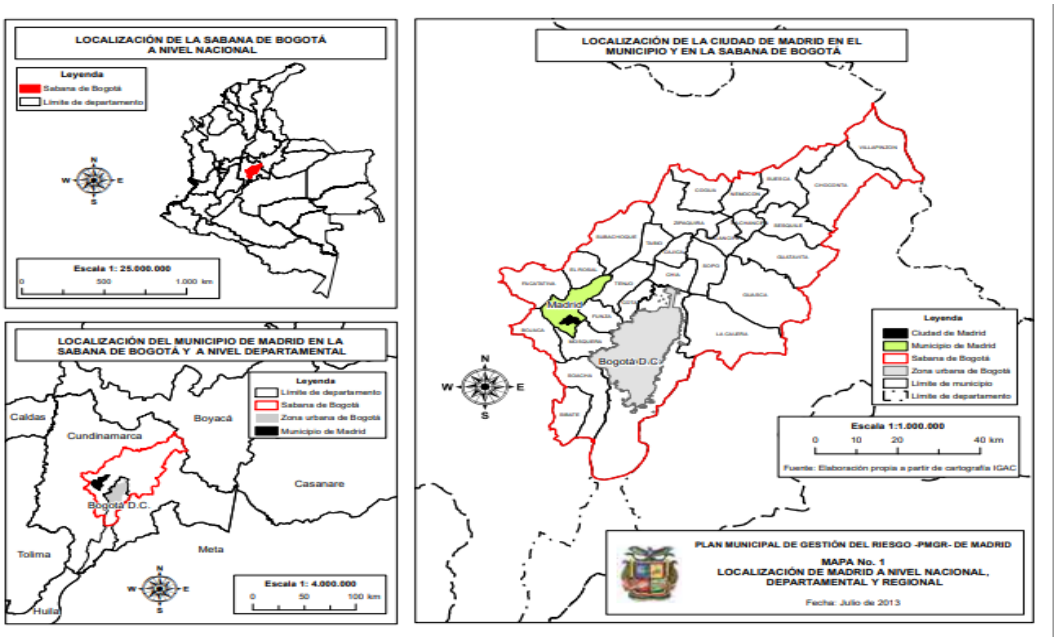


Figura 2. Localización de la ciudad de Madrid en el municipio y en la sabana de Bogotá

(PLANEACION, 2020)



Figura 3. Localización de Hacienda los sauces en el municipio de Madrid Cundinamarca

(Google earth, 2023)

La sede de la obra hacienda los sauces de este territorio se encuentra, según los servicios satelitales en línea, sobre los:

Latitud Norte 4.72869° o 4° 43' 43" norte
Longitud Oeste -74.24677° o 74° 14' 48" oeste

1.1.2 Clima

El clima de Madrid, un municipio situado en Cundinamarca, Colombia, se caracteriza por ser predominantemente de tipo templado y seco. Las temperaturas en esta región varían moderadamente en el transcurso del año, con una temperatura promedio que ronda entre los 14 °C y los 20 °C. Madrid se encuentra a una altitud de aproximadamente 2.548 metros sobre el nivel del mar, lo que contribuye a su clima templado.

En cuanto a las precipitaciones, Madrid experimenta una estacionalidad marcada. Existen dos temporadas de lluvias al año, generalmente en los meses de abril a mayo y de octubre a noviembre. Fuera de estas temporadas, el clima tiende a ser más seco, especialmente entre diciembre y marzo, que son los meses más secos.
El clima en Madrid también se ve influenciado por su ubicación geográfica en el altiplano cundiboyacense, lo que resulta en noches frescas y días templados a lo largo del año. La humedad relativa en Madrid generalmente se mantiene en niveles moderados. (Weather Spark, 2023)

1.1.3 Actividades económicas

En la zona se desarrollan varias actividades económicas, se centran en varios sectores clave, destacándose la floricultura, la agroindustria y la gestión de residuos sólidos. La floricultura, especialmente el cultivo de astromelias y rosa es notable por

su contribución al perfil competitivo local. La agroindustria también juega un papel vital, con estudios sobre fertilizantes orgánicos en el cultivo de arveja. Además, se han desarrollado estrategias de valorización de residuos sólidos como parte de un sistema de sostenibilidad en la región. Según el subdirector de Asuntos Postales del Ministerio de Tecnologías de la información y las comunicaciones MinTIC (MINTIC Colombia, 2021) “Madrid es fuente de actividades de agricultura, ganadería y floricultura, siendo esta ultima la que por más de 50 años lo ha consolidado como uno de los principales municipios floricultores de Colombia, empleando a más de 15.000 personas en especial mujeres cabeza de familia’’.

1.1.4 Hidrografía y usos del agua

Según (E.A.A.A.M-ESP), Los recursos hídricos en Madrid son fundamentales para varios usos, incluyendo el consumo doméstico, la agricultura y especialmente la floricultura, La gestión del agua en Madrid es crucial, tanto para el suministro residencial como para el soporte de sus sectores agrícolas y floricultores, así mismo las aguas superficiales se distribuyen en once cuencas principales que fluyen hacia dos regiones hidrográficas grandes: la del río Magdalena y la del río Meta. Estas cuencas son esenciales para diversas actividades de Madrid.

1.1.5 Vías de acceso

Para acceder a la obra civil hacienda los Sauces de Madrid Cundinamarca, se logrará a través de la variante Mosquera-Madrid-Facatativá, ubicada en los kilómetros 20-22 de esta vía.

1.2 BASES CONCEPTUALES

En la elaboración de la Ptap, se debe de tener en cuenta conceptos Para el diseño de una planta de tratamiento que replica las condiciones de una planta real, se tuvieron en cuenta diversos factores y que sirvan como bases para el óptimo desarrollo del proyecto. Estos incluyen la consideración de las pérdidas de energía,

la selección de velocidades y diámetros adecuados, la determinación de cálculos de tiempos y definiciones de plantas de tratamiento.

1.2.1 Planta de Tratamiento

Una planta de tratamiento (Jiménez, 2021) es una instalación diseñada para tratar las aguas residuales antes de su liberación al medio ambiente o su reutilización. Su función principal es eliminar contaminantes y sustancias nocivas del agua proveniente de hogares, industrias y otras fuentes. El proceso típico en una planta de tratamiento incluye varias etapas, como la eliminación de sólidos grandes, el tratamiento biológico para descomponer la materia orgánica, y procesos de filtración y desinfección. Esto asegura que el agua tratada cumpla con los estándares de calidad.

1.2.2 Número de Reynolds

Osborne Reynolds estableció, en la década de los 80, que el régimen de flujo depende, principalmente, de la relación entre las fuerzas inerciales y viscosas del fluido (Çengel & Cimbala, 2014). A dicha relación se le denomina número de Reynolds y, para el flujo interno en tuberías circulares se expresa como:

$$R_e = \frac{\rho * v * D}{\mu}$$

donde R_e =número de Reynolds, ρ =densidad del fluido, v =velocidad media de flujo, D = diámetro de la tubería y μ = viscosidad dinámica del flujo.

Los rangos para la clasificación del flujo dependen del fluido y el área seccional del conducto. Para tuberías circulares que transportan agua, el rango de transición se encuentra entre 2300 y 4000 (Tabla 3).

Condición	Régimen de flujo
Re ≤ 2300	Laminar
2300 ≤ Re ≤ 4000	Transicional
4000 ≤ Re	Turbulento

Tabla 3. Clasificación de flujo Reynolds

(Çengel & Cimbala, 2014)

1.2.3 Ecuación de Bernoulli

Este principio hace referencia a la ley de conservación de la energía a lo largo del tramo de flujo (Calderon Pineda, 2015) y es constante en cualquier parte del campo de flujo si: el flujo es permanente y el fluido es incompresible y no viscoso (Crowe, Elger, Williams, & Roberson, 2009). Tomando dos puntos de referencia de una tubería que transporta agua, la ecuación se expresa como:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{{v_1}^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{{v_2}^2}{2g} + z_2$$

donde $\frac{p}{\rho g}$ representa la altura de la presión, $\frac{v^2}{2g}$ es la altura de velocidad y z es la posición con respecto a un nivel de referencia (Datum); los subíndices 1 y 2 corresponden a dos puntos diferentes en los que se analiza el flujo. Si se consideran las pérdidas de energía entre los puntos:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{{v_1}^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{{v_2}^2}{2g} + z_2 + h_{1_2}$$

El término h_{1_2} representa las pérdidas de energía en la sección analizada.

1.2.4 Pérdidas de energía

En condiciones reales, el flujo a través de conductos, como las redes de distribución en un acueducto, presenta pérdidas de presión por la fricción

entre el fluido y la pared interna del tubo y por la presencia de componentes como válvulas, codos, tees, ampliaciones, reducciones, entre otros (Calderon Pineda, 2015).

- **Pérdidas por fricción**

La pérdida de carga es producida por la viscosidad y se relaciona directamente con el esfuerzo de corte de la pared del tubo (Çengel & Cimbala, 2014); su magnitud se determina mediante expresiones como la propuesta por Darcy-Weisbach:

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

donde *hf* representa las pérdidas por fricción, *L* es la longitud del tramo y *D* es el diámetro de la tubería. El término *f* es el factor de fricción (conocido también como factor de fricción de Darcy, factor de fricción de Darcy-Weisbach o coeficiente de resistencia) y se calcula dependiendo el régimen de flujo mediante las siguientes expresiones[1]:

- Factor de fricción para flujo laminar en tubería circular (*Re < 2000*):

$$f = \frac{64}{Re}$$

- Factor de fricción para flujo turbulento en tubería circular (*Re > 4000*):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{k_s}{3.7*D} + \frac{2.51}{R_e*\sqrt{f}}\right)$$

con k_s como la rugosidad absoluta de la tubería. El cálculo de este parámetro, mediante la anterior ecuación, involucra un proceso iterativo.

[1] Alternativamente puede emplearse el Diagrama de Moody.

- **Pérdidas por accesorios**

  La pérdida de carga se produce por la turbulencia adicional ocasionada por el flujo a través de componentes en los que ocurre un cambio de área y/o dirección, una ramificación o alguna clase de unión (Nayama & Boucher Feng, 1999) y se estima con la siguiente ecuación:

$$h_m = k_m * \frac{v^2}{2g}$$

  en este caso, h_m representa a las pérdidas menores y k_m se denomina *coeficiente de pérdidas menores*. Los valores que se adopten deben sustentarse con base en la bibliografía consultada por el diseñador (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Viceministro de Agua y Saneamiento, 2010).

- **Pérdidas totales**

  En general, todas las pérdidas son clasificadas usando las categorías ya mencionadas (Crowe, Elger, Williams, & Roberson, 2009), por consiguiente:

$$perdidas\ totales = h_f + h_m$$

1.2.5 Principio de continuidad

Básicamente es la ley de la conservación de la masa. Es decir, en un flujo permanente, el flujo de masa por unidad de tiempo que pasa por cada sección es constante, incluso si el diámetro de la tubería varía (Nayama & Boucher Feng, 1999); en palabras menos técnicas: en un conducto, la cantidad de agua que entra deber ser igual a la que sale, el principio está expresado como:

$$\rho_e * v_e * A_e = \rho_s * v_s * A_s$$

Cuando se manipula un solo fluido en todo el sistema, es posible simplificar la anterior ecuación de la siguiente manera:

$$v_e * A_e = v_s * A_s$$

$$Q_e = Q_s$$

donde *ρ* es la densidad del fluido, *v* la velocidad de flujo, *A* el área de la sección transversal y *Q* corresponde al caudal que pasa por el sistema. Los subíndices *e* y *s* indican los puntos donde se está analizando el flujo.

1.2.6 Coeficiente de Manning

El coeficiente de Manning fue desarrollado por el ingeniero irlandés Roberth Maning el cual es utilizada comúnmente para calcular el caudal y la velocidad media de los flujos uniformes (Ali Vatankhah, 2015). así mismo la ecuación de Manning es una ecuación empírica, donde también se evalúa el coeficiente de Chezy.

$$C = \frac{R_h^{1/6}}{n}$$

Así mismo n, es un factor de fricción, llamado coeficiente de Manning, este va a depender de la rugosidad de la frontera y va a ser independiente al número de Reynolds.

Al reemplazar el coeficiente de Manning en la ecuación de Darcy-Weisbach, resulta en la ecuación de Manning.

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2}$$

A continuación, encontraremos los valores del coeficiente n para la ecuación de Manning:

Valores Coeficiente n			
Material del Canal	Mínimo	Normal	Máximo
Acrílico	0,008	0,009	0,010
Vidrio	0,009	0,010	0,013
Concreto	0,011	0,013	0,014
Madera laminada	0,015	0,017	0,020
Mampostería de piedra pequeña cementada	0,018	0,025	0,030

Tabla 4. Valores de coeficiente N

(CÁRDENAS GUZMÁN, 2017)

1.3 FLOCULACIÓN

La floculación se conoce como a la aglomeración de partículas coaguladas en el cual forman una partícula de mayor tamaño llamada floc.

Por otra parte, la floculación esta influencia da por fuerzas químicas y físicas como la carga eléctrica de las partículas, la capacidad de intercambio, el tamaño y la concentración del floculo, el pH, la temperatura del agua y la concentración de electrolitos. (Rojas, 1999) Al tener en cuenta cada uno de los factores que intervienen en la floculación, no están definidas exactamente las formas como se comportara el agua en este proceso, por tanto, se apela a experiencias previas en otras plantas. El floculador sencillamente es un tanque con algún medio, ya sea hidráulico o mecánico, que efectué una mezcla suave y lenta, en un tiempo de retención prolongado. Los floculadores se clasifican en dos tipos mecánicos e hidráulicos, los mecánicos realizan la mezcla utilizando rotores de paletas tanto horizontales como verticales y los hidráulicos usan el flujo libre del agua, que produce una ligera turbulencia que genera la mezcla. (CÁRDENAS GUZMÁN, 2017).

1.3.1 Tipos de Floculadores.

- **Floculadores mecánicos:**

En los Floculadores mecánicos se introduce potencia al agua garantizando una mezcla lenta mediante agitadores mecánicos. El tipo de agitador más utilizado es el de paletas de eje horizontal como de eje vertical (CÁRDENAS GUZMÁN, 2017), estos imparten un movimiento rotatorio al agua generando una turbulencia interna.



Figura 4. Floculador mecánico con paletas de eje horizontal

(Rojas, 1999)

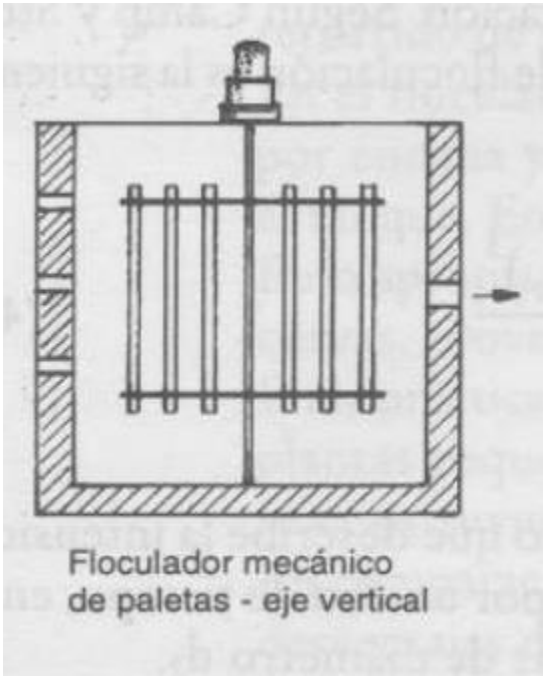


Figura 5. Floculador mecánico con paletas de eje vertical

(Rojas, 1999)

- **Floculadores hidráulicos:**

  Los floculadores hidráulicos como se menciona anteriormente trabajan con el flujo libre de agua, (CÁRDENAS GUZMÁN, 2017)por esto los clasificamos en dos grupos, de flujo vertical y de flujo horizontal. En los de flujo vertical es común encontrar tanques con pantallas en las que el flujo cambia de sentido y en este momento es donde se produce la mezcla. En los floculadores de flujo vertical el agua se mueve de arriba hacia abajo dentro de las mismas pantallas. (CÁRDENAS GUZMÁN, 2017)



Figura 6.Floculador hidráulico de flujo vertical

(Rojas, 1999)



Figura 7. Floculador hidráulico de flujo Horizontal

(Rojas, 1999)

1.4 SEDIMENTACION

La sedimentacion se conoce como una operación en la cual se remueven las particulas salidas de una suspension mediante la fuerza de gravedad; en algunos casos se denomina clarificacion o espasamiento. (Rojas, 1999)Se puede usar la sedimentación de dos formas, una simple que es en la cual no necesita de un co-proceso químico-físico antes, o después de la coagulación y floculación. La sedimentación se puede dar de las distintas formas según la naturaleza de los sólidos. (CÁRDENAS GUZMÁN, 2017).En los tipos de solidos se encuentran las partículas discretas, estas no cambian su tamaño, forma o peso cuando se están sedimentando; las partículas floculentas y precipitantes en las cuales la densidad y

el volumen cambia cuando se produce el choque entre estas a medida que se están sedimentando.

1.4.1 Tipos de Sedimentacion

- **Sedimentacion tipo 1:**

La sedimentacion tipo 1 se define como la sedimentacion de particulas discretas, de aquellas particulas discretas, de ciertas particulas que no cambian su forma, tamaño o peso a medida que se sedimentan, se puede decir que es el tipo de sedimentador libre, no interferida, funcion solamente de las propiedades del fluido y de la particula. (Rojas, 1999)

- **Sedimentacion tipo 2:**

En este tipo de sediemntacion se debe de tener en cuenta las propiedades floculentas de la suspension ademas de las caracteristicas de sedimentacion de particulas. (Rojas, 1999)

1.5 FILTRACION

La filtración es una operación por la cual se pasa el agua a través de medios porosos; generalmente estos medios son arena o la combinación de arena y antracita. (CÁRDENAS GUZMÁN, 2017). En la filtración se remueve el material suspendido, compuesto de floculo, suelo, metales oxidados y microorganismos. La remoción de microorganismos es de gran importancia puesto que muchos de ellos son extremadamente resistentes a la desinfección y, sin embargo, son removibles mediante filtración. Se tiene registro de que en Inglaterra en el año 1829 se realizó la construcción de filtros lentos de arena, lo cual ayudo a controlar la epidemia de cólera que se presentó en Hamburgo.

1.5.1 Mecanismos de remoción de un filtro

	Mecanismo	Descripción
1.	Cribado	
a.	Mecánico	Partículas más grandes que los poros del medio son retenidas mecánicamente
b.	Oportunidad de contacto	Partículas más pequeñas que los poros del medio son retenidas por oportunidad de contacto
2.	Sedimentación	Las partículas se sedimentan sobre el medio filtrante, dentro del filtro.
3.	Impacto inercial	Las partículas pesadas no siguen las líneas de corriente.
4.	Intercepción	Muchas partículas que se mueven a lo largo de una línea de corriente son removidas cuando entran en contacto con la superficie del medio filtrante.
5.	Adhesión	Las partículas floculentas se adhieren a la superficie del medio filtrante. Debido a la fuerza de arrastre del agua, algunas son arrastradas antes de adherirse fuertemente y empujadas más profundamente dentro del filtro. A medida que el lecho se tapona, la fuerza cortante superficie aumenta hasta un límite para el cual no hay remoción adicional. Algún material se fugara a través del fondo del filtro haciendo aparecer turbiedad en el efluente.
6.	Adsorción química	Una vez que una partícula ha entrado en contacto con la superficie del medio filtrante o con otras partículas, la adsorción, física y, o química, permite su retención sobre dichas superficies
a.	Enlace	
b.	Interacción química	
7.	Adsorción física	
a.	Fuerzas electrostáticas	
b.	Fuerzas electrocinéticas	
c.	Fuerzas de Vander Waals	
8.	Floculación	Partículas más grandes capturan partículas más pequeñas y forman partículas aún más grandes.
9.	Crecimiento biológico	Reducen el volumen del poro y puede promover la remoción de partículas.

Tabla 5. Mecanismos de remoción de un filtro

(CÁRDENAS GUZMÁN, 2017)

1.6 COAGULACION

La coagulación es un proceso para combinar partículas pequeñas en agregados más grandes (flóculos) y para adsorber materia orgánica disuelta en agregados particulados para que estas impurezas puedan eliminarse en procesos posteriores de separación sólido/líquido. (Jiang, 2015) El uso moderno de coagulantes para el tratamiento de agua comenzó hace más de 100 años, cuando se utilizaron cloruro férrico y sulfato de aluminio como coagulantes en plantas de tratamiento de agua a gran escala.

1.7 DESINFECCIÓN

La desinfección del agua se conoce como la extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que puedan existir en el agua, para la eliminación de estos microorganismos se debe de tener en cuenta desinfectantes químicos o físicos, los cuales también realizan la función de extraer contaminantes orgánicos del agua. para ello estos tipos de desinfectantes deben de tener un efecto residual, el cual va a mantener agentes activos para evitar el crecimiento de los microorganismos en las tuberías y que se vuelva a contaminar el agua. (LENNTECH, s.f.)

1.7.1 Compuestos químicos para la desinfección del agua:

- Cloro (Cl_2)
- Dióxido de Cloro (ClO_2)
- Hipoclorito (OCl^-)
- Ozono (O_3)
- Halógenos: Bromo (Br_2), Iodo (I)
- Cloruro de Bromo (BrCl)
- Metales: cobre (Cu^{2+}), plata (Ag^+)
- Permanganato potasico ($KMnO_4$)
- Fenoles
- Alcoholes
- Jabones y detergentes
- Sales de amonio
- Peróxido de Hidrogeno
- Distintas ácidos y bases

1.8 ECUACION DE THIEM

La ecuación de Thiem se utiliza para calcular el gradiente y la conductividad hidráulicos en un acuífero confinado, (Atanga, 2013) basándose en las mediciones de los niveles de agua en pozos de observación y en el pozo de bombeo.

Donde (Figura 8).

$$\boldsymbol{d1 - d2 = \frac{Q}{2\pi T}\, ln\, \frac{r_2}{r_1}}$$

$\boldsymbol{d1}$ = Depresión producida por el bombeo en el pozo de observación numero 1

$\boldsymbol{d2}$ = Depresión producida por el bombeo en el pozo de observación numero 2

$\boldsymbol{Q}$ = Caudal de bombeo constante

$\boldsymbol{T}$= transmisividad del acuífero

$\boldsymbol{r_2}$= Distancia del pozo de bombeo al piezómetro de observación numero 2

$\boldsymbol{r_1}$= Distancia del pozo de bombeo al piezómetro de observación numero 1

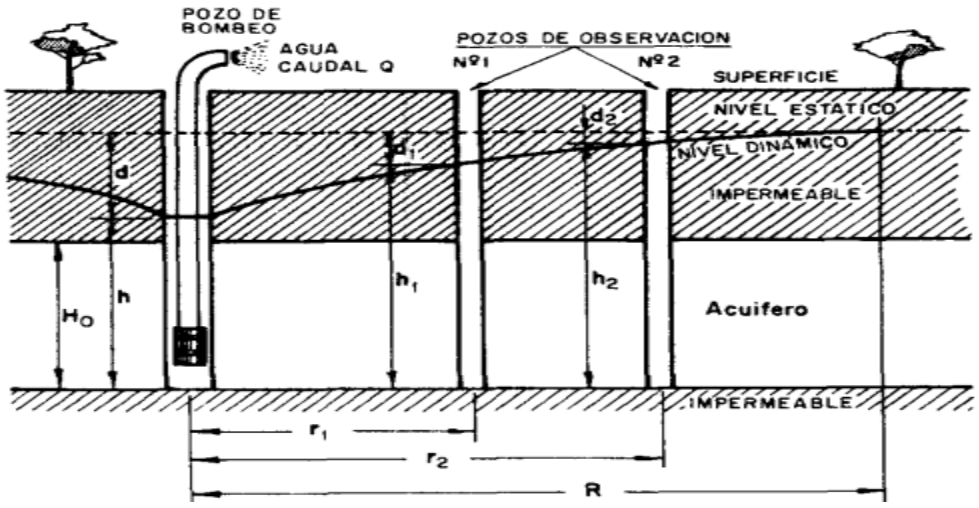


Figura 8. Bombeo de acuífero

(IGME)

1.9 ENSAYO DE BOMBEO

Los ensayos de bombeo son utilizados para evaluar las características de un acuífero. Durante un periodo determinado, como dos días, se extrae agua del acuífero a través de un pozo y se observa cómo varía el nivel del agua. (IGME) Si el nivel baja poco, indica que el acuífero puede ser de buena calidad y capaz de suministrar agua sostenidamente. Sin embargo, un resultado negativo en el ensayo puede deberse a una mala ejecución del pozo, como una incorrecta disposición de filtros, lo que aumenta la resistencia al paso del agua. Durante el ensayo, es importante asegurarse de que las aguas extraídas no alteren el nivel de agua en el área de bombeo. Para un análisis más detallado, a veces se inyectan trazadores en el terreno o en sondeos para observar cómo se mueven las aguas subterráneas. (IGME)

1.10 PLANTA DE TRATAMIENTO CONVENCIONAL(PTAP)

Una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) (SPENA GROUP, 2022), es un conjunto de sistemas y procesos de ingeniería en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano.

El tratamiento de agua potable tiene relación entre la calidad del agua cruda y la selección del proceso de tratamiento y rendimiento. En este proceso de PTAP se buscan específicamente la eliminación de contaminantes orgánicos e inorgánicos de tamaño reducido y la eliminación de los lodos. (SPENA GROUP, 2022)

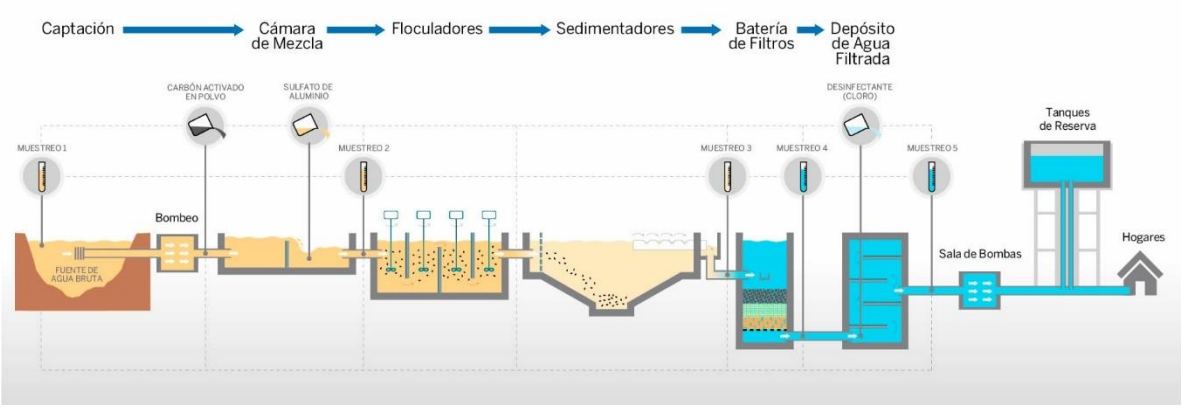


Figura 9.Planta de Tratamiento de Agua Potable Convencional – PTAP.

(SPENA GROUP, 2022)

Una combinación seleccionada de los siguientes procesos se utiliza para el tratamiento de agua potable son:

La pre-cloración, coagulación, floculación, decantación, filtración y desinfección.

- PRE-CLORACIÓN: es para el control de algas y deteniendo el crecimiento biológico, en cuanto la aireación junto con pre-cloración sirve para la eliminación de hierro disuelto y manganeso. (SPENA GROUP, 2022)
- LA COAGULACIÓN, FLOCULACIÓN O FILTRACIÓN: de arena ayuda a los coagulantes, también es conocido como polielectrolitos, que sirve para mejorar la coagulación mientras que la filtración sirve para eliminar las partículas del agua. (SPENA GROUP, 2022)
- LA DESINFECCIÓN: sirve para matar bacterias, virus y otros patógenos (SPENA GROUP, 2022)

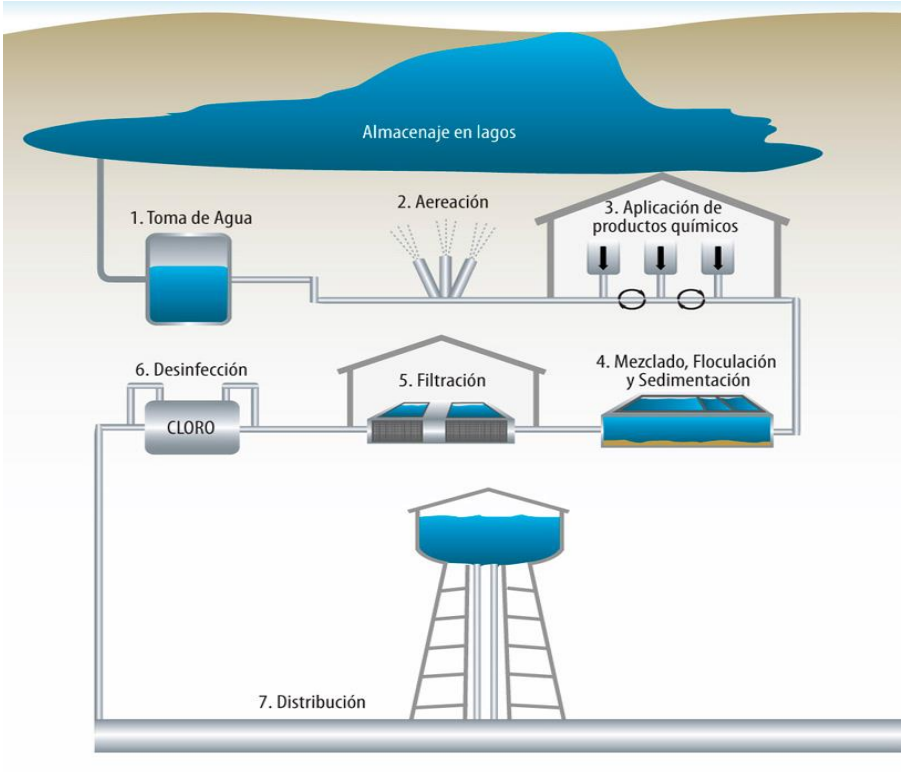


Figura 10.PROCESO PTAP

(SPENA GROUP, 2022)

Finalmente, las ventajas que logramos de una Planta de Tratamiento de Agua Potable (Ptap), primero que todo se lograra eliminar el 97% de solidos en suspensión, en el cual se lograra una nitrificación biológica sin necesidad de añadir bastantes agentes químicos.

