

**EVALUACIÓN TÉCNICA Y AMBIENTAL DE LA APLICACIÓN DE HUMEDALES  
CONSTRUIDOS DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES EN SANTANDER.**



**FRANCY MILENA CASTELLANOS HERRERA**

**YURLEY PATRICIA JAIMES PUERTA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2013**

**EVALUACIÓN TÉCNICA Y AMBIENTAL DE LA APLICACIÓN DE HUMEDALES  
CONSTRUIDOS DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES EN SANTANDER**

**FRANCY MILENA CASTELLANOS HERRERA**

**YURLEY PATRICIA JAIMES PUERTA**

**Trabajo de grado en la modalidad investigación para optar por título de  
Ingeniero(a) Civil**

**DIRECTOR**

**ANGÉLICA CORZO HERNANDEZ**

Ingeniera Civil

**CO-DIRECTOR**

**ÁLVARO VIVIESCAS JAIMES**

Ingeniero civil, Ph. D. – Profesor UIS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2013**

## DEDICATORIA

*Primero que todo a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado la vida para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

*A mi madre hermosa Honne, por su apoyo incondicional, por su amor y su fe en mí y quien ha sido una pieza clave en mi desarrollo profesional.  
¡Mami, Lo logré!  
¡Soy Ingeniera! :)*

*A mi amor Jorge por siempre estar a mi lado, brindándome toda su entrega, dedicación y sobre todo por brindarme su inmenso amor, por tenerme mucha comprensión y paciencia durante estos años de mi vida. Mil gracias porque siempre estas a mi lado sin condiciones.*

*Yur.*

*Never Give up. Ever.*

## DEDICATORIA

*A Dios por mostrarme día a día que con humildad, paciencia y sabiduría todo es posible. Gracias por ayudarme a levantar en mis fracasos por aprender de ellos y principalmente por darme la vida y hacer posible este sueño tan importante.*

*A mi Padre, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.*

*A mi madre Rita Herrera, mis hermanitos José Alfredo, Gilberto y Claudia por ser mi motivación más grande en la realización de este sueño. Gracias por sus palabras de aliento y su apoyo incondicional en los momentos más difíciles.*

*A mi tío José Luis quien quiero como un padre, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesto a escucharme y ayudarme en cualquier momento.*

*A la Familia Rodríguez Herrera, que con su comprensión apoyo y su granito de arena hicieron posible la culminación de esta etapa en mi vida. Gracias primita Milena por ser mi ejemplo a seguir.*

*A la Familia Méndez Barajas porque me abrieron las puertas y me acogieron en su hogar brindándome amor, compañía, consejos, y motivación para seguir adelante.*

*Agradezco a todas las personas que de una u otra forma estuvieron conmigo, porque cada una aportó con un granito de arena; y es por ello que a todos y cada uno de ustedes les dedico todo el esfuerzo y sacrificio*

*"Y por último deseo dedicar este momento tan importante e inolvidable, a mí misma, por no dejarme vencer, ya que en ocasiones el principal obstáculo se encuentra dentro de uno.."*

*Francely Milena*

## **AGRADECIMIENTOS**

Nuestro sincero agradecimiento al Ingeniero Oscar Martínez quien a través de la Gobernación de Santander brindo información relevante, próxima pero muy cercana a la realidad de nuestras necesidades, a nuestra directora la Ingeniera Angélica Corzo por su orientación, confianza y apoyo en esta investigación, a la Escuela de Ingeniería de Petróleos, Camila, Lady, Aldemar y Jorge por su continuo apoyo y motivación y a las demás personas que contribuyeron para llevar a cabo este proceso.

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>16</b>
<b>1. OBJETIVOS</b>	<b>17</b>
1.1 OBJETIVO GENERAL	17
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
<b>2. CARACTERÍSTICAS DE LOS HUMEDALES CONSTRUIDOS</b>	<b>18</b>
2.1 Humedales de flujo subsuperficial horizontal.	19
2.2. Humedales de flujo subsuperficial vertical.	20
<b>3. ESTADO DEL ARTE DE HUMEDALES CONSTRUIDOS DE FLUJO SUBSUPERFICIAL [HCFSS] EN COLOMBIA.</b>	<b>21</b>
<b>4. ESTADO ACTUAL DEL SANEAMIENTO EN SANTANDER</b>	<b>31</b>
<b>5. METODOLOGÍA</b>	<b>32</b>
<b>5.1 Análisis de decisión con criterios múltiples.</b>	<b>33</b>
5.1.1 Objetivos y criterios aplicables	33
5.1.2 Criterios económicos	34
5.1.3 Criterios Ambientales	34
5.1.4 Criterios Técnicos	34
5.1.5 Criterios sociales	34
<b>6. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD APLICACIÓN DE HCFSS EN LOS MUNICIPIOS DE LA BELLEZA Y SAN JOSÉ DE MIRANDA.</b>	<b>37</b>
6.1 Situación actual municipio La Belleza	37
6.2 Situación actual municipio San José de Miranda.	39
6.3 Ubicación y diseño del proyecto.	40
6.3.1 La Belleza.	40

6.3.2. San José de Miranda.	42
<b>6.4. Evaluación ambiental.</b>	<b>45</b>
6.4.1. Diagnóstico previo a la construcción del proyecto.	45
6.4.2. Evaluación del impacto ambiental después de la construcción de la PTAR.	48
<b>7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>52</b>
<b>8. CONCLUSIONES</b>	<b>53</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>55</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>60</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. CLASIFICACIÓN DE HUMEDALES SEGÚN TIPO DE CIRCULACIÓN.	19
FIGURA 2. VERTIMIENTO 1. QUEBRADA EL COLEGIO	38
FIGURA 3. VERTIMIENTO 2. QUEBRADA LA FLORIDA	38
FIGURA 4. VERTIMIENTO QUEBRADA SANTA BÁRBARA	40
FIGURA 5. EJEMPLO DE MATRIZ DE LEOPOLD. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	50
FIGURA 6. UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, LA BELLEZA.	126
FIGURA 7. ESQUEMA DE LA SECCIÓN DE UN TANQUE IMHOFF .	132
FIGURA 8. ESQUEMA DE LA ZONA DE DECANTACIÓN DE UN TANQUE IMHOFF.	132
FIGURA 9. ESQUEMA DE TANQUE IMHOFF RECTANGULAR CON DOS PUNTOS DE RECOGIDA DE LODOS.	136
FIGURA 10. MEDIO DE SOPORTE PLÁSTICO (MSP)	138
FIGURA 11. LOCALIZACIÓN PTAR, SAN JOSÉ DE MIRANDA.	139
FIGURA 12. MATRIZ DE LEOPOLD, SAN JOSÉ DE MIRANDA, SANTANDER.	148
FIGURA 13. PARES ORDENADOS MATRIZ DE LEOPOLD, SAN JOSÉ DE MIRANDA.	151

## LISTA DE GRÁFICAS

GRÁFICO 1. NIVEL DE TRATAMIENTO EN COMPARACIÓN CON LOS OBJETIVOS NACIONALES DE AGUAS RESIDUALES, PAÍSES SELECCIONADOS DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE 2007.	21
GRÁFICO 2. INVENTARIO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DISTRIBUIDO POR DEPARTAMENTO.	22
GRÁFICO 3. IMPACTOS AMBIENTALES LA BELLEZA, SANTANDER.	51
GRÁFICO 4. IMPACTOS AMBIENTALES SAN JOSÉ DE MIRANDA, SANTANDER.	51
GRÁFICO 5. DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN MENSUAL DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE MIRANDA, TOMANDO COMO BASE LA MEDIA MENSUAL DE PRECIPITACIÓN.	146
GRÁFICO 5. IMPACTOS AMBIENTALES LA BELLEZA, SANTANDER.	150
GRÁFICO 6. IMPACTOS AMBIENTALES SAN JOSÉ DE MIRANDA, SANTANDER.	153

## RESUMEN

**TITULO:** EVALUACIÓN TÉCNICA Y AMBIENTAL DE LA APLICACIÓN DE HUMEDALES CONSTRUIDOS DE FLUJO SUBSUPERFICIAL PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN SANTANDER <sup>1</sup>

**AUTORES:** YURLEY PATRICIA JAIMES PUERTA

FRANCY MILENA CASTELLANOS HERRERA <sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVES:** Humedales construidos de flujo subsuperficial, tratamiento de aguas residuales, saneamiento, impacto ambiental.

### DESCRIPCION:

Este trabajo de investigación presenta la revisión del estado del arte de la aplicación de humedales construidos de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales en Colombia evaluando criterios de diseño y funcionamiento, para su posterior aplicación en dos municipios del departamento de Santander.

Se realizó la revisión del estado actual del saneamiento en Colombia y Santander, evaluando los principales sistemas de tratamiento en el país y el departamento.

Se analizó la factibilidad de la implementación de los humedales construidos de flujo subsuperficial en los municipios La Belleza y San José de Miranda, Santander, cuya población es inferior a 2000 habitantes. Estos municipios fueron seleccionados con base en información obtenida de la Gobernación de Santander, las alcaldías de los municipios y la Universidad Industrial de Santander.

Las alternativas que se plantean en esta investigación se apoyan en los impactos ambientales que se pueden generar al implementar este sistema como medio para la depuración de las aguas residuales domésticas, respecto a los métodos convencionales. En el proceso de análisis y cuantificación de los impactos se utilizó el método de la matriz de Leopold, el cual se basa en conjuntos de juicios de valor, definiendo los impactos de acuerdo a su magnitud e importancia.

---

<sup>1</sup> Proyecto de grado. Modalidad investigación.

<sup>2</sup> Facultad Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director Angélica Corzo Hernández. Co-director: Álvaro Viviescas Jaimes.

## SUMMARY

**TITLE:** TECHNICAL AND ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE IMPLEMENTATION OF SUBSURFACE FLOW CONSTRUCTED WETLANDS FOR WASTEWATER TREATMENT IN SANTANDER. <sup>1</sup>

**AUTHORS:** YURLEY PATRICIA JAIMES PUERTA  
FRANCY MILENA CASTELLANOS HERRERA <sup>2</sup>

**KEYWORDS:** Subsurface flow constructed wetlands, wastewater treatment, sanitation, environmental impact.

### DESCRIPTION:

This research work shows the state of art review of the implementation of subsurface flow constructed wetlands for wastewater treatment in Colombia, evaluating design and operating criteria for subsequent application in two municipalities of Santander.

Review of the current state of sanitation in Colombia and Santander, evaluating the main treatment systems in the country and the department.

The feasibility of implementing this system in La Belleza and San José de Miranda, Santander, whose population is less than 2000 inhabitants. These municipalities were selected based on information obtained from the Government of Santander, municipal mayoralties and the Industrial University of Santander.

The alternatives that arise in this research are based on the environmental impacts that can be generated implementing this system as a means for domestic waste water treatment, compared to conventional methods. In the process of analysis and impact quantification method was used Leopold matrix, which is based on sets of value judgments, defining the impacts according to their magnitude and importance.

---

<sup>1</sup> Degree project.

<sup>2</sup> Physico-Mechanical Faculty. School of Civil Engineering. Directed by: Ing. Angélica Corzo Hernández and Ing. Ph.D Álvaro Viviescas Jaimes.

## INTRODUCCIÓN

En Colombia, tan solo el 40% de los municipios cuentan con sistemas de tratamiento de aguas residuales ubicados en las cabeceras municipales, y el avance del saneamiento en el país refieren bajos resultados, debido principalmente a las falencias en la operación, selección de tecnologías, diseño, mantenimiento y monitoreo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales existentes. El vertimiento de aguas residuales de diversos tipos a los cuerpos hídricos generan contaminación ambiental por materia orgánica, nutrientes, microorganismos indeseables y compuestos tóxicos. El impacto ambiental que tales descargas causan confirma que la depuración previa es imprescindible. El mejoramiento de la calidad del agua residual vertida a las fuentes receptoras debe fundamentarse en un planeamiento técnico y en que los actores implicados tengan la capacidad integral para llevarlo a la realidad .

Dentro de las estrategias del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 se tiene considerado reparar la estructura de acueducto y alcantarillado de los municipios, mejorar la calidad del agua vertida a los cuerpos hídricos receptores, proteger la diversidad biológica, y proveer servicios ecosistémicos que sustenten y contribuyan al bienestar humano y por consiguiente a procesos de desarrollo y crecimiento económico.

Los humedales artificiales se presentan como una alternativa para la depuración de aguas residuales domésticas en caso de pequeñas comunidades. Requisitos de baja o nula energía, operación sencilla y pocas obras de mantenimiento son algunas de las más atractivas ventajas de esta tecnología respecto a los sistemas convencionales.

En esta investigación se plantea el uso de humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal como opción para el saneamiento de aguas residuales en Santander, evaluando su viabilidad técnica y ambiental

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar técnica y ambientalmente la aplicabilidad de la tecnología “Humedales Construidos de Flujo Sub-Superficial (HCFSS)” para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones de Santander.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Elaborar el estado del arte de los humedales construidos de flujo Sub-Superficial (HCFSS).
- Identificar los sistemas de tratamiento de las aguas residuales en las pequeñas poblaciones en Colombia.
- Documentar los HCFSS para el tratamiento de aguas residuales en Santander evaluando criterios de diseño y funcionamiento.
- Analizar la factibilidad del uso de los HCFSS para poblaciones de menos de dos mil habitantes en Santander, evaluando al menos dos casos de estudio.

## 2. CARACTERÍSTICAS DE LOS HUMEDALES CONSTRUIDOS

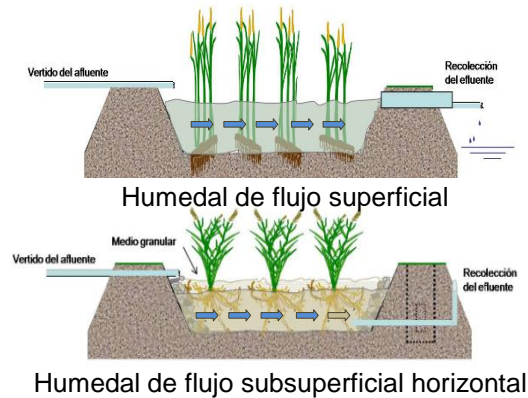
Un humedal construido es una tecnología diseñada para imitar los procesos que ocurren en los humedales naturales. Son sistemas de depuración constituidos por lagunas o canales poco profundos (de menos de 1 m) plantados con macrófitas propias de las zonas húmedas, y en los que los procesos de descontaminación tienen lugar mediante las interacciones entre el agua, el sustrato sólido, los microorganismos, la vegetación e incluso la fauna, con el propósito de mejorar la calidad del agua residual y proveer un mejoramiento ambiental.

Los humedales se han utilizado para la remoción de patógenos y tienen 3 funciones básicas que los hacen tener un atractivo potencial para el tratamiento de las aguas residuales:

- Fijar físicamente los contaminantes en la superficie del suelo o del material de relleno y la materia orgánica.
- Utilizar y transformar los elementos por intermedio de los microorganismos siendo eficaces en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos totales (SST), nitrógeno, fósforo, metales pesados e hidrocarburos.
- Lograr niveles de tratamiento altos mediante un bajo consumo de energía y bajos costos de mantenimiento y operación.

Atendiendo el tipo de circulación del agua, los humedales construidos se clasifican en flujo superficial o en flujo subsuperficial (Figura 1).

**Figura 1.** Clasificación de humedales según tipo de circulación.



Humedales de flujo superficial (Free Water Surface o FWS): El flujo de agua se hace a través de las hojas y tallos de las plantas acuáticas, que a su vez están enraizadas en el fondo del humedal.

Humedales de flujo subsuperficial (Subsurface flow o SSF): El flujo de agua se hace a través un lecho de arena, grava, suelo o medios porosos donde crecen las plantas. El nivel del agua está a una altura inferior a la del medio de soporte. A su vez los SSF se subdividen en función de la forma de aplicación de agua al sistema en humedales de flujo subsuperficial horizontal y humedales de flujo subsuperficial vertical.

### **2.1 Humedales de flujo subsuperficial horizontal.**

Estos sistemas se diseñan con el objetivo de lograr tratamiento secundario o tratamiento avanzado a las aguas residuales.

La estructura de estos sistemas por lo general consiste en una excavación rellena de tierra, arena o grava, plantada con macrófitas acuáticas, en la mayoría de los casos caña común (*Arundo donax*) o carrizo (*Phragmites australis*). Toda la excavación es recubierta por una membrana impermeable para evitar filtraciones en el suelo. La profundidad del lecho oscila entre 0,3 y 0,9 m. Se caracterizan por

funcionar permanentemente inundados (el agua se encuentra entre 0,05 y 0,1 m por debajo del medio de soporte).

Trabajan con una alimentación continua mediante una estructura de entrada localizada al inicio del lecho y sobre todo su ancho. La recogida del agua depurada se realiza en la parte inferior del lado opuesto al de la alimentación. El nivel de agua es regulado con una tubería flexible manteniendo en todo momento el lecho saturado de agua, aunque hay algunas experiencias recientes satisfactorias con sistemas intermitentes.

## **2.2. Humedales de flujo subsuperficial vertical.**

Esta tipología de humedales fue desarrollada en Europa, como alternativa a los humedales horizontales para producir efluentes nitrificados.

En general, los sistemas verticales se combinan con horizontales para que se sucedan de forma progresiva los procesos de nitrificación y desnitrificación y se consiga así eliminar nitrógeno. La circulación del agua es de tipo vertical y tiene lugar a pulsos, de manera que el medio granular no está permanentemente inundado. La profundidad del medio granular varía entre 0,5 y 0,8 m. Operan con cargas de alrededor de 20-40 g DBO<sub>5</sub>/m<sup>2</sup>.día, producen efluentes de mayor oxigenación y están libres de malos olores. Los sistemas verticales tienen una mayor capacidad de tratamiento que los horizontales (requieren de menor superficie para tratar una determinada carga orgánica), sin embargo, son más susceptibles a la colmatación.

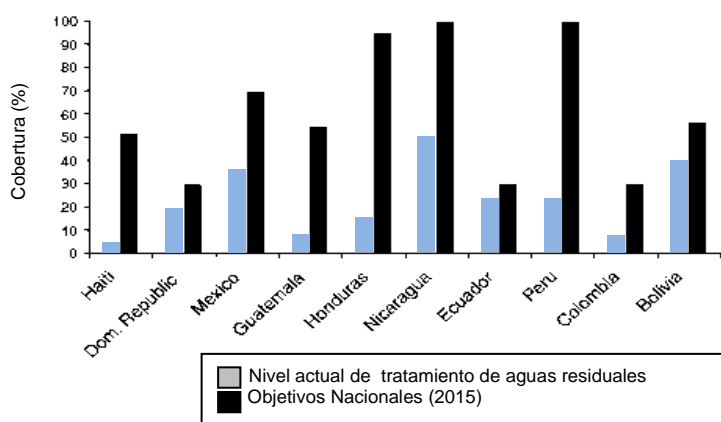
La alimentación se realiza distribuida uniformemente y por cargas por toda la superficie, y la recogida a lo largo de todo el fondo. La tubería flexible, o no existe, o está en la posición más baja para mantener unas condiciones insaturadas en el medio poroso. Presenta los inconvenientes de que su operación es más compleja, más costosa y que no han sido tan estudiados como los horizontales. No se han realizado numerosas investigaciones en Colombia respecto a este tipo de humedal, aunque pueden dar muy buenos resultados en

remoción de contaminantes, la inversión en investigación y desarrollo en tratamiento de aguas residuales es muy cuestionada, y estos sistemas son los más costosos en cuanto a humedales artificiales.

### 3. ESTADO DEL ARTE DE HUMEDALES CONSTRUIDOS DE FLUJO SUBSUPERFICIAL [HCFSS] EN COLOMBIA.

La problemática en saneamiento ambiental es una situación común en América Latina. Sólo un pequeño porcentaje de las aguas residuales recolectadas en las regiones latinoamericanas recibe algún tratamiento (Gráfico 1). La población urbana de América latina y el Caribe está creciendo rápidamente, y se espera que aumente de 77% actual a 80% para el año 2015 generando aumento en la demanda del servicio de agua y saneamiento.