1.11 SOFTWARE DE APOYO

La implementación en una planta de tratamiento PTAP incluye el uso de herramientas computacionales avanzadas para simular las condiciones específicas de la planta y su red de distribución. Estas herramientas digitales son esenciales para gestionar eficientemente la información recopilada. Tras un detallado proceso de análisis e investigación, permiten desarrollar estrategias correctivas y preventivas adaptadas a los distintos escenarios operativos de la planta.

1.11.1 Autocad

AutoCAD es un software de diseño asistido por computadora (CAD) desarrollado por Autodesk, ampliamente utilizado para crear dibujos precisos en 2D y 3D. Se utiliza en una variedad de industrias, incluyendo arquitectura, ingeniería y construcción. En el contexto de las plantas de tratamiento de agua (PTAP), AutoCAD se utiliza para el diseño detallado de la planta, facilitando la visualización precisa de estructuras, tuberías y otros componentes del sistema. Un estudio que destaca el uso de AutoCAD en el diseño de plantas de tratamiento es "Design of Sewage Treatment Plant for a Gated Community" por Bhattu y Polasa (Bharathi Bhattu, 2014), donde se utiliza AutoCAD para diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales adoptando métodos de tratamiento biológico y asegurando eficiencia en el proceso de diseño. Este uso de AutoCAD en el diseño de PTAP permite cambios mínimos en el tiempo de retención para obtener mejores resultados en el tratamiento de aguas residuales a pequeña escala. (Bharathi Bhattu, 2014)

METODOLOGÍA

Para cumplir los objetivos planteados en el presente trabajo, se requirió establecer una base metodológica que involucrara labores de consulta académica y actividades ejecutadas en campo; las primeras, se encaminaron hacia la contextualización y sustento teórico de las temáticas aquí tratadas y, las segundas, para reconocer la zona en estudio y para reunir información faltante referente a la Ptap portable. Adicionalmente, debieron establecerse procesos encaminados al análisis y procesamiento de la información recolectada y se contempló un espacio para recopilar los principales resultados. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta el diagrama de flujo con la guía metodológica adoptada; en ella se reúnen seis procesos principales a saber: documentación previa, análisis de parámetros de agua cruda, selección de tecnologia, evaluación económica e informe final y sustentación.

La documentación se relacionó con los aspectos previos y en ella se contempló, además de la consulta académica, la búsqueda de información que permitiera En el contexto del proyecto "Prediseño PTAP Portable en la Obra Civil Hacienda Los Sauces, Madrid Cundinamarca", la documentación se orientó a abordar los aspectos iniciales del diseño. Esta fase inicial incluyó tanto la consulta académica como la búsqueda de información específica para caracterizar los aspectos técnicos de la red de distribución de agua en la Hacienda Los Sauces. Se evaluó la suficiencia de la documentación recopilada para cumplir con los requisitos del proyecto, centrándose especialmente en las necesidades de una PTAP portable.
Este periodo incluyó un diagnóstico detallado, la optimización de procesos, una evaluación económica y una revisión de la normativa pertinente. Todo esto se hizo con el objetivo de aplicar conceptos teóricos a la realidad específica de la Hacienda Los Sauces. Además, se contempló un análisis inicial de la calidad del agua, incluyendo la alcalinidad total del agua cruda de fuentes cercanas de pozos. Este análisis ayudó a determinar la presencia de parámetros del agua, lo que es crucial

para seleccionar la tecnología adecuada para la PTAP portable. Asimismo, se consideraron diversas opciones de tratamiento de agua, desde filtración hasta procesos de desinfección y corrección de pH, adecuándose a los requerimientos específicos de la obra. Finalmente, se programó un tiempo para la presentación y socialización formal de los principales hallazgos y decisiones del proyecto, asegurando que todas las partes interesadas en la Hacienda Los Sauces estén debidamente informadas sobre el prediseño de la PTAP portable y la selección de tecnología involucrada.

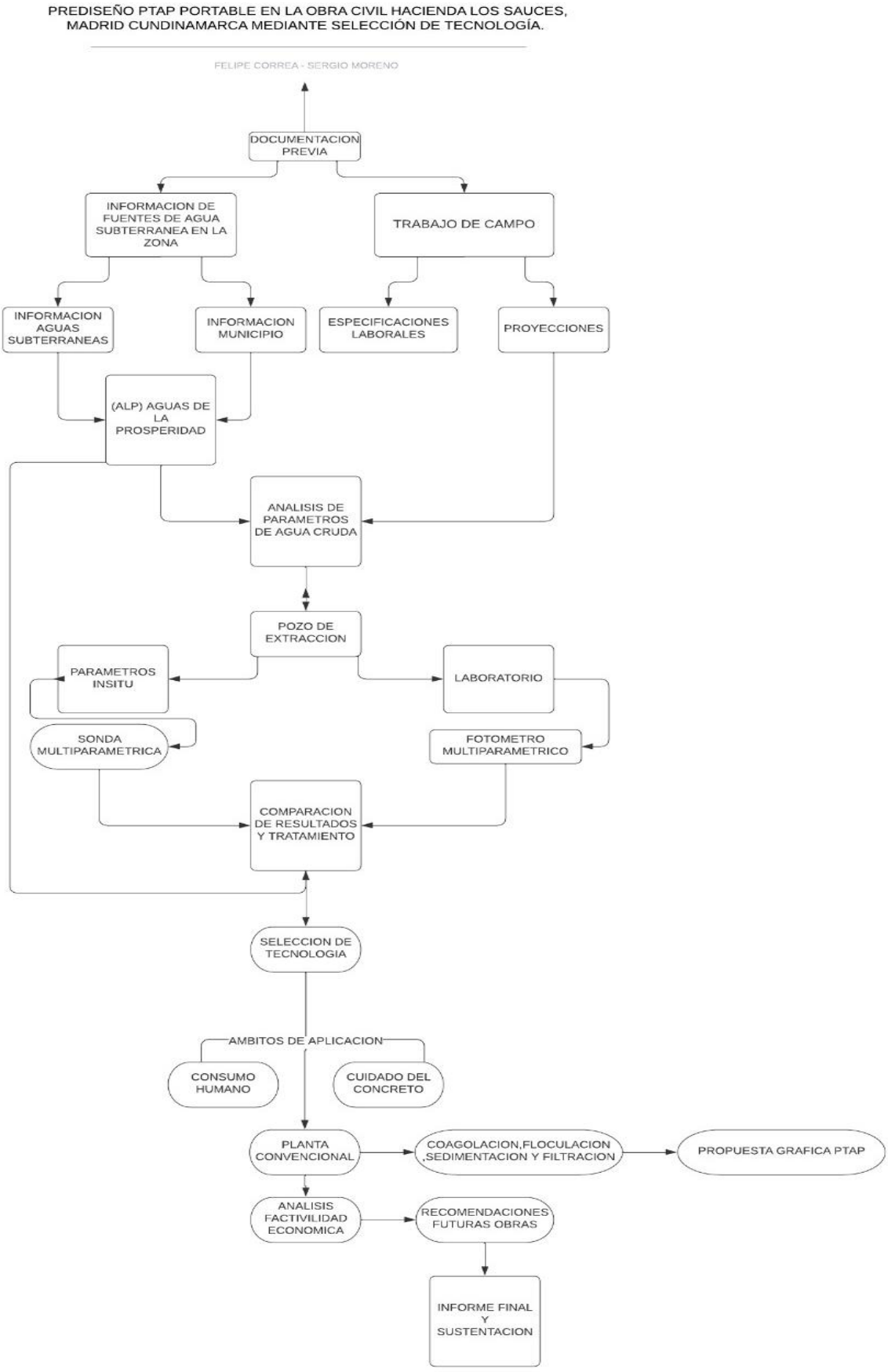

PREDISEÑO PTAP PORTABLE EN LA OBRA CIVIL HACIENDA LOS SAUCES, MADRID CUNDINAMARCA MEDIANTE SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA.
FELIPE CORREA - SERGIO MORENO
DOCUMENTACION PREVIA
INFORMACION DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA EN LA ZONA
TRABAJO DE CAMPO
INFORMACION AGUAS SUBTERRANEAS
INFORMACION MUNICIPIO
ESPECIFICACIONES LABORALES
PROYECCIONES
(ALP) AGUAS DE LA PROSPERIDAD
ANALISIS DE PARAMETROS DE AGUA CRUDA
POZO DE EXTRACCION
PARAMETROS INSITU
LABORATORIO
SONDA MULTIPARAMETRICA
FOTOMETRO MULTIPARAMETRICO
COMPARACION DE RESULTADOS Y TRATAMIENTO
SELECCION DE TECNOLOGIA
AMBITOS DE APLICACION
CONSUMO HUMANO
CUIDADO DEL CONCRETO
PLANTA CONVENCIONAL
COAGOLACION,FLOCULACION ,SEDIMENTACION Y FILTRACION
PROPUESTA GRAFICA PTAP
ANALISIS FACTIVILIDAD ECONOMICA
RECOMENDACIONES FUTURAS OBRAS
INFORME FINAL Y SUSTENTACION

Grafico 1. Diagrama Metodológico

(Fuente Propia)

A continuación, se detalla de una manera general, aunque suficientemente eficaz, cada uno de los procesos desarrollados y se hacen las observaciones pertinentes a las diversas fases. Además, se explica de una manera general, el cómo se logró el propósito inicialmente estipulado.

2.1 DOCUMENTACIÓN PREVIA

Inicialmente se recolecto información académica de diferentes fuentes investigativas relacionadas con el proyecto, en el que se relacionaran con la adecuación de una PTAP en las obras civiles, además se realiza una recopilación de datos referente a las aguas subterráneas presentes en el municipio de Madrid, de igual forma se realizó un análisis previo e investigativo de la zona como: clima, actividades económicas, rutas de acceso, ubicación, e hidrografía del municipio. A través de entidades privadas como ALP (Aguas de la prosperidad) se logró recopilar documentación e informes técnicos, planos y registros fotográficos, de la PTAP usada en la ciudadela la Prosperidad, la información recolectada se emplea para un análisis profundo de manejo de aguas subterráneas y sus posibles tratamientos.

2.2 TRABAJO DE CAMPO

En este apartado se realizó un trabajo de visitas a campo con el fin de recolectar información acerca de las condiciones laborales de la obra como cantidad de trabajadores, tiempo de ejecución de la obra, numero de total de apartamentos al finalizar el proyecto, área de construcción de apartamentos, además se solicitó estudios pertinentes de los pozos presentes en el proyecto, los cuales fueron negados por la constructora AMARILO S.A.S debido a que no se permitió el acceso a la información privada, por ultimo mediante operarios de la constructora se logró establecer que el proyecto conto en el uso del agua del acueducto de Madrid

Cundinamarca a partir del sexto mes de ejecución ya que previo a esta fecha se hacia uso de carro tanques para el suministro de agua en la obra.

2.3 ANÁLISIS ESPACIAL E HIGROLOGICO

Para el desarrollo de este proceso inicialmente se planteó una visita a campo en la obra civil Hacienda los Sauces la cual no se logró desarrollar, debido a que como se mencionó anteriormente no se permitió el acceso a las instalaciones de la obra, por consecuente fue necesario realizar la investigación de fuentes de agua subterránea presentes en el municipio, logrando obtener información, figura 11.

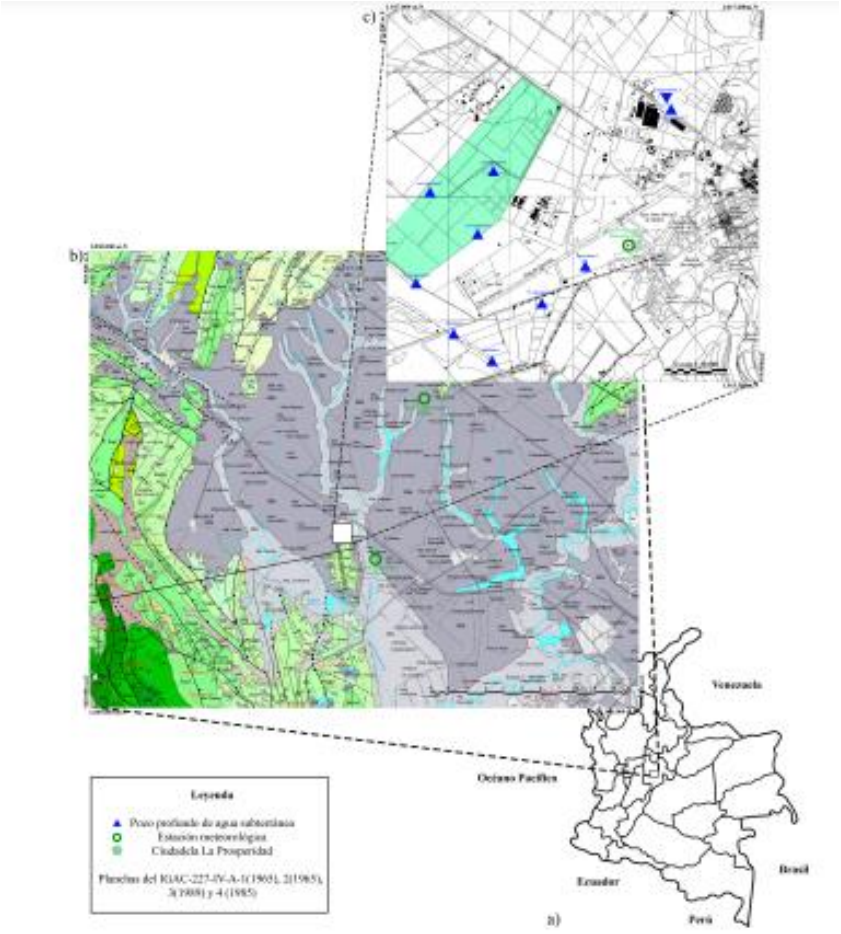


Figura 11. ubicación de la ciudadela La Prosperidad, los pozos de agua subterránea y las estaciones meteorológicas más cercanas indicados en la leyenda

(Rodriguez, 2023)

Este mapa representa los pozos de aguas subterráneas presentes en el área circundante a la empresa privada Aguas de la Prosperidad S.A.S. Como lo menciona (Rodriguez, 2023) “En la presente investigación, se ha delimitado el área de estudio a partir de la presencia de pozos de agua subterránea circundantes a la ciudadela La Prosperidad ubicada en el noroccidente de Madrid, Cundinamarca”.

Debido a que la zona de estudio se encuentra alejada de los pozos exhibidos en la Figura 11, fue necesario recolectar información de manera empírica con los habitantes del barrio el Charquito de Madrid Cundinamarca, ya que es la zona más cercana a la zona de estudio, en donde se logró evidenciar un pozo de agua subterránea pequeño en una propiedad privada de la Señora Isabell Martínez, el cual a través de la herramienta Google Maps se aproxima una distancia entre pozos de 300 m Figura 12.

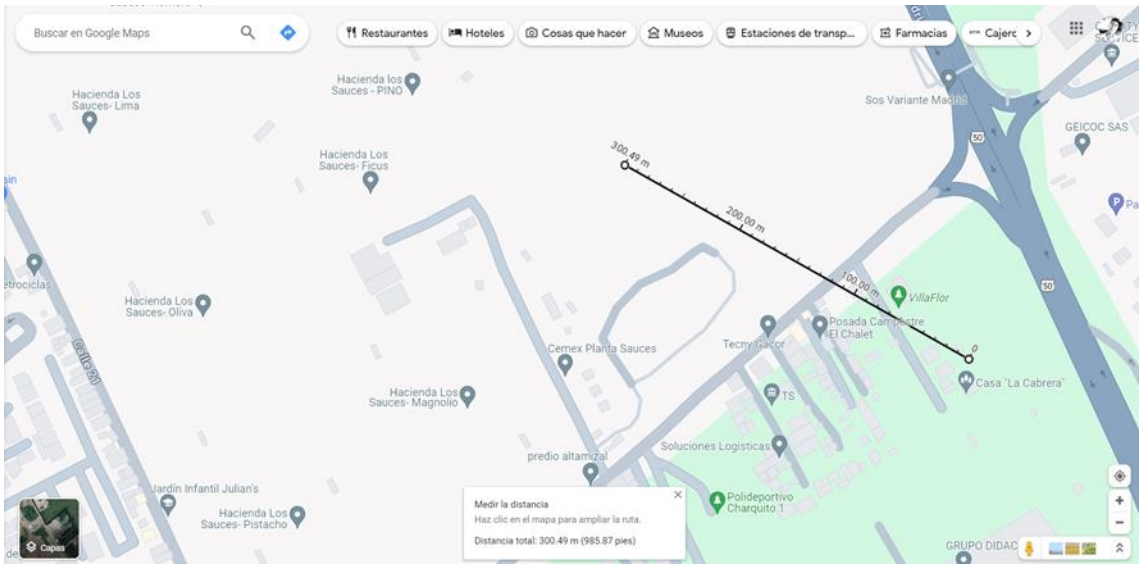


Figura 12. Mapa distancia pozo de estudio-Hacienda los sauces

(Fuente Propia)

continuando el pozo presentaba una perforación para el uso de agua subterránea de 5 pulgadas de diámetro y con una profundidad de 7 metros. Esta información fue relevante para le desarrollo de la propuesta del proyecto.

2.4 ANALISIS DE PARAMETROS DE AGUA CRUDA

Una vez finalizadas las tres primeras etapas, se inició con el proceso de obtención de muestras, para ello como primer paso fue necesario contar con instrumentos que nos permitieran realizar análisis de parámetros IN SITU y de laboratorio, además de realizarse un ensayo de bombeo, el cual permitió determinar niveles de abatimiento.

- **ANALISIS IN SITU:**

Para el análisis in situ se hizo uso de la sonda multiparamétrica la cual nos permitió establecer algunos parámetros como pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura del agua.



Figura 13.Valores obtenidos Sonda Multiparamétrica

(fuente propia)

- **ANALISIS DE LABORATORIO:**

Para los análisis de laboratorio se utilizó una bomba PEDROLLO Pkm60 con un caudal de 30L/s y una tubería de succión de una pulgada con una longitud de 5 metros.

fue necesario trasladar dos muestras iguales en envases transparentes y envases de color ámbar, esta última para evitar alteraciones de la muestra por luminiscencia. Estos análisis se realizan mediante el uso de un fotómetro multiparamétrico y turbidímetro, en la cual se pudieron determinar parámetros como pH, Amoniaco, Aluminio, Molibdeno, Cobre, Nitrito, Nitrato, Acido cianurico, Cromo, Hierro, Yodo y turbidez.



Figura 14. Fotómetro multiparamétrico

(fuente propia)

Estos ensayos nos permiten obtener valores que serán comparados con los requisitos de calidad de agua cruda según a la resolución 0330 del 2017, la cual nos determinara los rangos de potabilización de las características del agua y sus posibles tratamientos.

2.5 COMPARACION DE RESULTADOS Y TRATAMIENTO

Para este apartado se comparó los análisis obtenidos de la empresa privada ALP(Aguas de la prosperidad) con los obtenidos en el trabajo en campo, afín de evaluar si los tratamientos de la PTAP llevados a cabo por Agua de la Prosperidad son funcionales para los parámetros encontrados en pozo de muestra anteriormente mencionado.

2.6 SELECCIÓN DE TECNOLOGIA

El penúltimo paso en la preparación de la propuesta para el Ptap portátil incluyó una evaluación financiera del costo asociado con las mejoras al sistema propuesto. Esto incluye diversos elementos como procesos y costes de diseño, así como el mantenimiento necesario, todo ello integrado en un presupuesto detallado actualizado al año en curso. Esta fase también incluye un análisis comparativo con los sistemas de agua convencionales utilizados en la obra civil de Hacienda Los Sauces, como los camiones cisterna y el acueducto municipal. El objetivo es ofrecer una alternativa viable y rentable que pueda ser considerada en futuros proyectos.

2.7 INFORME FINAL Y SUSTENTACIÓN

En esta ocasión final, se preparó un informe acorde a la envergadura del trabajo efectuado. Dicho informe condensó las actividades llevadas a cabo en las diversas fases del proyecto y compiló los hallazgos y conclusiones más relevantes. Asimismo, se produjeron otros documentos esenciales para la presentación y justificación ante la comunidad académica, así como para la divulgación a otros partícipes interesados.

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

En la presente sección se detalla cada uno de los procesos ejecutados en el ámbito aplicativo; también se muestran los resultados más relevantes. Los primeros incisos son ocupados para resumir la información técnica encontrada; en seguida está el recuento del análisis de información con el respectivo modelamiento de la PTAP, y se concluye con un análisis de factibilidad económica del prediseño.

3.1 PARAMETROS DE AGUA CRUDA

A través de la sonda multiparamétrica se encontraron los siguientes parámetros con los siguientes resultados:

Resultado parámetros Sonda multiparamétrica		
Elementos	**valores**	**Unidades**
PH	6,33	
Oxígeno Disuelto	0,39	mg/l
Conductividad	436	S/cm
Temperatura	16,31	°C

Tabla 6. Resultado parámetros Sonda multiparamétrica

(Fuente Propia)

Posteriormente se extrajeron 3 litros de agua cruda en dos envases trasparentes y un envase de color ámbar para ensayos en laboratorio, mediante el fotómetro se encontraron los siguientes resultados:

Resultado parámetros Fotómetro		
Elementos	**valores**	**Unidades**
PH	6,8	
Amoniaco	5,45	mg/l
Aluminio	0,14	mg/l
Molibdeno	0,06	mg/l
Cobre	0,02	mg/l

Nitrito	0,083	mg/l
Nitrato	9,9	mg/l
Ácido Cianurico	3	mg/l
Cromo	0,057	mg/l
Hierro	0,5	mg/l
Yodo	0	mg/l
Turbidez	1,15	FTU

Tabla 7. Resultado parámetros Fotómetro

(Fuente Propia)

De acuerdo con los datos obtenidos tanto de ALP (Aguas de la Prosperidad) Anexo B, y datos obtenidos en campo Tabla podemos establecer que cuentan con cierta similitud. Con base en esto se identifican las tecnologías utilizadas para la potabilización por parte de ALP, al verificar que cumplen con las normativas de potabilización se deciden realizar un sistema de tratamiento similar.

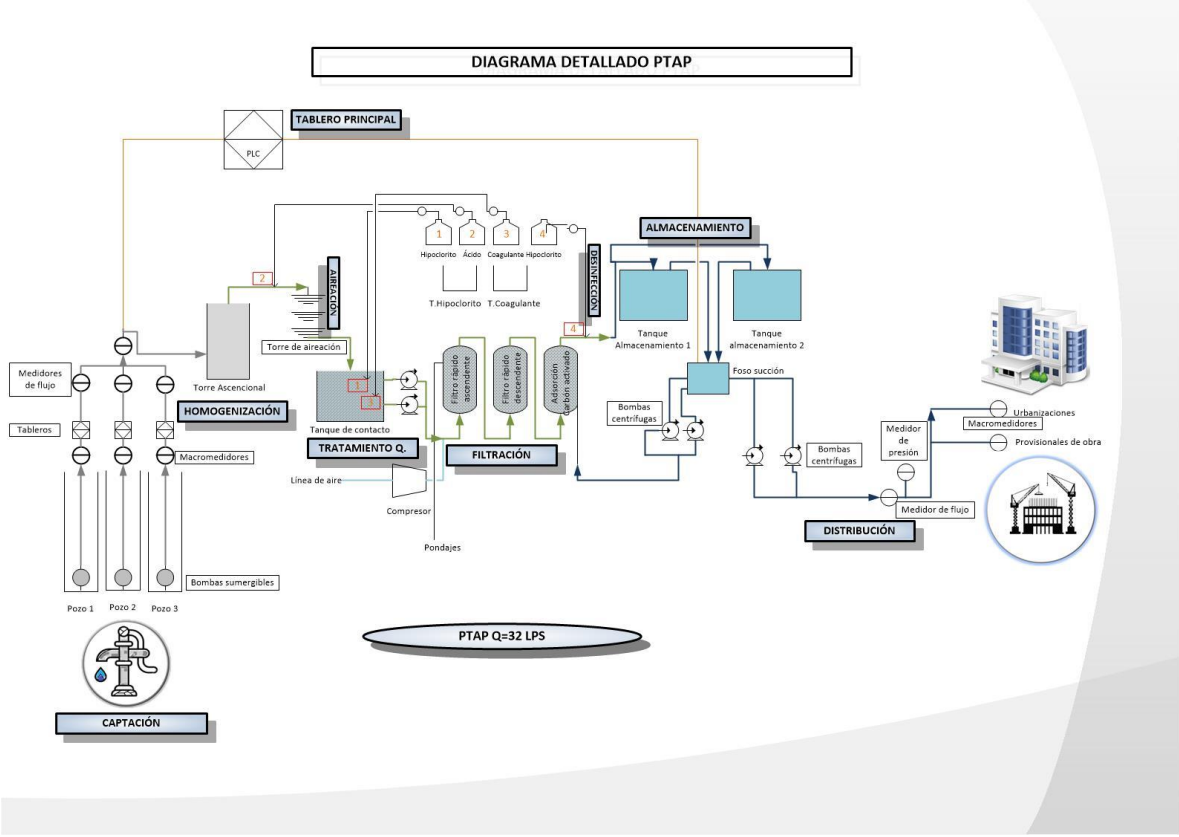


Figura 15. Diagrama de flujo PTAP ALP

(Aguas de la Prosperidad, 2023)

3.1.1 Selección de tecnología

De acuerdo con la información anteriormente presentada los parámetros de agua cruda y la tecnología usada por Aguas de la Prosperidad, se decide realizar un tratamiento de potabilización de planta de tratamiento convencional, el cual consiste en los siguientes procesos: Coagulación, Floculación, Sedimentación y Filtración. Además de un pretratamiento de Aireación el cual es usado comúnmente para aguas subterráneas.

Como primer paso se identifican los ámbitos de aplicación del agua en la obra civil Hacienda los Sauces, los cuales se dividen en dos:

- Componente de consumo humano
- Componente de curado del concreto

3.1.2 Componente de consumo humano

Para el desarrollo del caudal para consumo humano para la obra Hacienda los Sauces se tuvo en cuenta el artículo 43. Dotación neta máxima (tabla 8), según la resolución 0330 del 2017 la dotación de agua por persona al día es:

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)
> 2000 m.s.n.m	120
1000 – 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m	140

Tabla 8. Dotación neta máxima

((MINISTERIO DE VIVIENDA,CIUDAD Y TERRITORIO, 2017)

La altura sobre el nivel del mar de Madrid Cundinamarca Según (Actualización del diagnóstico municipal de Madrid-Cundinamarca) esta entre 2500-2600 por consecuente como se mencionó anteriormente se tendrá una dotación de 120(L/Hab*día):

Madrid = 2554m.s.n.m

$$\frac{1500\ Hab*120\ (\frac{L}{Hab}*dia)}{864005}$$

$$=2.083\mathrm{L/s}$$

3.1.3 Componente curado del concreto

El curado con agua es el método más eficaz para lograr un curado óptimo. Con él podemos usar métodos de inmersión o de aspersión/riego.

Es muy común en la construcción residencial, sobre todo en las losas de azotea o terrazas. En obras de mayores dimensiones, el curado con agua se convierte en un proceso complicado, tanto por el acceso a tanto volumen de agua como por lo intensivo de la mano de obra requerida, además se recomienda el uso de agua potable para el curado del concreto ya que es la mejor opción en cuanto a resistencia como lo menciona (Muhannd waleed, 2021)" la resistencia a la compresión, el modulo de elasticidad y la resistencia a la flexión del hormigón disminuyen debido al curado de las muestras de cimentación por las aguas residuales del hospital y del alcantarillado".

Como lo argumenta (CAPADOR, APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA EN EL DESARROLLO DE OBRA CIVIL, 2017)Tabla 9, por cada metro cubico de curado del concreto se utiliza un volumen Min(l) de 53,72 y volumen Max(l) de 170,31.

TABLA RESUMEN DEMANDA DE AGUA				
ITEM	DESCRIPCIÓN	UM	VOLUMEN MIN (l)	VOLUMEN MAX (l)
1	Mortero 1:2	m^3	250	250
2	Mortero 1:3	m^3	240	240
3	Mortero 1:4	m^3	220	220
4	Mortero 1:5	m^3	182	182
5	Mortero 1:6	m^3	158	158
6	Curado Estructuras en concreto	m^2	9,37	22,57
7	Curado Estructuras en concreto	m^3	53,72	170,31
8	Cortadora de ladrillo	mes	1000	1000
9	Lavado de Herramienta menor	d	94,64	94,64
10	Lavado de llantas (Volqueta o mixer)	Volq	46,56	87,3
11	Provisionales (Sanitario)	Sanit	14,53	18,11
12	lavado de fachadas de ladrillo	m^2	15	22,5
13	Prueba de vetanería	m^2	39,6	66
14	Prueba de cubiertas	m^2	20	100
15	Prueba de estanqueidad tuberías	m	8,1	8,1

Tabla 9. resumen demanda de agua

(CAPADOR, APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA EN EL DESARROLLO DE OBRA CIVIL, 2017)

Con base en la información presentada se es necesario calcular la cantidad en m3 de concreto aproximada presentes en la obra civil Hacienda los Sauces, para lo cual se obtuvo el número total de 41 torres, se dividen en torres de 12 pisos y 6 pisos, se elige un promedio de 10 pisos por torre, los apartamentos van desde los 52m2 de área hasta los 61.21m2 (Amarilo), con base en lo anterior se elige un promedio de 56m2, la altura promedio se estima por apartamento de 2,5m de altura esto según (BROWN, 2019).

Según en la información recolectada se hace una aproximación de la cantidad de concreto empleado en las columnas y muros.

- **COLUMNAS:**

Se asume unas dimensiones de columnas de 70*70 con una altura de 2.50m.

$$0.70 * 0.70 * 2.5 = 1.23m3$$

Suponiendo 4 columnas por apartamento:

$$1.23 * 4 = 4.9m3$$

Asumiendo 4 apartamentos por piso el volumen en metros3 de las columnas para cada torre es:

$$4.9 * 40 = 196m3$$

- **MUROS**

Sabiendo que el área en promedio por apartamento es de 56m2 podemos determinar el perímetro por apartamento:

$$\sqrt[2]{56m2}=7.5\text{m}$$

$$7.5 * 4 = 30m$$

El promedio de espesor de muros (flores, 2019) es de 0.15, con esto se calculó la cantidad de metros3 en muro por apartamento

$$0.15 * 2.5 * 30 = 11.25\text{m3}$$

Para cada torre se calcula la cantidad de concreto en muros

$$11.25 * 40 = 450m3$$

El valor de concreto total usado en muros y columnas por torre corresponde

$$196 + 450 = 646m3$$

Dado que el proyecto cuenta con 41 torres el promedio de concreto usado en total es

$$646 * 41 = 26.486m3$$

De acuerdo con los cálculos realizados y haciendo uso de la tabla 9, podemos estimar la cantidad de litros utilizados para el curado del concreto

$$1m3 - -170.31L$$

$$26.486 - - - L$$

$$L = 4.510.830.66\ L$$

El tiempo de ejecución de la obra es de 7 años, por lo tanto, la cantidad en litros expresada anteriormente corresponde a todo el tiempo de ejecución, para definir el caudal en L/S se efectúa la siguiente operación:

$$\frac{4.510.830.66\ L}{7\ a\tilde{n}os} = 644.404.38 l/a\tilde{n}o$$

Sabiendo que un año consta de 31.557.600 segundos podemos determinar el caudal para el curado del concreto

$$\frac{644.404.38\ l/a\tilde{n}o}{31.556.600\ s} = 0.020 l/s$$

Por ultimo el caudal a utilizar en el curado del concreto para los dos componentes mencionados corresponde a:

$$0.020 l/s\ + 2{,}083 l/s$$

$$= 2{,}103 \frac{l}{s}$$

3.2 SISTEMA DE BOMBEO

Se calcula el caudal de diseño a partir del caudal obtenido en el curado del concreto de 2,103 l/s, para esto se obtiene un caudal medio diario expresado con la siguiente ecuación:

$$Qmd = \frac{2{,}103 \frac{l}{s}}{1 - 0{,}25} = 2{,}804 \frac{l}{s}$$

De acuerdo con el articulo 47 de la resolución 0330 del 2017 se establece que el caudal de diseño para las fuentes de aguas subterráneas corresponde al caudal máximo diario el cual se expresa en la siguiente ecuación:

$$QMD/Qd = 2{,}804 * 1.3 = 3{,}65 \frac{L}{S}$$

Para el cálculo del sistema de bombeo fue necesario además determinar el abatimiento en el pozo de muestra, ya que con esta información se procede a hacer uso de la ecuación de THIEM, para esta última se toma un valor de transmisibilidad de 55 m2/día, ya que es un valor promedio según (Villanueva martinez & Iglesias lopez) Tabla 10, además se hace uso de una distancia entre pozos de 300m como se especifica en el Figura 12 del presente informe. Por ultimo mediante un ensayo de bombe realizado en el pozo de observación, en el cual se obtuvo un abatimiento de 1 metro, con la recolección de estos datos se procede a determinar el abatimiento esperado.

TABLA 1

VALORES DE LA TRANSMISIVIDAD (según autores)

T (m^2/día)	Calificación estimativa	Posibilidades del acuífero
T < 10	Muy baja	Pozos de menos de 1 l/s con 10 m de depresión teórica.
10 < T < 100	Baja	Pozos entre 1 y 10 l/s con 10 m de depresión teórica.
100 < T < 500	Media a alta	Pozos entre 10 y 50 l/s con 10 m de depresión teórica.
500 < T < 1.000	Alta	Pozos entre 50 y 100 l/s con 10 m de depresión teórica.
T > 1.000	Muy alta	Pozos superiores a 100 l/s con 10 m de depresión teórica.

Tabla 10.Valores de transmisividad

(Villanueva martinez & Iglesias lopez)

ECUACION DE THIEM

$$d1 - d2 = \frac{Q}{2\pi T} \ln \frac{r2}{r1}$$

Donde:

D1: Abatimiento pozo observación

D2: Abatimiento esperado pozo de Bombeo

Q: Caudal de diseño

T: Transmisividad

R1: radio tubería pozo de observación

R2: Distancia entre pozos

$$d2 = 8.72\ m$$

Una vez usada la fórmula de Thiem, se encuentra un abatimiento de 8.72 m, además sé que la tubería de succión tenga una profundidad de 1 m mayor que el nivel de abatimiento, con esta información se crea un diagrama que evidencia una aproximación del abatimiento.

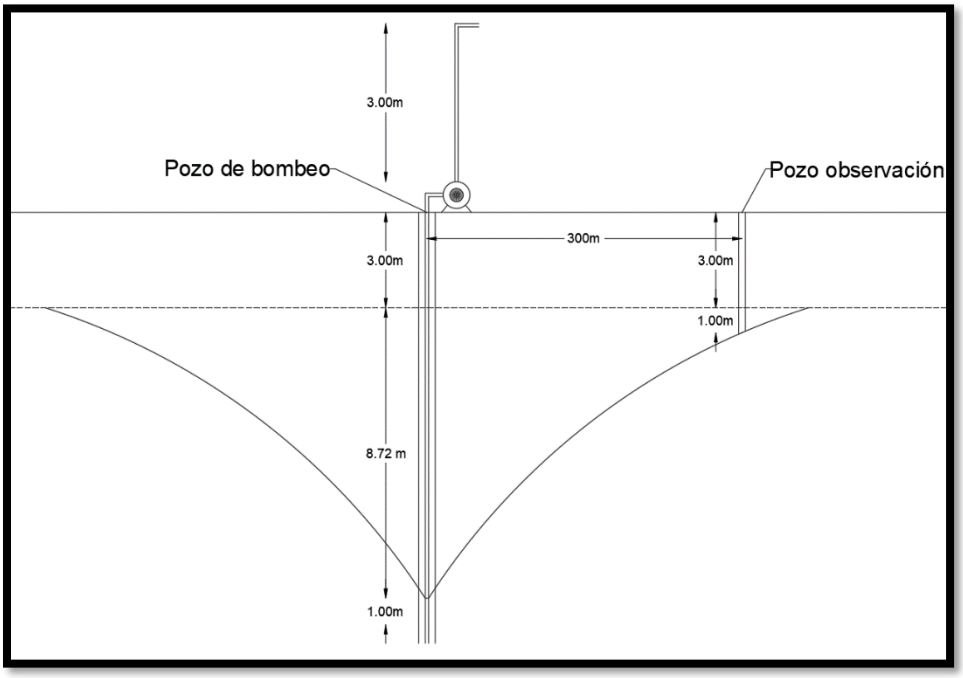


Figura 16. Diagrama de abatimiento.

(Fuente Propia)

Para el calculo del sistema de bombeo se propone una altura de 3 m, para la tubería de descarga, y ya que el nivel de abatimiento es de 8.74 m, se propone una tubería de succión de 12.72 m. con la información anterior y el diagrama propuesto se procede a realizar calculo del diámetro de la tubería descarga.

Para las tuberías de descarga se recomienda una velocidad de flujo de 0.5-2 m/s, para este caso se elije 1.5 m/s

$$Qd = 3.65\ l/s$$

$$Qd = 0.00365\ m3/s$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}}$$

$$D = 0.0557\ m = 2.2\ plg$$

El diámetro próximo comercial para tuberías de PVC corresponde a 2.5 plg, con este ultimo diámetro se verifica la velocidad del flujo para que se encuentre entre los rangos de 0.5-2 m/s.

$$V = \frac{4 * Q}{\mu * D^2}$$

$$V = 1.15 \frac{m}{s}$$

A continuación se realizan los mismos cálculos para la tubería de succion y se encuentran los siguientes resultados.

Para la tubería de succión se recomiendan velocidades de 0.5-1 m/s, para este caso se elije 1 m/s.

$$D = 0.0681\ m = 2.68\ plg$$

El diámetro próximo comercial para tuberías de PVC corresponde a 3 plg, con este ultimo diámetro se verifica la velocidad del flujo para que se encuentre entre los rangos de 0.5-1 m/s.

$$V = 0.80\ m/s$$

Para el cálculo de la bomba necesaria, es necesario determinar las perdidas por fricción y accesorios en la tubería de descarga y de succion, para las perdidas por fricción se hace uso de la formula de Darcy-Weisbach.

$$Hf = F * \frac{L * V^2}{2 * g * D}$$

Para determinar el factor de fricción, se implementa la ecuación de Colebrook-White.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log(\frac{\frac{\varepsilon}{D}}{3.71} + \frac{2.51}{Re * \sqrt{f}})$$

Como se evidencia se calcula el numero de Reynols, para lo cual se usa la siguiente formula.

$$Re = \frac{D * p * V}{\mu}$$

$$Re = 67612.662$$

$$f = 0.01965$$

$$Hfdescarga = 0.1048\, m$$

$$Hfsuccion = 0.1243\, m$$

Para las perdidas secundarias se tiene en cuenta los accesorios a utilizar, para la tubería de descarga se tiene optaron por los siguientes accesorios, 1 válvula de compuerta, válvula de retención, y 2 codos de 90 grados, mientras que para la tubería de descarga se optaron por los siguientes accesorios, 1 válvula de pie, y un codo de 90°.

$$hf = k * \frac{V^2}{2G}$$

Para determinar el coeficiente k, se hace uso de la siguiente tabla.

Pieza, conexión o dispositivo	K_i
Rejilla de entrada	0.80
Válvula de pie	3.00
Entrada cuadrada	0.50
Entrada abocinada	0.10
Entrada de borda o reentrada	1.00
Ampliación gradual	0.30
Ampliación brusca	0.20
Reducción gradual	0.25
Reducción brusca	0.35
Codo corto de 90°	0.90
Codo corto de 45°	0.40
Codo largo de 90°	0.40
Codo largo de 45°	0.20
Codo largo de 22° 30'	0.10
Tee con flujo en línea recta	0.10
Tee con flujo en ángulo	1.50
Tee con salida bilateral	1.80
Válvula de compuerta abierta	5.00
Válvula de ángulo abierta	5.00
Válvula de globo abierta	10.0
Válvula alfalfera	2.00
Válvula de retención	2.50
Boquillas	2.75
Controlador de gasto	2.50
Medidor Venturi	2.50
Confluencia	0.40
Bifurcación	0.10
Pequeña derivación	0.03
Válvula de mariposa abierta	0.24

Tabla 11. Valores de transmisividad

(Jiménez S. , 2017)

$$hf\ descarga = 0.630\ m$$

$$hf\ succion = 0.127\ m$$

Con estas perdidas de accesorios y por fricción podemos determinar las perdidas totales.

$$HFtotales = 0.734\ m$$

Por último se determina la altura manométrica total (HB), mediante la ecuación de Bernoulli.

$$\frac{P1}{\varphi} + \frac{V^2}{2G} + z1 + HB = \frac{P2}{\varphi} + \frac{V^2}{2G} + z2 + HF$$

$$HB = Z2 - Z1 + HF$$

$$HB = 16.79\, m$$

Se realizo un análisis con esta altura manométrica (HB), para una bomba de superficie, la cual arrojo resultados de alto riego de cavitación debido a la altura de succión de 12.72 m, es por esto que se opta por explorar una opción con bombas sumergibles encontrando lo siguiente.

Para seleccionar la bomba debemos construir la curva característica cambiando los valores de caudal, la cual nos representa la siguiente tabla.

Caudal l/s	Caudal l/min	Altura *manométrica*
1	60	15.86
2	120	16.02
3	180	16.30
4	240	16.68
5	300	17.18
6	360	17.78
7	420	18.5
8	480	19.33
9	540	20.27
10	600	21.31

Tabla 12. Valores curva característica

(Fuente propia)

A través de la empresa PREDOLLO.COM, se busca bombas sumergibles que se aproximen a los valores expresados en la tabla y se tabulan los valores de caudal y altura manométrica.

Caudal l/min	Altura manometrica
0	38
50	36
100	32
150	28
200	22
250	15
300	8

Tabla 13. curva característica Bomba 4SR60G/15

(PEDROLLO, 2024)

Con estos valores se crea una gráfica de las curvas características, expresándose en azul la curva característica diseñada y en rojo la curva característica ofrecida por las bombas sumergibles de la compañía PEDROLLO.

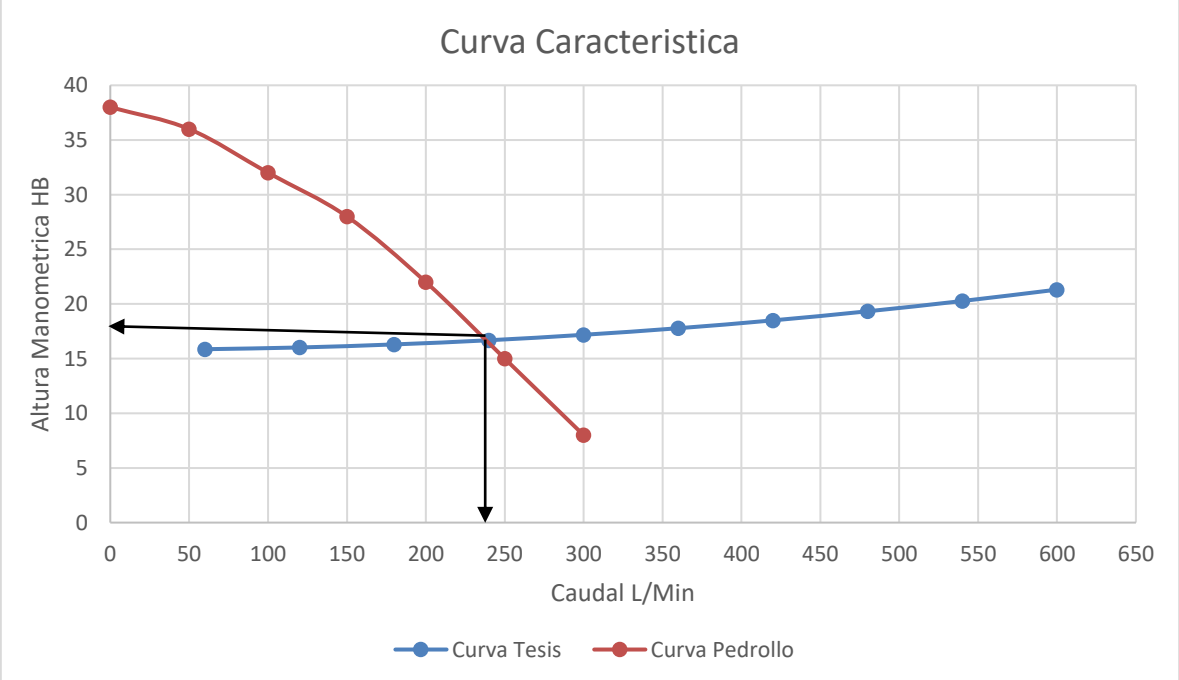


Grafico 2. Curva Característica.

(Fuente Propia)

Podemos evidenciar mediante la gráfica que el punto de intersección entre las 2 curvas se encuentra aproximadamente entre 17 m de altura manométrica y 240 l/min, lo cual se aproxima mucho a nuestros requerimientos, Ademas mediante la curva característica de la bomba, encontrada en la pagina oficial de la empresa PEDROLLO se evidencia que para este caso se está cumpliendo aproximadamente el máximo punto de eficiencia de la bomba según la siguiente tabla.

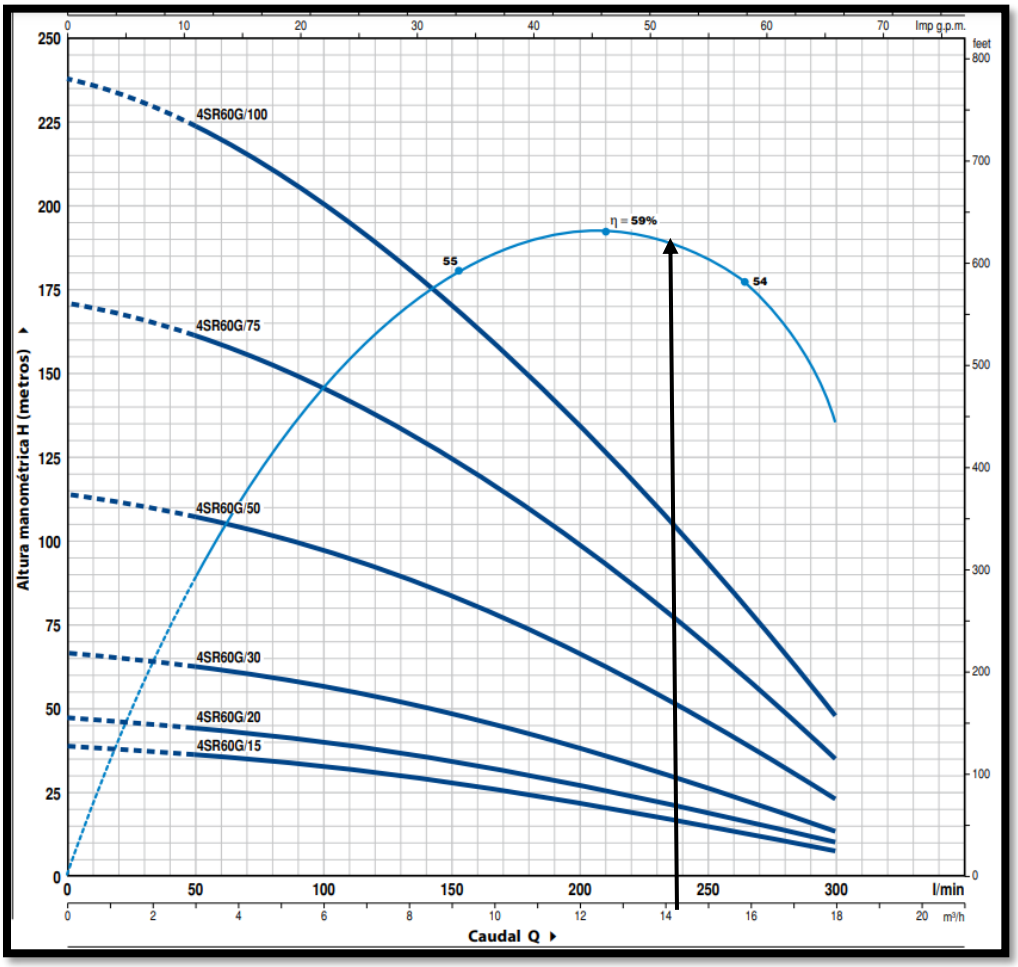


Grafico 3 Curva característica Bomba 4SR60G/15

(PEDROLLO, 2024)

Esta información nos permite evidenciar que la bomba modelo 4SR60G/15 de la empresa PEDROLLO S.A, es la mejor opción para escoger

BOMBA SUMERGIBLE.



ELECTROBOMBAS SUMERGIDAS DE 4"

CAUDAL: HASTA 450 L/MIN

ALTURA MANOMÉTRICA: HASTA 506 M

TEMPERATURA DEL LÍQUIDO HASTA +35 °C

POTENCIA: 1.1 KW

EMPRESA: PEDROLLO COLOMBIA

3.3 PRE-TRATAMIENTO AIREACION

Se selecciona un sistema de aireación debido a que encontramos valores menores a 4 mg/l de oxigeno disuelto y con presencia de hiero de más de 0.3 mg/l, lo cual son valores no aceptados por la resolución 2115 del 2017 (Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007), y la tecnología de tratamiento propuestas en el articulo 109 de la resolución 0330 del 2017 es la aireación. El aireador de bandejas múltiples nos proporciona facilidad de montaje y desmontaje, además de ser un sistema compacto, es por esto por lo que se adecua y elige como sistema de pretratamiento.

Para el diseño de la torre de aireación de bandejas múltiples este está compuesto por varias bandejas que tienen ranuras en su base. Estas ranuras facilitan el flujo

del agua a través de ellas por gravedad. Durante este proceso, el agua tiene un período de exposición al aire, lo que permite que se modifique la concentración de sustancias volátiles presentes en el agua no tratada.

Para este diseño se tiene en cuenta los parámetros de referencia según la Resolución 0330 del 2017

Parámetro	Valor
Carga hidráulica	500 – 1500 m/d
Altura total	1,2 – 3,0 m
Número de bandejas	3 – 9
Distancia entre bandejas	0,3 – 0,5 m

Tabla 14. parámetros de referencia de diseño de aireadores de bandeja múltiple

(MINISTERIO DE VIVIENDA,CIUDAD Y TERRITORIO, 2017)

$$QMD = 2{,}804 * 1.3 = 3{,}65 \frac{L}{S}$$

$$Qd = 0{,}00365 \frac{m3}{s}$$

$$Qd = 315.36 \frac{m3}{dia}$$

Se determinó el área total de bandejas:

$$At = \frac{315.36 \frac{m3}{dia}}{1500} = 0.21\ m2$$

Se obtiene el área de cada bandeja

$$Ab = \frac{At}{n}$$

n=Numero de bandejas

$$Ab = \frac{0.21\ m2}{3} = 0.07\ m2$$

Cada bandeja será cuadrada por tanto se determina la longitud de cada lado, con la raíz cuadrada del área

$$Lb = \sqrt{0.07} = 0.26\ m$$

Se aproxima la longitud de bandejas a 0.3 m, se verifica la carga hidráulica de 0.3 m por cada lado, cumpla con la carga hidráulica

$$Ab = 0.09\ m2$$

$$At = 0.27\ m2$$

$$CH = \frac{Qd}{At}$$

$$CH = \frac{315.36}{0.27} = \frac{1.166.46m}{dia}$$

La carga hidráulica cumple con los valores especificados en la resolución 0330 de 2017.

El Tiempo de exposición se calcula por medio de la ecuación de Caída Libre, teniendo en cuenta que la velocidad inicial o a la salida de cada bandeja es 0:

$$y = \frac{gt2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2y}{g}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2y}{g}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 * (0{,}3m)}{9{,}8\ m/s2}}$$

$$t = 0{,}25 * 3$$

$$t = 0{,}75\ seg$$

Para establecer la cantidad de orificios por bandeja, se debe tener en cuenta que el diámetro de orificios está entre 5 – 12 mm y la separación entre orificios debe ser de 2,5 cm.

Conociendo estos datos se escogió que el diámetro de los orificios sea de 5 mm, de esta forma la cantidad de orificios por fila y columnas serán 11, para un total de 121 orificios por bandeja.

Se determinó la velocidad de desalojo del agua por los orificios de las bandejas de la siguiente forma.

$$Ao = n\,\pi\,\frac{d2}{4}$$

$$Ao = 121 * \pi\,\frac{(0{,}005)2}{4} = 0{,}00237m2$$

$$Vo = \frac{Qd}{Ao}$$

$$Vo = \frac{0{,}00365\,m3/\,s}{0{,}00237\,m2} = 1{,}54m/s$$

A continuación, se presentará el esquema del diseño para el aireador de bandejas, en donde se utilizará en cada bandeja un lecho de coque el cual tendrá un espesor de 5cm, en el cual se tendrá en cuenta un diámetro de 4cm con el fin de mejorar la eficiencia para el intercambio de gases y la distribución del agua.

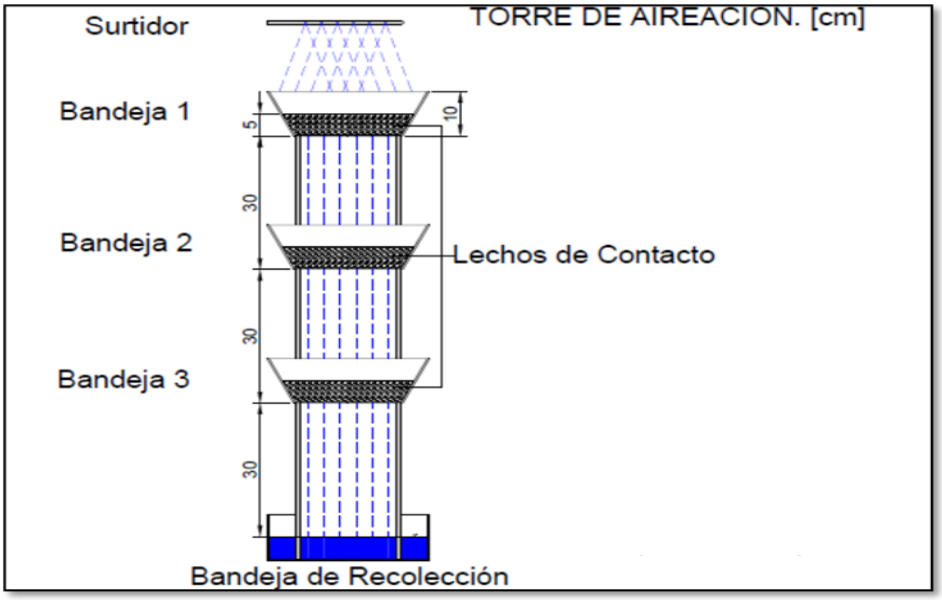


Figura 17. Diseño aireador de bandejas

(Fuente Propia)

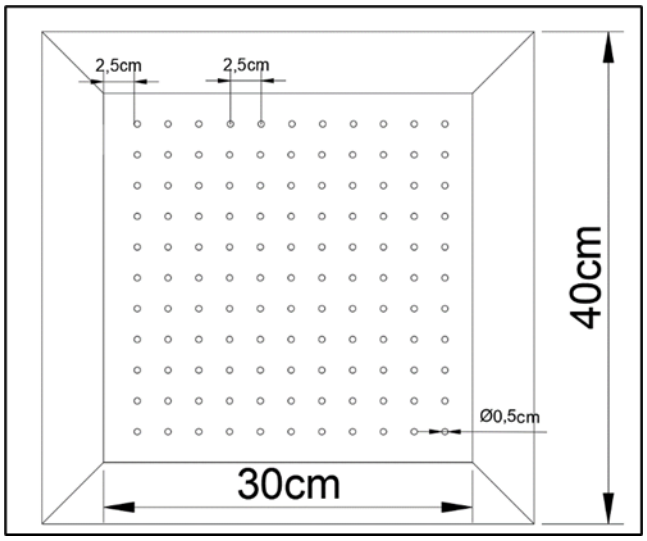


Figura 18. Distribución de orificios de bandejas

(Fuente Propia)

3.4 COAGULACION

VERTEDERO RECTANGULAR

Para la mezcla rápida se decide como primera opción emplear un vertedero rectangular, El vertedero rectangular usado como aforador y mezclador rápido, busca la dispersión homogénea del coagulante en toda la masa del agua cruda, para alcanzar este objetivo se desea que el resalto hidráulico que se produce a continuación de la caída libre del agua, cumpla con las condiciones de turbulencia que le permita al coagulante mezclarse con el agua a tratar. Después de pasar la torre de aireación, un canal conduce el agua a tratar hacia el vertedero rectangular donde se producirá el proceso de coagulación.