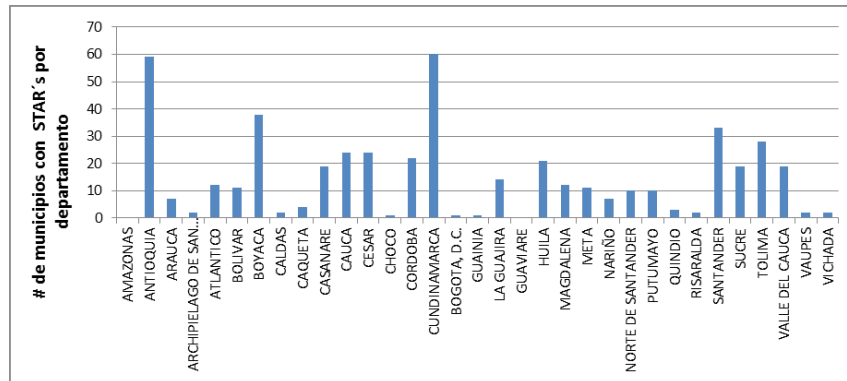
**Gráfico 1.** Nivel de tratamiento en comparación con los objetivos nacionales de aguas residuales, países seleccionados de América Latina y el Caribe 2007.



En Colombia existen 562 sistemas de tratamiento en 480 municipios del total de 1124 municipios Colombianos, lo cual representa tan sólo un cubrimiento del 43%. Los departamentos con mayor número de sistemas son Cundinamarca, Antioquia y Boyacá; departamentos como Amazonas y Guaviare no reportan infraestructura para

el tratamiento de sus aguas residuales. En el Gráfico 2 se muestra el inventario de sistemas de tratamiento de acuerdo a cada departamento.

**Gráfico 2.** Inventario de sistemas de tratamiento distribuido por departamento.



Son pocos los sistemas de tratamiento de aguas residuales cuyo funcionamiento se lleva a cabo dentro de los estándares esperados. La operación y mantenimiento de las obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales en los municipios Colombianos, presentan significativos inconvenientes.

Los sistemas de tratamiento más utilizados en Colombia son las lagunas de oxidación, los sistemas de lodos activados, los sedimentadores de alta tasa y el sistema UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket).

La superintendencia de servicios públicos domiciliarios detectó que las principales causas de las falencias en los sistemas de tratamiento en Colombia son:

- Ausencia de conocimiento en los protocolos de operación y mantenimiento de los sistemas; no se están cumpliendo lo establecido en la Resolución 1096 de 2000 – RAS. (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico)
- Ausencia de seguimiento y control a los procesos, no se realizan caracterizaciones del agua, no se realizan aforos y mucho menos existe control

del caudal de entrada y salida, y no existe documentación de los procesos técnicos y operativos.

- Carencia de mantenimiento correctivo y preventivo, de tal manera que la operación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales se da de manera empírica, autónoma y rutinaria.
- Ausencia de programas de control de vectores y manejo de lodos.

De los 480 municipios que cuentan con sistemas de tratamiento el 20% tiene una población de cabecera inferior a 2000 habitantes representado el 9% de la totalidad de los municipios colombianos.

En el Anexo 1 se presenta el estado actual de los sistemas de tratamiento en Colombia.

Esta problemática implica buscar soluciones económicas y sostenibles que permitan el manejo adecuado de los recursos naturales, una alternativa para mitigar el daño producido a los cuerpos de agua es la implementación de Humedales Construidos de Flujo Subsuperficial (HCFSS).

Esta tecnología ha sido ampliamente aplicada y evaluada en Europa y los Estados Unidos para el tratamiento de aguas residuales sanitarias. En Colombia esta tecnología ha sido aplicada con poca frecuencia, a pesar de ser reconocida por sus altos beneficios ambientales y bajos costos de construcción, operación y mantenimiento.

En el país se han realizado múltiples investigaciones a escala de laboratorio y posteriormente a escala real en diversas comunidades, cuyo objetivo común es evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes utilizando diferentes especies de macrófitas o configuración de tratamiento.

Caselles-Osorio et al. (2010), evaluaron el uso de HCFSS en zonas tropicales utilizando plantas nativas de la región, con el fin de evaluar la eficiencia de depuración de aguas residuales domésticas urbanas según el tipo de plantas, para ello construyeron una planta piloto en el campus de la universidad del Atlántico,

Barranquilla. El tratamiento consistió de un tanque séptico de 760 l, seguido de tres mesocosmos a escala de humedales construidos de flujo subsuperficial, en arreglo paralelo. La primera unidad no estaba plantada, y servía como control, mientras que las otras dos unidades de tratamiento fueron plantadas con *Erichloa aristata* y *Eleocharis mutata*. Los tres mesocosmos fueron monitoreados por seis meses bajo condiciones tropicales. La remoción de DQO fue superior en los sistemas plantados frente a no plantados (> 75% vs 47%). El amoníaco y la eliminación de fósforo total promedio fueron respectivamente de 69% y 85%, en los sistemas plantados frente a 31% y 59% en el sistema sin plantar. La eliminación de coliformes totales y fecales promedio fue del 96%. Los resultados de este estudio revelaron que la tecnología HCFSS en los trópicos puede proporcionar una eliminación significativa de la materia orgánica, nutriente y bacterias de las aguas residuales domésticas.

Con el fin de avanzar en los estudios de humedales construidos en zonas tropicales Caselles-Osorio et al. (2011), diseñaron y construyeron una planta piloto en una pequeña finca en la Sierra Nevada de Santa Marta. El sistema experimental fue diseñado para proveer tratamiento primario y secundario al agua residual doméstica de una vivienda de seis residentes. El sistema integrado consistía en un tanque séptico seguido por cinco HCFSS en serie, un humedal superficial y una laguna de almacenamiento. La eficiencia de la planta piloto fue estudiada por alrededor de tres años para evaluar la dinámica de la calidad del agua como función del manejo de la vegetación en un tiempo determinado. Se evaluó la eficiencia de unidades no plantadas y plantadas con tomates (*Lycopersicon esculentum*) y fue enfocada a la producción de este vegetal u otros cultivos vegetales, que puedan proveer calidad del agua y aumentar la dieta de los residentes de la finca. Los resultados revelaron una alta producción de tomates (740 g/m<sup>2</sup>), moderada remoción de materia orgánica (41%), y conservación de nitrógeno amoniacal y fósforo (< 1 y 10% de remoción respectivamente), remoción de bacterias coliformes totales y fecales (81 y 46%, respectivamente) en el efluente. Este sistema proporcionó baja remoción de nutrientes fertilizantes, pero en términos de conservación de nutrientes para irrigación sostenible el resultado fue positivo. El cultivo experimental de tomates fue consumido

por los residentes de la finca quienes encontraron los tomates con sabor agradable y sin efectos secundarios.

Paredes et al. (2006), evaluaron unidades piloto de HCFSS (TRH < 1 día) como complemento al sistema Tanque Séptico (TS) – Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente (FAFA), con lechos de grava y arena, usando tres especies vegetales de la zona cafetera colombiana: *Typha* (*Typha* sp.), *Junco* (*Juncus* sp.) y Jengibre (*Renealmia alpina*). Se reportaron remociones de  $50.6\% \pm 21.7\%$  en  $DBO_5$  y reducciones en indicadores bacterianos inferiores a 2 órdenes logarítmicos, sin encontrarse diferencias significativas. Las tasas de remoción globales obtenidas en términos de  $DBO_5$ , del conjunto TS-FAFA-HCFSS fueron del 80%. A partir de dichos resultados, se adecuó la planta de tratamiento existente en la localidad La Florida, Pereira. Donde implementaron un sistema de siete HCFSS como pos-tratamiento del sistema TS-FAFA, en los que alternaron el medio de soporte (grava y arena gruesa) y la especie sembrada (Jengibre, papiro y *Typha*), encontrando remociones acordes a los requerimientos legales, con una tendencia a la estabilización para la  $DBO_5$  y la DQO, alcanzando para 9 caracterizaciones un promedio de eficiencias de 78,1% y 81,14% para  $DBO_5$  y DQO respectivamente, resaltando que en algunas de dichas caracterizaciones se superó el 90% para estos parámetros.

Velasco y Espinoza (2010), evaluaron el tratamiento de aguas residuales industriales (Hidrocarburos) y domésticas, a través de una planta piloto ubicada en el Campus central de la Universidad Tecnológica de Pereira, conformada por tres humedales artificiales, dos de ellos plantados con macrófitas *Phragmites* sp, (flujo subsuperficial y flujo superficial) y uno sin plantar. El estudio se realizó en dos fases, la fase inicial permitió evaluar las eficiencias de remoción de materia orgánica en el agua residual doméstica, obteniendo como resultado 84%, 92% y 89% para la  $DBO_5$ , DQO y SST respectivamente en el humedal plantado. En el humedal sin plantas las eficiencias fueron 78% para la  $DBO_5$ , 88% para DQO, y 89% para SST.

La segunda fase contempló la adición de hidrocarburos (Diesel) al agua residual, las eficiencias de remoción en el humedal plantado de 97%, 95% y 95% para la  $DBO_5$ ,

DQO y SST respectivamente. La segunda fase presentó eficiencias del 97% para la DBO<sub>5</sub>, 94% para DQO, y 98% para SST. Al comparar estos resultados con la normatividad vigente (Decreto 1594 de 1984), estos sistemas brindarían efluentes con altas remociones que ayudarían a lograr el cumplimiento normativo en términos de materia orgánica. La evaluación ecológica de humedales construidos de flujo subsuperficial se ha evaluado por Sanabria, 1995, mediante la implementación de un humedal a escala en el corregimiento de La Pedrera, Amazonas. En su estudio se comenta su viabilidad, debido a la naturalidad del acabado del humedal que se integra con el entorno selvático sin potenciar los impactos visuales de las obras artificiales.

Sanabria (2004), desarrolló y patentó un prototipo para la depuración de aguas residuales en pequeñas comunidades utilizando humedales artificiales con medios de soporte plástico, Nombre comercial: HUMEDAR-I® cuya configuración involucra un reactor anaerobio de compartimientos paralelos de flujo de pistón (RACFP), seguido de un humedal artificial de alta tasa conformado por macrófitas nativas y comunes soportadas sobre medios de soporte plástico reciclado, estos últimos con superficie específica para la formación de biopelícula de 312 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>, 15 veces superior a la que se tiene con los medios granulares tradicionales. El sistema HUMEDAR-I® se construyó en la locación petrolera Caño Gandul en el departamento de Casanare monitoreando la calidad del agua. Los valores de eficiencia de remoción obtenidos para DBO, SST, grasas y aceites, se encontraron de acuerdo a los límites exigidos por la norma para el control de los vertimientos en Colombia (Decreto 1594 de 1984), presentando valores de remoción de 92% y 60% para DBO<sub>5</sub> y DQO respectivamente.

Lara-Borrero et al. (2004), implementaron un humedal artificial de flujo subsuperficial diseñado para servir a la Estación Experimental Javeriana en el municipio de Cogua, Cundinamarca, tratando las aguas residuales domésticas provenientes de las viviendas y las aulas. El trabajo hace una comparación entre los resultados obtenidos experimentalmente y los preestablecidos por los diferentes modelos de diseño. Encontrando que el modelo que mejor se ajustó a los resultados

experimentales fue el de Reed et al. Las eficiencias en la fase de arranque para DBO<sub>5</sub> y SST fueron de 66% y 44% respectivamente, después que el humedal se estabilizo la eficiencia de remoción de la DBO<sub>5</sub> llegó a ser del 80%, valor para el que fue diseñado el sistema, los SST alcanzaron una eficiencia del 90%. Los resultados obtenidos en la planta piloto demostraron la viabilidad de la utilización de esta tecnología en las condiciones de la Sabana de Bogotá.

Lara-Borrero et al. (2012), estudiaron la aplicación de humedales artificiales para el tratamiento de lixiviados y de esorrentía. Aunque no construyeron plantas piloto para dicho estudio, encontró que el rendimiento de los humedales depende de diferentes factores ambientales, como la estacionalidad, la precipitación, la evapotranspiración, y dichos factores pueden conducir a aumentos en las concentraciones de los contaminantes, generando ambientes más agresivos para la biota presente. El sistema por si solo presenta rendimientos bajos, pero combinado con otros sistemas puede ser muy beneficioso para el tratamiento de los lixiviados. En el caso de las aguas de esorrentía, los porcentajes de eliminación de contaminantes encontrados en la literatura son altos, en algunas investigaciones no ha sido así, debido a la variabilidad en los criterios de diseño y la variación en las condiciones climáticas que tienen influencia en los procesos de eliminación de contaminantes.

Peña et al. (2005), evaluaron dos sistemas de tratamiento de aguas residuales, uno a escala piloto (La Vorágine) y otro a escala real (Ginebra). Dichos sistemas estaban compuestos por Tanque Séptico (TS) + Filtro Anaerobio (FA) + Humedal de Flujo Subsuperficial (HCFSS), ubicados en las localidades de Ginebra y La Vorágine, Valle del Cauca, Colombia. El tipo de macrófita utilizada en ambas plantas fué papiros (*Cyperus*, sp). En ambas unidades se estudió la influencia del caudal en el funcionamiento global del sistema respecto a la remoción de DQO, DBO<sub>5</sub>, SST, NTK, P-PO<sub>4</sub> y coliformes fecales.

En el municipio de Ginebra el caudal aplicado fue modificado desde su valor de diseño hasta tres veces dicho valor. Las eficiencias del sistema para las diferentes cargas oscilan entre 68% y 82% para la DBO<sub>5</sub> y DQO, 81% y 87% para los SST, y 60% y 75% para los coliformes fecales, En el caso de los nutrientes las eficiencias fueron medidas en el humedal, los valores de remoción oscilaron entre 14% y 18%, y 15% y 26% para NTK y P-PO<sub>4</sub> respectivamente. En la comunidad La Vorágine el caudal aplicado fué modificado desde su valor original hasta dos veces dicho valor. Los parámetros medidos fueron DQO, SST, NTK y coliformes fecales, mostrando eficiencias que variaban desde 77% a 84% en la DQO, 92% a 96% para los SST, 5% a 29% para los NTK y 90% a 98% en los coliformes fecales. Los resultados obtenidos en la unidad de Ginebra permitieron plantear que este tipo de tecnología es flexible, ya que puede trabajar bajo distintas condiciones operacionales sin que la capacidad de remoción expresada como DQO, DBO<sub>5</sub> y SST se vea afectada considerablemente. En el caso de la Vorágine el comportamiento fue similar al de la unidad piloto de Ginebra, ya que la eficiencia no se aumentó ostensiblemente ante el aumento del caudal. El sistema integrado TS+TA+HCFSS, puede soportar variaciones de caudal hasta el doble de su condición de diseño manteniendo las eficiencias de remoción de materia orgánica, a su vez mostró ser una excelente combinación en la remoción de materia orgánica, cumpliendo con la reglamentación Colombiana.

Peña et al. (2007), estudiaron el comportamiento hidrodinámico de los humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal como tratamiento secundario a las aguas residuales domésticas del municipio Ginebra, Valle del Cauca. El HCFSS fue plantado con *Phragmites australis* y operado con una sola carga hidráulica superficial por un período de 5 meses. Las curvas de distribución de tiempo de residencia experimental mostraron que el comportamiento hidrodinámico real de estos sistemas varía mucho del supuesto práctico de flujo de pistón. Los datos revelaron una tendencia importante a un reactor de mezcla completa. Además, las variables hidrodinámicas mostraron que a medida que el sistema alcanzó su madurez, el grado de mezcla aumentó progresivamente dentro del reactor, y esto reveló una influencia directa del crecimiento biológico es decir, rizosférico y de la planta. Mientras tanto las

eficiencias de remoción de la materia orgánica DBO<sub>5</sub> y DQO fueron de 68,5% y 63,9% respectivamente.

Bernal, F. et al. (2003), construyeron un humedal de flujo subsuperficial, el cual operó con agua residual municipal almacenada en un tanque de alimentación, el afluente era distribuido mediante una flauta con un caudal 0,33 m<sup>3</sup>/día, y TRH de 6 días. La macrófita utilizada fué *Typha* Sp, soportada en grava fina. Las eficiencias que se obtuvieron para este humedal llegaron hasta 97% para SST, 90% para DQO y 92,3% para DBO<sub>5</sub> a 20°C.

Montoya et al. (2010) construyeron una planta piloto constituida por seis humedales de flujo subsuperficial horizontal, los cuales fueron utilizados para el tratamiento de agua residual sintética, con el objetivo de comparar las eficiencias de remoción de materia orgánica, según la especie de macrófita. Los resultados reportados sugieren que los humedales construidos de flujo subsuperficial plantados con cualquiera de las plantas *Canna limbata*, *Heliconia psittacorum* y *Phragmites sp*, pueden remover efectivamente materia orgánica de aguas residuales indistintamente entre estas tres especies.

Arroyave y Gutiérrez (2008) evaluaron el acoplamiento entre fotocátalisis y humedales artificiales como tratamiento alternativo para aguas residuales provenientes del proceso de producción de resinas fenólicas, encontrando que para aguas residuales industriales con un alto contenido de fenol, es posible alcanzar degradaciones de fenol y DQO de 100 % y 99.5% respectivamente y cumpliendo así con la legislación colombiana en lo que respecta a vertimientos líquidos.

La configuración y propiedades de diseño de los HCFSS en Colombia son bastante heterogéneas. La Tabla 1 resume la configuración y parámetros de diseño para un número seleccionado de sistemas. En términos generales, a pesar de la variedad de configuraciones, se puede concluir que en todos los casos el HCFSS trabaja como tratamiento secundario o avanzado, en la mayoría de los casos el tratamiento

primario es realizado por un tanque séptico (TS). Las profundidades del medio de soporte oscilan entre 0,4 y 0,8 m, siendo la de 0,6 m la más utilizada.

Las eficiencias de remoción de materia orgánica varían entre 41% y 99% para la DBO<sub>5</sub>, 42% y 99,93% para la DQO, y 80% y 98% para los SST, estas eficiencias están directamente relacionadas con el tipo de macrófita utilizada, que en su mayoría fueron plantas nativas de la región donde se realizó el estudio, sin embargo las plantas más eficientes para el proceso de depuración son las macrófitas emergentes como las enneas (*Typha* sp.) y el carrizo (*Phragmites australis*) e higrófitos como los juncos (*Juncus* sp.).

**Tabla 1.** Configuración y características de diseño de algunas plantas de tratamiento seleccionadas (basadas en humedales construidos de flujo subsuperficial) evaluadas en este estudio.

Lugar	Configuración	Tipo de AR	Tratamiento primario	Profundidad del Humedal (m)	Macrófita	Eficiencias			
						DBO	DQO	SST	
Localidad la Florida (Per)	TS-FAFA-HCFSS	Doméstica	TS	0,6	Typha sp., Juncus sp., y papiros**	78,01%	81,14%	91,71 %	
Planta piloto- Universidad Tecnológica de Pereira	Tanque (800 l) + HCFSS + HFS + HFSS control	Doméstica diluida	No especifica*	0,8	Phragmites australis	Plantado	84%	92%	89,00 %
		Industrial				Sin Plantar	78%	88%	89,00 %
		Industrial				Plantado	97%	95%	95%
						Sin Plantar	97%	94%	98%
Locación petrolera Caño Gandul EDAR-CG-HAAT	HUMEDAR-I®	Industrial	RACFP	0,7	Bidens laevis	92%	60 %	80%	
Valle de Aburrá (Ant)	Fotocatálisis + HC	Industrial	Foto-Fenton	---	Eichornia crassipes	89,86%	99,53%	---	
					Salvinia minima	91,89%	99,93%	---	
Planta piloto campus CUC	Tanque (1000 l) + HCFSS	Doméstica	Tanque	0,57	Typha sp	92,3%	90%	97%	
Planta piloto campus UA (Ant.)	6 HUMEDALES (3 HCFSS + 3 HCFS)	Sintética	No especifica*	0,6	Phragmites australis	99,45%	97,13%	---	
					Canna limbata	99,36%	95,94%	---	
					Heliconia psittacorum	97,49%	93,50%	---	
Universidad del atlántico	TS-3HCFSS (En paralelo) Mesocosmo	Doméstica	TS	0,4	E. Mutata	---	76%	---	
					Sin planta	---	47%	---	
					E. Aristata	---	78%	---	
Reserva CAOBA	TS+HCFSS+HCFS	Doméstica	TS	0,5	Lycopersicum sculentum (Tomates)	41%	42%	---	
Cogua (Cund)	TS+HCFSS	Doméstica	TS	0,6	Juncus sp.	80%	---	90%	
Ginebra (Valle)	HCFSS	Doméstica	No especifica*	0,7	Phragmites australis	68,5%	63,9%	90,4 %	
Ginebra (Valle)	TS + FA+ HCFSS	Doméstica	TS	0,6	Cyperus, sp.	1,25Q	82%	77%	87%
						1,50Q	80%	79%	81%
						1,75Q	71%	82%	88%
						2,00Q	68%	78%	87%

Lugar	Configuración	Tipo de AR	Tratamiento primario	Profundidad del Humedal (m)	Macrófita	Eficiencias			
						DBO	DQO	SST	
						3,00Q	NM	68%	NM
La Vorágine (Valle)	TS + FA+ HCFSS	Doméstica	TS	0,7	Cyperus, sp.	1,00Q	---	84%	96%
						1,33Q	---	83%	93%
						2,00Q	---	77%	92%

Fuente: Elaboración propia

\*En la planta piloto se evaluó la utilización de los humedales como tratamiento secundario

\*\* Eficiencias globales del sistema, en conocimiento de que es posible trabajar con cargas superficiales superiores a lo recomendado por la literatura sin importar el medio de soporte o el tipo de planta.