Para este diseño se tiene en cuenta los parámetros de referencias dictados por la resolución 0330 del 2017,los cuales se expresan en la Grafico 4 y en la Tabla 15.

Parágrafo 1°. En el caso en que se utilice un resalto hidráulico como mezclador rápido, el criterio que se requiere cumplir será la estabilidad del resalto hidráulico indicado en el parámetro de diseño del Número de Froude, que debe estar comprendido en el intervalo de 4,5 a 9.

Grafico 4. parámetros vertedero rectangular

. (MINISTERIO DE VIVIENDA,CIUDAD Y TERRITORIO, 2017)

Tipo de mezclador	Rango de Gradiente de velocidad medio	Tiempo de mezcla
Hidráulico	1000 s-1 – 2000 s-1	< 1 s
Mecánico	500 s-1 – 2000 s-1	< 60 s

Tabla 15. parámetros vertedero rectangular.

(MINISTERIO DE VIVIENDA,CIUDAD Y TERRITORIO, 2017)

Como primer paso se asume un ancho de canal de 0.1 m (B), para determinar el caudal unitario mediante la siguiente formula,

$$Qd = 3.65\ l/s$$

$$Qd = 0.00365\ m3/s$$

$$q = \frac{Q}{B}$$

$$q = 0.0364\ \frac{m^2}{s}$$

A continuación se determina la carga hidráulica disponible, mediante la siguiente ecuación.

$$H = 0.67 * q^{2/3}$$

$$H = 0.0736\ m$$

Determinamos posteriormente el tirante crítico.

$$Hc = \sqrt[3]{\frac{q^2}{G}}$$

$$Hc = 0.051\, m$$

Cuando hay resalto la profundidad del agua en la sección 1 debe estar relacionada con la profundidad crítica.

$$H1 = \frac{\sqrt{2} * Hc}{\sqrt{\frac{P}{Hc} + 2.56}}$$

$$H1 = 0.018\, m$$

La velocidad en este tramo esta expresada por.

$$V1 = \frac{q}{H1}$$

$$V1 = 1.982\ {}^{m}/_{s}$$

A continuación se verifico el numero de Froude, ya que este se debe encontrar entre 4.5, y 9 para que obtengamos un salto estable.

$$Fr1 = \frac{V1}{\sqrt{G * H1}}$$

$$Fr1 = 4.66$$

La profundidad después del resalto se encuentra relacionada con h1, de esta forma determinamos h2, la cual será la profundidad después del resalto.

$$H2 = \frac{H1}{2} * \left(\sqrt{1 + 8 * Fr^2} - 1\right)$$

$$H2 = 0.113m$$

De igual forma verificamos la velocidad para este instante

$$V2 = \frac{q}{H2}$$

$$V2 = 0.33\ {}^{m}/_{s}$$

Posteriormente determinamos el número de froude, el cual debe presentar un cambio de régimen.

$$Fr2 = \frac{V1}{\sqrt{G * H1}}.$$

$$Fr2 = 0.308$$

El numero de Froude se encuentra en un régimen subcrítico, por lo tanto cumple con los requerimientos técnicos.

Se determinan las dimensiones del resalto, primero se calcula la longitud del resalto (Lr) y la distancia Lc mediante la siguiente formula.

$$Lr = 6 * (H1 - H2)$$

$$Lr = 0.56\ m$$

$$Lc = 4.3 * P * ({}^{Hc}/_{p})^{0.9}$$

$$Lc = 0.285\ m$$

Se calcula la perdida de energía (Hp).

$$Hp = \frac{(H2 - H1)^2}{4 * (H2 * H1)}$$

$$Hp = 0.101m$$

Conociendo la velocidad de mezcla y la longitud del resalto, se puede hallar el tiempo de mezcla (T).

$$T = \frac{2 * Lr}{V1 + V2}$$

$$T = 0.490\ s$$

Determinamos el gradiente de Velocidad, el cual debe estar en valores entre 1000 s-1 y 2000 s-1.

$$Gr = \sqrt{\frac{\gamma w * Hp}{\mu * T}}$$

$$Gr = 1366.967\ S^{-1}$$

Por último, se calcula la altura de agua en el vertedero, mediante la ecuación de cresta delga.

$$H3 = (\frac{Q}{1.84 * B})^{2/3}$$

$$H3 = 0.073\ m$$

DISEÑO VERTEDERO RECTANGULAR.

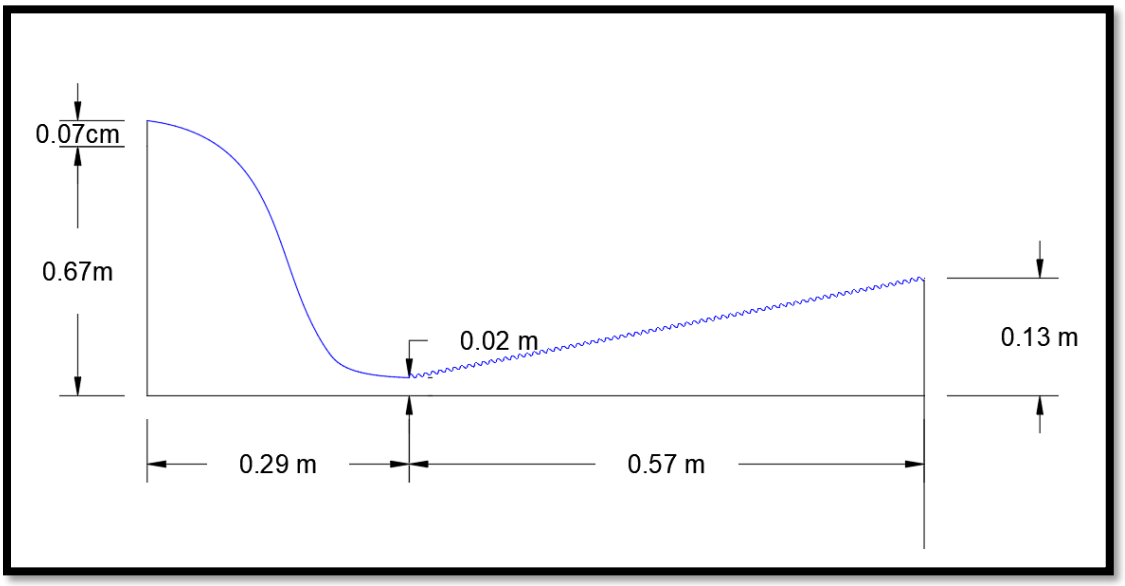


Figura 19. Diseño vertedero

(Fuente Propia)

3.4.1 DOSIFICACION DE CUAGULANTE

Para determinar la dosis de coagulante optimo se debe realizar ensayos experimentales como, el ensayo de jarra o Jar Test. Ya que no fue posible realizar los ensayos experimentales necesarios, se realiza una aproximación del caudal de del coagulante mediante los parámetros usados por ALP (Aguas de la Prosperidad), los cuales utilizan hidroxicloruro de aluminio 10 ppm para un caudal de 32 l/s, con una concentración del 2% de almacenamiento.

Mediante una relación de proporciones se determina el caudal necesario a añadir, manteniendo la misma cantidad de coagulante de 10 ppm.

$$C1 = 2\% = 20000\,\frac{mg}{l}$$

$$Q1 = ?$$

$$Q2 = (3.65\,{}^{l}/_{s} + Q1)$$

$$C2 = 10\,{}^{mg}/_{l}$$

$$20000\,{}^{mg}/_{l} * Q1 = \left(3.65\,{}^{l}/_{s} + Q1\right) * 10\,{}^{mg}/_{l}$$

$$Q1 = 0.00182\ l/s$$

$$Q1 = 1.82\,\frac{ml}{s}$$

Para agregar esta dosis en la coagulación se emplea una bomba dosificadora que cumpla con el caudal requerido. Mediante cotizaciones se llega a la siguiente bomba.



BOMBA DOSIFICADORA STEIEL SERIE NOVA NSE 150 0220
FRECUENCIA AJUSTAABLE DE 1 A 180 GOLPES/MINUTO
VOLUMEN DE INYECCION 1.08 ML
CAUDAL 11.7 L/H
PRESION DE TRABAJO 0.5 BAR
EMPRESA INTEGRADOR WT

3.5 MEZCLADOR CONICO

La finalidad del coagulador o cono de mezcla, es generar una mezcla rápida entre un agente químico (coagulante: Hidroxicloruro de aluminio) y el agua, de tal manera que se neutralicen las cargas de coloides y se dé inicio al proceso químico de la planta.

A continuación, se presentan los parámetros de diseño para un mezclador cónico.

PARÁMETRO	RANGO	UNIDAD
Velocidad de entrada	0.015 -0.030	m/s
Gradiente de velocidad	700 -1000 / 1000 – 2000	s^{-1}
Tiempo de retención	30 -90	s
Borde libre	0.2 – 0.3	m
Relación diámetro superior e inferior	15	%

Tabla 16. Parámetros de diseño para cono de mezcla

(LIÑAN CAMACHO & SÁNCHEZ VILLAVICENCIO , 2015).

Como primer paso determinamos el diámetro superior (Ds), haciendo uso del caudal Q 3.65l/s, y una velocidad de 0.02 m/s.

$$Qd = 3.65\ l/s$$

$$Qd = 0.00365\ m3/s$$

$$Ds = \sqrt{\frac{4 * Qd}{V * \pi}}$$

$$Ds = 0.482\ m$$

A través de la relación expresada en la Tabla 16 se puede obtener el diámetro inferior.

$$Di = 0.15 * Ds$$

$$Di = 0.072\ m$$

Se determina a continuación el volumen del cono de mezcla, asumiendo un tiempo de retención (Tr) de 60 s, el cual se encuentra entre el régimen de la Tabla 16.

$$Vo = Q * Tr$$

$$Vo = 0.219\ m3$$

A partir del volumen (Vo), y el diámetro superior (Ds), encontramos la altura para el mezclador cónico (H).

$$H = \frac{4 * Vo}{\pi * Ds^2}$$

$$H = 1.2\ m$$

Posteriormente determinamos la generatriz (G), la cual será necesario para determinar el área lateral del cono (Al), como el área total (At).

$$G = (Ds^2 + H^2)^{1/2}$$

$$G = 1.293m$$

$$Al = \pi * \frac{Ds}{2} * G$$

$$Al = 0.978\, m2$$

$$At = Al + (\pi * Ds^2)$$

$$At = 1.708\, m2$$

3.5.1 Diseño mezclador cónico

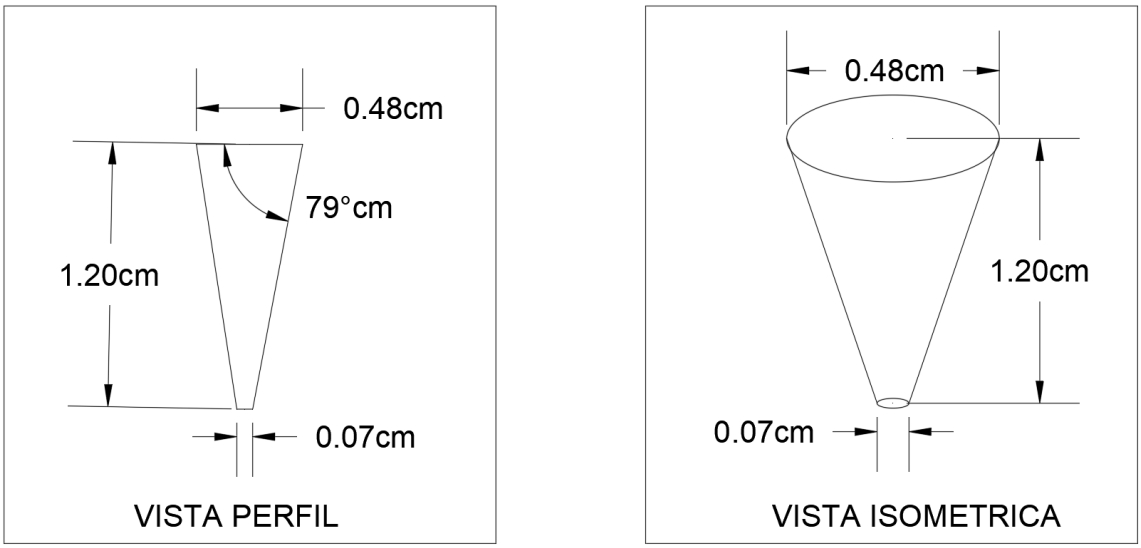


Figura 20. Diseño Mezclador cónico

(Fuente Propia)

Para la construcción del mezclador cónico se recomienda el uso de acero inoxidable, debido a que el coagulante es altamente corrosivo.

4.1 FLOCULADOR MECÁNICO DE EJE VERTICAL.

Se determino que para la mezcla lenta se trabajara con mezclador mecánico, ya que se desea que la planta tenga el menos espacio posible, y los floculadores hidráulicos pueden ser de mayores dimensiones comparados con el mecánico.

Los parámetros de diseño para los floculadores dictados por la resolución 0330 del 2017 se establecen tiempos de retención hidráulica de 20 a 40 minutos, además se especifica que el gradiente de velocidad debe oscilar entre 70s-1 y 10-s1, cuyo gradiente medio del proceso será de 40 s-1, por ultimo se deben garantizar 3 zonas de floculación. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Como primer paso determinamos los caudales que se presentaran en cada una de las 3 cámaras (Qc) mediante la siguiente expresión.

$$Qd = 3.65\ l/s$$

$$Qd = 0.00365\ m3/s$$

$$Qc = \frac{Qd}{3}$$

$$Qc = 1.217\ {}^{l}/_{s}$$

Se determina el volumen total del floculador (Vt) y el volumen de cada cámara (Vc), haciendo uso del caudal (Qd) y el tiempo de retención (Tr), el cual se asume de 30 min, ya que se encuentra entre el régimen especificado por la resolución 0330 del 2017.

$$Vt = Qd * Tr$$

$$Vt = 6.6\ m3$$

$$Vc = Qc * Tr$$

$$Vc = 2.2\ m3$$

Se realiza posteriormente el calculo de las dimensiones de las cámaras, para esto se asume una profundidad efectiva de 1.5m (Pe), la cual debe ser menor de 5 m (bernarndo, 2006), además se determina que las cámaras de forma geométrica cuadrada.

A partir de estos parámetros se calcula el área de cada cámara (Arc).

$$Arc = \frac{Vc}{Pe}$$

$$Arc = 1.5\ m2$$

Ancho (Ac) y lado de cada cámara (Lc).

$$Ac = \sqrt{Arc}$$

$$Ac = 1.21\ m = Lc$$

Se elije un borde libre de 0.3 m ya que es una medida estándar de borde libre para los floculadores.

Para determinar el largo de las paletas (Lp), se asume que estas serán del 80% de la profundidad efectiva (Pe), Entonces

$$Lp = 0.80 * Pe$$

$$Lp = 1m$$

El ancho de las paletas (Ap) se determina de 0.1 m, ya que se encuentra entre los regímenes establecidos por (bernarndo, 2006) de 0.1 y 0.3 m, de la misma forma se elije una distancia entre paletas (Dp) de 0.15 m, ya que (bernarndo, 2006) nos especifica que esta distancia debe ser mayor de 0.1 m, además se plantea 2 brazos por conjunto(Bpc) , al igual que 2 paletas por brazo(Ppb).

Con base en la información anterior obtenemos el área de las paletas (Arp) a través de la siguiente expresión.

$$Arp = Lp * Ap * (Ppb)$$

$$Arp = 0.20m2$$

Como siguiente paso es necesario determinar el coeficiente de arrastre (Cd), para lo cual es necesario contar con la relación entre largo y ancho de las paletas, además de hacer uso la Tabla 17.

C_D	Longitud de la Paleta/Ancho de la Paleta
1,16	1
1,20	5
1,50	20
1,90	∞

Tabla 17.Coeficiente de arrastre

(CÁRDENAS GUZMÁN, 2017)

$$Relacion = \frac{Lp}{Ap}$$

$$Relacion = 10$$

$$Cd = 1.29$$

El diámetro del rotor (Dr) se recomienda de 80% o 90% del lado de la cámara (bernarndo, 2006).

$$Dr = Lc * 0.90$$

$$Dr = 1.087\ m$$

La distancia entre el fondo de la cámara y las paletas se recomienda entre 0.15 – 0.5 m (bernarndo, 2006).

Ya que contamos con 2 paletas por brazo, se encuentra el radio de cada una de las paletas (Rp), para luego despejar la potencia total disipada por brazo (PTb), para esto haremos uso de las siguientes expresiones.

$$Rp = \frac{(Dr - Ap)}{2}$$

$$PTb = 5.85^{-5} * \gamma * Cd * n^3 * (1-k)^3 * Arp * Rp^3$$

Paleta #2

$$Rp1 = 0.49$$

Paleta #1

Para determinar el radio de la paleta #1, se restara el ancho de las paletas (Ap) y la distancia entre paletas (Dp) al radio de la paleta #2. Resolviendo la mencionada diferencia obtendremos.

$$Rp2 = 0.24m$$

$$PTb = 0.008 * n^3$$

Haciendo uso de la Tabla 18, encontraremos la potencia máxima (Pmax) y potencia mínima (Pmin) disipada por el agitador.

Tipo de agitador	Tipo de Relacion	
	1 Paleta	Todas las paletas
Con 1 brazo y 1 paleta	2.70	3.30
Con 1 brazo y 2 paleta	2.30	2.90
Con 1 brazo y 3 paleta	2.05	2.75
Con 1 brazo y 4 paleta	1.64	2.36

Tabla 18. Relación potencia para agitadores

(bernarndo, 2006)

$$Pmax = PTb * 2.90$$

$$Pmax = 0.024 * n^3$$

$$Pmin = PTb * 2.30$$

$$Pmin = 0.019 * n^3$$

Estas potencias mínimas y máximas resultan en función de (n), lo cual corresponde a la rotación del agitador, los gradientes (G) se adoptaron de 60 s-1 para la primera cámara, 40 s-1 para la segunda cámara y 20 s-1 para la tercera y ultima cámara, estos cumplen los requisitos de la resolución 0330 de 2017 para un gradiente medio de 40 s-1 expuesto anteriormente.

Para encontrar la rotación del agitador (n), haremos uso de la formula de potencia total (Pt), y luego verificaremos que las velocidades tangenciales (Vt), esta ultima debe ser menor a 0.9 m/s (bernarndo, 2006) en cada cámara, a través de las siguientes ecuaciones.

$$Pt = \mu * Vc * G^2$$

$$nmax = \sqrt[3]{\frac{Pt}{Pmin}}$$

$$nmin = \sqrt[3]{\frac{Pt}{pmax}}$$

$$Vt = \frac{2\pi * \left(\frac{Dr}{2}\right) * N}{60}$$

Cámara #1

$$Pt = 8.621\, n\frac{m}{s}$$

$$nmax = 7.64\, rpm = 8\, rpm$$

$$nmin = 7.07\, rpm = 7\, rpm$$

$$Vt = 0.46\, m/s$$

Cámara #2

$$Pt = 3.832\, n\frac{m}{s}$$

$$nmax = 5.83\, rpm = 6\, rpm$$

$$nmin = 5.40\ rpm = 5\ rpm$$

$$Vt = 0.34\ m/s$$

Cámara #3

$$Pt = 0.958\ n\frac{m}{s}$$

$$nmax = 3.67\ rpm = 4\ rpm$$

$$nmin = 3.40\ rpm = 3\ rpm$$

$$Vt = 0.23\ m/s$$

4.1.2 Diseño floculador y Agitador

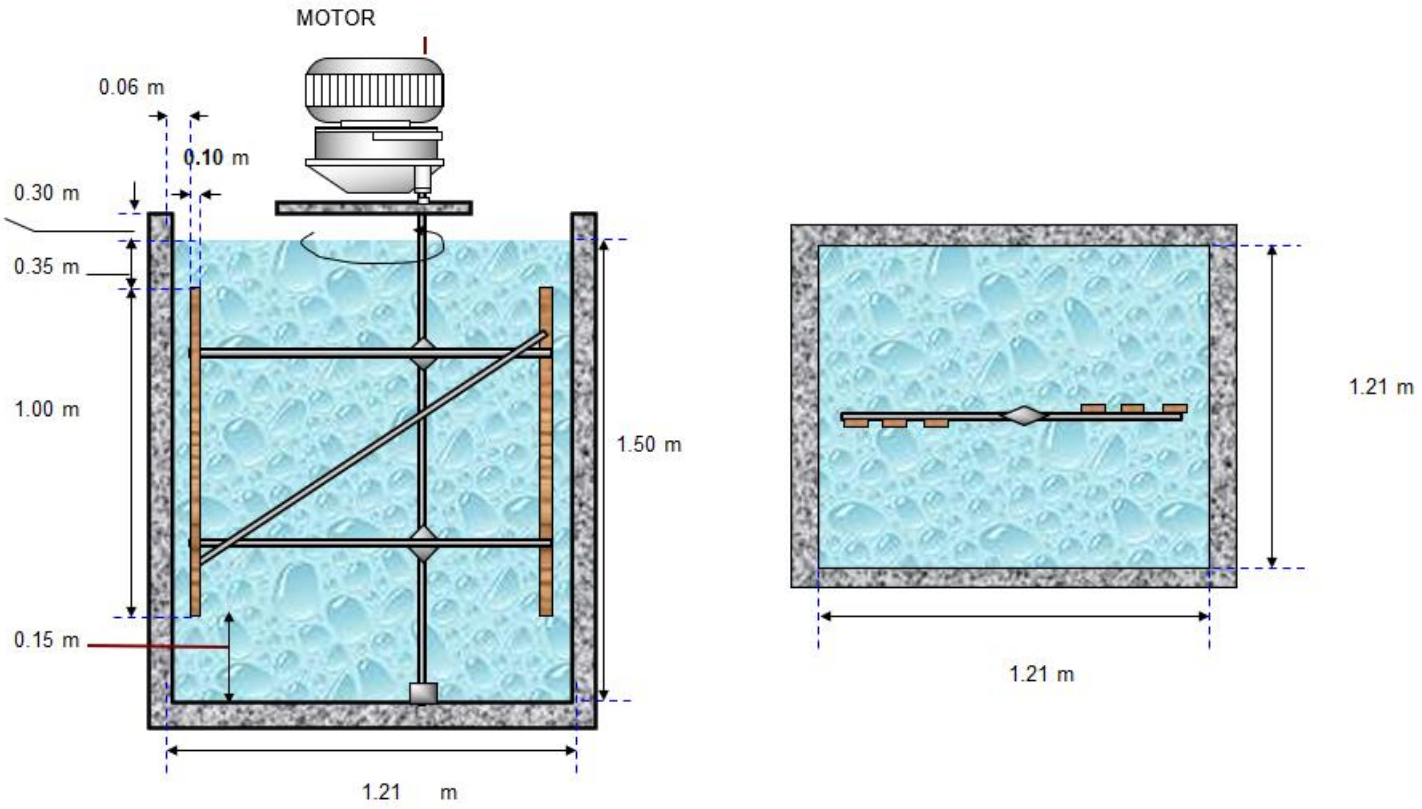


Figura 21. Diseño Floculador Mecánico

(Fuente Propia)

4.1.3 Distribución propuesta

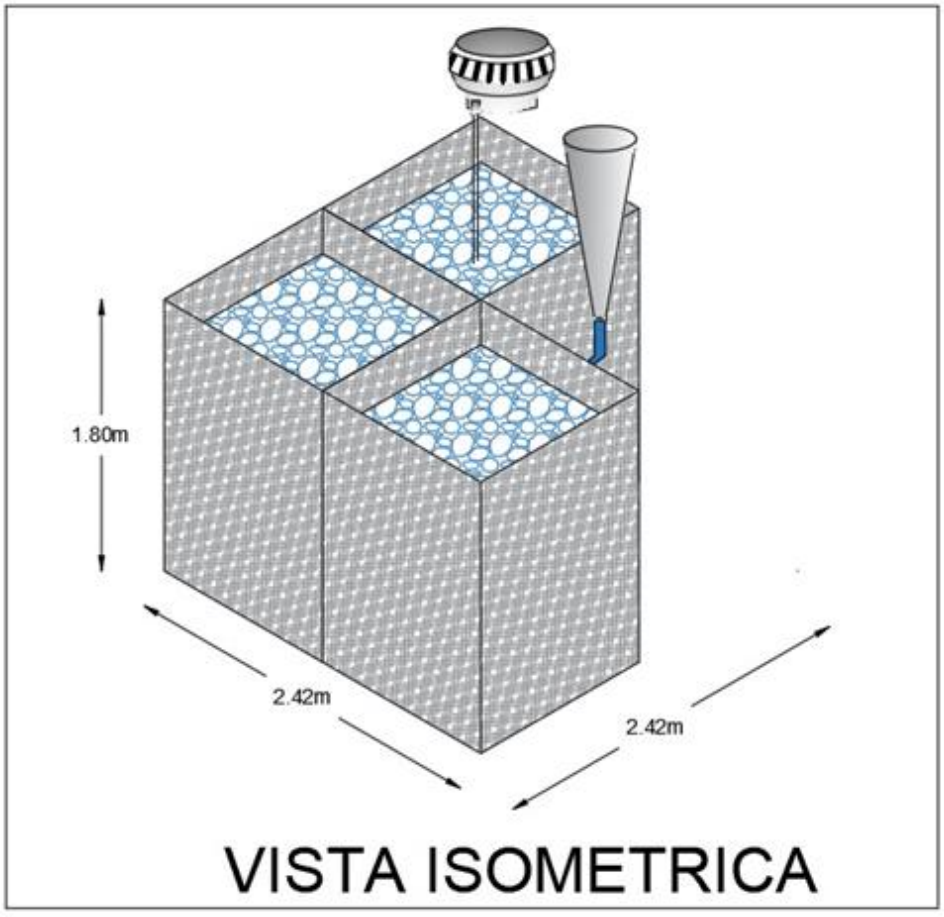


Figura 22.Diseño Floculador Mecánico

(Fuente Propia)

4.1.4 Propuesta agitador



AGITADOR INDUSTRIAL SERIE VFR

MOTOR POTENCIA 0.18 KW A 7.5 KW

VELOCIDAD DE 5 A 50 RPM

PERFIL ALABEADO AXIAL TRIPALA TIPOS S
DIAMETRO 400 A 4000 MM

LOINGITU DE EJE HASTA 12000MM

EJE Y HELICE EN AISI 316 Y AISI 304

EMPRESA IMOCOM

4.2 SEDIMENTODOR DE PLACAS PARALELAS.

Para el sedimentador de placas paralelas se utilizarán laminas de polietileno de alta densidad con dimensiones de 1.00m de longitud (Lp) x 1.00 m de ancho de placa (Ap) y un espesor (Ep) de 0.006 m, una separación entre placas (Sp) de 0.08 m, cada una inclinadas a un ángulo de 60°.

Además se tomó en consideración los parámetros de diseño para sedimentadores de alta tasa otorgados por la resolución 0330 del 2017, Tabla 19 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

Tipo de sedimentador	Carga superficial ($m^3/m^2/d$)	Tiempo de retención hidráulica (min)	Velocidad crítica de sedimentación (cm/s)
Módulos angostos L=0,6 m	100 - 110	10 – 20	15 – 30
Módulos angostos L = 1,2 m	120 – 185		
Módulos profundos L > 1,2 m	200 – 300		

Tabla 19.Tabal relación potencia para agitadores

(Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

Se determina una velocidad de sedimentación critica de 15 cm/s, posteriormente la velocidad horizontal (Vo), con la siguiente expresión.

$$Vsc = \frac{Vo}{(sen\emptyset + \left(\frac{Lp}{Sp} * -0.013Nr\right) cos\emptyset)}$$

$$Vo = 0.66 \frac{cm}{s}$$

Se verifica que el flujo para este sedimentador sea laminar a través de la ecuación del numero de Reynolds.

$$Nr = (\frac{2 * Sp * Vo}{v})$$

$$Nr = 487.7 < 500\ flujo\ laminar.$$

A continuación, se presentan los cálculos de las dimensiones del sedimentador.

Área perpendicular del flujo (Apf).

$$Apf = \frac{Qd}{Vo}$$

$$Qd = 3.65\ l/s$$

$$Qd = 0.00365\ m3/s$$

$$Apf = 0.55m2.$$

Área horizontal de flujo (Ahf).

$$Ahf = \frac{Apf}{Sen(60)}$$

$$Ahf = 0.64m2$$

Numero de espacios entre placas (Nep)

$$Nep = \frac{Apf}{(Ap * Sp)}$$

$$Nep = 6.88 = 7$$

Numero de placas (N)

$$\mathrm{N} = \mathrm{Nep} + 1$$

$$\mathrm{N} = 8$$

El ancho total del sedimentador se recomienda que sea de 2 centímetros más que el ancho de las placas, por lo tango el ancho total del sedimentador (As) seria de 1.02 m.