NM: No mostró resultados

#### 4. ESTADO ACTUAL DEL SANEAMIENTO EN SANTANDER

El Departamento de Santander tiene un total de 87 municipios organizados en 6 provincias regionales (Comunera, García-Rovira, Guanentá, Mares, Soto y Vélez), 23 municipios cuentan con planta de tratamiento de aguas residuales, de las cuales 12 se encuentran en buen estado y 11 en estado regular, los sistemas de tratamiento predominantes en Santander son los lodos activados y el UASB; los 64 municipios restantes no cuentan con ningún sistema de tratamiento, esto indica que en el 84% de los municipios del departamento las aguas residuales de las viviendas son colectadas y llevadas a una corriente de agua.

Esta práctica trae consigo enormes problemas sanitarios dado que la quebrada desemboca por cadena en una corriente mayor, deteriorando las condiciones de potabilidad de los cuerpos de agua que en su mayoría son fuentes de abastecimiento de otros municipios.

En el 60 % de las fuentes de agua abastecedoras de los municipios del departamento, se observa alta carga contaminante y se presenta incumplimiento de las metas de cargas contaminantes por parte de los municipios y usuarios del sector productivo. Algunos municipios empiezan a estudiar la posibilidad de construir lagunas de estabilización y de montar plantas de tratamiento de aguas, si bien estas tienen unos costos elevados de implementación y mantenimiento que desbordan las capacidades económicas de los municipios.

En Santander existen 39 municipios cuya población es inferior a 2000 habitantes, y no poseen PTAR (Planta de Tratamiento de agua Residual). Los Humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal son una opción implementada con éxito en poblaciones de este tamaño, en Europa, que puede ser estudiada para dar una línea de acción ante la problemática de saneamiento en el departamento.

En este sentido, se ha realizado el presente estudio cuyo objetivo es analizar la factibilidad técnica y ambiental del uso de los HCFSS para poblaciones de menos de dos mil habitantes en Santander, evaluando al menos dos casos de estudio.

## **5. METODOLOGÍA**

Para evaluar la viabilidad técnica y ambiental de esta tecnología se realizó la selección de dos municipios de Santander como se describe a continuación:

1. Inicialmente tuvo en cuenta la población (menor a 2000 hab.) de la cabecera municipal, existencia de PTAR y plan Maestro de alcantarillado. De esta clasificación inicial sólo cumplieron 13 municipios (Betulia, Charta, Chima, El Carmen de Chucurí, El Guacamayo, Guavatá, La Belleza, San José de Miranda, Matanza, Santa Helena, Suratá, Tona y Vetas) Ver Anexo 2.
2. En la segunda fase se tuvieron en cuenta las características básicas de diseño para implementar el sistema de HCFSS tales como topografía, valores de cargas contaminantes vertidas a las fuentes hídricas y disponibilidad de terreno para la ubicación de la planta de tratamiento.
3. Se diseñaron dos PTAR compuestas por un pretratamiento (canal de desbaste y desarenador), tratamiento primario (Tanque Imhoff) y tratamiento secundario (HCFSSH).
4. Se realizó un análisis de impacto ambiental utilizando el método de la matriz de Leopold.

Analizando estos criterios se seleccionaron los municipios, San José de Miranda y La Belleza que corresponden a las Provincias García Rovira y Vélez respectivamente.

### **5.1 Análisis de decisión con criterios múltiples.**

El análisis de decisión con criterios múltiples (ADCM) es una herramienta metodológica que facilita la selección mediante la inclusión de diferentes tipos de criterios (es decir, económica, ambiental, técnica y social) al comparar las alternativas de decisión.

Para aplicar los análisis de decisión con criterios múltiples (ADCM) para la construcción de PTAR en los dos municipios, se deben definir las alternativas a considerar, los objetivos que debe cumplir el proyecto, los criterios que se utilizan para medir el grado de satisfacción de los objetivos, y un cierto grado de importancia de los diferentes criterios (Por ejemplo, la robustez, flexibilidad y operatividad), y los humedales construidos traen consigo estos beneficios descritos anteriormente.

Por otra parte los objetivos específicos que componen este proyecto es minimizar costos de construcción y reducir los efectos ambientales en cada uno de los municipios.

#### **5.1.1 Objetivos y criterios aplicables**

El objetivo principal de un proyecto de PTAR municipal es cumplir las metas de tratamiento previstas para cumplir con los requisitos reglamentarios, que están orientadas principalmente a la protección de la salud pública y del medio ambiente. Sin embargo, hay otros objetivos deseables, tales como minimizar los costos proporcionando la fiabilidad del proceso y la flexibilidad, facilitando las operaciones, maximizar la seguridad y minimizar los efectos sociales durante la construcción y el funcionamiento futuro. Todos estos criterios aplicables, que serán diferentes para cada proyecto, se pueden clasificar en cuatro grandes grupos de objetivo económico, ambiental, técnico y social. Algunos de ellos pueden ser fácilmente cuantificados, mientras que otros requieren un enfoque cualitativo para llevar a cabo una comparación entre alternativas.

### **5.1.2 Criterios económicos**

Al comparar alternativas de diseño desde el punto de vista económico, se incluyen criterios relacionados con la construcción y los costos de operación (personal, energía, productos químicos y de mantenimiento). En las necesidades de energía se consideran la ventilación, el bombeo, la calefacción, la mezcla; en los requisitos químicos se tienen en cuenta por ejemplo sales de metales para la precipitación de fósforo, las fuentes externas de carbono para mejorar la eficiencia de desnitrificación, o cloro para la desinfección, y los costos relacionados con la recolección y disposición de lodos.

### **5.1.3 Criterios Ambientales**

La protección de la salud ambiental es un objetivo implícito en los proyectos de PTAR municipales. Esto no quiere decir que no hay efectos ambientales negativos asociados con la implementación de estos proyectos. Más allá del efecto de la calidad del efluente tratado en el cuerpo de agua receptor, hay otros efectos ambientales, como el consumo de energía, los reactivos químicos utilizados, el tratamiento de gestión de los residuos y las emisiones a la atmósfera, que deben ser considerados.

### **5.1.4 Criterios Técnicos**

Los criterios técnicos durante la fase de diseño deben garantizar un servicio confiable, flexible y fácil de manejar.

Las consideraciones de seguridad son factores importantes de criterios técnicos, la seguridad se refiere a la posibilidad de caídas, espacios confinados, equipos expuestos o piezas en movimiento, el transporte de productos químicos, el almacenamiento, y la adición de los operadores de la planta, así mismo se debe tener en cuenta las precauciones necesarias para reducir el nivel de riesgo para la comunidad externa.

### **5.1.5 Criterios sociales**

Los criterios sociales son cada vez más importantes en el diseño de las PTAR. Esta categoría de criterios no sólo incluye aspectos relacionados con el personal de las

instalaciones y de los trabajadores externos, sino también los efectos relativos con la instalación de la PTAR y su proximidad a la comunidad exterior. El ruido, la estética visual (integración con el entorno arquitectura agradable y jardinería), la participación comunitaria, y el olor por emisiones al aire son en general los rasgos distintivos entre alternativas.

La mayoría de los criterios mencionados anteriormente no se pueden cuantificar fácilmente, lo que requiere una comparación cualitativa entre alternativas.

En la tabla 2 se muestra el análisis de las principales tecnologías para el tratamiento de aguas residuales, aplicando los criterios anteriores, con el fin de establecer el sistema más adecuado para los municipios La Belleza y San José de Miranda.

**Tabla 2.** Comparación de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Tecnología		Tipo de tratamiento	Requerimientos para aplicación	Consideraciones ambientales a tener en cuenta	Costo aproximado (mín. y máx.) US\$/Hab	Costos de operación y mantenimiento
1	Lagunas de estabilización	Primario, secundario y terciario	Área mínima: 4 ha Distancia mínima a la población: 100 m Distancia mínima al agua superficial o subterránea: 50 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>Control de olores</li> <li>Control de insectos y roedores</li> <li>Incremento de vegetación</li> <li>Limpieza de lodos</li> </ul>	301 1182	Entre US\$ 15000/año a US\$ 40000
2	Lodos activados	Primario, secundario y terciario	Área mínima: 2 ha Distancia mínima a la población: 100 m Distancia mínima al agua superficial o subterránea: 50 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>Control de olores</li> <li>Control de insectos y roedores</li> <li>Incremento de vegetación</li> <li>Limpieza de lodos</li> </ul>	603 1104	Desde US\$ 20000/año
3	Lagunas aireadas	Primario, secundario y terciario	Área mínima: 3 ha Distancia mínima a la población: 100 m Distancia mínima al agua superficial o subterránea: 50 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>Control de olores</li> <li>Control de insectos y roedores</li> <li>Incremento de vegetación</li> <li>Limpieza de lodos</li> </ul>	1005 6546	Desde US\$ 20000/año

Tecnología		Tipo de tratamiento	Requerimientos para aplicación	Consideraciones ambientales a tener en cuenta	Costo aproximado (mín. y máx.) US\$/Hab	Costos de operación y mantenimiento
4	Tanque Imhoff	Primario, secundario y terciario	Área mínima: 2 ha Distancia mínima a la población: 100 m Distancia mínima al agua superficial o subterránea: 50 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>Control de olores</li> <li>Control de insectos y roedores</li> <li>Incremento de vegetación</li> <li>Limpieza de lodos</li> </ul>	928 3347	Entre US\$ 5200/año a US\$ 10000
5	Biofiltro	Primario, secundario y terciario	Área mínima: 0,3 ha Distancia mínima a la población: 20 m Distancia mínima al agua superficial o subterránea: 25 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>Control de olores</li> <li>Control de insectos y roedores</li> <li>Incremento de vegetación</li> <li>Limpieza de lodos</li> </ul>	169 15210	Desde US\$ 4000/año
6	Humedales artificiales	Primario, secundario y terciario	Área mínima: 0,5 ha Distancia mínima a la población: 50 m Distancia mínima al agua superficial o subterránea: 30 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>Control de olores</li> <li>Control de insectos y roedores</li> <li>Incremento de vegetación</li> <li>Limpieza de lodos</li> </ul>	6311 24812	Entre US\$ 3600/año a US\$ 8000
7	Reactores Anaeróbicos de flujo ascendente	Primario, secundario y terciario	Área mínima: 3 ha Distancia mínima a la población: 100 m Distancia mínima al agua superficial o subterránea: 25 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>Control de olores</li> <li>Control de insectos y roedores</li> <li>Incremento de vegetación</li> <li>Limpieza de lodos</li> </ul>	1714 15013	Entre US\$ 18750/año a US\$ 20000
8	Filtro percolador	Primario, secundario y terciario	Área mínima: 1 ha Distancia mínima a la población: 100 m Distancia mínima al agua superficial o subterránea: 30 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>Control de olores</li> <li>Control de insectos y roedores</li> <li>Limpieza de lodos</li> </ul>	9215	Desde US\$ 6000/año

*Fuente: Arana, 2009. Nota: En cada caso, se ha señalado un costo mínimo y máximo (Valorizado en US\$/Habitante) promedio. Para obtener el monto de inversión en pesos, simplemente se debe realizar la equivalencia de moneda ya que las proporciones de costo se conservan.*

Desde el punto de vista económico, ambiental, social y en cuanto a los requerimientos de área los humedales artificiales son una buena alternativa para la depuración de las aguas residuales por tener un bajo costo, requiere de un área pequeña para su implementación, pueden servir como hábitat para fauna, y potencialmente como un sitio de recreación.

Los humedales pueden ser abiertos al público con fines recreativos y propósitos educativos. Los cuerpos de agua que reciben los efluentes regenerados se pueden utilizar para excursiones, educación sobre humedales e investigación universitaria. Por estas razones optamos por implementar esta tecnología en los municipios La Belleza y San José de Miranda.

## **6. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD APLICACIÓN DE HCFSS EN LOS MUNICIPIOS DE LA BELLEZA Y SAN JOSÉ DE MIRANDA.**

### **6.1 Situación actual municipio La Belleza**

#### **Alcantarillado.**

El sistema de alcantarillado del municipio La Belleza es combinado y funciona por gravedad. No se le hace ningún tipo de tratamiento a las aguas; son recogidas y llevadas a dos vertimientos que descargan en las quebradas El Colegio y La Florida.

De acuerdo al esquema de ordenamiento territorial del municipio La Belleza, se presenta contaminación hídrica en forma puntual, por vertimiento directo de las aguas domésticas de las viviendas del área urbana a través de la red de alcantarillado sobre La quebrada El Colegio la cual discurre en un consumidor al sur-occidente del casco urbano, y sobre un cauce que fluye al consumidor de la Quebrada la Florida.

En las Figuras 2 y 3 suministradas por la Gobernación Municipal de Santander se pueden apreciar los vertimientos de las aguas residuales correspondientes al municipio de La Belleza.

**Figura 2.** Vertimiento 1. Quebrada el Colegio



**Figura 3.** Vertimiento 2. Quebrada La Florida



De acuerdo al documento “Inventario y diagnóstico general del sistema de alcantarillado de la cabecera municipal de La Belleza Santander”, el sistema de alcantarillado actual está dividido en dos zonas significativas determinadas por la topografía y dirección del flujo. Las aguas residuales de vierten a los riachuelos con baja capacidad auto-depuradora a menos de 50 metros de distancia de viviendas o pozos sépticos que ya se están colmatando, los puntos de descarga se convierten en focos de enfermedades y producen malos olores debido a la

descomposición de la materia orgánica por el agua vertida. La administración municipal del departamento prevé la instalación de una PTAR, cuya ubicación será al sur del casco urbano vereda Saylan mínimo a 500 metros del casco urbano y a 30 metros del cuerpo receptor.

Dentro de los proyectos propuestos en el plan de acción 2012-2015 del municipio La Belleza se plantea convertir a la Quebrada el Colegio, la Quebrada La Florida y nacimientos de agua, en ejes ambientales estructurantes y paisajístico urbanos, buscando su recuperación y protección e incorporándolos al sistema de parques urbanos, para el soporte de las actuaciones urbanas, garantizando la sostenibilidad ambiental del territorio.

## **6.2 Situación actual municipio San José de Miranda.**

### **Alcantarillado**

En la parte urbana el sistema de alcantarillado, tiene una cobertura del 100%. Las aguas residuales del Municipio son conducidas por un deficiente sistema de alcantarillado, que no cumple con las normas mínimas establecidas, y son vertidas en una acequia en límites del sector urbano, generando alta contaminación y efecto negativos como malos olores y un alto riesgo para la salud de los habitantes del sector, especialmente para los barrios de la zona sur.

La entrega del agua residual se hace directamente a la Quebrada Santa Bárbara sin ningún tratamiento (Ver Figura 4). No hay control al cuerpo natural de la quebrada, ocasionando impactos negativos sobre el medio ambiente, y problemas de salud en la población de las áreas aledañas al vertimiento, ya que el agua de la quebrada es utilizada para riego.

**Figura 4.** Vertimiento Quebrada Santa Bárbara



Como alternativa para el tratamiento de las aguas servidas de los municipios La Belleza y San José de Miranda se propone la implementación de un sistema de tratamiento: pretratamiento, tratamiento primario (Tanque Imhoff) y Humedal construido de flujo subsuperficial horizontal.

### **6.3 Ubicación y diseño del proyecto.**

Los detalles de ubicación y detalles de diseño para cada proyecto, están consignados en el anexo 3.

Los diseños fueron calculados en base a García. (2008), Resolución 1096 del Ministerio de Desarrollo Económico (2000)

#### **6.3.1 La Belleza.**

La ubicación de la planta será la misma a la planteada en el documento “Inventario y diagnóstico general del sistema de alcantarillado de la cabecera municipal de La Belleza Santander”.

A continuación se presenta los parámetros de diseño y las dimensiones calculadas para cada unidad de la PTAR.

**Tabla 3.** Pretratamiento PTAR, municipio La Belleza, Santander.

<b>Pretratamiento</b>	
<b>Canal de desbaste</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Ancho de Barrotes (mm)	15
Luz entre barrotes (mm)	50
Grado de Colmatación (%)	30
Ancho de Canal (m)	0,3
Numero de barrotes	5
Altura de Calado (m)	0,45
<b>Canal desarenador</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Ancho (m)	0,5
Largo (m)	1,5
Carga Hidráulica Superficial (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *h)	32,88

**Tabla 4.** Tratamiento primario PTAR, municipio La Belleza, Santander.

<b>Tratamiento Primario (2 Tanques Imhoff)</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Valor/Tanque</b>
Caudal (m <sup>3</sup> /día)	338,19
Carga superficial (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *h)	18,7

Superficie total del tanque (m <sup>2</sup> )	23,4
volumen total del tanque (m <sup>3</sup> )	142,16
Altura Total del tanque (m)	8,5

**Tabla 5.** Tratamiento secundario PTAR, municipio La Belleza, Santander.

<b>Tratamiento secundario (HCFSS)</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Concentración de DBO <sub>5</sub> mg/L	274,435
Caudal (m <sup>3</sup> /día)	397,872
Tiempo de retención hidráulica (días)	2,07
Vegetación.	Juncus
Profundidad del lecho (m)	0,7
Numero de Celdas	4*
Longitud / anchura (m) de cada celda	14 / 28
Área m <sup>2</sup>	1455

\* 3 celdas en funcionamiento y 1 celda adicional en caso de mantenimiento para que el funcionamiento de la planta no se vea interrumpido.

### **6.3.2. San José de Miranda.**

La ubicación de la planta será en los lotes municipales que se encuentran detrás del matadero. Ver anexo 3.

A continuación se presenta los parámetros de diseño y las dimensiones calculadas para cada unidad de la PTAR.

**Tabla 6.** Pretratamiento PTAR, municipio San José de Miranda, Santander.

<b>Pretratamiento</b>	
<b>Canal de desbaste</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Ancho de Barrotes (mm)	15
Luz entre barrotes (mm)	50
Grado de Colmatación (%)	30
Ancho de Canal (m)	0,3
Numero de barrotes	5
Altura de Calado (m)	0,45
<b>Canal desarenador</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Ancho (m)	0,5
Largo (m)	1,6
Carga Hidráulica Superficial (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *h)	30,3

**Tabla 7.** Tratamiento primario PTAR, municipio San José de Miranda, Santander.

<b>Tratamiento Primario (Tanque Imhoff)</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Caudal (m <sup>3</sup> /día)	207,1
Carga superficial (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *h)	16,6
Superficie total del tanque (m <sup>2</sup> )	16,25
volumen total del tanque (m <sup>3</sup> )	97
Altura Total del tanque (m)	7,54

**Tabla 8.** Tratamiento secundario PTAR, municipio San José de Miranda, Santander.

<b>Tratamiento secundario (HCFSS)</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Concentración de DBO <sub>5</sub> mg/L	259,7
Caudal (m <sup>3</sup> /día)	121,82
Tiempo de retención hidráulica (días)	4,56
Vegetación.	Juncus
Profundidad del lecho (m)	0,7
Numero de Celdas	4*
Longitud / anchura (m) de cada celda	11,5 / 23
Área m <sup>2</sup>	1058

\* 3 celdas en funcionamiento y 1 celda adicional en caso de mantenimiento para que el funcionamiento de la planta no se vea interrumpido.

#### 6.4. Evaluación ambiental.

Para analizar la viabilidad del proyecto se analizarán los posibles impactos ambientales antes y después de la realización del proyecto en cada municipio.

##### 6.4.1. Diagnóstico previo a la construcción del proyecto.

Los factores ambientales a analizar en cada municipio incluyen aspectos abióticos (clima, aire, geomorfología, suelo y calidad del agua) y bióticos (flora, fauna y paisaje).

**Tabla 9.** Situación ambiental antes de la construcción de la planta en La Belleza, Santander.

Aspectos abióticos	Descripción
Clima	<p>Temperatura promedio de 16,2 °C, el municipio se encuentra entre una altitud de 200-2530 m.s.n.m, La precipitación media es de 2674 mm/año. El relieve es montañoso, generando abundantes microclimas y cambios climáticos en cortas distancias; las lluvias son frecuentes en abril, mayo, junio, septiembre, octubre, y noviembre, con periodos menos húmedos en los meses restantes.</p> <p>El clima de La Belleza según la clasificación climática empleada es en su totalidad SUPERHÚMEDO, disponiendo a lo largo del año de suficiente agua para suplir los requerimientos hídricos de la vegetación.</p>
Aire	No se definen fuentes permanentes de contaminación gaseosa que realicen emisiones directas a la atmósfera y alteren su composición afectando la salud de los habitantes del municipio.
Geomorfología	Se distingue un tipo de relieve montañoso en la mayor parte del municipio y ondulado en la parte central del municipio.
Suelo	<p>La topografía dominante en la zona montañosa es muy quebrada a escarpada, lo cual impide el desarrollo y manejo de los cultivos transitorios, en cambio, aceleran la degradación de los suelos.</p> <p>Existen suelos de uso agropecuario, esta categoría incluye las</p>

	<p>actividades relacionadas con la agricultura y la ganadería. La unidad de pastos está representada por áreas de gramíneas o leguminosas o mezcla de las dos, ya sean naturales o introducidas, en cuyo manejo no se aplican o son mínimas las prácticas agronómicas y sobre las cuales se desarrollan ganadería semi-intensiva en sistema de pastoreo libre.</p>
<p>Calidad del Agua</p>	<p>Existe una alta capacidad hídrica, originada principalmente por la presencia de áreas de Bosque Natural y Secundario, y debido a sus características forestales y fisiográficas dan origen a muchas quebradas o cuerpos de agua.</p> <p>Sin embargo la intervención antrópica a estas formaciones vegetales y a los cause de dichas quebradas han diezmando de manera significativa su capacidad hídrica. Dentro de las áreas degradadas se encuentran la contaminación de las fuentes receptoras de las aguas residuales.</p>
<p><b>Aspectos bióticos</b></p>	<p><b>Descripción</b></p>
<p>Flora</p>	<p>Posee una gran cantidad de bosques, los cuales equivalen alrededor de 14000 hectáreas constituyendo cerca del 42% del área total del municipio, representadas en bosques naturales los cuales han conservado intactas sus características y no han sido intervenido por el hombre compuestas por las áreas de la Serranía del Minero y el mismo río y áreas de bosques secundarios la cual hace referencia a las áreas boscosas en las que se ha realizado aprovechamiento selectivo de especies y ha sido alterado por la actividad antrópica en alguna de sus características, composición florística o estructural.</p>
<p>Fauna</p>	<p>Las formaciones vegetales albergan una riqueza de especies animales con nichos y hábitats muy particulares con funciones específicas, juegan un papel muy importante en el equilibrio de los ecosistemas interviniendo en el ciclo de nutrientes.</p>
<p>Paisaje</p>	<p>Variable, en épocas de lluvia se aprecia gran cantidad de zonas verdes, mientras en época de estiaje se nota árido y desolado. El proyecto dotara de diversidad agradable al sitio</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.** Situación ambiental antes de la construcción de la planta en San José de Miranda, Santander.

<b>Aspectos abióticos</b>	<b>Descripción</b>
Clima	<p>Tiene una temperatura media anual de 17°C. El municipio tiene una altura sobre el nivel del mar que varía de 1.000 m.s.n.m. en el extremo sur sobre las riveras del Río Servita y Río Chicamocha a 3.200 m.s.n.m. en el extremo occidental en el Alto de Miranda de las veredas el Pozo, Lucusguta y Yerbabuena. Posee los pisos térmicos cálido, templado y frío. Tiene una temperatura que oscila entre 12 y 25 grados centígrados, y la precipitación promedio es de 1100 milímetros anuales.</p>
Aire	<p>Esta amenaza se presenta en las áreas expuestas a la emisión de partículas de dióxido de azufre y otros compuestos volátiles resultantes de la cocción con carbón en los hornos de producción de tabaco y ladrillo o en la coquización del carbón. Constituye una amenaza porque causa daño a la salud humana principalmente ocasiona enfermedades cardiorrespiratorias, y deformaciones congénitas, además daña las hojas de las plantas, reduce su crecimiento y deteriora el paisaje, en el municipio de San José de Miranda solo se presenta la amenaza media por contaminación.</p>
Geomorfología	<p>Posee una topografía desde plano a casi plano hasta muy escarpado. Dentro de los principales accidentes geográficos cabe citar el Alto de Miranda en zona de páramo, sitio donde nacen las principales microcuencas del municipio.</p>
Suelo	<p>De manera general se presenta el uso actual de la tierra determinando las siguientes coberturas: vegetación de páramo, bosque natural, rastrojos, pastos, áreas con predominio de cultivos transitorios, vegetación xerofítica y otros.</p> <p>La actividad económica gira entorno a dos actividades principales la agricultura (tabaco, tomate, frijol y maíz) y la ganadería (vacuno, caprino y ovino).</p>
Calidad del Agua	<p>Dentro de las áreas degradadas se encuentran la contaminación de las fuentes receptoras de las aguas residuales.</p>

	Las aguas poseen un alto contaminante y no son aptas para el consumo humano, y si es así se deben hacer los respectivos correctivos como es el uso de plantas de tratamiento, todo esto expresado por el bajo porcentaje (20% en promedio) que se puede utilizar para el consumo humano de acuerdo a las diferentes calidades de agua encontradas en las corrientes hídricas del municipio.
<b>Aspectos bióticos</b>	<b>Descripción</b>
Flora	Hay una gran variedad de flora y fauna, algunas de ellas encontramos: Cují, Trupillo, Tuno, Espino de Cabro, Pela Aromo, Tivigaro, Alcaparro, Sauce Playero, Caña de Castilla.  Matarraton, Pegapega, Karate, Indio Desnudo, Uña de Gato Moral, Dinde, Pringamosca, Guasimo Colorado, Payande, Gallinero
Fauna	La fauna es variada entre ellas encontramos: Gavilán, Iguana, Copetón, Carpintero, Fara, Murciélagos, Camaleón, Azulejo y Cucarachero, entre otras.
Paisaje	Variable, en épocas de lluvia se aprecia gran cantidad de zonas verdes, mientras en época de estiaje se nota árido y desolado. El proyecto dotara de diversidad agradable al sitio.

Fuente: Elaboración propia

#### **6.4.2. Evaluación del impacto ambiental después de la construcción de la PTAR.**

Los elementos de una actividad que interactúan con el ambiente pueden denominarse aspectos ambientales. Cuando estos aspectos se tornan significativos para el hombre y su ambiente adquiere connotación de impactos ambientales. Usualmente el impacto ambiental se define como el cambio neto en la salud del hombre, en su bienestar o en su entorno, debido a la interacción de las actividades humanas con los sistemas naturales (ecosistemas).

Un impacto puede ser positivo o negativo y se consideran significativos cuando superan los estándares de calidad ambiental, criterios técnicos, hipótesis científicas, comprobaciones empíricas, juicio personal, valoración económica o social, entre otros criterios.

### **Metodología de evaluación**

Para evaluar los impactos ambientales positivos y negativos que resultan como consecuencia de la construcción de un sistema de tratamiento de agua residual por medio de humedales artificiales en los municipios de San José de Miranda y la Belleza del departamento de Santander, se utilizara el método de matriz de Leopold.

La base del sistema es una matriz formada por columnas que son las acciones del hombre, que pueden alterar el medio ambiente y las filas son características del medio (o factores ambientales) que pueden ser alteradas. Con las entradas en filas y columnas se pueden definir las relaciones existentes. (Ver figura 5).

Para cada acción se determinará qué factores ambientales se afectan y se calificará de acuerdo a su magnitud e importancia las cuales se colocaran en la casilla en el lado izquierdo y derecho respectivamente.

Los valores de magnitud se midieron en un rango de 1 a 10, donde el primer rango corresponde a la magnitud mayor y el segundo a la magnitud menor del impacto. Así mismo, los valores de magnitud van precedidos de un signo positivo (+) o negativo (-), según se trate de efectos favorables o desfavorables del medio ambiente, respectivamente, entendiéndose como favorables aquellos factores que mejoran la calidad ambiental.

El valor de importancia también se le considera en una escala de 1 a 10, indicando el valor más bajo como menor importancia y el más alto como mayor importancia. La importancia siempre se debe tomar como absoluto o positivo.

**Figura 5. Ejemplo de Matriz de Leopold.** Fuente: Elaboración propia

Parámetro ambiental \ Acción propuesta		Acción 1	Evaluaciones		
			Afectaciones positivas	Afectaciones negativas	Agregación del impacto
parámetro 1		Magnitud -2 Importancia 3	0	1	-6
Evaluaciones	Afectaciones positivas	0	-6		
	Afectaciones negativas	1			
	Agregación de impacto	-6			

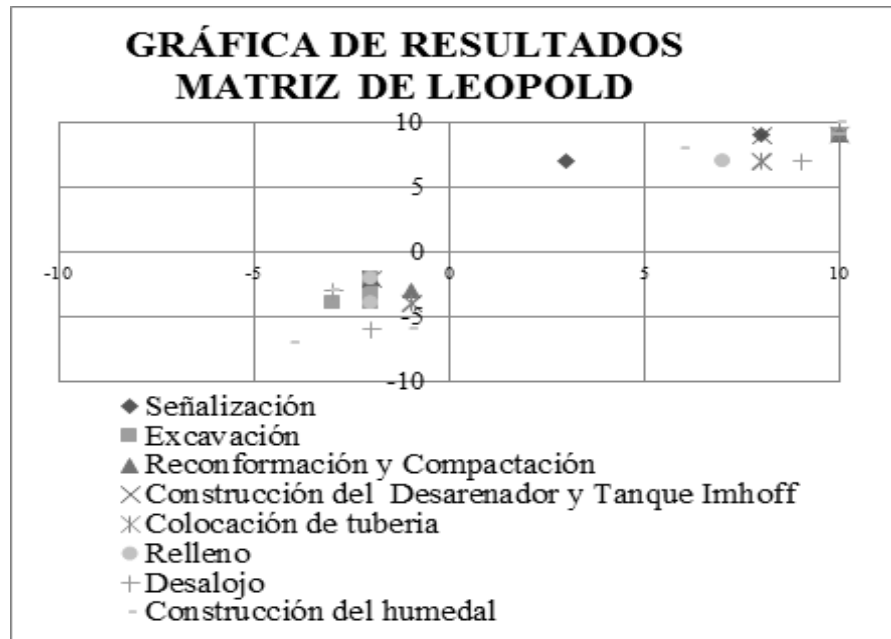
Realizado el procedimiento descrito anteriormente se procede a calcular los promedios positivos y negativos, así como la agregación de impactos (multiplicación del valor de la magnitud por la importancia), para cuantificar la acción de mayor beneficio y la que implica un daño mayor.

En el anexo 4 se presentan las matrices y las gráficas correspondientes para cada municipio en estudio.

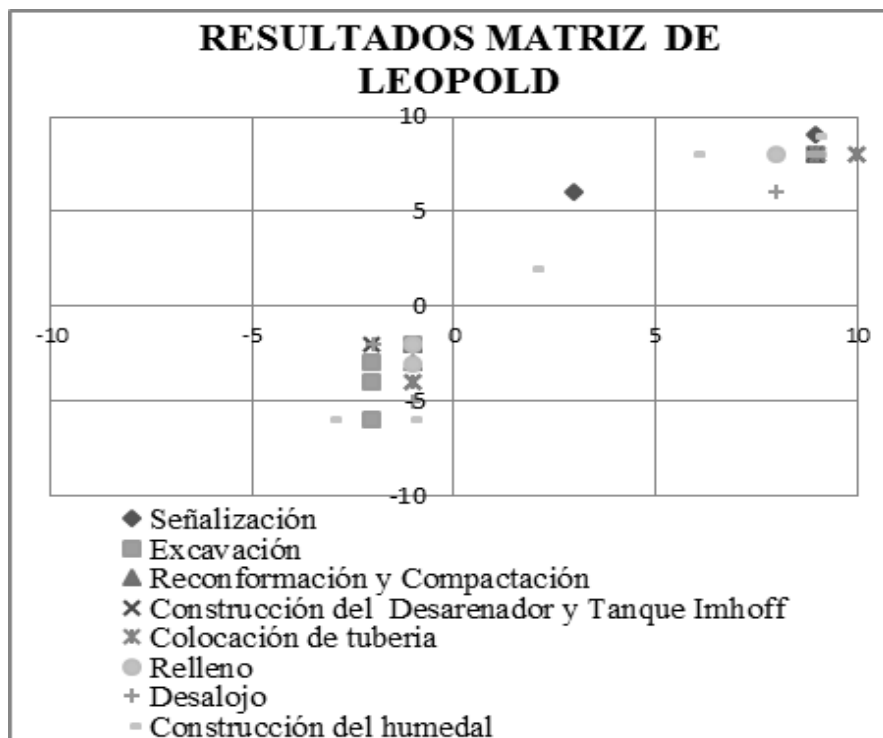
Para la elaboración de las gráficas, se situó en un eje de coordenadas cartesianas los pares ordenados que se forman por los valores en cada casillero de interacción de la matriz, verificando que el signo de los valores de importancia sean iguales a los de magnitud. En el caso de no serlo, se debe hacer el cambio respectivo.

A continuación se presentan las gráficas de resultados de la matriz de Leopold de cada uno de los municipios.

**Gráfico 3.** Impactos ambientales La Belleza, Santander.



**Gráfico 4.** Impactos ambientales San José de Miranda, Santander.



## 7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En las gráficas de los dos municipios se puede observar que el proyecto resulta factible y beneficioso ya que se ve con facilidad que los pares negativos se encuentran en mayor cantidad pero con poca magnitud e importancia, a diferencia de los pares positivos los cuales tienen gran magnitud e importancia.

Teniendo en cuenta lo anterior se concluye que hay un equilibrio ambiental, por lo tanto el proyecto es viable ya que en su mayoría los impactos son positivos.

La descontaminación de las aguas residuales por medio de esta alternativa genera impactos favorables, si se implementara en todos los municipios del país que cumplan con la condición de población menor a 2000 habitantes, el porcentaje de saneamiento a las fuentes hídricas pasaría de 40% a un 61%, mejorando notablemente la calidad de nuestras fuentes, contribuyendo a la conservación del preciado recurso. El costo de inversión para saneamiento se reduciría ya que como se mencionó anteriormente, esta tecnología es económica comparada con otros sistemas, sin dejar de lado los impactos positivos que trae consigo como la carencia de olores, puede servir de hábitat para fauna y potencialmente como un sitio de recreación si está diseñado para mantener sus funciones principales mientras que salvaguarda la salud pública.

## 8. CONCLUSIONES

El estudio realizado permitió evaluar la viabilidad que tienen los humedales construidos en la depuración de aguas residuales, alternativa que es muy empleada en Europa, pero poco aplicada en el país; estos sistemas de tratamiento son una opción factible para tratar las aguas residuales especialmente en comunidades pequeñas, de escasos recursos y apartadas dentro del territorio nacional. El tratamiento de aguas residuales en los municipios de Colombia presenta un gran problema para el medio ambiente y la sociedad debido a que la mayoría de estas son vertidas a las fuentes hídricas sin ningún tipo de tratamiento, además los sistemas de tratamientos de aguas residuales cuyo funcionamiento se lleva a cabo dentro de los estándares esperados son pocos y la mayoría de ellos presentan significativos inconvenientes. La falta de educación y conciencia de los seres humanos y la mala administración de los recursos que son destinados para agua y saneamiento por parte de las entidades encargadas hace que cada día el nivel de contaminación de nuestros cuerpos de agua sea mayor.

En Colombia sólo el 35% de los municipios cuya población es menor a 2000 habitantes cuenta con sistemas de tratamiento de aguas residuales en funcionamiento, de los cuales el 79% recibe hasta un nivel de tratamiento secundario, mientras que el 15% recibe tratamiento primario y el 4% sólo recibe un tratamiento preliminar. El principal sistema de tratamiento en poblaciones menores a dos mil habitantes en el país son las lagunas de estabilización, pero en Santander predominan los sistemas de lodos activados y UASB.

En Santander aún no se ha implementado la tecnología de humedales construidos, sin embargo esta tecnología ha sido estudiada principalmente en los departamentos del Atlántico, Pereira, Valle del Cauca y Cundinamarca.

Los humedales Construidos son sistemas de tratamiento de aguas residuales que tiene ventajas favorables en cuanto a criterios económicos, ambientales, técnicos y sociales, se caracterizan por ser una tecnología de bajo costo comparada con

otros sistemas, así mismo no hay efectos ambientales negativos en su implementación, mostrando como resultado un impacto visual agradable, puede servir como hábitat para fauna, y potencialmente como un sitio de recreación y lo más importante las aguas residuales tratadas van a los cuerpos de agua sin contaminación.

El diseño propuesto permite superar las eficiencias de remoción requeridas en la normativa colombiana, (Decreto 1594 de 1984), además de estar optimizado por la disponibilidad de terreno en cada municipio.

En la evaluación de impacto ambiental en los municipios de San José de Miranda y La Belleza, resulta viable la implementación de humedales construidos, ya que existe un equilibrio ambiental entre los factores considerados. En comparación con otras tecnologías este sistema genera menos impactos negativos al medio ambiente.

Con el fin de contribuir en la disminución de los impactos en la fase de diseño se reemplazó el medio de soporte tradicional, por un medio de soporte plástico de material reciclado, quien además de brindar excelentes ventajas en la depuración de las aguas residuales, sus propiedades físicas permiten reducir el área requerida para la planta disminuyendo los impactos producidos en la fase de construcción, por ser de material reciclado contribuye en la conservación del medio ya que no se requiere realizar explotación de material de cantera.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía municipal de San José de Miranda - Consorcio PS-LEC. "Estudios y diseños para el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, Cabecera municipal de San José de Miranda, Departamento de Santander", San José de Miranda, Santander. 2011.

Arana Y., Guía para la toma de decisiones en la selección de sistemas de tratamiento de aguas residuales no convencionales. Foro ciudades para la vida, Perú. 2009.

Arroyave, F. y Gutiérrez, G. "Tratamiento de aguas residuales por medio de un sistema acoplado de Fotocatálisis-Humedales". Universidad EAFIT, Cuadernos de investigación, 2008, p. 47-52.

Ascuntar, D. Toro, A.F. Peña, M.R, Madera, C.A., "Changes of flow patterns in a horizontal subsurface flow constructed wetland treating domestic wastewater in tropical regions", Ecological engineering, Vol.35, 2009, pp. 274-280.

Bernal, F.; Mosquera, D.; Maury H. A.; Gonzales, D.; Guerra, R.; Pomare, A. and Silva, M. "Humedales artificiales para el tratamiento de las aguas residuales en la Corporación Universitaria de la Costa". Universidad del Valle, 2003, pp. 149-155.

Caselles-Osorio, A.; Eslava, P.; Romero, I.; Mendoza, G. and Simanca, M., "Tropical subsurface-flow constructed wetlands for treatment of sanitary wastewater". Research group: Wetlands of the Colombian Caribbean, Universidad del Atlántico. 2010

Caselles-Osorio, A.; Villafañe, P.; Caballero, V. and Manzano, Y., "Efficiency of Mesocosm-Scale Constructed Wetland Systems for treatment of sanitary wastewater under tropical conditions". Water Air Soil Pollut, 2011.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 1594 de 1984. Por el cual se reglamenta el uso del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C. 2010.

Coronel Ramírez, J. and Graefling Alva, Wilfried.; Evaluación y manejo ambiental de una planta recicladora de plomo Capítulo V, Pregrado Ingeniero Geógrafo; Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima Perú, 2002.

Corporación Autónoma Regional de Santander, Plan de Acción 2012-2015, p. 59-60

Departamento Nacional de Planeación: "Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014: Prosperidad para todos", Bogotá. D.C. Colombia. 2011.

EPA (Environmental Protection Agency). "Design Manual – Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment." U.S. Environmental Protection Agency Office of Research and Development". Cincinnati, 1988, Oh 45268.

Evaluación del impacto ambiental. Disponible:

<http://unrn.edu.ar/blogs/matematica1/files/2013/04/5%C2%B0-Matriz-de-Leopold-con-plantilla.pdf>. [Citado 18 de Octubre de 2013].

García, J y Corzo, A. "Depuración con humedales construidos, Guía práctica de diseño, construcción y explotación de sistemas de humedales de flujo subsuperficial". España. 2008.