Longitud total del sedimentador (Lt)

$$\mathrm{Lt} = \frac{(Lp * \cos(60)) + (N * Sp + Nep * Ep)}{Sen\ (60)}$$

$$\mathrm{Lt} = 1.29\mathrm{m}$$

Área superficial total del sedimentador (Ass)

$$\mathrm{Ass} = \mathrm{Lt} * \mathrm{As}$$

$$\mathrm{Ass} = 1.31\ \mathrm{m2}$$

Se propone un borde libre de 0.30 m, ya que es lo mas usado en sedimentadores de alta tasa.

Altura de tolva de lodos (H1)

$$\mathrm{H1} = \tan(60) * \frac{(Ap - Ai)}{2}$$

El Ancho inferior Ai será de 0.3 m

$$\mathrm{H1} = 0.61\ \mathrm{m}$$

Altura entre el final de la tolva de lodos y el inicio de placas (H2)

$$\mathrm{H2} = \left(\frac{Ap}{5} * 2\right)$$

$$\mathrm{H2} = 0.4\ \mathrm{m}$$

Altura de las placas (H3)

$$\mathrm{H3} = \mathrm{Lp} * \mathrm{Sen}\ (60)$$

$$\mathrm{H3} = 0.87\ \mathrm{m}$$

Ancho de canal (Ac)

Se recomida que la velocidad del flujo este en un rango de 0.5 m/s a 2 m/s, para este caso se elije 1 m/s.

$$\mathrm{Ac} = \frac{Qd}{V}$$

$$\mathrm{Ac} = 0.00365\ m2$$

Se determina que el canal será de forma geométrica cuadrada, con esta información se calcula la longitud de cada uno de sus lados (Lc).

$$\mathrm{Lc} = \sqrt{0.00365 m2}$$

$$\mathrm{Lc} = 0.060\ \mathrm{m} = 6\ \mathrm{cm}$$

Para el diseño de la zona de lodos se toman los resultados de un ensayo de sedimentación, en el cual se evaluaron los diferentes tiempos y materiales sedimentados, obteniendo un tiempo de sedimentación y un volumen de sedimentación estimados, con base en lo anterior se calculan las dimensiones de la zona de lodos.

Diseño de la zona de lodos

Alimentar la tabla siguiente con los valores obtenidos en laboratorio.

Ensayo cono IMHOF para la variacion del volumen de lodos	
(min)	(ml/l)
5	60
10	41
15	33
30	26
60	22
120	19
180	17
360	17

Tiempo asumido de sedimentacion 60 min
Volumenasumido de sedimentacion 22 ml/l

Produccion lodos por linea = 0.28908 m^3/ h = 80.3 ml/s

Volumen de la zona de lodos = 0.51 m^3

Tiempo de purga de lodos = 1.75 h

Zona de salida o recolecion de agua decantada

Distancia entre ejes de tubos	=	1.2 m
Numero de tubos recolectores (N)	=	1
Caudal por tubo	=	3.40 l/s
Diametro en los tubos recoledtores	=	0.103 m
Diametro en pulgadas a usar	=	6 "
Separacion entre orificios	=	0.05 m
Numero de orificios por tubo	=	20
Caudal por orificio		0.17 l/s
Diametro de los orificios	=	11/2 "

4.2.1 Diseño de sedimentador

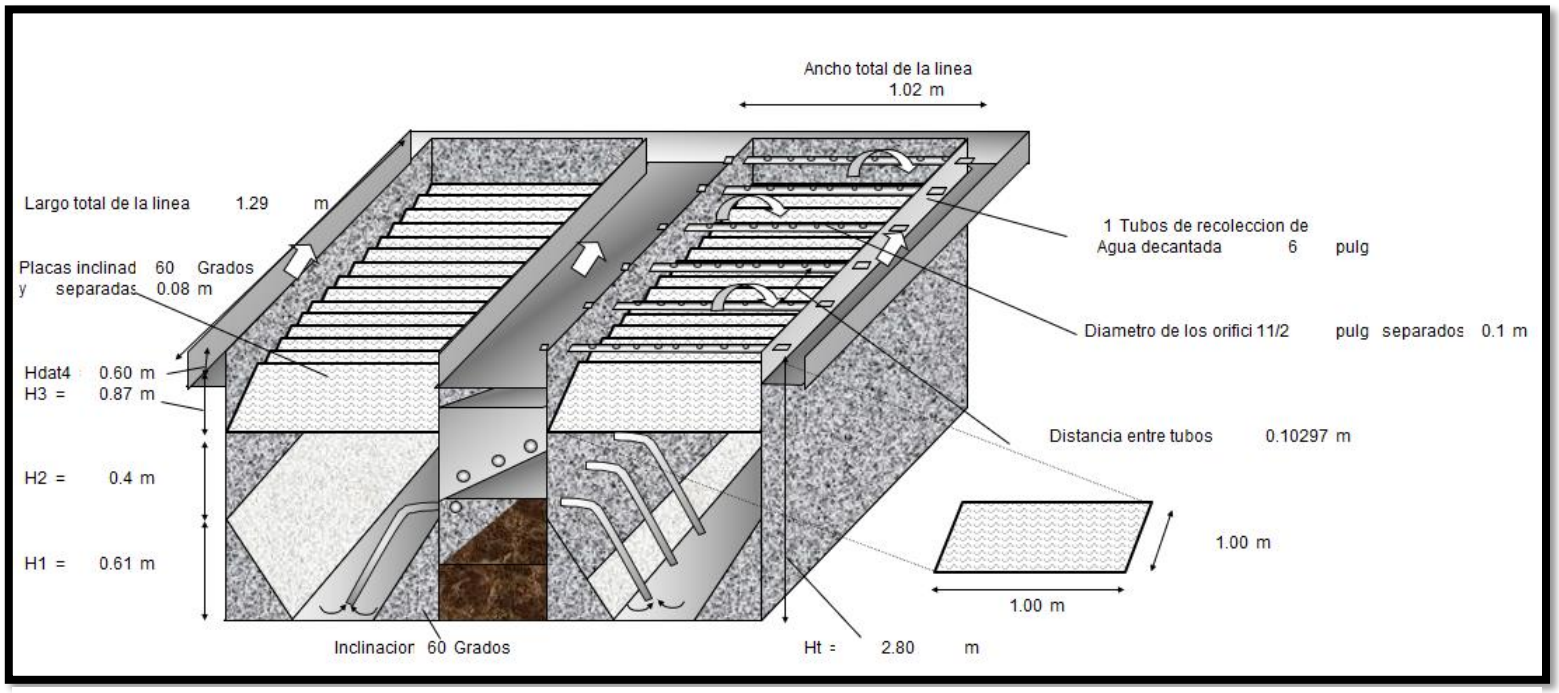


Figura 23. Diseño Sedimentador placas paralelas

(Fuente Propia)

4.3 FILTRACION

En la filtración se genera un contacto entre el agua a tratar y un medio filtrante para la remoción de material en suspensión, sustancias coloidales y microorganismos que no han sido separados en las anteriores operaciones unitarias. Por lo general se utiliza como medio filtrante arena, gravas, antracita y carbón activado; que deben ser lo suficientemente gruesos para tener intersticios entre los granos con gran capacidad de almacenamiento, pero a la vez, suficientemente fino para retener el paso de los sólidos suspendidos, una altura suficiente para proporcionar la duración de corrida deseada y una graduación adecuada para permitir un lavado eficiente (poco dispersa). (LIÑAN CAMACHO & SÁNCHEZ VILLAVICENCIO , 2015).

Las dimensiones de los filtros se realizan de acuerdo a los parámetros establecidos por la resolución 0330 del 2017 para filtros rápido de lecho mixto, ya que son los más compactos.

Hacemos hincapié que solo se toman las dimensiones de profundidad del medio, ya que para un diseño completo se deber realizar ensayos de laboratorio.

Parámetro	Filtración lenta con lecho simple	Filtración rápida con lecho simple	Filtración rápida con lecho mixto
Tasa de filtración ($m^3/m^2/d$)	7 – 14	< 120	180 – 350
Profundidad del medio (m)	0,8 – 1,0	0,6 – 0,9	Antracita: 0,4 – 0,6 Arena: 0,15 – 0,3

Tabla 20. características de filtración convencional

(Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Se propone un filtro de rápido de 4 módulos, el primer modulo constara de una capa de arena de 15 cm, los demás módulos tendrá una altura de 40 cm, con un diámetro de 20 cm, y serán distribuidos por una capa de Antracita, Carbón activado y grava, Este filtro es solo un propuesta y deberá ser sometidos a ensayos experimentales para definir su eficiencia y realizar las modificaciones pertinentes para su correcto funcionamientos.

4.3.1 Diseño de filtro

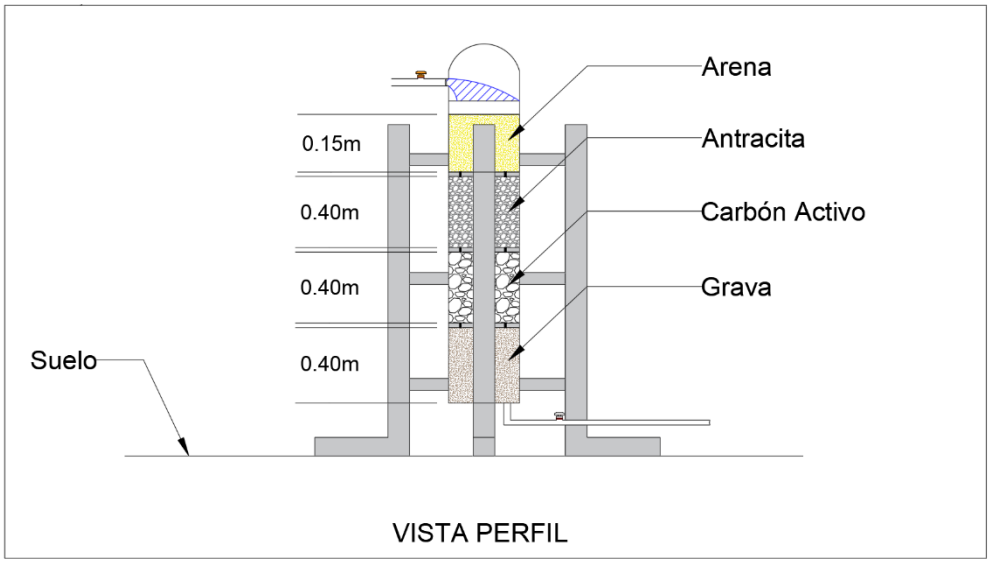


Figura 24. Diseño Filtro

(Fuente Propia)

Estos filtros pueden fabricarse mediante cartuchos de colocados en serie que permitan agregar los medios filtrantes de Arena, Antracita, carbón activado y Grava.

4.4 DESINFECCIÓN

Para la etapa de filtración se siguen los parámetros dictados por la resolución 0330 del 2017 (MINISTERIO DE VIVIENDA,CIUDAD Y TERRITORIO, 2017), En el articulo 121 se especifica que se deberá incluir la desinfección en todos los sistemas de potabilización, y se podrá hacer uso de diferentes compuestos como hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio, dióxido de cloro, entre otros.

Conforme con la resolución 0330 del 2017 se decide hacer una desinfección con hipoclorito de calcio, manteniendo la misma concentración 1 (C1) presente en la etapa de coagulación numeral 3.4.1, y se trabajara con una concentración 2 (C2) de 1 mg/l, ya que la resolución 2115 del 2007 nos dice que el valor aceptable para este compuesto esta comprendido entre 0.3 y 2 mg/l.

Mediante una relación de proporciones se determina el caudal necesario a añadir, manteniendo la misma cantidad de hipoclorito de calcio de 2 ppm.

$$C1 = 2\% = 20000\,\frac{mg}{l}$$

$$Q1 = ?$$

$$Q2 = (3.65\,{}^{l}/_{s} + Q1)$$

$$C2 = 2\,{}^{mg}/_{l}$$

$$20000\,{}^{mg}/_{l} * Q1 = \left(3.65\,{}^{l}/_{s} + Q1\right) * 2\,{}^{mg}/_{l}$$

$$Q1 = 0.00036\ l/s$$

$$Q1 = 0.36\,\frac{ml}{s}$$

Para agregar esta dosis en la coagulación se emplea una bomba dosificadora que cumpla con el caudal requerido. Mediante cotizaciones se llega a la siguiente bomba.



Bomba dosificadora

PESO: 3 KG

CAUDAL: 2.1 L/H

PRESION: 10 BAR

DIMENSIONES: 30X15X30 CM

EMPRESA: AQUA INTEGRAL

esta propuesta deberá ser sometida a ensayos experimentales para definir su eficiencia y realizar las modificaciones pertinentes para su correcto funcionamiento.

4.5 DIAGRAMA DE FLUJO

Una vez culminado el diseño de todos los procesos propuestos para el tratamiento del agua, se diseña un diagrama de flujo que representa la totalidad de la planta y sus respectivas etapas, desde la captación hasta la entrega del suministro.

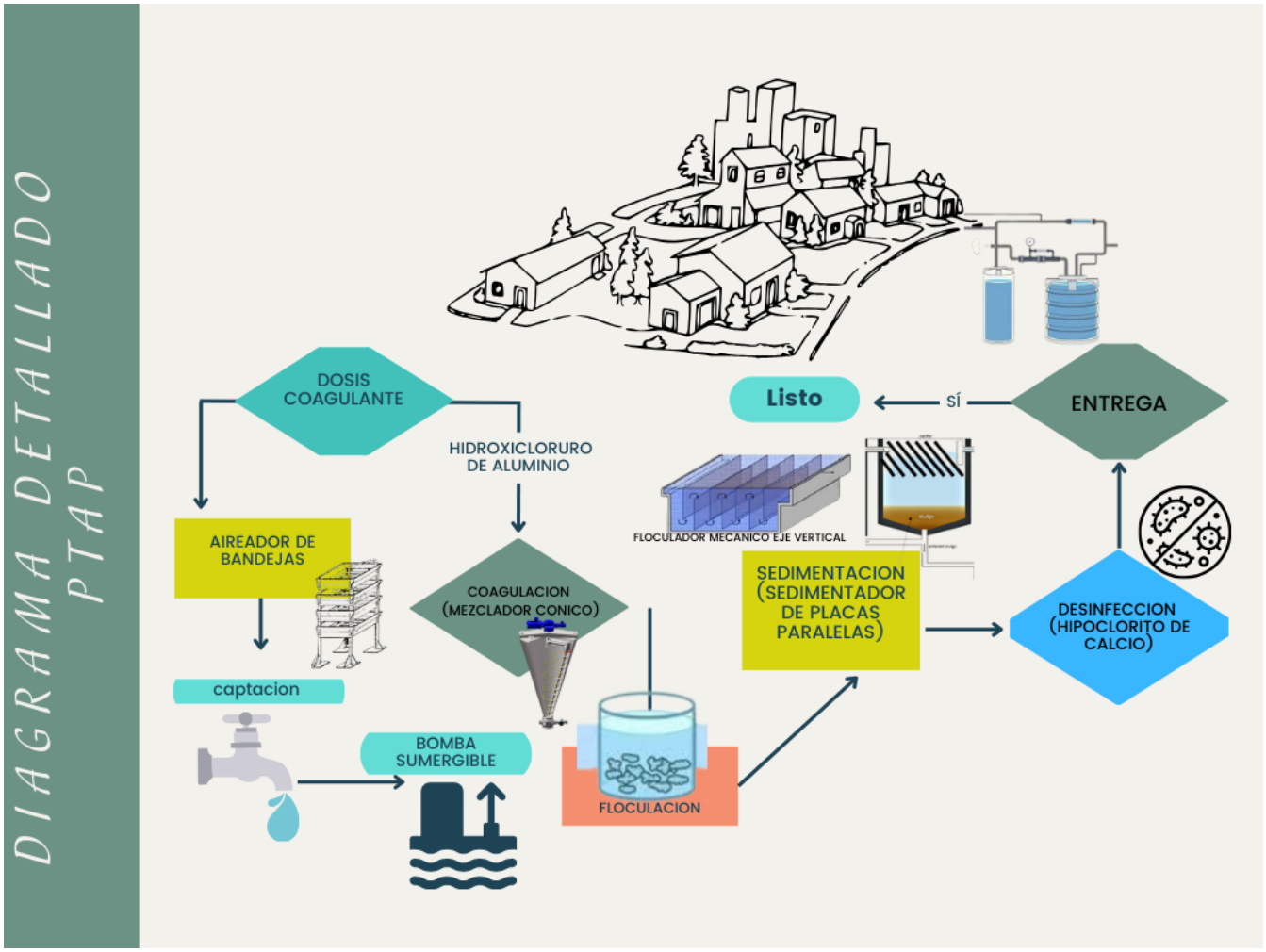


Figura 25. Diagrama de flujo PTAP

(Fuente Propia)

4.6 ESQUEMA PTAP

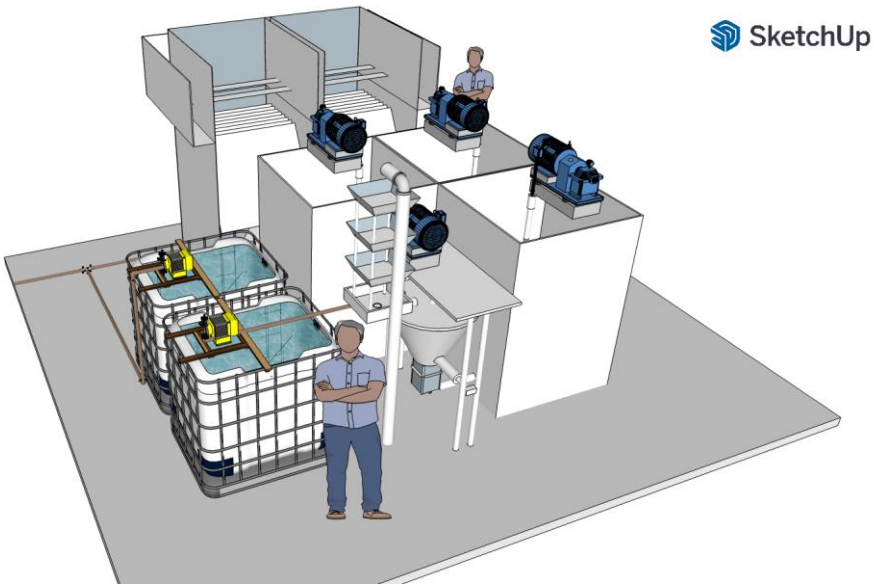


Figura 26. Esquema 3D PTAP

(Fuente Propia)

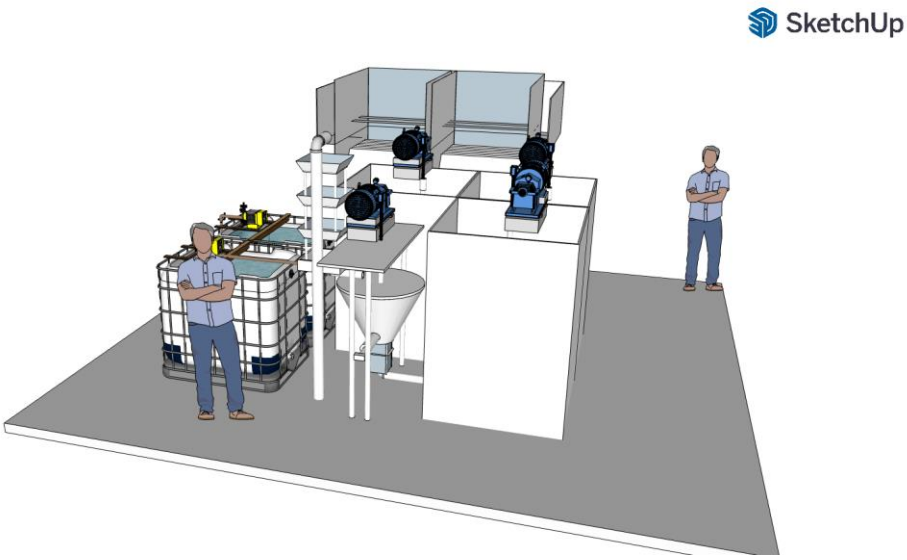


Figura 27. Esquema 3D PTAP

(Fuente Propia)

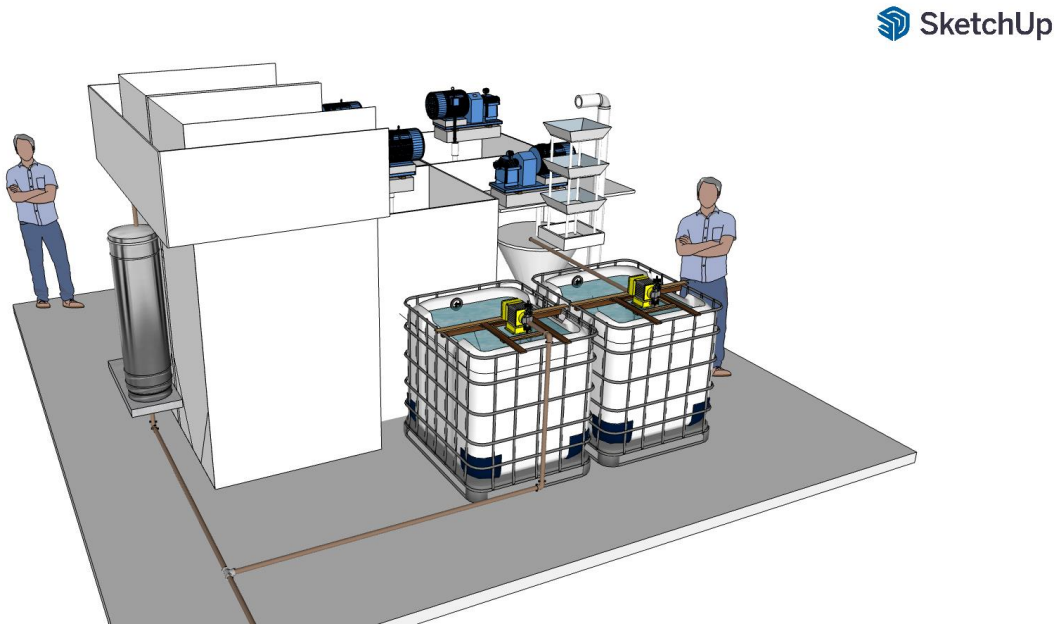


Figura 28. Esquema 3D PTAP

(Fuente Propia)

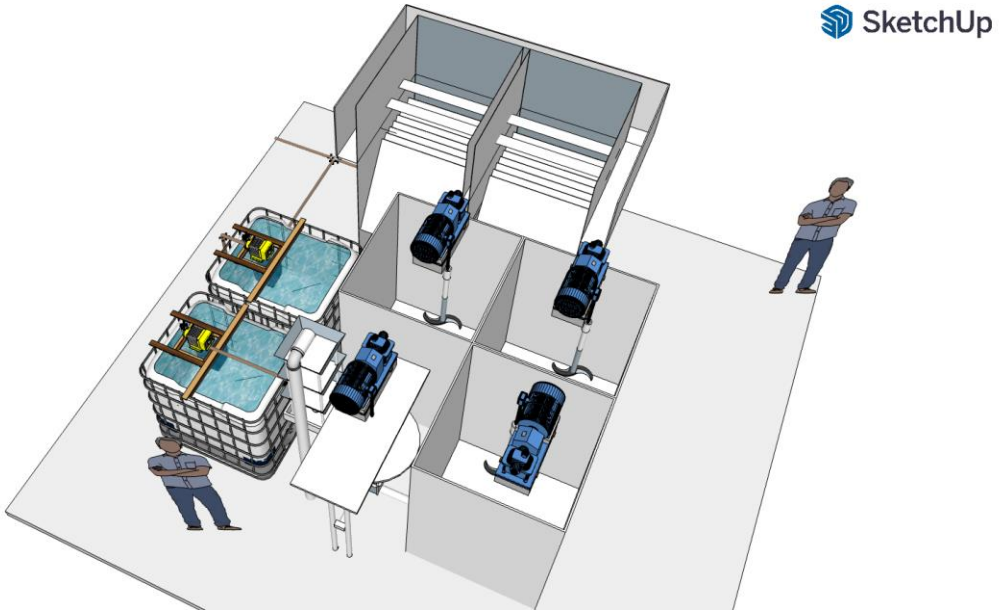


Figura 29. Esquema 3D PTAP

(Fuente Propia)

4.7 FACTIVILIDAD ECONOMICA

Para determinar la factibilidad económica se decide realizar una comparación entre los precios aproximados de la PTAP propuesta, el uso de carrotanques y el acceso al suministro de agua por medio del acueducto del municipio de Madrid Cundinamarca, para realizar la comparativa se ajustan los precios a costos anuales, y se trabajaran solo con el caudal requerido para el curado del concreto, ya que el caudal para el consumo humanos puede ser variable en el tiempo y puede incrementar demasiado los costos para una comparativa.

Se decide generar un presupuesto del costo de cada uno de los materiales de la planta presentados anteriormente, para hacer el diseño se proponen laminas de fibra de vidrio de, 1.20m x 1.80m, ya que no se tiene contemplado un ensamblaje se propone un presupuesto con 30 láminas, con esta información se presenta la siguiente tabla.

PRESUPUESTO			
COSTOS DE MATERIALES			
DESCRIPCION	**CANTIDAD**	**VALOR UNITARIO**	**VALOR TOTAL**
Bomba Dosificadora Marca EMEC, Serie V ranbgo de trabajo 10 lt/h a 3 bar de presion	1	$ 2,694,000	$ 2,694,000
Bandejas de airedor de 30 cm por 40 cm, con agujeros de 5 milimetros (Epresa Hidro pura S.A.S)	3	$ 2,000,000	$ 6,000,000
Bomba Dosificadora Concept Plus B 2,1 l/h a 10 bar de presion, Empresa Aqua integral	1	$ 2,167,169	$ 2,167,169
Laminas de pelietileno de Alta den sidad de 1m x 1m con 6 milimetros de espesor (Empresa Laminas plasticas	8	$ 75,000	$ 600,000
Laminas de Fibra de vidrio (Empresa Homecenter)	30	$ 134,900	$ 4,047,000
Tabletas de Hipoclorito de calcio Tableta de 3" de 1kg (Empresa Aislinn Productos de Limpieza)	1	$ 16,000	$ 16,000
Hidroxy Cloruro de aluminio x 25 kg (Empresa Aqua Integral)	1	$ 92,000	$ 92,000
Electrobomba Sumergible de 4" Sumergible modelo 4SRG60/15	1	$ 5,653,000	$ 5,653,000
Floculador mecanico de Eje Vertical Con Agitador Industrial Serie VFR	1	$ 5,221,000	$ 5,221,000
Lamina de Acero inoidable COLD ROLLED 0,55 m 1000x 2000mm (Empresa Homecenter)	2	$ 53,776	$ 107,552
AQUABOON Cartucho de filtro de agua plisado de sedimentos de 10 x 2,5 pulgadas (Mercado libre)	4	$ 127,941	$ 511,764
Carbon Antracita Bulto de 25 kg	1	$ 45,000	$ 45,000
Carbon Activado 40 kg- Confiabonos	1	$ 191,500	$ 191,500
COSTOS DE MANO DE OBRA			
Fabricacion y Ensamblaje	1	40%	$ 38,284,379
Mantenimiento periodico	12	$ 1,300,000	$ 15,600,000
			$ 81,230,364

Tabla 21. Presupuesto general PTAP

(Fuente Propia)

La tabla presentada nos permite ver un precio aproximado de cada una de las tecnologías escogidas para el diseño de planta, esta corresponde a cotizaciones realizadas a diferentes compañías que ofrecen estos productos, además se realiza una aproximación de costo de ensamblaje de la PTAP, el cual corresponde al 40% de los costos de los materiales este porcentaje como lo menciona (Richer, 2023) “Según The Construction Labor Market Analyzer, los costos de mano de obra directa, por sí solos, a menudo representan el 20% del costo total de un proyecto. Sin embargo, cuando se combina con los costos laborales indirectos, el gasto total puede ascender al 40% del costo del proyecto, una diferencia del 50%.”.

Por ultimo para los costos de mantenimiento se decide contemplar los costos de un salario mínimo para la persona encargada

4.8 CARROTANQUES

Para determinar el precio de costo en carrotanque se realizó una cotización a la empresa ACUAXPRES DE COLOMBIA S.A.S, La cual a través de su sitio web se evidencia que ha colaborado con la compañía AMARILO, esta empresa nos brinda un presupuesto de 1´600´00.00 pesos para un carrotanque de 33 m3, mediante una relación de proporciones, se determina el costo del suministro para los 7 años de ejecución del proyecto.

$$33m3 = 1´600´000\ pesos$$

$$4510.83\ m3 = 218´706´909\ pesos$$

Una vez obtenidos los precios para los 7 años, lo aproximamos al precio anualmente

$$\frac{218´706´909\ pesos}{7\ años} = 31´243´844.1\ pesos/año$$

Este valor corresponde al caudal utilizado para el curado del concreto, ya que el valor para consumo humano puede ser variable.

4.9 ACUEDUCTO DE MADRID

Mediante las tarifas de consumo aplicadas por la EMPRESA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE MADRID, se puede determinar una aproximación de consumo del servicio durante los 7 años de ejecución de la obra, a continuación, se presenta los cargos económicos para el uso del agua de Madrid Cundinamarca.

Acueducto	Cargo Fijo Bimestral ($ suscriptor)	Cargo Unidad Consumo (m3)	CMO	CMI	CMT
Vigente	12,759.91	3,290.24	1,900.37	1,385.59	4.28

Tarifas Servicio Público Domiciliario Acueducto

Estrato/Uso	Cargo Fijo Bimestral	Consumo Básico m^3 (1 a 22 m^3)	Consumo Complementario m^3 (23 a 44 m^3)	Consumo Suntuario m^3 (más de 44 m^3)	% Subsidio Cargo Fijo	% Subsidio m^3 Consumo Básico
Bajo-Bajo	$ 10,590.73	$ 1,645.12	$ 3,290.24	$ 3,290.24	-17.00%	-50.00%
Bajo	$ 11,101.12	$ 1,974.14	$ 3,290.24	$ 3,290.24	-13.00%	-40.00%
Medio-Bajo	$ 12,249.51	$ 2,796.70	$ 3,290.24	$ 3,290.24	-4.00%	-15.00%
Medio	$ 12,759.91	$ 3,290.24	$ 3,290.24	$ 3,290.24	0.00%	0.00%
Medio-Alto	$ 19,139.87	$ 4,935.36	$ 4,935.36	$ 4,935.36	50.00%	50.00%
Alto	$ 20,415.86	$ 5,264.38	$ 5,264.38	$ 5,264.38	60.00%	60.00%
Industrial	$ 16,587.88	$ 4,277.31	$ 4,277.31	$ 4,277.31	30.00%	30.00%
Comercial	$ 19,139.87	$ 4,935.36	$ 4,935.36	$ 4,935.36	50.00%	50.00%
Oficial	$ 12,759.91	$ 3,290.24	$ 3,290.24	$ 3,290.24	0.00%	0.00%

Alcantarillado	Cargo Fijo Bimestral ($ suscriptor)	Cargo Unidad Consumo (m3)	CMO	CMI	CMT
Vigente	$ 7,476.81	$ 2,157.78	$ 1,660.72	$ 463.22	$ 33.84

Tarifas Servicio Público Domiciliario Alcantarillado

Estrato/Uso	Cargo Fijo Bimestral	Consumo Básico m^3 (1 a 22 m^3)	Consumo Complementario m^3 (23 a 44 m^3)	Consumo Suntuario m^3 (más de 44 m^3)	% Subsidio Cargo Fijo	% Subsidio m^3 Consumo Básico
Bajo-Bajo	$ 4,112.25	$ 1,294.67	$ 2,157.78	$ 2,157.78	-45.00%	-40.00%
Bajo	$ 4,859.93	$ 1,467.29	$ 2,157.78	$ 2,157.78	-35.00%	-32.00%
Medio-Bajo	$ 6,504.82	$ 1,834.11	$ 2,157.78	$ 2,157.78	-13.00%	-15.00%
Medio	$ 7,476.81	$ 2,157.78	$ 2,157.78	$ 2,157.78	0.00%	0.00%
Medio-Alto	$ 11,215.22	$ 3,236.67	$ 3,236.67	$ 3,236.67	50.00%	50.00%
Alto	$ 11,962.90	$ 3,452.45	$ 3,452.45	$ 3,452.45	60.00%	60.00%
Industrial	$ 9,719.85	$ 2,805.11	$ 2,805.11	$ 2,805.11	30.00%	30.00%
Comercial	$ 11,215.22	$ 3,236.67	$ 3,236.67	$ 3,236.67	50.00%	50.00%
Oficial	$ 7,476.81	$ 2,157.78	$ 2,157.78	$ 2,157.78	0.00%	0.00%

Tarifa Bimestral Servicio Público Aseo Compañia 1

USO	EST.	Comercialización por Suscriptor CCS	Barrido y Limpieza por Suscriptor CBLS	Limpieza Urbana por Suscriptor CLUS	Recolección y Transporte CRT	Disposición Final CDF	VIAT	Tratamiento Lixiviados CTL	Tarifa Aprovechamiento	Tarifa Bimestral Aseo	% Subsidio / Contribución
RESIDENCIAL RURAL	2	$ 2,571.50	$ 3,077.98	$ 550.02	$ 7,908.29	$ 3,247.49	$ 600.69	$ 0.00	$ 965.40	$ 18,921.37	-40.00%
RESIDENCIAL MIXTO	2	$ 2,571.50	$ 3,077.98	$ 550.02	$ 7,908.29	$ 3,247.49	$ 600.69	$ 0.00	$ 965.40	$ 18,921.37	-40.00%
RESIDENCIAL BAJO-BAJO	1	$ 1,870.90	$ 1,838.81	$ 1,123.19	$ 5,258.56	$ 1,765.05	$ 326.49	$ 0.00	$ 583.26	$ 12,766.26	-63.76%
RESIDENCIAL BAJO	2	$ 3,096.66	$ 3,043.55	$ 1,859.07	$ 9,407.95	$ 3,157.81	$ 584.11	$ 0.00	$ 965.40	$ 22,114.55	-40.00%
RESIDENCIAL MEDIO BAJO	3	$ 4,386.94	$ 4,311.69	$ 2,633.68	$ 13,897.92	$ 4,664.89	$ 862.87	$ 0.00	$ 1,367.65	$ 32,125.64	-15.00%
RESIDENCIAL MEDIO	4	$ 5,161.10	$ 5,072.58	$ 3,098.45	$ 18,026.98	$ 6,050.82	$ 1,119.23	$ 0.00	$ 1,609.00	$ 40,138.16	0.00%
INDUSTRIAL	1-2-3-4	$ 6,709.43	$ 6,594.35	$ 4,027.98	$ 54,818.73	$ 18,400.10	$ 3,403.50	$ 0.00	$ 2,091.70	$ 96,045.79	30.00%
COMERCIAL	1-2-3-4	$ 7,741.65	$ 7,608.87	$ 4,647.67	$ 63,252.38	$ 21,230.88	$ 3,927.11	$ 0.00	$ 2,413.49	$ 110,822.05	50.00%
OFICIAL	1-2-3-4	$ 5,161.10	$ 5,072.58	$ 3,098.45	$ 42,168.26	$ 14,153.92	$ 2,618.08	$ 0.00	$ 1,609.00	$ 73,881.39	0.00%

Tarifa Bimestral Servicio Público Aseo Compañia 2

USO	EST.	Comercialización por Suscriptor CCS	Barrido y Limpieza por Suscriptor CBLS	Limpieza Urbana por Suscriptor CLUS	Recolección y Transporte CRT	Disposición Final CDF	VIAT	Tratamiento Lixiviados CTL	Tarifa Aprovechamiento	Tarifa Bimestral Aseo	% Subsidio / Contribución
RESIDENCIAL RURAL	2	$ 2,571.50	$ 3,077.98	$ 550.02	$ 7,908.29	$ 3,247.49	$ 600.69	$ 0.00	$ 1,132.59	$ 19,088.56	-40.00%
RESIDENCIAL MIXTO	2	$ 2,571.50	$ 3,077.98	$ 550.02	$ 7,908.29	$ 3,247.49	$ 600.69	$ 0.00	$ 1,132.59	$ 19,088.57	-40.00%
RESIDENCIAL BAJO-BAJO	1	$ 1,905.79	$ 1,838.81	$ 1,055.41	$ 5,258.56	$ 1,765.05	$ 326.49	$ 0.00	$ 684.28	$ 12,834.39	-63.76%
RESIDENCIAL BAJO	2	$ 3,154.41	$ 3,043.55	$ 1,746.88	$ 9,407.95	$ 3,157.81	$ 584.11	$ 0.00	$ 1,132.59	$ 22,227.30	-40.00%
RESIDENCIAL MEDIO BAJO	3	$ 4,468.75	$ 4,311.69	$ 2,474.75	$ 13,897.92	$ 4,664.89	$ 862.87	$ 0.00	$ 1,604.51	$ 32,285.38	-15.00%
RESIDENCIAL MEDIO	4	$ 5,257.35	$ 5,072.58	$ 2,911.47	$ 18,026.98	$ 6,050.82	$ 1,119.23	$ 0.00	$ 1,887.66	$ 40,326.09	0.00%
INDUSTRIAL	1-2-3-4	$ 6,834.56	$ 6,594.35	$ 3,784.91	$ 54,818.73	$ 18,400.10	$ 3,403.50	$ 0.00	$ 2,453.95	$ 96,290.10	30.00%
COMERCIAL	1-2-3-4	$ 7,886.03	$ 7,608.87	$ 4,367.20	$ 63,252.38	$ 21,230.88	$ 3,927.11	$ 0.00	$ 2,831.48	$ 111,103.95	50.00%
OFICIAL	1-2-3-4	$ 5,257.35	$ 5,072.58	$ 2,911.47	$ 42,168.26	$ 14,153.92	$ 2,618.08	$ 0.00	$ 1,887.66	$ 74,069.32	0.00%

Tabla 22.Tarifas Acueducto y alcantarillado Madrid Cundinamarca

(E.A.A.A.M-ESP, 2023)

Mediante la información presentada se construye una tabla con en la que se evidencia el costo por parte del Acueducto al año.

ACUEDUTCO			
Cargo fijo Bimestra	6	$ 16,587.66	$ 99,526
Consumo	644.404	$ 4,277.31	$ 2,756,316
Subsidio cargo fijo	30%	$ 826,894.70	$ 826,895
Subsidio consumo basico	30%	$ 826,894.70	$ 826,895
ALCANTARILLADO			
Cargo fijo Bimestra	6	$ 9,719.85	$ 58,319
Consumo	644.404	$ 2,805.11	$ 1,807,624
Subsidio cargo fijo	30%	$ 542,287.23	$ 542,287
Subsidio consumo basico	30%	$ 542,287.23	$ 542,287
ASEO			
Comercializacion por suscriptor	1	$ 6,834.56	$ 6,835
Barrido y Limpieza por Suscriptor CBLS	1	$ 6,594.65	$ 6,595
Limpieza Urbana por Suscriptor CLUS	1	$ 3,784.91	$ 3,785
Recolección y Transporte CRT	1	$ 54,818.73	$ 54,819
Disposición Final CDF	1	$ 18,400.10	$ 18,400
VIAT	1	$ 3,403.50	$ 3,404
Tarifa Aprovechamiento	1	$ 2,453.95	$ 2,454
Tarifa Bimestral Aseo	6	$ 96,290.10	$ 577,741
% Subsidio / Contribución	30%	$ 674,031.00	$ 202,209
ADECUACIONES			
Adecuaciones a la obra	40%	$ 8,336,389.00	$ 3,334,556
		TOTAL	$ 11,670,945

Tabla 23.Presupuesto General Acueducto

(Fuente Propia)

4.10 COMPARATIVA

Para realizar esta comparativa se muestra los costos de la PTAP, los carrotanques y el costo del acueducto de Madrid Cundinamarca anualmente y además en un periodo de 7 años, el cual corresponde al tiempo de ejecución del proyecto, ya para el caso de la PTAP, los costos posteriores al primer año solo serán de mantenimiento

	COMPARATIVA		
	CARROTANQUES	ACUEDUCTO	PTAP
ANUALMENTE	$ 31,243,844.11	$ 11,670,945.00	$ 81,230,364.00
AL FINALIZAR LA OBRA (7 AÑOS)	$ 218,706,908.77	$ 61,689,278.63	$ 174,830,364

Tabla 24. Comparativa Presupuestal

(Fuente Propia)

Como se puede evidenciar para los costos anuales la PTAP representa el costo mas elevado, mientras que para los 7 años de ejecución del proyecto, la PTAP representa el uno costo menos elevado que el de los Carrotanque, pero mas elevado que el Acueducto municipal.

Se hace hincapié en que estos costos presentados, únicamente representan aproximaciones, ya que pueden verse afectados por diferentes variables.

5 CONCLUSIONES

- Es posible implementar un modelo de planta de tratamiento de agua convencional en sistemas compactos que permitan su factibilidad y su potabilización

- Podemos concluir que los parámetros investigados en los ensayos con sonda multiparamétrica, fotómetros y turbidímetros permitieron evidenciar que el agua subterránea de la zona de estudio es muy semejante al agua extraída por la empresa ALP (Aguas de la Prosperidad), esto nos permite deducir que esta planta puede ser implementada es distintas zonas de este municipio y zonas aledañas, dependiendo de la distribución espacial del acuífero.

- Los valores de caudal usados para el componente de curado del concreto están subjetos a aproximaciones, y pueden verse alterados por la implementación de otros métodos de curado, cantidades de concreto a utilizar y métodos constructivos en diferentes proyectos.

- A largo plazo, la inversión inicial en la construcción de la PTAP podría resultar más rentable que depender de alternativas temporales como los carrotanques.

- Las tecnologías usadas se enfocan en el menor uso de espacio posible y su económica, además de que cumplan los parámetros establecidos por la resolución 0330 de 2017, y deberán realizarse ensayos del agua postratamiento para verificar el porcentaje de potabilidad ofrecido.

- Para todos los casos hay información experimental de la que no se puede prescindir como los ensayos de jarras para el cálculo de la dosis de coagulante, y a la determinación de espesores y materiales filtrantes.

6 RECOMENDACIONES

- Para la implementación del la PTAP en otros proyectos se deberá evaluar las necesidades hídricas de la zona, así como re evaluar los parámetros de agua cruda, ya que esto podría cambiar las tecnologías usadas o sus dimensiones.

- Si se desea implementar un proyecto semejante, se debe tomar en cuenta los precios y permisos necesarios para hacer uso de aguas subterráneas así como, precios para la perforación del pozo.

- Las dosis y el tipo de coagulante y de desinfección pueden variar según economía y parámetros de ensayos de laboratorio.

- Deberán tenerse en cuanta diferentes componentes del uso del agua en futuros proyectos, como el agua para factores de prueba, o limpiado de maquinaria o fachadas

- Los costos de mantenimiento e instalación pueden afectar la viabilidad del proyecto.

- Recomendamos la implementación de una PTAP portable en zonas rurales, donde no existan acceso al suministro por parte del acueducto municipal, ya que es una opción económica en comparación con el uso de carrotanques.

REFERENCIAS

Actualización del diagnóstico municipal de Madrid-Cundinamarca. (s.f.). Obtenido de https://1library.co/article/actualizaci%C3%B3n-del-diagn%C3%B3stico-municipal-de-madrid-cundinamarca.lzg5nlvy

Administración Municipal de Zipacón. (2014). *Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Zipacón.* Documento Técnico, Zipacón.

Agency, U. S. (2015). PTAP maintenance and quality controls.

Ali Vatankhah, S. G. (2015). Nuevo y mejorado radio hidráulico para canales de segundo tipo.

Amarilo. (s.f.). *Apartamentos en madrid cundinamarca.* Obtenido de https://amarilo.com.co/proyecto/romero-hacienda-los-sauces

Amaya Pinzón, J. S., & Molina Restrepo, W. (2009). *Propuesta para la incorporación de la prevención y la reducción de riesgos en el esquema de ordenamiento territorial del municipio Zipacón (Cundinamarca).* Tesis (Profesional en Ingeniería Ambiental y Sanitaria), Universidad de la Salle, Bogotá D.C.

Andía Cárdenas, Y. (2000). *Tratamiento de agua: coagulación y floculación.* Lima.

Andrew Frazelle, R. V. (2014). Real-Time development of New Technology saves Operator $5.1 Million Drilling deep exploraton well,colombia. 12.

Atanga, A. y. (2013). El uso de la derivada de orden fraccionario para predecir el flujo de agua subterránea. 1-9.

BENITEZ, Y. A. (2019). ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION CORRESPONDIENTE A LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS DEL PROYECTO. 72.

bernarndo, L. d. (2006). *Metodos e tecnicas de tratamento de agua.* Manaos: LDiBe.

Bharathi Bhattu, .. M. (2014). *Design of Sewage Treatment Plant for a Gated.* International journal of engineering research and technology, 3.

BROWN, J. (27 de Septiembre de 2019). *THE KNOWLEDGE BURROW*. Obtenido de https://knowledgeburrow.com/what-is-a-typical-ceiling-height/#:~:text=The%20typical%20ceiling%20height%20in,such%20as%20timber%20and%20sheetrock

Calderon Pineda, C. A. (2015). *Optimización de acueductos veredales.* Tesis (Mágister en Ingeniería Civil), Universidad de los Andes, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Bogotá D.C.

CAPADOR, M. F. (2017). *APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA EN EL DESARROLLO DE OBRA CIVIL.* Bogota.

CAPADOR, M. F. (2018). *APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA EN EL DESARROLLO DE.* BOGOTA,COLOMBIA.

CAR. (2008). *Plan de manejo ambiental de aguas subterraneas en la sabana de bogota y zona critica.* Bogota.

CÁRDENAS GUZMÁN, A. C. (2017). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA.* Bogota.

Çengel, Y., & Cimbala, J. (2014). *Fluid Mechanics: Fundamentals and Aplications* (Third ed.). New York: McGraw-Hill.

Colmenares Melo, M. J., & Sáenz Esquivel, L. E. (2015). *Diseño del sistema de acueducto en la vereda Pergiguiz del municipio de Macanal, Boyacá, utilizando modelación matemática.* Tesis (Profesional en Ingeniería Civil), Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (1986). *Aprovechamiento del agua.* Bogotá D.E.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2012). *Guía de planeación del programa de uso de eficiente y ahorro del agua.* Bogotá: Opciones gráficas.

Corporación autónoma regional de Cundinamarca. (2017). *Informe técnico No. 434 DMMLA del 2017-08-31.* Informe técnico, Corporación autónoma regional de Cundinamarca, Dirección de monitoreo, modelamiento y laboratorio ambiental. Recuperado el 20 de Marzo de 2019

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (21 de Febrero de 2019). Resolución DRSO. No. 039 de 21 Feb. 2019. Facatativá, Cundinamarca, Colombia.

Cotler, H., Galindo, A., González, I., Pineda, R., & Ríos, E. (2013). *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión.* México: Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable.

Crowe, C., Elger, D., Williams, B., & Roberson, J. (2009). *Engineering Fluid Mechanicals* (Night ed.). New Jersey, United States: John Wiley & Sons, Inc.

De Piaza Solórzano, J. S. (2017). *Ejercicios prácticos en Epanet.* Bogotá D.C: Departamento de Publicaciones y Comunicación Gráfica de la Universidad Piloto de Colombia.

Dorea. (2018). Coagulant-based emergency water treatment. 8.

E.A.A.A.M-ESP. (2023). *EMPRESA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE MADRID.*

E.A.A.A.M-ESP. (s.f.). *EMPRESA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE MADRID.* Obtenido de https://www.eaaa-madrid-cundinamarca.gov.co/

Empresas públicas de Cundinamarca. (2016). *Análisis del del estado actual del sistema de aducción, conducción y distribución del acueducto de la vereda Chuscal - municipio de Zipacón.* Informe técnico, Dirección de aseguramiento de la prestación. Recuperado el 20 de Marzo de 2019

Empresas públicas de Cundinamarca. (2018). *Respuesta a solicitud de apoyo para la elaboración del diseño hidráulico del sistema de tratamiento para la potabilización del agua.* Bogotá D.C. Recuperado el 20 de Marzo de 2019

ESRI. (2002). *esri.* Obtenido de esri web site: http://downloads.esri.com/support/whitepapers/ao_/what-is-arcgis-spanish.pdf

flores, O. F. (2019). *Espesor de Muros .*

Gallego, S. d. (2018). Diseño de un planta potabilizadora portable a base de luz ultravioleta y energía fotovoltaica de uso militar. 74.

Gamboa De La Torre, N., & Sierra Casas , D. M. (2018). *Cálculo de los módulos de consumo de agua de las veredas La Caja y Rosario en el municipio de Choachí, dentro del PNN Chingaza y su zona con función amortiguadora.* Universidad distrital Francisco José de Caldas.

Google earth. (18 de Noviembre de 2023). Obtenido de https://earth.google.com/web/@0,-76.55680005,0a,22251752.77375655d,35y,0h,0t,0r/data=OgMKATA

Hernández Jimenez, J. D., & García Pérez, J. S. (2015). *Diagnóstico y análisis de alternativas para la optimización del sistema de acueducto de la vereda de Chacua del municipio de Sibaté.* Bogotá D.C.

IGME. (s.f.).

IGME. (s.f.). *CAPITULO II. METODOS EN REGIMEN PERMANENTE.*

IGME. (s.f.). *ENSAYOS DE BOMBEO.* MADRID,ESPAÑA.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (24 de Noviembre de 2019). *IDEAM*. Obtenido de IDEAM Portal web: https://www.datos.gov.co/browse?q=Instituto+de+Hidrología%2C+Meteorología+y+Estudios+Ambientales&sortBy=relevance&utf8=✓

Jiang, J.-Q. (2015). El papel de la coagulación en el tratamiento del agua. 8,36-44.

Jiménez, D. F. (2021). *Sistema de medición y control de temperatura para un prototipo de planta de tratamiento de aguas residuales.*

Jiménez, S. (07 de 07 de 2017). *Hidraulica facil*. Obtenido de https://www.hidraulicafacil.com/2017/07/perdida-de-carga-localizada-o-en.html

Jovel, C. A. (2020). Dispositivos portátiles para la potabilización de agua en Colombia: una revisión bibliografica. 105.

L. Velandia, J. D. (2019). Análisis comparativo del componente administrativo y de los procesos de desinfección utilizados en dos plantas de tratamiento de agua potable. 11.

LENNTECH. (s.f.). *Que es la desinfeccion del agua*. Obtenido de https://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/que-es-desinfeccion.htm#ixzz45odnPjN8

LIÑAN CAMACHO , D., & SÁNCHEZ VILLAVICENCIO , N. (2015). DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA. *Ciencia unisalle*, 22.

López Cualla, R. A. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados* (Segunda ed.). Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Lux Cardona, B. (s.f.). *Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas.* Artículo de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad de Guatemala. Recuperado el 11 de Noviembre de 2019, de http://www.repositorio.usac.edu.gt/4482/1/Conceptos%20b%C3%A1sicos%20de%20Morfometr%C3%ADa%20de%20Cuencas%20Hidrogr%C3%A1ficas.pdf

Martínez De Azagra Paredes, A. (2006). *Método de los coeficientes de escorrentía.*

Michael J. Jellison, G. P. (2017). Next Generation Drill Pipe for Extended Reach, Deepwater and Ultra-deep Drilling. 10.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Viceministro de Agua y Saneamiento. (2010). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y

Saneamiento Básico. En *Título A Aspectos Generales de los Sistemas de Agua Potable y Saneamiento Básico, Título B Sistemas de Acueducto.* Bogotá D.C.

Ministerio de Educación Nacional. (10 de Junio de 2019). Obtenido de Mineducacion de Colombia web site: https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-190610.html

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (8 de Junio de 2017). Resolución Número 0330. Bogotá D.C, Cundinamarca, Colombia.

MINISTERIO DE VIVIENDA,CIUDAD Y TERRITORIO. (2017). Resolucion numero 0330. 57-66.

MINISTERIO DE VIVIENDA,CIUDAD Y TERRITORIO. (2017). RESOLUCION NUMERO 0330. 32-33.

Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). Resolución Número 2115. Bogotá D.C.

MINTIC Colombia. (13 de Noviembre de 2021). *Festival de las Flores de Madrid (Cundinamarca) ya tiene su propia estampilla.* Obtenido de https://mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/195091:Festival-de-las-Flores-de-Madrid-Cundinamarca-ya-tiene-su-propia-estampilla

Morante-Hernández1, O., Pasqualino1, J., & Turizo-Dávila, J. (2020). *Diseño y valoración económica de una PTAP portátil alimentada con energía solar.*

Mosalve Sáenz , G. (1998). *Hidrología en la ingeniería* (Segunda ed.). México D.F., México: Alfaomega. Recuperado el 12 de Agosto de 2019

Muhannd waleed, L. M. (2021). El curado con agua es el método más eficaz para lograr un curado óptimo. Con él podemos usar métodos de inmersión o de aspersión/riego. 839.

Nayama, Y., & Boucher Feng, R. (1999). *Introduction to the Fluid Mechanics.* Great Britain: MPG, Bodmin, Cornwall .

PEDROLLO. (2024). Obtenido de https://www.pedrollo.com.co/es/4sr-electrobombas-sumergidas-de-4/150

Pérez, G. (15 de Octubre de 2019). *Ciclo Hidrologico*. Obtenido de Ciclo Hidrologico: https://www.ciclohidrologico.com/

Pérez, G. (15 de Octubre de 2019). *Ciclo Hidrologico .com*. Obtenido de Ciclo Hidrologico .com: https://www.ciclohidrologico.com/hidrologa

PLANEACION, F. P. (18 de Noviembre de 2020). *MUNICIPIO DE MADRID*. Obtenido de https://mapas.cundinamarca.gov.co/documents/municipio-de-madrid/explore

Rakhmetova, E. (29). Modern Water treatment system for high-quality water used in the energy industry. 7.

Ramkumar Karuppiah, S. J. (2019). Optimal desing of reverse osmosis-based water treatment systems. 12.

Richer, M. (9 de Agosto de 2023). *Bridgit.* Obtenido de https://gobridgit.com/blog/labor-vs-material-cost-in-construction-6-things-to-keep-in-mind/

Rodriguez Reina, I. A. (2016). *Diagnóstico y recomendaciones para la optimización al sistema en el acueducto veredal de Tarqui Flandes Tolima.* Girardot.

Rodriguez, S. M. (2023). *Viabilidad de reinyección de aguas residuales tratadas dentro del acuifero de Madrid, Cundinamarca.* Bogota.

Rojas, J. A. (1999). *POTABILIZACION DEL AGUA 3era edicion.* ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA.

Saldarriaga, J. (2007). Hidráulica de tuberías: abastecimiento de agua, redes, riegos. En J. Saldarriaga, *Hidráulica de tuberías: abastecimiento de agua, redes, riegos* (págs. 140-141). Bogotá D.C.: Alfaomega.

Sociedad Geográfica de Lima. (2011). *Balance hídrico superficial.* Lima.

SPENA GROUP. (23 de Enero de 2022). *SPENA GROUP Tratamiento de Aguas Residuales*. Obtenido de https://spenagroup.com/planta-tratamiento-agua-potable/#:~:text=Una%20Planta%20de%20Tratamiento%20de,proceso%20de%20tratamiento%20y%20rendimiento.

Te Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (1994). *Hidrología aplicada.* Bogotá: D´VINNI EDITORIAL LTDA.

Villanueva martinez, M., & Iglesias lopez, A. (s.f.). *Pozos y Acuiferos tecnicas de evaluacion mediante ensayo de bombeo.* Madrid : IBERGRESA.

Weather Spark. (2023). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Madrid*. Obtenido de https://es.weatherspark.com/y/23360/Clima-promedio-en-Madrid-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o#google_vignette

Young Kyu Park, J.-S. A. (2019). Development of Mobile Water Treatment Package System for Emergency Water Supply. *Structural and Civil Engineering Research*, 5.

ANEXOS

A ANEXOS REGISTROS FOTOGRAFICOS

De las visitas de campo efectuadas quedaron numerosos archivos fotográficos. En esta sección se presentan las más significativas, a saber: el área de estudio a partir de la presencia de pozos de agua subterránea circundantes a la ciudadela La Prosperidad ubicada en el noroccidente de Madrid, Cundinamarca, por consecuente evidencias de los Análisis in situ y Análisis de laboratorio, por otra parte, se identifica la visita a la empresa ALP (AGUAS DE LA PROSPERIDAD).