Gobernación de Santander. "Diagnóstico de residuos sólidos y líquidos generados en los cascos urbanos de los municipios del departamento, a excepción de los del área metropolitana". Bucaramanga, Santander. 2008

Gobernación de Santander. "Plan departamental para el manejo empresarial de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo (PAP - PDA)" Plan General Estratégico y de Inversiones (PGEI) – 2013 – 2015.

Grupo Sectorial Dirección Técnica de Gestión de Acueducto y Alcantarillado. Prestación del Servicio Público de Alcantarillado para Actividades de Tratamiento y Disposición Final de Residuos Líquidos. Informe técnico sobre sistemas de tratamiento de aguas residuales en Colombia. Línea base 2010. Bogotá, D.C., Octubre 2012.

Kadleck, R.; R. Knight; J. Vymazal; H. Brix; P. Cooper y R. Haberl. "Constructed wetlands for pollution control: Processes, performance, design and operation". IWA Specialist Group on use of Macrophytes in Water Pollution Control, IWA Publishing. 2000.

Lara-Borrero, J, y Vera-Puerto, I. "Implantación y evolución de un humedal artificial de flujo subsuperficial en Cogua, Cundinamarca, Colombia". Revista Ing. Univ. Bogotá (Colombia), 2005, p. 47-63.

Madera, C., Silva, J., y Peña, M. "Sistemas combinados para el tratamiento de aguas residuales basados en tanque séptico - filtro anaerobio y humedales". Ingeniería y Competitividad, 2005, vol. 7, no. 2, p. 5-10.

Melo Quintana, G.; Evaluación fitodepurante de un sistema biológico artificial en aguas de riego como alternativa para la sostenibilidad del recurso hídrico, [Tesis de Maestría]; Universidad de la Sabana, Bogotá. 2012.

Metcalf & Eddy, Inc. an AECOM Company; Takashi Asano; Franklin Burton; Harold Leverenz: Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications. Environmental and Recreational Uses of Reclaimed Water, Chapter (McGraw-Hill Professional, 2007), AccessEngineering

Ministerio de desarrollo económico, Dirección general de agua potable. Resolución 1096/2000 de noviembre de 2000. Por la cual se adopta el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000). Títulos A, B, D y E.

Montoya, J.; Ceballos, L.; Casas, J.C. y Morató, J. “Estudio comparativo de la remoción de materia orgánica en humedales construidos de flujo horizontal subsuperficial usando tres especies de macrófitas”; Revista EIA, Diciembre, 2010, no. 14, p. 75-84. ISSN 1794-1237.

Mosquera-Beltrán, Y. y Lara-Borrero, J. “Tratamiento de lixiviados mediante humedales artificiales: revisión del estado del arte”. Revista Tumbaga, 2012, p. 73-99.

Nikolć, V.; Milićević, D. and Milenković, S. “Constructed wetlands and their's role in wastewater treatment with principles and examples of using it in Serbia”. Architecture and Civil Engineering Vol. 7, N° 1, 2009, pp. 65 – 82.

Novotny, V. and Olem, H. “Water Quality. Prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution”. New York: Van Nostrand Reinhold. 1994. p. 1054.

Otálora, A. “Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales de alta tasa en la Locación petrolera de Caño Gandul”. Maestría en Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional; Bogotá, 2006.

Pedescoll, A.; Corzo, A.; Alvarez, E.; García, J. and Puigagut, J. “The effect of primary treatment and flow regime on clogging development in horizontal subsurface flow constructed wetlands: an experimental evaluation”. Water Res, 2011, 45 (12), 3579–3589.

Peña Guzmán C., y Lara Borrero, J. “Tratamiento de aguas de escorrentía mediante humedales artificiales: estado del arte”. Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina, vol. 22-2, 2012, p. 39-61.

Reed, S.C.; Crites, R.W. and Middlebrooks, E.J. Natural Systems for Waste Management and Treatment. Second Edition. New York: McGraw-Hill, 1995.

Rodríguez P. C., “Humedales construidos. Estado del arte (I)”, Ingeniería hidráulica y ambiental, vol. XXIV, No. 3, 2003, pp. 35-41.

Sanabria, O. “Innovative alternative of low cost to purify wastewater in countries in via of development”. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo, Vol 1, 2006, p. 84-91

Sanabria, O. HUMEDAR-1®, GEEKO ENERGY S.A.S. Bogotá, Colombia. 2003.

Secretaría de Planeación Municipal. “Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de La Belleza”. La Belleza, Santander, 2003.

Secretaría de Planeación Municipal. “Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de San José de Miranda. Etapa de Diagnóstico – Dimensión de Infraestructura Funcional”. San José de Miranda, Santander, 2003, p. 254.

Secretaría de Planeación Municipal. “Inventario y diagnóstico general del sistema de alcantarillado de la cabecera municipal de La Belleza Santander”. La Belleza, Santander, 2012.

Secretaría de Planeación Municipal. Plan de Desarrollo Municipal. La Belleza, Santander, 2012-2015.

Secretaría de Planeación Municipal. Plan de Desarrollo Municipal. San José de Miranda, Santander, 2012-2015.

Silva, A. y Zamora, H. Humedales Artificiales. Manizales. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Departamento de Ingeniería Química. 2005.

United Nations Development Programme (UNDP). “Beyond Scarcity: Power, Poverty and the Global Water Crisis”. Human Development Report, 2006. Available: <http://hdr.undp.org/hdr2006/>.

Velasco, F. y Espinosa, C. “Evaluación de la fitorremediación en términos de remoción de carga orgánica, tratando aguas residuales contaminadas con hidrocarburos”. Trabajo de Grado. Tecnología en química, Universidad Tecnológica de Pereira, 2010.

Villegas, J; Guerrero, J, Castaño, J and Paredes, D. "Septic Tank (ST)-Up Flow Anaerobic Filter (UFAF)-Subsurface Flow Constructed Wetland (SSF-CW) systems aimed at wastewater treatment in small localities in Colombia"; Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia, Vol. 29, N° 3, Julio 2006, pp. 269-281.

Water and Sanitation Program. "Constructed Wetlands: A promising wastewater treatment systems for small localities, Experiences from Latin America". 2008, p. 6.

Water Environment Federation. Design of Municipal Wastewater Treatment Plants: WEF Manual of Practice No. 8, ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 76, Fifth Edition. MULTIPLE-CRITERIA DECISION ANALYSIS, Chapter (McGraw-Hill Professional, 2010), Access Engine

## ANEXOS

### ANEXO 1

**Tabla 11. Estado actual saneamiento en Colombia**

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
ANTIOQUIA	MEDELLÍN	2386233			
ANTIOQUIA	ABEJORRAL	6587			
ANTIOQUIA	ABRIAQUÍ	776			
ANTIOQUIA	ALEJANDRÍA	1824	hasta 2500 suscriptores	unidad de servicios publicos domiciliarios municipio de Alejandría	si
ANTIOQUIA	AMAGÁ	16312			
ANTIOQUIA	AMALFI	11991	más de 2500 suscriptores	Acueductos y alcantarillados sostenibles a.a.s. s.a. e.s.p.	si
ANTIOQUIA	ANDES	21972	más de 2500 suscriptores	ingeniería total servicios publicos s.a. e.s.p.	
ANTIOQUIA	ANGELÓPOLIS	5115	hasta 2500 suscriptores	junta de servicios publicos del municipio de angelopolis	si
ANTIOQUIA	ANGOSTURA	1872			
ANTIOQUIA	ANORÍ	6477			
ANTIOQUIA	SANTAFÉ DE ANTIOQUIA	15253			
ANTIOQUIA	ANZA	1244			
ANTIOQUIA	APARTADÓ	144976			
ANTIOQUIA	ARBOLETES	15887	más de 2500 suscriptores	Acueductos y alcantarillados sostenibles a.a.s. s.a. e.s.p.	si

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
ANTIOQUIA	ARGELIA	2622			
ANTIOQUIA	ARMENIA	1615			
ANTIOQUIA	BARBOSA	22145			
ANTIOQUIA	BELMIRA	1879	hasta 2500 suscriptores	empresas públicas de Belmira esp	
ANTIOQUIA	BELLO	430548			
ANTIOQUIA	BETANIA	3853	hasta 2500 suscriptores	empresas municipales de Betania s.a. e.s.p.	no
ANTIOQUIA	BETULIA	5709	hasta 2500 suscriptores	empresas públicas de Betulia s.a e.s.p	si
ANTIOQUIA	CIUDAD BOLÍVAR	16225	más de 2500 suscriptores	ingeniería total servicios publicos s.a. e.s.p.	
ANTIOQUIA	BRICEÑO	2493			
ANTIOQUIA	BURITICÁ	1523			
ANTIOQUIA	CÁCERES	8189	más de 2500 suscriptores	empresa de servicios públicos tamaná cáceres s.a. e.s.p.	si
ANTIOQUIA	CAICEDO	1599			
ANTIOQUIA	CALDAS	59619			
ANTIOQUIA	CAMPAMENTO	2827			
ANTIOQUIA	CAÑASGORDAS	6336			
ANTIOQUIA	CARACOLÍ	2997			
ANTIOQUIA	CARAMANTA	2880	más de 2500 suscriptores	Operadores de servicios s.a. e.s.p.	
ANTIOQUIA	CAREPA	40020			
ANTIOQUIA	EL CARMEN DE VIBORAL	28576	más de 2500 suscriptores	empresa de servicios públicos de el Carmen de Viboral e.s.p.	si
ANTIOQUIA	CAROLINA	2952			
ANTIOQUIA	CAUCASIA	87225	hasta 2500	municipio de Caucasia	

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
			suscriptores		
ANTIOQUIA	CHIGORODÓ	62927			
ANTIOQUIA	CISNEROS	7640			
ANTIOQUIA	COCORNÁ	3966	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de cocorna e.s.p.	
ANTIOQUIA	CONCEPCIÓN	1437	hasta 2500 suscriptores	municipio de concepcion	
ANTIOQUIA	CONCORDIA	8544	más de 2500 suscriptores	empresas públicas municipales de concordia e.s.p.	
ANTIOQUIA	COPACABANA	59625			
ANTIOQUIA	DABEIBA	8869			
ANTIOQUIA	DON MATÍAS	13968	hasta 2500 suscriptores	secretaria de servicios publicos del municipio de donmatias	
ANTIOQUIA	EBÉJICO	2201			
ANTIOQUIA	EL BAGRE	25849	mas de 2500 suscriptores	empresas, publicas del, bagre e.s.p.	
ANTIOQUIA	ENTRERRIOS	4947	hasta 2500 suscriptores	unidad de servicios públicos del municipio de entrerrios	si
ANTIOQUIA	ENVIGADO	204357	mas de 2500 suscriptores	empresas públicas de medellín e.s.p.	
ANTIOQUIA	FREDONIA	8585	mas de 2500 suscriptores	operadores de servicios s.a. e.s.p.	
ANTIOQUIA	FRONTINO	7106			
ANTIOQUIA	GIRALDO	1294			
ANTIOQUIA	GIRARDOTA	30907			
ANTIOQUIA	GÓMEZ PLATA	5769			
ANTIOQUIA	GRANADA	3699	más de 2500 suscriptores	empresa de servicios públicos de granada	si
ANTIOQUIA	GUADALUPE	2071			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
ANTIOQUIA	GUARNE	16791	más de 2500 suscriptores	empresa de servicios públicos domiciliarios del municipio de guarne e.s.p.	no
ANTIOQUIA	GUATAPÉ	4174	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios públicos domiciliarios	
ANTIOQUIA	HELICONIA	3011			
ANTIOQUIA	HISPANIA	3199			
ANTIOQUIA	ITAGÜÍ	239074	más de 2500 suscriptores	empresas públicas de Medellín e.s.p.	
ANTIOQUIA	ITUANGO	5866			
ANTIOQUIA	JARDÍN	7172	más de 2500 suscriptores	ingeniería total servicios públicos s.a. e.s.p.	
ANTIOQUIA	JERICÓ	8339	más de 2500 suscriptores	empresas públicas de Jericó Antioquia s.a. e.s.p.	
ANTIOQUIA	LA CEJA	44399	más de 2500 suscriptores	empresas públicas de la ceja e.s.p.	si
ANTIOQUIA	LA ESTRELLA	33425	más de 2500 suscriptores	empresas públicas de Medellín e.s.p.	
ANTIOQUIA	LA PINTADA	5786			
ANTIOQUIA	LA UNIÓN	10492			
ANTIOQUIA	LIBORINA	1774			
ANTIOQUIA	MACEO	2887	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios públicos de maceo s.a.s e.s.p.	si
ANTIOQUIA	MARINILLA	40083	más de 2500 suscriptores	Conhydra s.a. e.s.p.	si
ANTIOQUIA	MONTEBELLO	2009	hasta 2500 suscriptores	oficina de servicios públicos de Montebello	si
ANTIOQUIA	MURINDÓ	982			
ANTIOQUIA	MUTATÁ	5273			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
ANTIOQUIA	NARIÑO	2508			
ANTIOQUIA	NECOCLÍ	14572	más de 2500 suscriptores	sistemas públicos s.a. e.s.p.	si
ANTIOQUIA	NECHÍ	13367			
ANTIOQUIA	OLAYA	271	hasta 2500 suscriptores	unidad de servicios públicos domiciliarios municipio de Olaya – Antioquia	si
ANTIOQUIA	PEÑOL	9020	más de 2500 suscriptores	aguas y aseo del peñol e.s.p.	si
ANTIOQUIA	PEQUE	1955			
ANTIOQUIA	PUEBLORRICO	3717	hasta 2500 suscriptores	Empresa pueblorriqueña de acueducto, alcantarillado y aseo s.a. e.s.p	en construcción
ANTIOQUIA	PUERTO BERRIO	40453	más de 2500 suscriptores	Conhydra s.a. e.s.p.	si
ANTIOQUIA	PUERTO NARE	7719	más de 2500 suscriptores	empresas públicas municipales de puerto Nare e.s.p.	si
ANTIOQUIA	PUERTO TRIUNFO	5894	hasta 2500 suscriptores	asociación junta administradora del acueducto y alcantarillado de doradal	si
ANTIOQUIA	REMEDIOS	10123			
ANTIOQUIA	RETIRO	9618	más de 2500 suscriptores	Empresa de aguas del oriente antioqueño s.a. e.s.p.	
ANTIOQUIA	RIONEGRO	76006	más de 2500 suscriptores	Aguas de Rionegro s.a. e.s.p. zona franca industrial de bienes y servicios de Rionegro asociación de usuarios del acueducto rural sajonia-alro del vallejo	si
ANTIOQUIA	SABANALARGA	2859			
ANTIOQUIA	SABANETA	40199	más de 2500 suscriptores	empresas públicas de Medellín e.s.p.	
ANTIOQUIA	SALGAR	8663			
ANTIOQUIA	SAN ANDRÉS DE	2510			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
	CUERQUÍA				
ANTIOQUIA	SAN CARLOS	6053	hasta 2500 suscriptores	unidad de servicios públicos domiciliarios del municipio de san Carlos aguas y aseo del tabor	si
ANTIOQUIA	SAN FRANCISCO	2427	hasta 2500 suscriptores	unidad municipal de servicios públicos domiciliarios de san franciso-antioquia	si
ANTIOQUIA	SAN JERÓNIMO	3979			
ANTIOQUIA	SAN JOSÉ DE LA MONTAÑA	2168			
ANTIOQUIA	SAN JUAN DE URABÁ	7742	más de 2500 suscriptores	aguas de Urabá s.a e.s.p	
ANTIOQUIA	SAN LUIS	4692	hasta 2500 suscriptores	unidad municipal de servicios públicos domiciliarios de san Luis, Antioquia	si
ANTIOQUIA	SAN PEDRO	13474	más de 2500 suscriptores	Acueductos y alcantarillados sostenibles a.a.s. s.a. e.s.p.	si
ANTIOQUIA	SAN PEDRO DE URABÁ	13648	más de 2500 suscriptores	sistemas públicos s.a. e.s.p.	si
ANTIOQUIA	SAN RAFAEL	6279			
ANTIOQUIA	SAN ROQUE	6250			
ANTIOQUIA	SAN VICENTE	7331			
ANTIOQUIA	SANTA BÁRBARA	10382	más de 2500 suscriptores	Operadores de servicios s.a. e.s.p.	
ANTIOQUIA	SANTA ROSA DE OSOS	17902	más de 2500 suscriptores	Acueductos y alcantarillados sostenibles a.a.s. s.a. e.s.p.	si
ANTIOQUIA	SANTO DOMINGO	2026			
ANTIOQUIA	EL SANTUARIO	22473	más de 2500 suscriptores	empresas públicas del municipio de el santuario e.s.p.	si
ANTIOQUIA	SEGOVIA	31183			
ANTIOQUIA	SONSON	15221			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
ANTIOQUIA	SOPETRÁN	6757			
ANTIOQUIA	TÁMESIS	6492	hasta 2500 suscriptores	sección de servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo del municipio de Támesis	si
ANTIOQUIA	TARAZÁ	24702			
ANTIOQUIA	TARSO	3675	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios públicos de tarso s.a. e.s.p.	si
ANTIOQUIA	TITIRIBÍ	7849			
ANTIOQUIA	TOLEDO	1062			
ANTIOQUIA	TURBO	60042	más de 2500 suscriptores	aguas de Urabá s.a e.s.p	
ANTIOQUIA	URAMITA	2564			
ANTIOQUIA	URRAO	16922			
ANTIOQUIA	VALDIVIA	6201			
ANTIOQUIA	VALPARAÍSO	3370	más de 2500 suscriptores	Operadores de servicios s.a. e.s.p.	
ANTIOQUIA	VEGACHÍ	5841			
ANTIOQUIA	VENECIA	6734	más de 2500 suscriptores	Acueductos y alcantarillados sostenibles a.a.s. s.a. e.s.p.	si
ANTIOQUIA	VIGÍA DEL FUERTE	2088			
ANTIOQUIA	YALÍ	3126	hasta 2500 suscriptores	empresas públicas de vegachi s.a. e.s.p.	si
ANTIOQUIA	YARUMAL	29743			
ANTIOQUIA	YOLOMBÓ	6993			
ANTIOQUIA	YONDÓ	8949	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo de Yondó e.s.p.	
ANTIOQUIA	ZARAGOZA	13685			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
ANTIOQUIA	SANTAFÉ DE ANTIOQUIA	14482	más de 2500 suscriptores	Conhydra s.a. e.s.p.	si
ATLÁNTICO	BARRANQUILLA	1203066	más de 2500 suscriptores	sociedad de acueducto, alcantarillado y aseo de barranquilla s.a. e.s.p.	si
ATLÁNTICO	BARANOA	47489	más de 2500 suscriptores	aaa atlántico s.a. e.s.p.	en construcción
ATLÁNTICO	CAMPO DE LA CRUZ	14539	hasta 2500 suscriptores	municipio de campo de la cruz	
ATLÁNTICO	CANDELARIA	9472			
ATLÁNTICO	GALAPA	36584	mas de 2500 suscriptores	sociedad de acueducto, alcantarillado y aseo de barranquilla s.a. e.s.p.	si
ATLÁNTICO	JUAN DE ACOSTA	10916			
ATLÁNTICO	LURUACO	12983			
ATLÁNTICO	MALAMBO	110490	mas de 2500 suscriptores	aguas de malambo s.a. e.s.p.	
ATLÁNTICO	MANATÍ	13840			
ATLÁNTICO	PALMAR DE VARELA	24369	hasta 2500 suscriptores	municipio de palmar de varela	no
ATLÁNTICO	PIOJÓ	2454			
ATLÁNTICO	POLONUEVO	12320			
ATLÁNTICO	PONEDERA	10978			
ATLÁNTICO	PUERTO COLOMBIA	22225	mas de 2500 suscriptores	sociedad de acueducto, alcantarillado y aseo de barranquilla s.a. e.s.p.	si
ATLÁNTICO	REPELÓN	17224			
ATLÁNTICO	SABANAGRANDE	29330	mas de 2500 suscriptores	aaa atlantico s.a. e.s.p.	si
ATLÁNTICO	SABANALARGA	77968	mas de 2500 suscriptores	aaa atlantico s.a. e.s.p.	si
ATLÁNTICO	SANTA LUCÍA	11019	hasta 2500	empresa industrial y comercial de	

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
			suscriptores	servicios públicos de santa lucia e.s.p	
ATLÁNTICO	SANTO TOMÁS	24149	mas de 2500 suscriptores	aaa atlántico s.a. e.s.p.	
ATLÁNTICO	SOLEDAD	581971			
ATLÁNTICO	SUAN	8620	hasta 2500 suscriptores	empresa de acueducto del municipio de suan e.s.p.	
ATLÁNTICO	TUBARÁ	6472			
ATLÁNTICO	USIACURÍ	8315			
BOGOTÁ, D.C.	BOGOTÁ, D.C.	7658081	mas de 2500 suscriptores	empresa de acueducto y alcantarillado de bogotá e.s.p	
BOLÍVAR	CARTAGENA	935524			
BOLÍVAR	ACHÍ	3936			
BOLÍVAR	ALTOS DEL ROSARIO	7518			
BOLÍVAR	ARENAL	4905			
BOLÍVAR	ARJONA	54917			
BOLÍVAR	ARROYOHONDO	6356			
BOLÍVAR	BARRANCO DE LOBA	5889	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de acueducto de barranco de loba-bolivar	
BOLÍVAR	CALAMAR	12749			
BOLÍVAR	CANTAGALLO	4125	hasta 2500 suscriptores	alcaldia de cantagallo	
BOLÍVAR	CICUCO	7400			
BOLÍVAR	CÓRDOBA	3155			
BOLÍVAR	CLEMENCIA	10170			
BOLÍVAR	EL CARMEN DE BOLÍVAR	57528	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado de el carmen de bolívar s.a.	