“



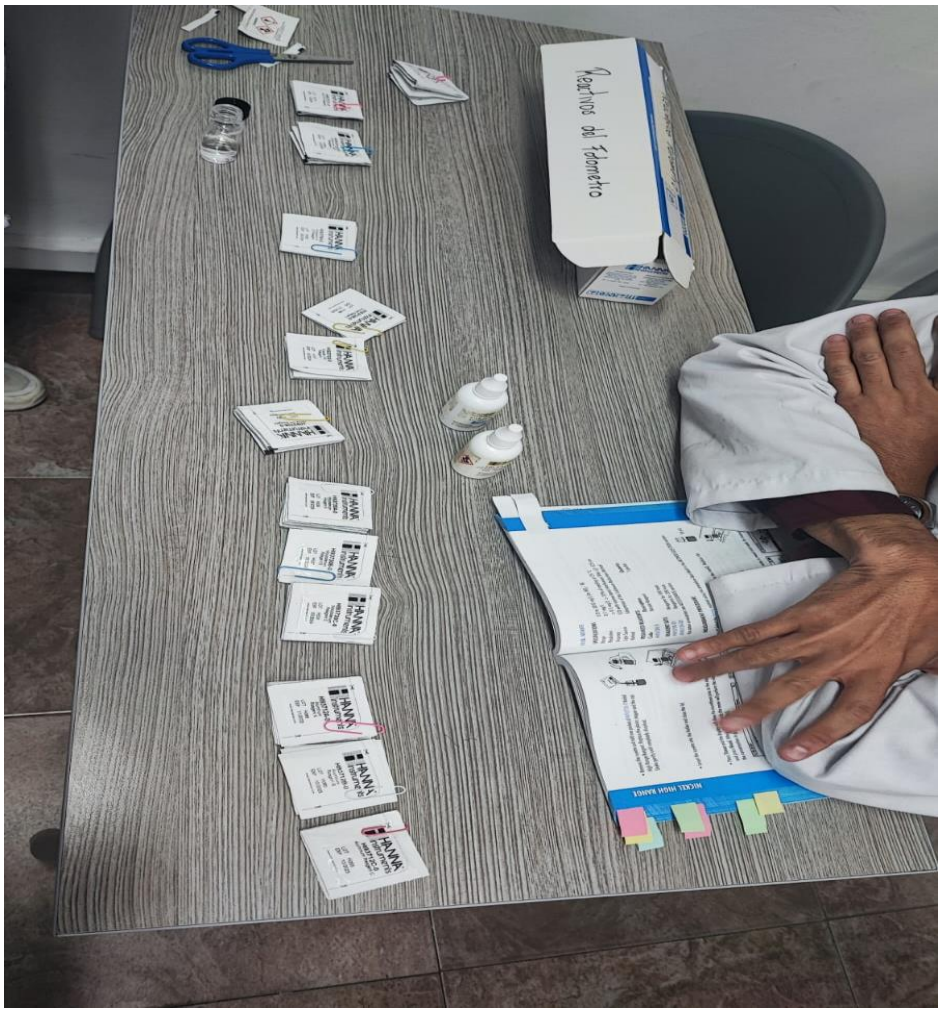







PH4.01@25°C
PH6.86@25°C


YSI
556 MPS
16.34
12.8
436
4.8
0.47
6.17
13/04/2023 09:53:50
Esc
YSI incorporated


Reactivos del Fotometro
HANNA
NICKEL HIGH RANGE






POZO














PRESSURE CONTROL
SPEED
OFF
INTERNAL
EXTERNAL
NSF
LMI
www.lmipumps.com
STROKE TURN WHILE UNIT IS RUNNING
EXTERNAL INPUT
EMPTY
DISCONNECT POWER CORD BEFORE REMOVING PANEL
50/60 HZ
V.a.c 50/60 Hz 1.50A
EL B741-318NI
SERIAL # 22054869086-2
MAX 7.00 PSI 30.0
GPH
815-P-02





B ANEXOS ANALISIS DE AGUA CRUDA Y TRATADA ALP (AGUAS DE LA PROSPERIDAD)

Pozo #1

BIOPOLAB

IDEAM

RESULTADOS DE ANÁLISIS

INFORME DE RESULTADOS Nº: 113823

INFORMACIÓN DEL CLIENTE		INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		INFORMACIÓN DE RECEPCIÓN	
CLIENTE:	AGUAS DE LA PROSPERIDAD SAS ESP	FECHA DE MUESTREO: (^)	31/05/2023	ID. MUESTRA:	23-9786
NIT:	901122927-4	TIPO DE MUESTREO: (^)	PUNTUAL	ODS:	23-4139
TELÉFONO:	4-4441676	T (° C) MUESTREO: (^)	N.E	COTIZACIÓN Nº:	23-1568
CONTACTO:	Sandra Milena Serna Gomèz/David Steen Cañon	PUNTO DE CAPTACIÓN: (^)	ALP-AC-01-I POZO 1	TIPO DE EMPAQUE:	P/V
CARGO:	N.E	LUGAR DE RECOGIDA: (^)	ALP-AC-01-I POZO 1	CANTIDAD:	2950mL
DIRECCIÓN:	CALLE 10 SUR # 23 61 ALP	TIPO DE MUESTRA: (^)	TRATADA	RESPONSABLE MUESTREO:	CLIENTE
CIUDAD:	MADRID	HORA MUESTREO:	12:00pm	FECHA DE RECIBIDO:	31/05/2023
		COORDENADAS: (^)	N: (^) N.E W: (^) N.E		
		ALMAC. CONTRAMUESTRA:	Análisis FQ: 15 días	Análisis MB: 24 horas	

Microbiología

FECHA DE ANÁLISIS (dd/mm/yyyy)	PARÁMETRO	RESULTADO	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN	INCERTIDUMBRE ±	UNIDADES	TÉCNICA ANALÍTICA	MÉTODO	Decreto 1594 de 1984 - Artículo 39 - Uso Humano y Domestico, solo desinfección	CONFORMIDAD
31/05/2023	Coliformes Totales(A)	<1,8	1,8	NO APLICA	NMP/100 mL	Fermentación en tubos múltiples	SM 9221 B. Edition 23RD 2017	1000	CUMPLE
31/05/2023	Mesófilos aerobios	360,0	1,000	41,538	UFC/100 mL ó cm3	Filtración por membrana	SM 9215 D Edition 23RD 2017	No Especifica	NO APLICA

Fisicoquímica

FECHA DE ANÁLISIS (dd/mm/yyyy)	PARÁMETRO	RESULTADO	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN	INCERTIDUMBRE ±	UNIDADES	TÉCNICA ANALÍTICA	MÉTODO	Decreto 1594 de 1984 - Artículo 39 - Uso Humano y Domestico, solo desinfección	CONFORMIDAD
1/06/2023	Arsénico (A)	<0,005	0,005	NO APLICA	mg As /L	Open Vessel Acid Digestion - Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry (GFAAS)	SM 3030 F, SM 3113 B. Ed 23rd-2017	0,05	CUMPLE
1/06/2023	Cadmio (A)	<0,001	0,001	NO APLICA	mg Cd/L	Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama directa Aire-Acetileno	SM 3030 F; SM 3111 B. Ed 23rd-2017	0,01	CUMPLE

BIOPOLAB

IDEAM

RESULTADOS DE ANÁLISIS

INFORME DE RESULTADOS Nº: 113823

31/05/2023	pH (A)	7,0	No Aplica	0,0938	Unidad de pH	Electrometric Method.	SM 4500-H+ B.Ed 23	6,5 - 8,5	CUMPLE
5/06/2023	Plata (A)	<0,05	0,05	NO APLICA	mg Ag/L	Open Vessel Acid Digestion - Direct Air-Acetylene Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS)	SM 3030F; SM 3111 B. Ed 23	0,05	CUMPLE
31/05/2023	Plomo (A)	<0,00680	0,0068	NO APLICA	mg Pb/L	Direct Air-Acetylene Flame Method	SM 3030 F; 3111 B. Ed 23	0,05	CUMPLE
31/05/2023	Selenio (A)	<0,0100	0,0100	NO APLICA	mg Se / L	Open Vessel Acid Digestion - Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry (GFAAS)	SM 3030 F, SM 3113 B. Ed 23rd-2017	0,01	CUMPLE
31/05/2023	Surfactantes aniónicos (A)	<0,242	0,242	NO APLICA	mg SAAM/L	Anionic Surfactants as MBAS.	SM 5540 C. Ed 23rd-2017	0,5	CUMPLE
31/05/2023	Color Aparente (O)	30,0	5,000	0,393	UPC	Método Comparación Visual	SM 2120 B Ed. 23rd, 2017	20	NO CUMPLE
31/05/2023	Alcalinidad Total (A)	204,1	25,5	1,633	mg CaCO3 /L	Titration Method	SM 2320 B. Ed 23rd-2017	No Especifica	NO APLICA
6/06/2023	Dureza Total (A)	55,3	7,4	0,541	mg CaCO3 /L	EDTA Titrimetric Method.	SM 2340 C. Ed 23rd-2017	No Especifica	NO APLICA
5/06/2023	Nitrógeno Amoniacal (A)	<1,5	1,5	NO APLICA	mg N-NH3/ L	Destilation-Titrimetric Method	SM 4500-NH3 B, C. Ed 23rd-2017	No Especifica	NO APLICA
1/06/2023	Hierro Total (A)	1,2	0,131	0,0396	mg Fe /L	Open Vessel Acid Digestion - Direct Air-Acetylene Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS)	SM 3030F, SM 3111 B. Ed 23rd, 2017.	No Especifica	NO APLICA
1/06/2023	Manganeso (A)	0,1	0,05	0,00333	mg Mn /L	Open Vessel Acid Digestion - Direct Air-Acetylene Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS)	SM 3030 F; SM 3111 B. Ed 23	No Especifica	NO APLICA
1/06/2023	Bario (A)	<0,5	0,5	NO APLICA	mg Ba/L	Open Vessel Acid Digestion - Direct Nitrous Oxide-Acetylene Flame Atomic Absorption Spectrometry (AAS)	SM 3030 F; SM 3111 D Ed 23	1	CUMPLE
1/06/2023	Cianuros Total (A)	<0,024	0,024	NO APLICA	mg CN / L	Tratamiento preliminar --Destilación; Colorimétrico;	SM 4500-CN B, C, E. Ed 23rd-2017	0,2	CUMPLE
8/06/2023	Mercurio (A)	<0,0005	0,0005	NO APLICA	mg Hg/L	Cold Vapor Atomic Absorption	3112 B. Ed 23rd-2017	0,002	CUMPLE
31/05/2023	Turbiedad (A)	13,3	1,0	0,404	NTU	Método Nefelometrico	SM 2130 B. Ed 23rd-2017	No Especifica	NO APLICA
2/06/2023	Fluoruros (A)	0,4	0,161	0,0182	mg F-/L	Ion-Selective Electrode Method	SM 4500-F B, C Ed. 23rd, 2017	No Especifica	NO APLICA
31/05/2023	Color (A)	29,3	8,68	1,87	UPC	Spectrophotometric -Single-Wavelength Method	SM 2120 C.Ed 23	75	CUMPLE
5/06/2023	Sulfatos (O)	<8,90	8,90	NO APLICA	mg SO42 - /L	Método Turbidimétrico	SM 4500 SO42- E. Ed 23rd-2017	400	CUMPLE

BIOPOLAB

IDEAM

RESULTADOS DE ANÁLISIS

INFORME DE RESULTADOS Nº:					113823				
1/06/2023	Aluminio (O)	<0,046	0,046	NO APLICA	mg Al3+/L	Colorimetric Method, Eriochrome Cyanine R . (No válida para muestras con Sulfatos mayor a 2000 mg/L)	SM 3500-Al B. Ed 23rd-2017	No Especifica	NO APLICA
2/06/2023	COT	<2,44	2,44	NO APLICA	mg/L	Closed Reflux, Titrimetric Method	SM 5220 C.Ed 23	No Especifica	NO APLICA
31/05/2023	Nitritos Agua Potable (O)	<0,0140	0,0140	NO APLICA	mg NO2-/L	Colorimetric Method	SM 4500-NO2- B.Ed 23	1	CUMPLE
31/05/2023	Nitratos Agua potable (O)	<1,38	1,38	NO APLICA	mg NO3-/L	UV Spectrophotometric Screening Method.	SM 4500-NO3- B. Ed 23.	10	CUMPLE
9/06/2023	Pesticidas Organoclorados (A)	0,0001	0,0001	0,0000102	mg / L	Cromatografía de Gases/Masas. ECD Detector	USEPA 3510C:1996-USEPA 8081B:2007	No Especifica	NO APLICA
9/06/2023	Pesticidas Organofosforados	<0,0005	0,0005	NO APLICA	mg / L	Cromatografía de Gases Masas	USEPA 3510C:1996-USEPA 8270E:2018	No Especifica	NO APLICA

(A) Parámetro acreditado por IDEAM bajo Resolución 0740 de 07 de junio de 2023.
Los valores de pH, Caudal, Temperatura, Oxígeno Disuelto y Sólidos Sedimentables fueron medidos in situ.
Formato de fecha: dd/mm/yyyy

- Estos resultados son válidos únicamente para esta muestra recibida y analizada en el Laboratorio Biopolab SAS
- Este informe de resultados no se puede reproducir y solo aplica para los resultados de la muestra analizada.
- Cualquier inquietud o reclamación puede ser presentada a nuestra compañía ya sea vía telefónico, o al correo e inmediatamente sera atendida
- La muestra será almacenada 15 días para eventuales repeticiones o inquietudes con los análisis y resultados.

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

Los resultados se pueden ver afectados por desviaciones o incumplimientos en las especificaciones analíticas; las muestras recibidas para análisis fuera del tiempo regulatorio establecido por el método de referencia para las técnicas en que apliquen, son previamente autorizadas por el cliente.

(*) BIOPOLAB no se hace responsable por la información suministrada por el cliente asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos de la misma ni de las condiciones al momento de la toma.Los resultados emitidos corresponden a las muestras como se recibieron en el laboratorio.

BIOPOLAB no se hace responsable por la información suministrada por el cliente asociada a valores medidos in-Situ

INCERTIDUMBRE

Los resultados de los análisis presentan una incertidumbre que ha sido estimada a través de la confirmación del método (aplica para valores cuantitativos), la incertidumbre declarada corresponde específicamente al resultado del parámetro evaluado y esta expresado en las mismas unidades del resultado.
La incertidumbre ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aproximado del 95%.

REGLA DE DECISIÓN

La regla de decisión aplicada es válida para técnicas cuantitativas. Para establecer la conformidad de un resultado en referencia con un requisito normativo, se basa en la guía ILAC-GE09:2019 Guía para establecer reglas de decisión, teniendo como punto base el numeral 4.1 Declaración binaria de aceptación simple, donde la probabilidad de estar por fuera del límite de tolerancia es del 50% cuando la medición se encuentre exactamente en el límite de la especificación.
En el caso en que la regla de decisión no se ajuste a las necesidades o requerimientos del cliente, se establecerá una regla de decisión diferente de mutuo acuerdo.

Documento aprobado por:

Javier Eduardo Muñoz
Gerente Técnico
Químico alimentos PQA 004359

Fecha de expedición: 16/06/2023 **FIN DEL INFORME** Elaborado por: Danilo Escobar Martinez

Tabla 25. Parámetros Pozo 1

(Aguas de la Prosperidad, 2023)

POZO # 2

BIOPOLAB
CUMPLIMIENTO Y CALIDAD

ONAC ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
18-LAB-029

Código: F-ER-02
Versión: 6
Fecha: 05/05/2022

RESULTADOS DE ANÁLISIS

INFORME DE RESULTADOS Nº:	124923				
INFORMACIÓN DEL CLIENTE		**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA**		**INFORMACIÓN DE RECEPCIÓN**	
CLIENTE:	AGUAS DE LA PROSPERIDAD SAS ESP	**FECHA DE MUESTREO:**	18/09/2023	**ID MUESTRA:**	23-18406
NIT:	901122927-4	**TIPO DE AGUA:**	Subterranea	**RESPONSABLE MUESTREO:**	Cliente
TELÉFONO:	4-4441676	**LUGAR DE RECOGIDA: (^)**	AGUAS DE LA PROSPERIDAD SAS ESP	**TIPO DE ENVASE:**	Pet, Estéril, Ámbar, Boca ancha
CONTACTO:	Sandra Milena Serna Gomèz/David Steen Cañon;Leidy Yanquen	**PUNTO DE CAPTACIÓN: (^)**	Agua pozo 2 Nublado ALP-AC-02-I	**T (º C) MUESTREO: (^)**	N.E
CARGO:	N.E	**COTIZACIÓN Nº:**	23-1568	**T (º C) RECEP(Nevera):**	4,5
DIRECCIÓN:	CALLE 10 SUR # 23 61 ALP	**ODS:**	23-8067	**FECHA DE RECIBIDO:**	19/09/2023
CIUDAD:	MADRID	**OBSERVACIONES:**	La muestra ingresa sin cadena de custodia	**CANTIDAD:**	5100mL
		HORA MUESTREO:	8:20	**ALMAC. CONTRAMUESTRA:**	**Análisis FQ: 15 días** / **Análisis MB: 24 horas**

Microbiología

FECHA DE ANÁLISIS (dd/mm/yyyy)	PARÁMETRO	RESULTADO	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN	INCERTIDUMBRE	UNIDADES	TÉCNICA ANALÍTICA	MÉTODO	Decreto 1594 de 1984 - Artículo 39 - Uso Humano y Domestico, solo desinfección	CONFORMIDAD
19/09/2023	Coliformes Totales(A)	<1,8	1,8	NO APLICA	NMP/100 mL	Fermentación en tubos múltiples	SM 9221 B. Edition 23RD 2017	No Especifica	NO APLICA
19/09/2023	Mesófilos aerobios	120	1	29,0001	UFC/100 mL ó cm3	Filtración por membrana	SM 9215 D Edition 23RD 2017	No Especifica	NO APLICA

Fisicoquímico

FECHA DE ANÁLISIS (dd/mm/yyyy)	PARÁMETRO	RESULTADO	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN	INCERTIDUMBRE	UNIDADES	TÉCNICA ANALÍTICA	MÉTODO	Decreto 1594 de 1984 - Artículo 39 - Uso Humano y Domestico, solo desinfección	CONFORMIDAD
4/10/2023	Arsénico (A)	<0,005	0,005	NO APLICA	mg As /L	Open Vessel Acid Digestion - Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry (GFAAS)	SM 3030 F, SM 3113 B. Ed 23rd-2017	No Especifica	NO APLICA

BIOPOLAB
CUMPLIMIENTO Y CALIDAD

ONAC ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
18-LAB-029

Código: F-ER-02
Versión: 6
Fecha: 05/05/2022

RESULTADOS DE ANÁLISIS

INFORME DE RESULTADOS Nº:	124923								
20/09/2023	Cadmio (A)	<0,001	0,001	NO APLICA	mg Cd/L	Espectrofotometria de Absorción Atómica con llama directa Aire-Acetileno	SM 3030 F; SM 3111 B. Ed 23rd-2017	0,01	CUMPLE
21/09/2023	Cinc (A)	<0,050	0,050	NO APLICA	mg Zn/L	Open Vessel Acid Digestion - Direct Air-Acetylene Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS)	SM 3030 F;SM 3111 B. Ed 23	15	CUMPLE
27/09/2023	Cloruros (A)	58,2	19,9	0,4883	mgCl-/L	Argentometric Method.	SM 4500-Cl- B. Ed 23rd-2017	250	CUMPLE
22/09/2023	Cobre (A)	<0,02	0,0200	NO APLICA	mg Cu/L	Open Vessel Acid Digestion - Direct Air-Acetylene Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS)	SM 3030 F; SM 3111 B. Ed 23	1,0	CUMPLE
25/09/2023	Cobalto (A)	0,068	0,05	0,0023	mg / L	Open Vessel Acid Digestion - Direct Air-Acetylene Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS)	SM 3030F, SM 3111 B. Ed 23rd, 2017	No Especifica	NO APLICA
21/09/2023	Cromo (A)	<0,04	0,04	NO APLICA	mg Cr/L	Open Vessel Acid Digestion - Direct Air-Acetylene Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS)	SM 3030 F; SM 3111 B.Ed 23	No Especifica	NO APLICA
22/09/2023	Plata (A)	<0,05	0,05	NO APLICA	mg Ag/L	Open Vessel Acid Digestion - Direct Air-Acetylene Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS)	SM 3030F; SM 3111 B. Ed 23	0,05	CUMPLE
20/09/2023	Plomo (A)	<0,00680	0,0068	NO APLICA	mg Pb/L	Direct Air-Acetylene Flame Method	SM 3030 F; 3111 B. Ed 23	0,05	CUMPLE
26/09/2023	Selenio (A)	<0,0100	0,0100	NO APLICA	mg Se / L	Open Vessel Acid Digestion - Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry (GFAAS)	SM 3030 F, SM 3113 B. Ed 23rd-2017	No Especifica	NO APLICA
19/09/2023	Surfactantes aniónicos (A)	<0,242	0,242	NO APLICA	mg SAAM/L	Anionic Surfactants as MBAS.	SM 5540 C. Ed 23rd-2017	0,5	CUMPLE
19/09/2023	Color Aparente (O)	5	5	0,0655	UPC	Método Comparación Visual	SM 2120 B Ed. 23rd, 2017	No Especifica	NO APLICA
19/09/2023	Alcalinidad Total (A)	195,8	25,5	1,5664	mg CaCO3 /L	Titration Method	SM 2320 B. Ed 23rd-2017	No Especifica	NO APLICA
22/09/2023	Dureza Total (A)	58	7,4	0,5678	mg CaCO3 /L	EDTA Tritimetric Method.	SM 2340 C. Ed 23rd-2017	No Especifica	NO APLICA
3/10/2023	Nitrógeno Amoniacal (A)	1,53	1,5	0,0304	mg N-NH3/ L	Destilation-Titrimetric Method	SM 4500-NH3 B, C. Ed 23rd-2017	No Especifica	NO APLICA
21/09/2023	Hierro Total (A)	0,966	0,131	0,0329	mg Fe /L	Open Vessel Acid Digestion - Direct Air Acetylene Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS)	SM 3030F, SM 3111 B. Ed 23rd, 2017.	No Especifica	NO APLICA

BIOPOLAB
CUMPLIMIENTO Y CALIDAD

ONAC ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
18-LAB-029

Código: P-ER-02
Versión: 6
Fecha: 05/01/2022

RESULTADOS DE ANÁLISIS

INFORME DE RESULTADOS Nº: 124923

22/09/2023	Manganeso (A)	<0,05	0,05	NO APLICA	mg Mn /L	Open Vessel Acid Digestion - Direct Air-Acetylene Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS)	SM 3030 F; SM 3111 B. Ed 23	No Especifica	NO APLICA
25/09/2023	Bario (A)	<0,5	0,5	NO APLICA	mg Ba/L	Open Vessel Acid Digestion - Direct Nitrous Oxide-Acetylene Flame Atomic Absorption Spectrometry (AAS)	SM 3030 F; SM 3111 D Ed 23	No Especifica	NO APLICA
22/09/2023	Cianuros Total (A)	<0,024	0,024	NO APLICA	mg CN / L	Tratamiento preliminar –Destilación; Colorimétrico;	SM 4500-CN B, C, E. Ed 23nd-2017	No Especifica	NO APLICA
28/09/2023	Mercurio (A)	<0,0005	0,0005	NO APLICA	mg Hg/L	Cold Vapor Atomic Absoption	3112 B. Ed 23rd 2017	No Especifica	NO APLICA
19/09/2023	Turbiedad (A)	4,625	1,0	0,1406	NTU	Método Nefelometrico	SM 2130 B. Ed 23rd-2017	No Especifica	NO APLICA
21/09/2023	Fluoruros (A)	0,457	0,161	0,0194	mg F-/L	Ion-Selective Electrode Method	SM 4500-F B, C Ed. 23rd, 2017	No Especifica	NO APLICA
19/09/2023	Color (A)	<8,68	8,68	NO APLICA	UPC	Spectrophotometric -Single-Wavelength Method	SM 2120 C.Ed 23	75	CUMPLE
19/09/2023	Nitratos Agua potable (O)	<1,38	1,38	NO APLICA	mg NO3-/L	UV Spectrophotometric Screening Method.	SM 4500-NO3- B. Ed 23.	No Especifica	NO APLICA
19/09/2023	Nitritos Agua Potable (O)	<0,0140	0,0140	NO APLICA	mg NO2-/L	Colorimetric Method	SM 4500-NO2- B.Ed 23	No Especifica	NO APLICA
23/09/2023	Aluminio (O)	<0,046	0,046	NO APLICA	mg Al3+/L	Colorimetric Method, Eriochrome Cyanine R. . (No válida para muestras con Sulfatos mayor a 2000 mg/L)	SM 3500-Al B. Ed 23rd-2017	No Especifica	NO APLICA
23/09/2023	Sulfatos (O)	<8,90	8,90	NO APLICA	mg SO42- /L	Método Turbidimétrico	SM 4500 SO42- E. Ed 23rd-2017	No Especifica	NO APLICA
21/09/2023	COT	3,76	2,44	0,2294	mg/L	Closed Reflux, Titrimetric Method	SM 5220 C Ed 23	No Especifica	NO APLICA
19/09/2023	pH	7,04	NO APLICA	0,0894	Unidad de pH	Electrometric Method.	SM 4500-H+ B Ed 23	No Especifica	NO APLICA

BIOPOLAB
CUMPLIMIENTO Y CALIDAD

ONAC ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
18-LAB-029

Código: P-ER-02
Versión: 6
Fecha: 05/01/2022

RESULTADOS DE ANÁLISIS

INFORME DE RESULTADOS Nº: 124923

Cromatografía Agua

FECHA DE ANÁLISIS (dd/mm/yyyy)	PARÁMETRO	RESULTADO	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN	INCERTIDUMBRE	UNIDADES	TÉCNICA ANALÍTICA	MÉTODO	Decreto 1594 de 1984 - Artículo 39 - Uso Humano y Domestico, solo desinfección	CONFORMIDAD
20/09/2023	Pesticidas Organoclorados (A) Aldrin, 4,4´-DDD, 4,4´-DDT, Dieldrin, Heptacloro, Heptacloro Epoxido, Alfa-BHC, Beta-BHC, Gama-BHC, Delta-BHC, Gama-Clordano,Endosulfan II,Endosulfan Sulfato, Endrin Aldehido,Endrin cetona, Endrin, Metoxicloro,Trans-NNC	<0,0001	0,0001	NO APLICA	mg / L	Cromatografia de Gases/Masas. ECD Detector	USEPA 3510C:1996-USEPA 8081B:2007	No Especifica	NO APLICA
19/09/2023	Pesticidas Organofosforados (A)	<0,0005	0,0005	NO APLICA	mg / L	Cromatografia de Gases Masas	USEPA 3510C:1996-USEPA 8270E:2018	No Especifica	NO APLICA

BIOPOLAB
CUMPLIMIENTO Y CALIDAD

ONAC ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
18-LAB-029

Código:F-09.02
Versión: 6
Fecha: 05/01/2022

RESULTADOS DE ANÁLISIS

INFORME DE RESULTADOS Nº:	**124023**

(D) En Biopolímeros Industriales S.A.S contamos con acreditación ONAC, vigente a la fecha, con código de acreditación 18-LAB-029 bajo la norma ISO/IEC-17025:2017
(A) Acreditación IDEAM, solo aplica para muestras de agua residuales y superficiales
(*) Parámetro Subcontratado.
Formato fecha: dd/mm/yyyy
Los valores reportados para los parámetros Cloro Residual Libre, pH, y Temperatura fueron medidos In Situ en el punto de captación.
Los valores reportados de pH, Cloro Residual Libre y Temperatura fueron medidos en el laboratorio por autorización del cliente

Cuando el reporte en el parametro de Coliformes Totales y Escherichia coli se declare como < 1UFC/100 mL o cm3 CUMPLE con el requisito de la norma que establece un valor de 0 (cero); es decir no hay detección del microorganismo evaluado.

- Estos resultados son válidos únicamente para esta muestra recibida y analizada en el Laboratorio Biopolab SAS
- Este informe de resultados no se puede reproducir y solo aplica para los resultados de la muestra analizada.
- Cualquier inquietud o reclamación puede ser presentada a nuestra compañía ya sea vía telefónico, o al correo e inmediatamente sera atendida
- La muestra será almacenada 15 días para eventuales repeticiones o inquietudes con los análisis y resultados.

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

Los resultados se pueden ver afectados por desviaciones o incumplimientos en las especificaciones analíticas; las muestras recibidas para análisis fuera del tiempo regulatorio establecido por el método de referencia para las técnicas en que apliquen, son previamente autorizadas por el cliente.
(*) BIOPOLAB no se hace responsable por la información suministrada por el cliente asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos de la misma ni de las condiciones al momento de la toma.Los resultados emitidos corresponden a las muestras como se recibierón en el laboratorio.
BIOPOLAB no se hace responsable por la información suministrada por el cliente asociada a valores medidos In-Situ

INCERTIDUMBRE

Los resultados de los análisis presentan una incertidumbre que ha sido estimada a través de la confirmación del método, la incertidumbre declarada (aplica para valores cuantitativos) corresponde especificamente al resultado del parámetro evaluado y esta expresado en las mismas unidades del resultado.
La incertidumbre ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aproximado del 95%.

REGLA DE DECISIÓN

La regla de decisión aplicada[1] para establecer la conformidad de un resultado en referencia con un requisito normativo, se basa en la guía ILAC-G8:09/2019 teniendo como punto base el numeral 4.1 Declaración Binaria de aceptación simple, donde la probabilidad de estar por fuera del límite de tolerancia es del 50% cuando la medición se encuentre exactamente en el límite de la especificación.
En el caso en que la regla de decisión no se ajuste a las necesidades o requerimientos del cliente, se establecerá una regla de decisión diferente de mutuo acuerdo.
[1] Válida para técnicas cuantitativas .

Documento aprobado por:

Javier Eduardo Muñoz
Gerente Técnico
Químico Alimentos PQA-00495

Fecha de expedición: 6/10/2023

FIN DEL INFORME

Elaborado por: Nicolas Nuñez Rodriguez

Tabla 26. Parámetros Pozo 2

(Aguas de la Prosperidad, 2023)

POZO # 3

BIOPOLAB

IDEAM

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Verifique su informe con el QR

INFORME DE RESULTADOS Nº: 119143

INFORMACIÓN DEL CLIENTE		INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		INFORMACIÓN DE RECEPCIÓN	
CLIENTE:	AGUAS DE LA PROSPERIDAD SAS ESP	FECHA DE MUESTREO: (*)	13/07/2023	ID. MUESTRA:	23R-2010
NIT:	901122927-6	TIPO DE MUESTREO: (*)	Puntual	ODS:	23-5624
TELÉFONO:	4-4441676	T (° C) MUESTREO: (*)	N.E	COTIZACIÓN Nº:	23-1568
CONTACTO:	Sandra Milena Serna Gomèz/David Steen Cañon	PUNTO DE CAPTACIÓN: (*)	ALPP-AC-03-I-POZO 3	TIPO DE EMPAQUE:	P/V
CARGO:	N.E	LUGAR DE RECOGIDA: (*)	ALPP-AC-03-I-POZO 3	CANTIDAD:	4750
DIRECCIÓN:	CALLE 10 SUR # 23 61 ALP	TIPO DE MUESTRA: (*)	Subterránea	RESPONSABLE MUESTREO:	Cliente
CIUDAD:	MADRID	HORA MUESTREO:	9:40	FECHA DE RECIBIDO:	13/07/2023
		COORDENADAS: (*)	N: (*) N.E W: (*) N.E		
		ALM.AC. CONTRAMUESTRA:	Análisis FQ: 15 días	Análisis MB: 24 horas	

Microbiología

FECHA DE ANÁLISIS (dd/mm/yyyy)	PARÁMETRO	RESULTADO	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN	INCERTIDUMBRE ±	UNIDADES	TÉCNICA ANALÍTICA	MÉTODO	Decreto 1594 de 1984 - Artículo 39 - Uso Humano y Domestico, solo desinfección	CONFORMIDAD
13/07/2023	Coliformes Totales(A)	940	1,8	190	NMP/100 mL	Fermentación en tubos múltiples	SM 9221 B. Edition 23RD 2017	1000	CUMPLE
13/07/2023	Mesófilos aerobios	3950	1	456	UFC/100 mL ó cm3	Filtración por membrana	SM 9215 D Edition 23RD 2017	No Especifica	NO APLICA

Fisicoquímica

FECHA DE ANÁLISIS (dd/mm/yyyy)	PARÁMETRO	RESULTADO	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN	INCERTIDUMBRE ±	UNIDADES	TÉCNICA ANALÍTICA	MÉTODO	Decreto 1594 de 1984 - Artículo 39 - Uso Humano y Domestico, solo desinfección	CONFORMIDAD
26/07/2023	Arsénico (A)	<0,005	0,005	NO APLICA	mg As /L	Open Vessel Acid Digestion - Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry (GFAAS)	SM 3030 F, SM 3113 B. Ed 23rd-2017	0,05	CUMPLE
21/07/2023	Cadmio (A)	<0,001	0,001	NO APLICA	mg Cd/L	Espectrofotometria de Absorción Atómica con llama directa Aire-Acetileno	SM 3030 F; SM 3111 B. Ed 23rd-2017	0,01	CUMPLE
						Open Vessel Acid Digestion - Direct Air-			

BIOPOLAB

IDEAM

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Verifique su informe con el QR

INFORME DE RESULTADOS Nº: 119143

18/07/2023	Cobalto (A)	<0,05	0,05	NO APLICA	mg / L	Open Vessel Acid Digestion - Direct Air-Acetylene Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS)	SM 3030F, SM 3111 B. Ed 23rd, 2017	No Especifica	NO APLICA
22/07/2023	Cromo (A)	0,6	0,04	0,017	mg Cr/L	Open Vessel Acid Digestion - Direct Air-Acetylene Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS)	SM 3030 F; SM 3111 B.Ed 23	0,05	NO CUMPLE
13/07/2023	pH	6,9	NO APLICA	0,088	Unidad de pH	Electrometric Method.	SM 4500-H+ B.Ed 23	6,5-8,5	CUMPLE
17/07/2023	Plata (A)	<0,05	0,05	NO APLICA	mg Ag/L	Open Vessel Acid Digestion - Direct Air-Acetylene Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS)	SM 3030F; SM 3111 B. Ed 23	0,05	CUMPLE
21/07/2023	Plomo (A)	<0,00680	0,0068	NO APLICA	mg Pb/L	Direct Air-Acetylene Flame Method	SM 3030 F; 3111 B. Ed 23	0,05	CUMPLE
25/07/2023	Selenio (A)	<0,0100	0,0100	NO APLICA	mg Se / L	Open Vessel Acid Digestion - Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry (GFAAS)	SM 3030 F, SM 3113 B. Ed 23rd-2017	0,01	CUMPLE
24/07/2023	Sulfatos (A)	<8,9	8,9	NO APLICA	mg SO42 - /L	Método Turbidimétrico	SM 4500 SO42- E. Ed 23rd-2017	400	CUMPLE
13/07/2023	Surfactantes aniónicos (A)	<0,242	0,242	NO APLICA	mg SAAM/L	Anionic Surfactants as MBAS.	SM 5540 C. Ed 23rd-2017	0,5	CUMPLE
13/07/2023	Color Aparente (O)	5,0	5,000	0,066	UPC	Método Comparación Visual	SM 2120 B Ed. 23rd, 2017	No Especifica	NO APLICA
29/07/2023	Aluminio (A)	0,1	0,046	0,002	mg Al3+/L	Colorimetric Method, Eriochrome Cyanine R . (No válida para muestras con Sulfatos mayor a 2000 mg/L)	SM 3500-Al B. Ed 23rd-2017	No Especifica	NO APLICA
13/07/2023	Alcalinidad Total (A)	176,6	25,5	1,413	mg CaCO3 /L	Titration Method	SM 2320 B. Ed 23rd-2017	No Especifica	NO APLICA
17/07/2023	Dureza Total (A)	80,6	7,4	0,789	mg CaCO3 /L	EDTA Tritimetric Method.	SM 2340 C. Ed 23rd-2017	No Especifica	NO APLICA
24/07/2023	Nitrógeno Amoniacal (A)	<1,5	1,5	NO APLICA	mg N-NH3/ L	Destilation-Titrimetric Method	SM 4500-NH3 B, C. Ed 23rd-2017	No Especifica	NO APLICA
17/07/2023	Hierro Total (A)	2,6	0,131	0,090	mg Fe /L	Open Vessel Acid Digestion - Direct Air-Acetylene Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS)	SM 3030F, SM 3111 B. Ed 23rd, 2017.	No Especifica	NO APLICA
21/07/2023	Manganeso (A)	0,1	0,05	0,001	mg Mn /L	Open Vessel Acid Digestion - Direct Air-Acetylene Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS)	SM 3030 F; SM 3111 B. Ed 23	No Especifica	NO APLICA
17/07/2023	Bario (A)	<0,5	0,5	NO APLICA	mg Ba/L	Open Vessel Acid Digestion - Direct Nitrous Oxide-Acetylene Flame Atomic Absorption Spectrometry (AAS)	SM 3030 F; SM 3111 D Ed 23	1	CUMPLE

BIOPOLAB

IDEAM

RESULTADOS DE ANÁLISIS

INFORME DE RESULTADOS Nº: 119143

Verifique su informe con el QR

25/07/2023	Cianuros Total (A)	<0,024	0,024	NO APLICA	mg CN / L	Tratamiento preliminar –Destilación; Colorimétrico;	SM 4500-CN B, C, E. Ed 23nd-2017	No Especifica	NO APLICA
19/07/2023	Mercurio (A)	<0,0005	0,0005	NO APLICA	mg Hg/L	Cold Vapor Atomic Absoption	3112 B. Ed 23rd-2017	0,002	CUMPLE
13/07/2023	Turbiedad (A)	11,2	1,0	0,340	NTU	Método Nefelometrico	SM 2130 B. Ed 23rd-2017	No Especifica	NO APLICA
31/07/2023	Fluoruros (A)	0,2	0,161	0,010	mg F-/L	Ion-Selective Electrode Method	SM 4500-F B, C Ed. 23rd, 2017	No Especifica	NO APLICA
13/07/2023	Color (A)	<8,68	8,68	NO APLICA	UPC	Spectrophotometric -Single-Wavelength Method	SM 2120 C.Ed 23	75	CUMPLE
19/07/2023	COT	3,1	2,44	0,186	mg/L	Closed Reflux, Titrimetric Method	SM 5220 C.Ed 23	No Especifica	NO APLICA
13/07/2023	Nitritos (A)	<0,0043	0,0043	NO APLICA	mg N-N02/L	Colorimetric Method.	SM 4500-N02- B.Ed 23rd-2017.	1,0	CUMPLE
13/07/2023	Nitratos (A)	<0,400	0,400	NO APLICA	mg N-N03/L	Espectrofotométrica de absorción molecular. Análisis de Aguas. J. Rodier	P-ER-AQ-48 Determinación de Nitratos por Método de salicilato de sodio-J Rodier	10	CUMPLE
22/07/2023	Pesticidas Organoclorados (A) Aldrin, 4,4´-DDD, 4,4´-DDT, Dieldrin, Heptacloro, Heptacloro Epoxido, Alfa-BHC, Beta-BHC, Gama-BHC, Delta-BHC, Gama-Clordano,Endosulfan II,Endosulfan Sulfato, Endrin Aldehido,Endrin cetona, Endrin, Metoxicloro,Trans-NNC	<0,0001	0,0001	NO APLICA	mg / L	Cromatografia de Gases/Masas. ECD Detector	USEPA 3510C:1996-USEPA 8081B:2007	No Especifica	NO APLICA
31/07/2023	Pesticidas Organofosforados (A)	<0,0005	0,0005	NO APLICA	mg / L	Cromatografia de Gases Masas	USEPA 3510C:1996-USEPA 8270E:2018	No Especifica	NO APLICA

(A) Parámetro acreditado por IDEAM bajo Resolución 0740 de 07 de junio de 2023.
Los valores reportados de pH, Oxigeno Disuelto y Sólidos Sedimentables fueron medidos en el laboratorio por autorización del cliente.
Formato de fecha: dd/mm/yyyy

- Estos resultados son válidos únicamente para esta muestra recibida y analizada en el Laboratorio Biopolab SAS
- Este informe de resultados no se puede reproducir y solo aplica para los resultados de la muestra analizada.
- Cualquier inquietud o reclamación puede ser presentada a nuestra compañía ya sea vía telefónica, o al correo e inmediatamente sera atendida
- La muestra será almacenada 15 días para eventuales repeticiones o inquietudes con los análisis y resultados.

BIOPOLAB

IDEAM

RESULTADOS DE ANÁLISIS

INFORME DE RESULTADOS Nº: 119143

Verifique su informe con el QR

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

Los resultados se pueden ver afectados por desviaciones o incumplimientos en las especificaciones analíticas; las muestras recibidas para análisis fuera del tiempo regulatorio establecido por el método de referencia para las técnicas en que apliquen, son previamente autorizadas por el cliente.

(*) BIOPOLAB no se hace responsable por la información suministrada por el cliente asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos de la misma ni de las condiciones al momento de la toma.Los resultados emitidos corresponden a las muestras como se recibieron en el laboratorio.

BIOPOLAB no se hace responsable por la información suministrada por el cliente asociada a valores medidos in-Situ

INCERTIDUMBRE

Los resultados de los análisis presentan una incertidumbre que ha sido estimada a través dela confirmación del método (aplica para valores cuantitativos), la incertidumbre declarada corresponde específicamente al resultado del parámetro evaluado y esta expresado en las mismas unidades del resultado.
La incertidumbre ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aproximado del 95%.

REGLA DE DECISIÓN

La regla de decisión aplicada es válida para técnicas cuantitativas . Para establecer la conformidad de un resultado en referencia con un requisito normativo, se basa en la guia EAC-GE:09/2019: Guia para establecer reglas de decisión, teniendo como punto base el numeral 4.1 Declaración Binaria de aceptación simple, donde la probabilidad de estar por fuera del límite de tolerancia es del 50% cuando la medición se encuentre exactamente en el límite de la especificación.
En el caso en que la regla de decisión no se ajuste a las necesidades o requerimientos del cliente, se establecerá una regla de decisión diferente de mutuo acuerdo.

Documento aprobado por:

Javier Eduardo Muñoz
Gerente Técnico
Químico alimentos PQA-00405

Fecha de expedición: 4/08/2023 FIN DEL INFORME Elaborado por: Danilo Escobar Martinez

Tabla 27. Parámetros Pozo 3

(Aguas de la Prosperidad, 2023)

RED DE DISTRIBUCION COMPLETA AGUAS DE LA PROSPERIDAD

BIOPOLAB
CUMPLIMIENTO Y CALIDAD

ONAC ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
18-LAB-029

Código: F-EX-02
Versión: 3
Fecha: 05/05/2022

RESULTADOS DE ANÁLISIS

INFORME DE RESULTADOS Nº: 108748

INFORMACIÓN DEL CLIENTE		INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		INFORMACIÓN DE RECEPCIÓN			
CLIENTE:	AGUAS DE LA PROSPERIDAD SAS ESP	**FECHA DE MUESTREO:**	30/03/2023	**ID MUESTRA:**	23-5347		
NIT:	901122927-4	**TIPO DE AGUA:**	TRATADA	**RESPONSABLE MUESTREO:**	CLIENTE		
TELÉFONO:	4-4441676	**LUGAR DE RECOGIDA: (*)**	AGUAS DE LA PROSPERIDAD SAS ESP	**TIPO DE ENVASE:**	PET AMBAR, VIDRIO AMBAR, ESTERIL.		
CONTACTO:	Sandra Milena Serna Gomèz/David Steen Cañon	**PUNTO DE CAPTACIÓN: (*)**	RED DISTRIBUCION 1001	**T (º C) MUESTREO: (*)**	N.E		
CARGO:	N.E	**COTIZACIÓN Nº:**	23-1569	**T (º C) RECEP[Nevera]:**	6,0		
DIRECCIÓN:	CALLE 10 SUR # 23 61 ALP	**ODS:**	23-2087	**FECHA DE RECIBIDO:**	31/03/2023		
CIUDAD:	MADRID	**OBSERVACIONES:**	MUESTRA TOMADA POR EL CLIENTE.	**CANTIDAD:**	6500mL		
		HORA MUESTREO:	10:00am	**ALMAC. CONTRAMUESTRA:**	**Análisis FQ: 15 días**	**Análisis MB: 24 horas**	

Microbiología

FECHA DE ANÁLISIS (dd/mm/yyyy)	PARÁMETRO	RESULTADO	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN	INCERTIDUMBRE	UNIDADES	TÉCNICA ANALÍTICA	MÉTODO	Resolución 2115 de 2007 - Agua Potable	CONFORMIDAD
31/03/2023	Mesófilos aerobios	1	1	0	UFC/100 mL ó cm3	Filtración por membrana	SM 9215 D Edition 23RD 2017	100	CUMPLE
31/03/2023	Coliformes Totales (D)	<1	1	NO APLICA	UFC/100 mL ó cm3	Filtración por membrana	SM 9222 J Edition 23RD 2017	0	CUMPLE
31/03/2023	*Escherichia coli (D)*	<1	1	NO APLICA	UFC/100 mL ó cm3	Filtración por membrana	SM 9222 J Edition 23RD 2017	0	CUMPLE

Fisicoquímica

FECHA DE ANÁLISIS (dd/mm/yyyy)	PARÁMETRO	RESULTADO	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN	INCERTIDUMBRE	UNIDADES	TÉCNICA ANALÍTICA	MÉTODO	Resolución 2115 de 2007 - Agua Potable	CONFORMIDAD
11/04/2023	Antimonio (A)	<0,010	0,010	NO APLICA	mg/L	Espectrofotometría de Absorción Atómica Electrotérmica	SM 3030 F, SM 3113 B.	0,020	CUMPLE
4/04/2023	Arsénico (A)	<0,005	0,005	NO APLICA	mg As /L	Open Vessel Acid Digestion - Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry (GFAAS)	SM 3030 F, SM 3113 B. Ed 23rd-2017	0,010	CUMPLE

BIOPOLAB
CUMPLIMIENTO Y CALIDAD

ONAC ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
18-LAB-029

Código: P-ER-02
Versión: 6
Fecha: 05/05/2022

RESULTADOS DE ANÁLISIS

INFORME DE RESULTADOS Nº: 108748

8/04/2023	Aluminio (O)	0,053	0,046	0,00257	mg Al3+/L	Colorimetric Method, Eriochrome Cyanine R . (No válida para muestras con Sulfatos mayor a 2000 mg/L)	SM 3500-Al B. Ed 23rd-2017	0,20	CUMPLE
31/03/2023	Alcalinidad Bicarbonatos	192	25,5	NO APLICA	mg CaCO3 /L	Titulometrico (Titration) Method	SM 2320 B .Ed 23	No Especifica	NO APLICA
31/03/2023	Alcalinidad Carbonatos	<25,5	25,5	NO APLICA	mg CaCO3 /L	Titration Method	SM 2320 B. Ed 23	No Especifica	NO APLICA
31/03/2023	Alcalinidad Total (O)	192	25,5	1,54	mg CaCO3 /L	Titration Method	SM 2320 B. Ed 23rd-2017	200	CUMPLE
3/04/2023	Bario (A)	<0,5	0,5	NO APLICA	mg Ba/L	Open Vessel Acid Digestion - Direct Nitrous Oxide-Acetylene Flame Atomic Absorption Spectrometry (AAS)	SM 3030 F; SM 3111 D Ed 23	0,70	CUMPLE
4/04/2023	Cadmio (A)	<0,001	0,001	NO APLICA	mg Cd/L	Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama directa Aire-Acetileno	SM 3030 F; SM 3111 B. Ed 23rd-2017	0,003	CUMPLE
31/03/2023	Color Aparente (O)	5	5	0,0655	UPC	Método Comparación Visual	SM 2120 B Ed. 23rd, 2017	15	CUMPLE
3/04/2023	Calcio (O)	19,9	3,2	0,582	mgCa/L	EDTA Titrimetric Method	SM 3500-Ca B. Ed 23rd-2017	60	CUMPLE
4/04/2023	Cobre (A)	<0,02	0,02	NO APLICA	mg Cu/L	Open Vessel Acid Digestion - Direct Air-Acetylene Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS)	SM 3030 F; SM 3111 B. Ed 23	1,0	CUMPLE
10/04/2023	Cromo (A)	<0,04	0,04	NO APLICA	mg Cr/L	Open Vessel Acid Digestion - Direct Air-Acetylene Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS)	SM 3030 F; SM 3111 B.Ed 23	0,050	CUMPLE
31/03/2023	Conductividad (O)	661	10	38,2951	µS/cm	Eléctrometrica	SM 2510 B. Ed 23rd, 2017	1000	CUMPLE
12/04/2023	COT	<2,44	2,44	NO APLICA	mg/L	Closed Reflux, Titrimetric Method	SM 5220 C Ed 23	5,0	CUMPLE
31/03/2023	Cloro Residual Libre	0,62	0,047	0,0641	mg Cl2 /L	Colorimetric Method	P-ER-AQ-55, V.2, 2020-10-01	0,30-2,00	CUMPLE
3/04/2023	Cianuro Libre y disociable (O)	<0,020	0,020	NO APLICA	mg CN / L	Tratamiento preliminar – SM 4500 CN	P-ER-AQ-56. Determinación de Cianuros libre y disociable. V1:2021-03-10	0,05	CUMPLE

BIOPOLAB
CUMPLIMIENTO Y CALIDAD

ONAC ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
18-LAB-029

Código: P-ER-02
Versión: 6
Fecha: 05/05/2022

RESULTADOS DE ANÁLISIS

INFORME DE RESULTADOS Nº: 108748

4/04/2023	Cloruros (O)	70,5	19,9	0,649	mgCl-/L	Argentometric Method.	SM 4500-Cl- B. Ed 23rd-2017	250	CUMPLE
3/04/2023	Dureza Total (O)	64,6	7,4	0,633	mg CaCO3 /L	EDTA Tritimetric Method.	SM 2340 C. Ed 23rd-2017	300	CUMPLE
5/04/2023	Hierro Total (O)	<0,131	0,131	NO APLICA	mg Fe /L	Open Vessel Acid Digestion - Direct Air Acetylene Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS)	SM 3030F, SM 3111 B. Ed 23rd, 2017.	0,30	CUMPLE
4/04/2023	Manganeso (O)	<0,05	0,05	NO APLICA	mg Mn /L	Open Vessel Acid Digestion - Direct Air-Acetylene Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS)	SM 3030 F; SM 3111 B. Ed 23	0,10	CUMPLE
31/03/2023	Nitratos Agua potable (O)	<1,38	1,38	NO APLICA	mg NO3-/L	UV Spectrophotometric Screening Method.	SM 4500-NO3- B. Ed 23.	10	CUMPLE
31/03/2023	Nitritos Agua Potable (O)	<0,0140	0,0140	NO APLICA	mg NO2-/L	Colorimetric Method	SM 4500-NO2- B.Ed 23	0,1	CUMPLE
5/04/2023	Magnesio (O)	<4,03	4,03	NO APLICA	mg Mg/L	Calculation Method	SM 3500-Mg B Ed. 23rd-2017	36	CUMPLE
5/04/2023	Mercurio (A)	<0,0005	0,0005	NO APLICA	mg Hg/L	Cold Vapor Atomic Absorption	3112 B. Ed 23rd-2017	0,001	CUMPLE
13/04/2023	Níquel (A)	<0,005	0,005	NO APLICA	mg Ni/L	Direct Air-Acetylene Flame Method	SM 3030F; SM 3111 B.Ed 23	0,02	CUMPLE
31/03/2023	Fósforo Reactivo Disuelto (Leído como Ortofosfatos) (O)	<0,060	0,060	NO APLICA	mg P-PO4/L	Método Cloruro Estañoso	SM 4500-P B D. Ed 23rd-2017	No Especifica	NO APLICA
31/03/2023	Ortofosfatos (Fosfatos) Como PO4	<0,184	0,184	NO APLICA	mg PO4/L	Stannous Chloride Method (Calculo como PO4)	SM 4500-P D.Ed 23	0,5	CUMPLE
31/03/2023	pH	6,93	No Aplica	0,0929	Unidad de pH	Electrometric Method.	SM 4500-H+ B.Ed 23	6,5 - 9,0	CUMPLE
4/04/2023	Plomo (A)	<0,0068	0,0068	NO APLICA	mg Pb/L	Direct Air-Acetylene Flame Method	SM 3030 F; 3111 B. Ed 23	0,01	CUMPLE
5/04/2023	Sulfatos (O)	21,7	8,9	0,433	mg SO42 - /L	Método Turbidimétrico	SM 4500 SO42- E. Ed 23rd-2017	250	CUMPLE
31/03/2023	Turbiedad (O)	<1,0	1,0	NO APLICA	NTU	Método Nefelometrico	SM 2130 B. Ed 23rd-2017	2,0	CUMPLE
5/04/2023	Fluoruros (O)	0,299	0,161	0,0127	mg F-/L	Ion-Selective Electrode Method	SM 4500-F B, C Ed. 23rd, 2017	1,0	CUMPLE

BIOPOLAB
CUMPLIMIENTO Y CALIDAD

ONAC ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
18-LAB-029

RESULTADOS DE ANÁLISIS

INFORME DE RESULTADOS Nº: 108748									
31/03/2023	Temperatura (A)	24,1	0,1	1,78	°C	Laboratory and Field Methods.	SM 2550B.	No Especifica	NO APLICA
4/04/2023	Molibdeno (O)	<0,0500	0,050	NO APLICA	mg Mo /L	Nitrous Oxider-Acetylene Flame Method	P-ER-Q-08, V.B, 2020-09-30	0,070	CUMPLE
4/04/2023	Cinc (O)	<0,050	0,050	NO APLICA	mg Zn/L	Open Vessel Acid Digestion - Direct Air-Acetylene Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS)	SM 3030 F;SM 3111 B. Ed 23	3,0	CUMPLE
12/04/2023	Selenio (A)	<0,0100	0,0100	NO APLICA	mg Se / L	Open Vessel Acid Digestion - Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry (GFAAS)	SM 3030 F, SM 3113 B. Ed 23rd-2017	0,010	CUMPLE
12/04/2023	Silicio	<0,001	0,01	NO APLICA	mg Si/L	SM 4500 SiO2 C. Molybdosilicate Method	SM 4500 SiO2 C. Molybdosilicate Method	No Especifica	NO APLICA

Cromatografía Agua

FECHA DE ANÁLISIS (dd/mm/yyyy)	PARÁMETRO	RESULTADO	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN	INCERTIDUMBRE	UNIDADES	TÉCNICA ANALÍTICA	MÉTODO	Resolución 2115 de 2007 - Agua Potable	CONFORMIDAD
12/04/2023	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (A)	<0,0050	0,0050	NO APLICA	mg/L	Cromatografía GC-FID	USEPA 3510 C:1996-USEPA 8100: 1986	0,010	CUMPLE
5/04/2023	Trihalometanos/Total Trihalomethanes	0,072	0,05	NO APLICA	mg/L	Cromatografía de Gases	EPA 5021 A - SM 6232 B	0,2	CUMPLE
14/04/2023	Pesticidas Organoclorados (A)	<0,0001	0,0001	NO APLICA	mg / L	Cromatografía de Gases/Masas. ECD Detector	USEPA 3510C:1996-USEPA 8081B:2007	No Especifica	NO APLICA
14/04/2023	Pesticidas Organofosforados	<0,0005	0,0005	NO APLICA	mg / L	Cromatografía de Gases Masas	USEPA 3510C:1996-USEPA 8270E:2018	No Especifica	NO APLICA

(O) Contamos con acreditación ONAC, vigente a la fecha, con código de acreditación 18-LAB-029 bajo la norma ISO/IEC-17025:2017.
(A) Acreditación IDEAM, solo aplica para muestras de agua residuales y superficiales
(*) Parámetro Subcontratado.
Formato fecha: dd/mm/yyyy
Los valores reportados de pH, Cloro Residual Libre y Temperatura fueron medidos en el laboratorio por autorización del cliente

Cuando el reporte en el parametro de Coliformes Totales y Escherichia coli se declare como < 1UFC/100 mL o cm3 CUMPLE con el requisito de la norma que establece un valor de 0 (cero); es decir no hay detección del microorganismo evaluado.

VALOR IRCA: 0% NIVEL DE RIESGO: SIN RIESGO

Nota: El valor del IRCA es cero (0) puntos cuando cumple con los valores aceptables para cada una de las caracteristicas fisicas, quimica y Microbiologicas contempladas en la Resolucion 2115 de 2007, y cien puntos (100) para el mas alto riesgo cuando no cumple ninguno de ellos.

- Estos resultados son válidos únicamente para esta muestra recibida y analizada en el Laboratorio de Microbiología y Fisicoquímica de Biopolab.
- Este informe de resultados no se puede reproducir y solo aplica para los resultados de la muestra analizada.
- Cualquier inquietud o reclamación puede ser presentada a nuestra compañía ya sea vía telefónico, o al correo e inmediatamente sera atendida
- La muestra será almacenada 15 días para eventuales repeticiones o inquietudes con los análisis y resultados.

BIOPOLAB
CUMPLIMIENTO Y CALIDAD

ONAC ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
18-LAB-029

RESULTADOS DE ANÁLISIS

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:
Los resultados se pueden ver afectados por desviaciones o incumplimientos en las especificaciones analíticas; las muestras recibidas para análisis fuera del tiempo regulatorio establecido por el método de referencia para las técnicas en que apliquen, son previamente autorizadas por el cliente.
(*) BIOPOLAB no se hace responsable por la información suministrada por el cliente asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos de la misma ni de las condiciones al momento de la toma.Los resultados emitidos corresponden a las muestras como se recibierón en el laboratorio.
BIOPOLAB no se hace responsable por la información suministrada por el cliente asociada a valores medidos In-Situ

INCERTIDUMBRE
Los resultados de los análisis presentan una incertidumbre que ha sido estimada a través de la confirmación del método, la incertidumbre declarada (aplica para valores cuantitativos) corresponde especificamente al resultado del parámetro evaluado y esta expresado en las mismas unidades del resultado.
La incertidumbre ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aproximado del 95%.

REGLA DE DECISIÓN
La regla de decisión aplicada[1] para establecer la conformidad de un resultado en referencia con un requisito normativo, se basa en la guía ILAC-G8:09/2019 teniendo como punto base el numeral 4.1 Declaración Binaria de aceptación simple, donde la probabilidad de estar por fuera del límite de tolerancia es del 50% cuando la medición se encuentre exactamente en el límite de la especificación.
En el caso en que la regla de decisión no se ajuste a las necesidades o requerimientos del cliente, se establecerá una regla de decisión diferente de mutuo acuerdo.
[1]Válida para técnicas cuantitativas .

Documento aprobado por:

Javier Eduardo Muñoz
Gerente Tecnico
Quimico Alimentos PQA-00495

Fecha de expedición: 17/04/2023 FIN DEL INFORME Elaborado por: Lina Patricia Barragán Castro

Tabla 28.Parámetros Red de Distribución Completa

(Aguas de la Prosperidad, 2023)