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
				e.s.p.	
BOLÍVAR	EL GUAMO	4330			
BOLÍVAR	EL PEÑÓN	3655			
BOLÍVAR	HATILLO DE LOBA	3344			
BOLÍVAR	MAGANGUÉ	84985			
BOLÍVAR	MAHATES	9584			
BOLÍVAR	MARGARITA	1713	hasta 2500 suscriptores	administradora publica cooperativa de acueducto, alcantarillado y aseo de margarita	
BOLÍVAR	MARÍA LA BAJA	20456			
BOLÍVAR	MONTECRISTO	10247			
BOLÍVAR	MOMPÓS	25096			
BOLÍVAR	MORALES	5640	hasta 2500 suscriptores	empresa municipal de servicios publicos de morales	
BOLÍVAR	NOROSÍ (1)	1881			
BOLÍVAR	PINILLOS	2621	hasta 2500 suscriptores	empresa de acueducto y alcantarillado de pinillos	
BOLÍVAR	REGIDOR	4135			
BOLÍVAR	RÍO VIEJO (1)(3)	8693	hasta 2500 suscriptores	municipio de rioviejo	
BOLÍVAR	SAN CRISTÓBAL	5470			
BOLÍVAR	SAN ESTANISLAO	11745			
BOLÍVAR	SAN FERNANDO	2889			
BOLÍVAR	SAN JACINTO	20540			
BOLÍVAR	SAN JACINTO DEL CAUCA	3536			
BOLÍVAR	SAN JUAN	25931			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
	NEPOMUCENO				
BOLÍVAR	SAN MARTÍN DE LOBA	7043	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de san martin deloba e.s.p.	
BOLÍVAR	SAN PABLO	27730			
BOLÍVAR	SANTA CATALINA	4655			
BOLÍVAR	SANTA ROSA	14007			
BOLÍVAR	SANTA ROSA DEL SUR	20696			
BOLÍVAR	SIMITÍ	9152			
BOLÍVAR	SOPLAVIENTO	8189			
BOLÍVAR	TALAIQUA NUEVO	5258	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos domiciliarios de talaigua nuevo bolivar	
BOLÍVAR	TIQUISIO	5679			
BOLÍVAR	TURBACO	64929	hasta 2500 suscriptores	aguas y aseo de colombia s.a esp	
BOLÍVAR	TURBANÁ	13445	hasta 2500 suscriptores	municipio de turbana	
BOLÍVAR	VILLANUEVA	17729			
BOLÍVAR	ZAMBRANO	10407			
BOYACÁ	TUNJA	173655			
BOYACÁ	ALMEIDA	280	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de almeida	
BOYACÁ	AQUITANIA	6267	hasta 2500 suscriptores	unidad de servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo de aquitania	
BOYACÁ	ARCABUCO	1935	hasta 2500 suscriptores	aguas de arcabuco sa esp	
BOYACÁ	BELÉN	3949			
BOYACÁ	BERBEO	510			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
BOYACÁ	BETÉITIVA	393			
BOYACÁ	BOAVITA	2922			
BOYACÁ	BOYACÁ	408			
BOYACÁ	BRICEÑO	546			
BOYACÁ	BUENAVISTA	820	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios públicos de buenavista s.a e.s.p.	no
BOYACÁ	BUSBANZÁ	411			
BOYACÁ	CALDAS	249			
BOYACÁ	CAMPOHERMOSO	948			
BOYACÁ	CERINZA	1550			
BOYACÁ	CHINAVITA	1215	hasta 2500 suscriptores	empresa solidaria de servicios publicos de chinavita	
BOYACÁ	CHIQUINQUIRÁ	54358			
BOYACÁ	CHISCAS	936			
BOYACÁ	CHITA	2007			
BOYACÁ	CHITARAQUE	1130	hasta 2500 suscriptores	aguas de chitaraque s.a. e.s.p	
BOYACÁ	CHIVATÁ	2377			
BOYACÁ	CIÉNEGA	1331	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos domiciliarios de la provincia de marquez - servimarquez sa esp	
BOYACÁ	CÓMBITA	1055	hasta 2500 suscriptores	unidad de servicios publicos del municipio de combita	
BOYACÁ	COPER	758			
BOYACÁ	CORRALES	1561			
BOYACÁ	COVARACHÍA	514			
BOYACÁ	CUBARÁ	1961			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
BOYACÁ	CUCAITA	1854	hasta 2500 suscriptores	administración pública cooperativa entidad prestadora de servicios públicos de acueducto alcantarillado y aseo	
BOYACÁ	CUÍTIVA	218			
BOYACÁ	CHÍQUIZA	97			
BOYACÁ	CHIVOR	478	hasta 2500 suscriptores	oficina de sevicios publicos domiciliarios de chivor	
BOYACÁ	DUITAMA	101210			
BOYACÁ	EL COCUY	2755			
BOYACÁ	EL ESPINO	1283	hasta 2500 suscriptores	unidad de servicios publicos domiciliarios del municipio de el espino-boyaca	no
BOYACÁ	FIRAVITOBA	2127			
BOYACÁ	FLORESTA	1764			
BOYACÁ	GACHANTIVÁ	371			
BOYACÁ	GAMEZA	1573			
BOYACÁ	GARAGOA	13438			
BOYACÁ	GUACAMAYAS	516			
BOYACÁ	GUATEQUE	7177	hasta 2500 suscriptores	dependencia empresa de servicios publicos de guateque	
BOYACÁ	GUAYATÁ	1315			
BOYACÁ	GÜICÁN	1708			
BOYACÁ	IZA	1003			
BOYACÁ	JENESANO	1933			
BOYACÁ	JERICÓ	640			
BOYACÁ	LABRANZAGRANDE	1147			
BOYACÁ	LA CAPILLA	986			
BOYACÁ	LA VICTORIA	832			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
BOYACÁ	LA UVITA	1062			
BOYACÁ	VILLA DE LEYVA	9262			
BOYACÁ	MACANAL	1083	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de macanal manantial sa esp	
BOYACÁ	MARIPÍ	963			
BOYACÁ	MIRAFLORES	5473	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos domiciliarios de la provincia de lengupa servilengupa s.a. e.s.p.	
BOYACÁ	MONGUA	1658			
BOYACÁ	MONGUÍ	2794			
BOYACÁ	MONIQUIRÁ	10440			
BOYACÁ	MOTAVITA	833	hasta 2500 suscriptores	empresa solidaria de servicios publicos del municipio de motavita	
BOYACÁ	MUZO	5383			
BOYACÁ	NOBSA	6203	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios de nobsa s.a. e.s.p	
BOYACÁ	NUEVO COLÓN	1256	hasta 2500 suscriptores	unidad de servicios publicos para administrar los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en el sector urbano del municipio de nuevo colon	
BOYACÁ	OICATÁ	297	hasta 2500 suscriptores	unidad administradora de servicios publicos de acueducto, alcantarillado y aseo en el municipio de oicata	
BOYACÁ	OTANCHE	4141	hasta 2500 suscriptores	empresa de acueducto alcantarillado aseo y servicios complementarios de otanche sas aguas de otanche sas esp	si
BOYACÁ	PACHAVITA	408			
BOYACÁ	PÁEZ	1168			
BOYACÁ	PAIPA	18291	mas de 2500	red vital paipa s.a. e.s.p	si

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
			suscriptores		
BOYACÁ	PAJARITO	762	hasta 2500 suscriptores	unidad de los servicios publicos de pajarito-boyaca	
BOYACÁ	PANQUEBA	615			
BOYACÁ	PAUNA	2619	hasta 2500 suscriptores	junta municipal de servicios publicos del municipio de pauna	si
BOYACÁ	PAYA	567	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de paya	
BOYACÁ	PAZ DE RÍO	2951			
BOYACÁ	PESCA	2053			
BOYACÁ	PISBA	385	hasta 2500 suscriptores	unidad de servicios publicos domiciliarios de pisva	
BOYACÁ	PUERTO BOYACÁ	37060	mas de 2500 suscriptores	empresas publicas de puerto boyaca e.s.p.	
BOYACÁ	QUÍPAMA	1612			
BOYACÁ	RAMIRIQUÍ	5001			
BOYACÁ	RÁQUIRA	3251			
BOYACÁ	RONDÓN	540			
BOYACÁ	SABOYÁ	787	hasta 2500 suscriptores	aguas con futuro s.a. e.s.p.	si
BOYACÁ	SÁCHICA	1843			
BOYACÁ	SAMACÁ	5721			
BOYACÁ	SAN EDUARDO	818			
BOYACÁ	SAN JOSÉ DE PARE	1061			
BOYACÁ	SAN LUIS DE GACENO	1861			
BOYACÁ	SAN MATEO	1478			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
BOYACÁ	SAN MIGUEL DE SEMA	487	hasta 2500 suscriptores	administracion publica cooperativa empresa solidaria de servicios publicos del municipio de san miguel de sema	si
BOYACÁ	SAN PABLO DE BORBUR	1315			
BOYACÁ	SANTANA	2333			
BOYACÁ	SANTA MARÍA	2338			
BOYACÁ	SANTA ROSA DE VITERBO	7143			
BOYACÁ	SANTA SOFÍA	736			
BOYACÁ	SATIVANORTE	539	hasta 2500 suscriptores	junta municipal de servicios publicos del municipio de sativanorte	
BOYACÁ	SATIVASUR	275			
BOYACÁ	SIACHOQUE	1548	hasta 2500 suscriptores	unidad de servicios publicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo	
BOYACÁ	SOATÁ	5325			
BOYACÁ	SOCOTÁ	1065			
BOYACÁ	SOCHA	3805			
BOYACÁ	SOGAMOSO	98528			
BOYACÁ	SOMONDOCO	794			
BOYACÁ	SORA	494			
BOYACÁ	SOTAQUIRÁ	718	hasta 2500 suscriptores	administracion publica cooperativa solidaria de servicios publicos del municipio de sotaquirá	en construcción
BOYACÁ	SORACÁ	751			
BOYACÁ	SUSACÓN	963			
BOYACÁ	SUTAMARCHÁN	1343	hasta 2500 suscriptores	unidad administradora de servicios publicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo del municipio de	

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
				sutamarchan	
BOYACÁ	SUTATENZA	765			
BOYACÁ	TASCO	1896			
BOYACÁ	TENZA	1226	hasta 2500 suscriptores	empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de tenza s.a esp	
BOYACÁ	TIBANÁ	1596			
BOYACÁ	TIBASOSA	4677			
BOYACÁ	TINJACÁ	449			
BOYACÁ	TIPACOQUE	888	hasta 2500 suscriptores	unidad de servicios públicos domiciliarios del municipio de tipacoque	
BOYACÁ	TOCA	3605			
BOYACÁ	TOGÜÍ	755	hasta 2500 suscriptores	unidad prestadora de los servicios publicos domiciliarios de acueducto alcantarillado y aseo del municipio de togui	
BOYACÁ	TÓPAGA	1385			
BOYACÁ	TOTA	570			
BOYACÁ	TUNUNGUÁ	364	hasta 2500 suscriptores	unidad municipal de servicios publicos domiciliarios de tunungua	no
BOYACÁ	TURMEQUÉ	2558			
BOYACÁ	TUTA	2582			
BOYACÁ	TUTAZÁ	195			
BOYACÁ	UMBITA	1809	hasta 2500 suscriptores	unidad administrativa de servicios publicos de agua potable, alcantarillado y aseo de úmbita	
BOYACÁ	VENTAQUEMADA	2329			
BOYACÁ	VIRACACHÁ	375			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
BOYACÁ	ZETAQUIRA	1061			
BOYACA	VILLA DE LEYVA	8938	hasta 2500 suscriptores	empresa municipal de servicios publicos de villa de leyva e.s.p.	
CALDAS	MANIZALES	365849			
CALDAS	AGUADAS	11286			
CALDAS	ANSERMA	21174			
CALDAS	ARANZAZU	6626			
CALDAS	BELALCÁZAR	5030			
CALDAS	CHINCHINÁ	45739			
CALDAS	FILADELFIA	4161			
CALDAS	LA DORADA	68621			
CALDAS	LA MERCED	2214			
CALDAS	MANZANARES	9833			
CALDAS	MARMATO	1108			
CALDAS	MARQUETALIA	6299			
CALDAS	MARULANDA	1243			
CALDAS	NEIRA	15765			
CALDAS	NORCASIA	4287	hasta 2500 suscriptores	empresa aguas de la miel e.s.p.	
CALDAS	PÁCORA	5838			
CALDAS	PALESTINA	6619			
CALDAS	PENSILVANIA	8328			
CALDAS	RIOSUCIO	18312			
CALDAS	RISARALDA	4514			
CALDAS	SALAMINA	10280			
CALDAS	SAMANÁ	5107			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
CALDAS	SAN JOSÉ	1785			
CALDAS	SUPIÁ	12731			
CALDAS	VICTORIA	3665	mas de 2500 suscriptores	empresa de obras sanitarias de caldas s. a. empresa de servicios publicos	si
CALDAS	VILLAMARÍA	44395			
CALDAS	VITERBO	10331			
CAQUETÁ	FLORENCIA	144849	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios de florencia s.a. e.s.p.	
CAQUETÁ	ALBANIA	2441			
CAQUETÁ	BELÉN DE LOS ANDAQUIES	6350			
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	11646	hasta 2500 suscriptores	empresa municipal de servicios publicos de cartagena del chaira	
CAQUETÁ	CURILLO	6212			
CAQUETÁ	EL DONCELLO	14255	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de el doncello - caqueta	si
CAQUETÁ	EL PAUJIL	10171	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos domiciliarios de el paujil s.a. esp	
CAQUETÁ	LA MONTAÑITA	4774			
CAQUETÁ	MILÁN	1792			
CAQUETÁ	MORELIA	1838			
CAQUETÁ	PUERTO RICO	13959			
CAQUETÁ	SAN JOSÉ DEL FRAGUA	5862			
CAQUETÁ	SAN VICENTE DEL CAGUÁN	39592			
CAQUETÁ	SOLANO	1933			
CAQUETÁ	SOLITA	3930			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
CAQUETÁ	VALPARAÍSO	3767			
CAUCA	POPAYÁN	242641			
CAUCA	ALMAGUER	1618			
CAUCA	ARGELIA	3799			
CAUCA	BALBOA	7253			
CAUCA	BOLÍVAR	5278			
CAUCA	BUENOS AIRES	2343	hasta 2500 suscriptores	asociacion de usuarios de acueducto y alcantarillado de buenos aires brisas del cerro	
CAUCA	CAJIBÍO	1695	hasta 2500 suscriptores	administracion publica cooperativa de cajibio	
CAUCA	CALDONO	1432	hasta 2500 suscriptores	municipio de caldono	
CAUCA	CALOTO(1)(3)	4516	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de caloto acuapaez s.a. e.s.p.	
CAUCA	CORINTO	12736	mas de 2500 suscriptores	empresa de acueducto y alcantarillado de corinto cauca e.s.p.	
CAUCA	EL TAMBO	6621	hasta 2500 suscriptores	empresa de sevicios publicos de acueducto, alcantarillado y aseo - emtambo e.s.p.	
CAUCA	FLORENCIA	1372			
CAUCA	GUACHENÉ (1)	4993	hasta 2500 suscriptores	municipio de guachene	
CAUCA	GUAPI	17897			
CAUCA	INZÁ	2236	hasta 2500 suscriptores	administración pública cooperativa de acueducto, alcantarillado y aseo de inzá, cauca	
CAUCA	JAMBALÓ	1167	hasta 2500 suscriptores	administracion publica cooperativa de acueducto alcantarillado y aseo del municipio de jambalo cauca	

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
CAUCA	LA SIERRA	1492	hasta 2500 suscriptores	administracion publica cooperativa de acueducto, alcantarillado y aseo de la sierra	
CAUCA	LA VEGA	3126			
CAUCA	LÓPEZ	5396			
CAUCA	MERCADERES	4990			
CAUCA	MIRANDA	27039	mas de 2500 suscriptores	empresa municipal de servicios publicos domiciliarios industrial y comercial del estado de miranda cauca	
CAUCA	MORALES	1569	mas de 2500 suscriptores	administracion cooperativa del acueducto piendamorales e.s.p.	
CAUCA	PADILLA	4095	hasta 2500 suscriptores	empresa de acueducto y alcantarillado de padilla cauca e.s.p.	
CAUCA	PAEZ	2710			
CAUCA	PATÍA	13079	mas de 2500 suscriptores	empresa municipal de acueducto alcantarillado y aseo de patia	
CAUCA	PIAMONTE	609	mas de 2500 suscriptores	empresa municipal de servicios publicos de piendamora e.s.p.	
CAUCA	PIENDAMÓ	14236			
CAUCA	PUERTO TEJADA	40033			
CAUCA	PURACÉ	1717	hasta 2500 suscriptores	asociacion de usuarios de los servicios publicos de agua potable alcantarillado y aseo de la zona urbana del corregimiento purace	
CAUCA	ROSAS	1665			
CAUCA	SAN SEBASTIÁN	1218			
CAUCA	SANTANDER DE QUILICHAO	50297	hasta 2500 suscriptores	aguas del paraiso sa esp	
CAUCA	SANTA ROSA	1843			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
CAUCA	SILVIA	4240	hasta 2500 suscriptores	empresa de acueducto y alcantarillado de silvia esp	
CAUCA	SOTARA	361			
CAUCA	SUÁREZ	3465	hasta 2500 suscriptores	empresa municipal de servicios publicos de suarez e.s.p.	
CAUCA	SUCRE	1462	hasta 2500 suscriptores	acueducto alcantarillado y aseo de sucre s.a. e.s.p.	
CAUCA	TIMBÍO	12822			
CAUCA	TIMBIQUÍ	4060			
CAUCA	TORIBIO	1754	hasta 2500 suscriptores	asociacion de usuarios de acueducto y alacantarillado municipio de toribio	
CAUCA	TOTORÓ	1786	hasta 2500 suscriptores	municipio de totoro	
CAUCA	VILLA RICA	12191	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos emvillarrica e.s.p.	
CESAR	VALLEDUPAR	368628			
CESAR	AGUACHICA	78842	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de acueducto, alcantarillado y aseo de aguachica e.s.p.	si
CESAR	AGUSTÍN CODAZZI	38789	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de agustin codazzi e.s.p.	si
CESAR	ASTREA	9774	hasta 2500 suscriptores	alcaldia municipal de astrea	no
CESAR	BECERRIL	10268	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de becerril - embecerril e.s.p.	si
CESAR	BOSCONIA	32712	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de bosconia e.s.p.	si
CESAR	CHIMICHAGUA	11678	hasta 2500 suscriptores	empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de chimichagua e. s. p.	
CESAR	CHIRIGUANÁ	14448	hasta 2500	municipio de chiriguana	si

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
			suscriptores		
CESAR	CURUMANÍ	19000	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de acueducto, alcantarillado y aseo del municipio de curumani e.s.p.	si
CESAR	EL COPEY	20150	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de el copey e.s.p.	no
CESAR	EL PASO	3941	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de el paso	
CESAR	GAMARRA	9079	hasta 2500 suscriptores	empresa de obras sanitarias acueducto y alcantarillado de gamarra-cesar	no
CESAR	GONZÁLEZ	1340	hasta 2500 suscriptores	unidad de servicios publicos de gonzalez	si
CESAR	LA GLORIA	6212	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de la gloria cesar	si
CESAR	LA JAGUA DE IBIRICO	18781	hasta 2500 suscriptores	alcaldia municipal de la jagua de ibirico	si
CESAR	MANAURE	8903	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de manaure e.s.p.	no
CESAR	PAILITAS	13031	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de acueducto, alcantarillado y aseo del municipio de pailitas e.s.p.	si
CESAR	PELAYA	11810	hasta 2500 suscriptores	empresa solidaria de pelaya emsopel e.s.p.	si
CESAR	PUEBLO BELLO	5164	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos - e.s.p. de pueblo bello	si
CESAR	RÍO DE ORO	6084	hasta 2500 suscriptores	administracion publica cooperada empresa comunitaria de acueducto de rio de oro	no
CESAR	LA PAZ	14617	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de la paz	si

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
CESAR	SAN ALBERTO	17462	mas de 2500 suscriptores	empresa de acueducto alcantarillado y aseo de san alberto emposanal s.a. e.s.p.	si
CESAR	SAN DIEGO	7506	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de sandiego e.s.p.	si
CESAR	SAN MARTÍN	8781			
CESAR	TAMALAMEQUE	5526	hasta 2500 suscriptores	municipio de tamalameque	si
CÓRDOBA	MONTERÍA	330313			
CÓRDOBA	AYAPEL	25273			
CÓRDOBA	BUENAVISTA	8004	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de buenavista cordoba e.s.p	
CÓRDOBA	CANALETE	4009	hasta 2500 suscriptores	empresas publicas minicipales de canalete	
CÓRDOBA	CERETÉ	51556			
CÓRDOBA	CHIMÁ	3094	mas de 2500 suscriptores	aguas del sinu s.a e.s.p	
CÓRDOBA	CHINÚ	23425	mas de 2500 suscriptores	aguas de la sabana s.a. e.s.p.	no
CÓRDOBA	CIÉNAGA DE ORO	24601	mas de 2500 suscriptores	uniaguas s.a. e.s.p.	no
CÓRDOBA	COTORRA	3913			
CÓRDOBA	LA APARTADA	12438	hasta 2500 suscriptores	administracion cooperativa de servicios publicos domiciliarios del municipio de la apartada	
CÓRDOBA	LORICA	52698	mas de 2500 suscriptores	aguas del sinu s.a e.s.p	si
CÓRDOBA	LOS CÓRDOBAS	4319			
CÓRDOBA	MOMIL	9331	mas de 2500 suscriptores	aguas del sinu s.a e.s.p	

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
CÓRDOBA	MONTELÍBANO(1)(3)	61022	mas de 2500 suscriptores	jaguazul s.a e.s.p	no
CÓRDOBA	MOÑITOS	6525			
CÓRDOBA	PLANETA RICA	41639	mas de 2500 suscriptores	operadora de servicios publicos s.a. empresa de servicios publicos	no
CÓRDOBA	PUEBLO NUEVO	14256	hasta 2500 suscriptores	administracion publica cooperativa de servicios publicos de agua y saneamiento basico de pueblo nuevo	
CÓRDOBA	PUERTO ESCONDIDO	4549			
CÓRDOBA	PUERTO LIBERTADOR	18181	hasta 2500 suscriptores	administracion cooperativa de servicios publicos de acueducto, alcantarillado, aseo y a fines de puerto libertador	
CÓRDOBA	PURÍSIMA	6360	mas de 2500 suscriptores	aguas del sinu s.a e.s.p	
CÓRDOBA	SAHAGÚN	47671	mas de 2500 suscriptores	uniaguas s.a. e.s.p.	si
CÓRDOBA	SAN ANDRÉS SOTAVENTO (1)(3)	11728	mas de 2500 suscriptores	aguas del sinu s.a e.s.p	
CÓRDOBA	SAN ANTERO	16842	mas de 2500 suscriptores	aguas del sinu s.a e.s.p	
CÓRDOBA	SAN BERNARDO DEL VIENTO	8987	hasta 2500 suscriptores	administracion pública cooperativa de servicios públicos domiciliarios de san bernardo del viento	si
CÓRDOBA	SAN CARLOS	5463	mas de 2500 suscriptores	uniaguas s.a. e.s.p.	
CÓRDOBA	SAN JOSÉ DE URÉ(1)	5226			
CÓRDOBA	SAN PELAYO	7967	mas de 2500 suscriptores	empresas publicas municipales de san pelayo	

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
CÓRDOBA	TIERRALTA	41489	mas de 2500 suscriptores	empresas publicas municipales de tierralta e.s.p	no
CÓRDOBA	TUCHÍN (1)	5571			
CÓRDOBA	VALENCIA	14898	mas de 2500 suscriptores	empresas varias municipales de valencia cordoba e.s.p.	no
CUNDINAMARCA	AGUA DE DIOS	8600	hasta 2500 suscriptores	alcaldia municipal de agua de dios	no
CUNDINAMARCA	ALBÁN	1609			si
CUNDINAMARCA	ANAPOIMA	5525	mas de 2500 suscriptores	conhydra s.a. e.s.p.	si
CUNDINAMARCA	ANOLAIMA	3749			
CUNDINAMARCA	ARBELÁEZ	5154	hasta 2500 suscriptores	junta de servicios publicos de arbelaez	no
CUNDINAMARCA	BELTRÁN	416			
CUNDINAMARCA	BITUIMA	443			
CUNDINAMARCA	BOJACÁ	8746	mas de 2500 suscriptores	conhydra s.a. e.s.p.	si
CUNDINAMARCA	CABRERA	1048			
CUNDINAMARCA	CACHIPAY	3165	hasta 2500 suscriptores	oficina de servicios publicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo del municipio de cachipay	si
CUNDINAMARCA	CAJICÁ	34012	mas de 2500 suscriptores	conhydra s.a. e.s.p.	si
CUNDINAMARCA	CAPARRAPÍ	2679			si
CUNDINAMARCA	CAQUEZA	7114			
CUNDINAMARCA	CARMEN DE CARUPA	2214			
CUNDINAMARCA	CHAGUANÍ	757			
CUNDINAMARCA	CHÍA	94209	mas de 2500	conhydra s.a. e.s.p.	si

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
			suscriptores		
CUNDINAMARCA	CHIPAQUE	2506			
CUNDINAMARCA	CHOACHÍ	3596	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de acueducto, alcantarillado y aseo del municipio de choachi	
CUNDINAMARCA	CHOCONTÁ	12124	mas de 2500 suscriptores	conhydra s.a. e.s.p.	si
CUNDINAMARCA	COGUA	6634	mas de 2500 suscriptores	conhydra s.a. e.s.p.	si
CUNDINAMARCA	COTA	13666	mas de 2500 suscriptores	emsercota s.a. e.s.p.	no
CUNDINAMARCA	CUCUNUBÁ	1336	hasta 2500 suscriptores	oficina de servicios publicos de acueducto, alcantarillado y aseo del municipio de cucunuba	no
CUNDINAMARCA	EL COLEGIO	8216			
CUNDINAMARCA	EL PEÑÓN	445	hasta 2500 suscriptores	oficina servicios publicos el peñon - cundinamarca	
CUNDINAMARCA	EL ROSAL	11729	mas de 2500 suscriptores	conhydra s.a. e.s.p.	si
CUNDINAMARCA	FACATATIVÁ	114616	mas de 2500 suscriptores	conhydra s.a. e.s.p.	si
CUNDINAMARCA	FOMEQUE	4676	hasta 2500 suscriptores	secretaria de servicios publicos domiciliarios de fomeque	no
CUNDINAMARCA	FOSCA	1830			
CUNDINAMARCA	FUNZA	67941	mas de 2500 suscriptores	conhydra s.a. e.s.p.	si
CUNDINAMARCA	FÚQUENE	257			
CUNDINAMARCA	FUSAGASUGÁ	103727			
CUNDINAMARCA	GACHALA	2011	hasta 2500 suscriptores	oficina de servicios publicos de gachala	no

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
CUNDINAMARCA	GACHANCIPÁ	7867	mas de 2500 suscriptores	conhydra s.a. e.s.p.	si
CUNDINAMARCA	GACHETÁ	3592			
CUNDINAMARCA	GAMA	805	hasta 2500 suscriptores	municipio de gama	si
CUNDINAMARCA	GIRARDOT	100364			
CUNDINAMARCA	GRANADA	1951	hasta 2500 suscriptores	alcaldia municipal de granada cundinamarca	si
CUNDINAMARCA	GUACHETÁ	3739			
CUNDINAMARCA	GUADUAS	18556			
CUNDINAMARCA	GUASCA	4977			
CUNDINAMARCA	GUATAQUÍ	1348			
CUNDINAMARCA	GUATAVITA	1926	mas de 2500 suscriptores	conhydra s.a. e.s.p.	si
CUNDINAMARCA	GUAYABAL DE SIQUIMA	862	hasta 2500 suscriptores	junta de servicios publicos de guayabal de siquima	
CUNDINAMARCA	GUAYABETAL	1467	hasta 2500 suscriptores	junta municipal de servicios publicos del municipio de guayabetal	si
CUNDINAMARCA	GUTIÉRREZ	1072			
CUNDINAMARCA	JERUSALÉN	589	hasta 2500 suscriptores	municipio de jerusalen	si
CUNDINAMARCA	JUNÍN	972			
CUNDINAMARCA	LA CALERA	11428	mas de 2500 suscriptores	conhydra s.a. e.s.p. aguas de los andes s.a. e.s.p.	si si
CUNDINAMARCA	LA MESA	16882	mas de 2500 suscriptores	empresa regional de aguas del tequendama s.a. e.s.p.	si
CUNDINAMARCA	LA PALMA	4032			
CUNDINAMARCA	LA PEÑA	994	hasta 2500 suscriptores	junta de servicios publicos del municipio de la peña	

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
CUNDINAMARCA	LA VEGA	5153	hasta 2500 suscriptores	empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de la vega esp	si
CUNDINAMARCA	LENGUAZAQUE	2249	hasta 2500 suscriptores	oficina de servicios publicos del municipio de lenguazaque	no
CUNDINAMARCA	MACHETA	1498	hasta 2500 suscriptores	oficina de servicios publicos domiciliarios del municipio de macheta	si
CUNDINAMARCA	MADRID	64817	mas de 2500 suscriptores	conhydra s.a. e.s.p.	si
CUNDINAMARCA	MANTA	1257	hasta 2500 suscriptores	oficina de servicios públicos de agua potable, alcantarillado y aseo del municipio de manta	si
CUNDINAMARCA	MEDINA	3817	hasta 2500 suscriptores	oficina de servicios publicos del municipio de medina	no
CUNDINAMARCA	MOSQUERA	75230	mas de 2500 suscriptores	conhydra s.a. e.s.p.	si
CUNDINAMARCA	NARIÑO	1430	hasta 2500 suscriptores	fondo de servicios publicos del municipio de nariño	
CUNDINAMARCA	NEMOCÓN	5548	mas de 2500 suscriptores	conhydra s.a. e.s.p.	si
CUNDINAMARCA	NILO	4388	mas de 2500 suscriptores	conhydra s.a. e.s.p.	si
CUNDINAMARCA	NIMAIMA	2735	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios del gualiva s.a.s. e.s.p.	no
CUNDINAMARCA	NOCAIMA	1821			
CUNDINAMARCA	VENECIA	1063			
CUNDINAMARCA	PACHO	14992			
CUNDINAMARCA	PAIME	481			
CUNDINAMARCA	PANDI	1056			
CUNDINAMARCA	PARATEBUENO	2329	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos domiciliarios de paratebueno e.s.p.	

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
CUNDINAMARCA	PASCA	2789	hasta 2500 suscriptores	junta administradora de servicios publicos-municipio de pasca	si
CUNDINAMARCA	PUERTO SALGAR	13506			
CUNDINAMARCA	PULÍ	649	hasta 2500 suscriptores	servipuli s.a. e.s.p.	
CUNDINAMARCA	QUEBRADANEGR A	382			
CUNDINAMARCA	QUETAME	1565	hasta 2500 suscriptores	oficina de servicios publicos quetame cundinamarca	si
CUNDINAMARCA	QUIPILE	678			
CUNDINAMARCA	APULO	3151			
CUNDINAMARCA	RICAUORTE	4230	hasta 2500 suscriptores	alcaldia de ricaurte cundinamarca	no
CUNDINAMARCA	SAN ANTONIO DEL TEQUENDAMA	992	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de san antonio del tequendama - progresar sa. esp	
CUNDINAMARCA	SAN BERNARDO	4057			
CUNDINAMARCA	SAN CAYETANO	724	hasta 2500 suscriptores	unidad de servicios públicos del municipio de san cayetano	
CUNDINAMARCA	SAN FRANCISCO	3281			
CUNDINAMARCA	SAN JUAN DE RÍO SECO	2907			
CUNDINAMARCA	SASAIMA	2390			
CUNDINAMARCA	SESQUILÉ	3226	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de sesquile cundinamarca sa esp	no
CUNDINAMARCA	SIBATÉ	24942			no
CUNDINAMARCA	SILVANIA	6176			
CUNDINAMARCA	SIMIJACA	6992			
CUNDINAMARCA	SOACHA	483172			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
CUNDINAMARCA	SOPÓ	16302	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de sopo	si
CUNDINAMARCA	SUBACHOQUE	5834	mas de 2500 suscriptores	conhydra s.a. e.s.p.	si
CUNDINAMARCA	SUESCA	8171	mas de 2500 suscriptores	conhydra s.a. e.s.p.	si
CUNDINAMARCA	SUPATÁ	1475	hasta 2500 suscriptores	oficina de servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo de supata	
CUNDINAMARCA	SUSA	5995			
CUNDINAMARCA	SUTATAUSA	1671			
CUNDINAMARCA	TABIO	12426	mas de 2500 suscriptores	conhydra s.a. e.s.p.	si
CUNDINAMARCA	TAUSA	1014			
CUNDINAMARCA	TENA	807	hasta 2500 suscriptores	oficina de servicios publicos de acueducto, alcantarillado y aseo del municipio de tena	si
CUNDINAMARCA	TENJO	9199	mas de 2500 suscriptores	conhydra s.a. e.s.p.	no
CUNDINAMARCA	TIBACUY	525	hasta 2500 suscriptores	secretaria de planeacion, obras publicas y servicios publicos del municipio de tibacuy	
CUNDINAMARCA	TIBIRITA	491	hasta 2500 suscriptores	coordinacion de servicios publicos tibirita	no
CUNDINAMARCA	TOCAIMA	10751			
CUNDINAMARCA	TOCANCIPÁ	12800	mas de 2500 suscriptores	conhydra s.a. e.s.p.	si
CUNDINAMARCA	TOPAIPÍ	797			
CUNDINAMARCA	UBALÁ	1273			
CUNDINAMARCA	UBAQUE	878	mas de 2500	conhydra s.a. e.s.p.	si

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
			suscriptores		
CUNDINAMARCA	VILLA DE SAN DIEGO DE UBATE	24674			
CUNDINAMARCA	UNE	4408	hasta 2500 suscriptores	oficina de servicios publicos de acueducto, alcantarillado y aseo del municipio de une cundinamarca	no
CUNDINAMARCA	ÚTICA	2703			
CUNDINAMARCA	VERGARA	1486			
CUNDINAMARCA	VIANÍ	1309			
CUNDINAMARCA	VILLAGÓMEZ	614			
CUNDINAMARCA	VILLAPINZÓN	6288			
CUNDINAMARCA	VILLETA	15938			
CUNDINAMARCA	VIOTÁ	4299			
CUNDINAMARCA	YACOPI	3859			
CUNDINAMARCA	ZIPACÓN	2010			
CUNDINAMARCA	ZIQUAIRÁ	103544	mas de 2500 suscriptores	conhydra s.a. e.s.p.	si
CHOCÓ	QUIBDÓ	106600			si
CHOCÓ	ACANDÍ	5224	hasta 2500 suscriptores	empresa multiservicios del darien s.a.s. e.s.p	no
CHOCÓ	ALTO BAUDO	8918			
CHOCÓ	ATRATO	3283			
CHOCÓ	BAGADÓ	2342			
CHOCÓ	BAHÍA SOLANO	4764			
CHOCÓ	BAJO BAUDÓ	3053			
CHOCÓ	BOJAYA	5048			
CHOCÓ	EL CANTÓN DEL SAN PABLO	3288			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
CHOCÓ	CARMEN DEL DARIEN	1282			
CHOCÓ	CÉRTEGUI	6119			
CHOCÓ	CONDOTO	10066			
CHOCÓ	EL CARMEN DE ATRATO	6471			
CHOCÓ	EL LITORAL DEL SAN JUAN	1278			
CHOCÓ	ISTMINA	19768			
CHOCÓ	JURADÓ	1635			
CHOCÓ	LLORÓ	3295			
CHOCÓ	MEDIO ATRATO	1014			
CHOCÓ	MEDIO BAUDÓ	588			
CHOCÓ	MEDIO SAN JUAN	5457			
CHOCÓ	NÓVITA	3105			
CHOCÓ	NUQUÍ	3634			
CHOCÓ	RÍO IRO	1527			
CHOCÓ	RÍO QUITO	2498			
CHOCÓ	RIOSUCIO(2)	8310			
CHOCÓ	SAN JOSÉ DEL PALMAR	1139			
CHOCÓ	SIPÍ	337			
CHOCÓ	TADÓ	12094			
CHOCÓ	UNGUÍA	4630			
CHOCÓ	UNIÓN PANAMERICANA	4015			
HUILA	NEIVA	318279			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
HUILA	ACEVEDO	5992			
HUILA	AGRADO	5184	mas de 2500 suscriptores	aguas y aseos de el pital y agrado s.a. e.s.p	si
HUILA	AIPE	15598			
HUILA	ALGECIRAS	15322			
HUILA	ALTAMIRA	2805			
HUILA	BARAYA	4972	hasta 2500 suscriptores	empresa municipal de servicios publicos del municipio de baraya huila	si
HUILA	CAMPOALEGRE	25664	mas de 2500 suscriptores	empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de campoalegre sociedad anonima empresa de servicios publicos	si
HUILA	COLOMBIA	2475			
HUILA	ELÍAS	1214	hasta 2500 suscriptores	alcaldia municipal de elias	si
HUILA	GARZÓN	40471			
HUILA	GIGANTE	17263	mas de 2500 suscriptores	empresas del pueblo y para el pueblo de gigante - empugigante s.a. e.s.p.	si
HUILA	GUADALUPE	5069			
HUILA	HOBO	5273	hasta 2500 suscriptores	empresas publicas el hobo sociedad anonima empresa de servicios publicos	
HUILA	IQUIRA	2377			
HUILA	ISNOS	5652			
HUILA	LA ARGENTINA	4611	hasta 2500 suscriptores	empresas publicas de la argentina sociedad anonima	
HUILA	LA PLATA	24781			
HUILA	NÁTAGA	2134	hasta 2500 suscriptores	empresa de acueductos alcantarillados servicios y suministros s.a a.a s.s nataga e.s.p	
HUILA	OPORAPA	3679			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
HUILA	PAICOL	2347			
HUILA	PALERMO	15130	mas de 2500 suscriptores	empresas publicas de palermo e.s.p	si
HUILA	PALESTINA	2011			si
HUILA	PITAL	4913			
HUILA	PITALITO	71942	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de pitalito e.s.p.	no
HUILA	RIVERA	10368	hasta 2500 suscriptores	empresas publicas de rivera s.a. e.s.p.	
HUILA	SALADOBLANCO	2669	hasta 2500 suscriptores	empresa de acueducto alcantarillado y aseo de saladoblanco s.a.s empresa de servicios publicos	si
HUILA	SAN AGUSTÍN	11094	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos san agustin e.s.p.	si
HUILA	SANTA MARÍA	3125	mas de 2500 suscriptores	sociedad de acueductos, alcantarillados y aseo del huila - aguas del huila s.a. e.s.p.	si
HUILA	SUAZA	4109	mas de 2500 suscriptores	municipio de suaza	si
HUILA	TARQUI	4909	mas de 2500 suscriptores	sociedad de acueductos, alcantarillados y aseo del huila - aguas del huila s.a. e.s.p.	si
HUILA	TESALIA	5314	hasta 2500 suscriptores	empresas publicas de tesalia s.a. e.s.p.	si
HUILA	TELLO	6443			
HUILA	TERUEL	4326	hasta 2500 suscriptores	empresas publicas de teruel sociedad anonima empresa de servicios publicos	
HUILA	TIMANÁ	7206	hasta 2500 suscriptores	empresas publicas de timana s.a. e.s.p.	no
HUILA	VILLAVIEJA	2457	hasta 2500 suscriptores	empresa municipal de servicios públicos de villavieja huila * aguas del desierto* e.s.p.	
HUILA	YAGUARÁ	7379	hasta 2500	empresas publicas a.a.a. de yaguara s.a.	

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
			suscriptores	e.s.p.	
LA GUAJIRA	RIOHACHA	203837			
LA GUAJIRA	ALBANIA	12825	hasta 2500 suscriptores	administracion publica cooperativa de albania	
LA GUAJIRA	BARRANCAS	16632	mas de 2500 suscriptores	aguas del sur de la guajira s.a. e.s.p	
LA GUAJIRA	DIBULLA	4982	hasta 2500 suscriptores	empresa de acueducto alcantarillado y aseo del municipio de dibulla s.a. esp	
LA GUAJIRA	DISTRACCIÓN	5058	mas de 2500 suscriptores	aguas del sur de la guajira s.a. e.s.p	
LA GUAJIRA	EL MOLINO	5887	mas de 2500 suscriptores	aguas del sur de la guajira s.a. e.s.p	si
LA GUAJIRA	FONSECA	20715	mas de 2500 suscriptores	aguas del sur de la guajira s.a. e.s.p	
LA GUAJIRA	HATONUEVO	12881	mas de 2500 suscriptores	aguas del sur de la guajira s.a. e.s.p	
LA GUAJIRA	LA JAGUA DEL PILAR	2212	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de la jagua del pilar	si
LA GUAJIRA	MAICAO	103671	mas de 2500 suscriptores	aguas de la peninsula s.a e.s.p.	si
LA GUAJIRA	MANAURE	41124	hasta 2500 suscriptores	empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de manaure e.s.p.	
LA GUAJIRA	SAN JUAN DEL CESAR	23644	mas de 2500 suscriptores	aguas del sur de la guajira s.a. e.s.p	si
LA GUAJIRA	URIBIA	11557	hasta 2500 suscriptores	acueducto alcantarillado y aseo de uribia sas esp	
LA GUAJIRA	URUMITA	9766	hasta 2500 suscriptores	cooperativa aguas de urumita ltda esp	si
LA GUAJIRA	VILLANUEVA	19195	mas de 2500 suscriptores	aguas del sur de la guajira s.a. e.s.p	si

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
MAGDALENA	SANTA MARTA	450016			
MAGDALENA	ALGARROBO	8181			
MAGDALENA	ARACATACA	25769			
MAGDALENA	ARIGUANÍ	19692			
MAGDALENA	CERRO SAN ANTONIO	4334			
MAGDALENA	CHIVOLO	10745	hasta 2500 suscriptores	administracion publica cooperativa de servicios publicos de chivolo ltda	si
MAGDALENA	CIÉNAGA	96971	mas de 2500 suscriptores	operadores de servicios de la sierra s.a. e.s.p	si
MAGDALENA	CONCORDIA	4183			
MAGDALENA	EL BANCO	34985			
MAGDALENA	EL PIÑON	6112	hasta 2500 suscriptores	administracion publica cooperativa empresa de servicios publicos del rio e.s.p.	
MAGDALENA	EL RETÉN	15732			
MAGDALENA	FUNDACIÓN	54254			
MAGDALENA	GUAMAL	7756	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicio de acueducto alcantarillado y aseo esagua esp	si
MAGDALENA	NUEVA GRANADA	7765	hasta 2500 suscriptores	unidad de servicios publicos de nueva granada	
MAGDALENA	PEDRAZA	2432	hasta 2500 suscriptores	municipio de pedraza - magdalena	no
MAGDALENA	PIJIÑO DEL CARMEN	7488			
MAGDALENA	PIVIJAY	19205	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de pivijay e.s.p.	
MAGDALENA	PLATO	42353			
MAGDALENA	PUEBLOVIEJO	10891			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
MAGDALENA	REMOLINO	5547			
MAGDALENA	SABANAS DE SAN ANGEL	4021			
MAGDALENA	SALAMINA	4547	hasta 2500 suscriptores	administracion publica cooperativa empresa de servicios publicos del rio e.s.p.	
MAGDALENA	SAN SEBASTIÁN DE BUENAVISTA	5669			
MAGDALENA	SAN ZENÓN	1679	hasta 2500 suscriptores	administradora publica cooperativa de servicios publicos de san zenon limitada	
MAGDALENA	SANTA ANA	12781	hasta 2500 suscriptores	cooperativa de servicios publicos de agua potable y saneamiento basico de santa ana magdalena	
MAGDALENA	SANTA BÁRBARA DE PINTO	7092			
MAGDALENA	SITIONUEVO	15099			
MAGDALENA	TENERIFE	6049	hasta 2500 suscriptores	unidad municipal de servicios públicos de tenerife	
MAGDALENA	ZAPAYÁN	3565			
MAGDALENA	ZONA BANANERA	4817			
META	VILLAVICENCIO	439517			
META	ACACÍAS	55368	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios públicos de acacias esp	
META	BARRANCA DE UPÍA	2732			
META	CABUYARO	1706			
META	CASTILLA LA NUEVA	4508	hasta 2500 suscriptores	aguas de castilla s.a. e.s.p	
META	CUBARRAL	3732	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios públicos de acacias esp	

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
META	CUMARAL	11954	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos del meta s.a. e.s.p.	si
META	EL CALVARIO	807	hasta 2500 suscriptores	junta de servicios publicos del municipio del calvario	
META	EL CASTILLO	2013			
META	EL DORADO	1448			
META	FUENTE DE ORO	7046			
META	GRANADA	49931			
META	GUAMAL	6699	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos del meta s.a. e.s.p.	si
META	MAPIRIPÁN	1334			
META	MESETAS	3509			
META	LA MACARENA	4319			
META	URIBE	3615			
META	LEJANÍAS	4334			
META	PUERTO CONCORDIA	9859			
META	PUERTO GAITÁN	7469	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos municipales perla del manacacias	no
META	PUERTO LÓPEZ	21462	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos del meta s.a. e.s.p.	
META	PUERTO LLERAS	3003			
META	PUERTO RICO	5196			
META	RESTREPO	7294			
META	SAN CARLOS DE GUAROA	4314			
META	SAN JUAN DE ARAMA	3841			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
META	SAN JUANITO	774			
META	SAN MARTÍN	21269	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos del meta s.a. e.s.p.	
META	VISTAHERMOSA	8407	hasta 2500 suscriptores	division de servicios publicos alcaldia de vistahermosa, meta	no
NARIÑO	PASTO	354814			
NARIÑO	ALBÁN	7757			
NARIÑO	ALDANA	1544			
NARIÑO	ANCUYÁ	1596			
NARIÑO	ARBOLEDA	1094			
NARIÑO	BARBACOAS	15310			
NARIÑO	BELÉN	2943			
NARIÑO	BUESACO	5822	hasta 2500 suscriptores	administracion publica cooperativa de servicios publicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo de buesaco	
NARIÑO	COLÓN	1531			
NARIÑO	CONSACA	1802			
NARIÑO	CONTADERO	2264			
NARIÑO	CÓRDOBA	2285			
NARIÑO	CUASPUD	2281			
NARIÑO	CUMBAL	8070			
NARIÑO	CUMBITARA	1703	hasta 2500 suscriptores	administracion publica cooperativa de agua potable y saneamiento basico de cumbitara	
NARIÑO	CHACHAGÜÍ	6992	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de acueducto y alcantarillado de chachagui	
NARIÑO	EL CHARCO	9342			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
NARIÑO	EL PEÑOL	1025			
NARIÑO	EL ROSARIO	3436			
NARIÑO	EL TABLÓN DE GÓMEZ	909			
NARIÑO	EL TAMBO	5297			
NARIÑO	FUNES	2230			
NARIÑO	GUACHUCAL	3072			
NARIÑO	GUAITARILLA	4155			
NARIÑO	GUALMATÁN	2218			
NARIÑO	ILES	1898			
NARIÑO	IMUÉS	609			
NARIÑO	IPIALES	93858			
NARIÑO	LA CRUZ	6555			
NARIÑO	LA FLORIDA	1827			
NARIÑO	LA LLANADA	1863			
NARIÑO	LA TOLA	8509	hasta 2500 suscriptores	municipio de la tola	
NARIÑO	LA UNIÓN	10594			
NARIÑO	LEIVA	4161			
NARIÑO	LINARES	2385			
NARIÑO	LOS ANDES	7264			
NARIÑO	MAGÜI	4305			
NARIÑO	MALLAMA	1268			
NARIÑO	MOSQUERA	5305			
NARIÑO	NARIÑO	3577			
NARIÑO	OLAYA HERRERA	9465			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
NARIÑO	OSPINA	2350			
NARIÑO	FRANCISCO PIZARRO	6994			
NARIÑO	POLICARPA	2808			
NARIÑO	POTOSÍ	2136			
NARIÑO	PROVIDENCIA	5164			
NARIÑO	PUERRES	3008			
NARIÑO	PUPIALES	5832	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos varios de pupiales e.s.p.	
NARIÑO	RICAUARTE	2409			
NARIÑO	ROBERTO PAYÁN	1137			
NARIÑO	SAMANIEGO	18837			
NARIÑO	SANDONÁ	11726			
NARIÑO	SAN BERNARDO	3925			
NARIÑO	SAN LORENZO	2655			
NARIÑO	SAN PABLO	4014			
NARIÑO	SAN PEDRO DE CARTAGO	664			
NARIÑO	SANTA BÁRBARA	2883			
NARIÑO	SANTACRUZ	6221			
NARIÑO	SAPUYES	1467			
NARIÑO	TAMINANGO	4678			
NARIÑO	TANGUA	2306	hasta 2500 suscriptores	administracion publica cooperativa de agua potable y saneamiento basico de tangua	
NARIÑO	SAN ANDRES DE TUMACO	105832			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
NARIÑO	TÚQUERRES	17372	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos domiciliarios de tuquerres e.s.p.	
NARIÑO	YACUANQUER	2740			
NORTE DE SANTANDER	CÚCUTA	615780			
NORTE DE SANTANDER	ABREGO	16467	hasta 2500 suscriptores	unidad de servicios publicos del municipio de abrego	si
NORTE DE SANTANDER	ARBOLEDAS	2459			si
NORTE DE SANTANDER	BOCHALEMA	2479			
NORTE DE SANTANDER	BUCARASICA	585			
NORTE DE SANTANDER	CÁCOTA	597			
NORTE DE SANTANDER	CACHIRÁ	1667			
NORTE DE SANTANDER	CHINÁCOTA	10773			
NORTE DE SANTANDER	CHITAGÁ	3610			
NORTE DE SANTANDER	CONVENCIÓN	5342	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de agua potable, alcantarillado y aseo del municipio de convención	si
NORTE DE SANTANDER	CUCUTILLA	1235			
NORTE DE SANTANDER	DURANIA	1827			
NORTE DE SANTANDER	EL CARMEN	2406			
NORTE DE	EL TARRA	4348			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
SANTANDER					
NORTE DE SANTANDER	EL ZULIA	13186			
NORTE DE SANTANDER	GRAMALOTE	2801			
NORTE DE SANTANDER	HACARÍ	1195			
NORTE DE SANTANDER	HERRÁN	1049			
NORTE DE SANTANDER	LABATECA	1397			
NORTE DE SANTANDER	LA ESPERANZA	1646			
NORTE DE SANTANDER	LA PLAYA	643	hasta 2500 suscriptores	administración pública cooperativa de servicios públicos de la playa de belen	si
NORTE DE SANTANDER	LOS PATIOS	72415	hasta 2500 suscriptores	empresa privada de servicios s.a. e.s.p.	si
NORTE DE SANTANDER	LOURDES	1221	hasta 2500 suscriptores	oficina de servicios publicos domiciliarios de lourdes	si
NORTE DE SANTANDER	MUTISCUA	548			
NORTE DE SANTANDER	OCAÑA	87127			
NORTE DE SANTANDER	PAMPLONA	53380	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo del municipio de pamplonita	no
NORTE DE SANTANDER	PAMPLONITA	887			
NORTE DE SANTANDER	PUERTO SANTANDER	9213			
NORTE DE	RAGONVALIA	2879			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
SANTANDER					
NORTE DE SANTANDER	SALAZAR	3736			
NORTE DE SANTANDER	SAN CALIXTO	2087			
NORTE DE SANTANDER	SAN CAYETANO	1989	hasta 2500 suscriptores	unidad de servicios publicos domiciliarios de san cayetano	si
NORTE DE SANTANDER	SANTIAGO	1330	hasta 2500 suscriptores	unidad de servicios publicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo del municipio de santiago	si
NORTE DE SANTANDER	SARDINATA	9100			
NORTE DE SANTANDER	SILOS	980			
NORTE DE SANTANDER	TEORAMA	2597	hasta 2500 suscriptores	administracion publica cooperativa aguas de teorama	si
NORTE DE SANTANDER	TIBÚ	13190	mas de 2500 suscriptores	empresas municipales de tibú e.s.p.	no
NORTE DE SANTANDER	TOLEDO	4430			
NORTE DE SANTANDER	VILLA CARO	1931			
NORTE DE SANTANDER	VILLA DEL ROSARIO	80726			
QUINDIO	ARMENIA	285644			
QUINDIO	BUENAVISTA	1196	mas de 2500 suscriptores	empresa sanitaria del quindio s.a. e.s.p.	si
QUINDIO	CALARCA	58926			
QUINDIO	CIRCASIA	21985			
QUINDIO	CÓRDOBA	2994			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
QUINDIO	FILANDIA	7029			
QUINDIO	GÉNOVA	4122			
QUINDIO	LA TEBAIDA	37537	mas de 2500 suscriptores	empresa sanitaria del quindio s.a. e.s.p.	si
QUINDIO	MONTENEGRO	33497			
QUINDIO	PIJAO	3723			
QUINDIO	QUIMBAYA	28856			
QUINDIO	SALENTO	3769	mas de 2500 suscriptores	empresa sanitaria del quindio s.a. e.s.p.	si
RISARALDA	PEREIRA	391126			
RISARALDA	APÍA	8041			
RISARALDA	BALBOA	1839			
RISARALDA	BELÉN DE UMBRÍA	13076			
RISARALDA	DOSQUEBRADAS	186373			
RISARALDA	GUÁTICA	3948			
RISARALDA	LA CELIA	3426	hasta 2500 suscriptores	empresas publicas municipales de la celia	si
RISARALDA	LA VIRGINIA	31346			
RISARALDA	MARSELLA	12973			
RISARALDA	MISTRATÓ	4188			
RISARALDA	PUEBLO RICO	3219			
RISARALDA	QUINCHÍA	8131			
RISARALDA	SANTA ROSA DE CABAL	59460			
RISARALDA	SANTUARIO	7179			
SANTANDER	BUCARAMANGA	520344			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
SANTANDER	AGUADA	228	hasta 2500 suscriptores	unidad administradora de servicios publicos de acueducto, alcantarillado y aseo de aguada santander	en construcción
SANTANDER	ALBANIA	574			
SANTANDER	ARATOCA	2405			
SANTANDER	BARBOSA	22538			
SANTANDER	BARICHARA	2620			
SANTANDER	BARRANCABERMEJA	173288			
SANTANDER	BETULIA	1121	hasta 2500 suscriptores	unidad administradora de servicios publicos de acueducto alcantarillado y aseo de betulia	no
SANTANDER	BOLÍVAR	1339			
SANTANDER	CABRERA	600			
SANTANDER	CALIFORNIA	1020			
SANTANDER	CAPITANEJO	3153			
SANTANDER	CARCASÍ	642			
SANTANDER	CEPITÁ	521			
SANTANDER	CERRITO	2571	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de acueducto, alcantarillado y aseo del municipio de cerrito	
SANTANDER	CHARALÁ	5904			
SANTANDER	CHARTA	592			
SANTANDER	CHIMA	855			
SANTANDER	CHIPATÁ	680	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de acueducto alcantarillado y aseo de chipata - dependencia municipal	si
SANTANDER	CIMITARRA	16831			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
SANTANDER	CONCEPCIÓN	2549			
SANTANDER	CONFINES	398	hasta 2500 suscriptores	confineña de servicios publicos s a e.s.p	no
SANTANDER	CONTRATACIÓN	2764			
SANTANDER	COROMORO	1013	hasta 2500 suscriptores	unidad de servicios publicos domiciliarios del municipio de coromoro	
SANTANDER	CURITÍ	3547	hasta 2500 suscriptores	corporacion de servicios de acueducto y alcantarillado de curiti municipio de curiti	si
SANTANDER	EL CARMEN DE CHUCURÍ	5632	hasta 2500 suscriptores	empresa comunitaria aguas de el carmen administracion publica cooperativa	no
SANTANDER	EL GUACAMAYO	423			
SANTANDER	EL PEÑÓN	886			
SANTANDER	EL PLAYÓN	5611			
SANTANDER	ENCINO	457	hasta 2500 suscriptores	administración publica cooperativa del municipio de encino, santander	
SANTANDER	ENCISO	638			
SANTANDER	FLORIÁN	1458			
SANTANDER	FLORIDABLANCA	254156	mas de 2500 suscriptores	empresa publica de alcantarillado de santander s.a. e.s.p.	
SANTANDER	GALÁN	642	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de galan sepga s.a.- e.s.p.	
SANTANDER	GAMBITA	395			
SANTANDER	GIRÓN	152192	mas de 2500 suscriptores	empresa publica de alcantarillado de santander s.a. e.s.p.	
SANTANDER	GUACA	2165			
SANTANDER	GUADALUPE	1581			
SANTANDER	GUAPOTÁ	524	hasta 2500 suscriptores	municipio guapota	no
SANTANDER	GUAVATÁ	737	hasta 2500	municipio de de guavata	no

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
			suscriptores		
SANTANDER	GÜEPSA	1900			
SANTANDER	HATO	820	hasta 2500 suscriptores	unidad de servicios publicos domiciliarios hato santander	si
SANTANDER	JESÚS MARÍA	842			
SANTANDER	JORDÁN	57	hasta 2500 suscriptores	municipio de jordan	si
SANTANDER	LA BELLEZA	1722			
SANTANDER	LANDÁZURI	3592	hasta 2500 suscriptores	administracion publica cooperativa del municipio de landazuri	
SANTANDER	LA PAZ	825			
SANTANDER	LEBRÍJA	17799			
SANTANDER	LOS SANTOS	1838	hasta 2500 suscriptores	unidad administradora de servicios publicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo de los santos	si
SANTANDER	MACARAVITA	292			
SANTANDER	MÁLAGA	15334			
SANTANDER	MATANZA	1114			
SANTANDER	MOGOTES	3772			
SANTANDER	MOLAGAVITA	776			
SANTANDER	OCAMONTE	668	hasta 2500 suscriptores	unidad de servicios publicos de ocamonte	si
SANTANDER	OIBA	5364			
SANTANDER	ONZAGA	1221			
SANTANDER	PALMAR	954	hasta 2500 suscriptores	unidad de servicios publicos domiciliarios de palmar - santander	si
SANTANDER	PALMAS DEL SOCORRO	679	hasta 2500 suscriptores	3 empresa de servicios publicos de la palmeña sas esp	si

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
SANTANDER	PÁRAMO	1343	hasta 2500 suscriptores	unidad administradora de servicios publicos de acueducto, alcantarillado y aseo paramo santander	si
SANTANDER	PIEDRECUESTA	115880	mas de 2500 suscriptores	empresa municipal de servicios publicos domiciliarios de piedecuesta e.s.p.	en construcción
SANTANDER	PINCHOTE	1450	hasta 2500 suscriptores	alcaldia municipal de pinchote	si
SANTANDER	PUENTE NACIONAL	5566	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios públicos domiciliarios de puente nacional e.s.p.	si
SANTANDER	PUERTO PARRA	3526	hasta 2500 suscriptores	empresa municipal de servicios publicos de puerto parra emsepar e.s.p. s.a.	
SANTANDER	PUERTO WILCHES	16712	mas de 2500 suscriptores	aguas de puerto wilches s.a.s.e.s.p	en construcción
SANTANDER	RIONEGRO	6668			
SANTANDER	SABANA DE TORRES	12168			
SANTANDER	SAN ANDRÉS	2655	hasta 2500 suscriptores	unidad de servicios publicos de san andres santander	
SANTANDER	SAN BENITO	446	hasta 2500 suscriptores	unidad administradora de los servicios publicos de acueducto, alcantarillado y aseo de san benito - santander	no
SANTANDER	SAN GIL	39843			
SANTANDER	SAN JOAQUÍN	687	hasta 2500 suscriptores	curipa empresa de servicios publicos de san joaquin aaa sas esp	
SANTANDER	SAN JOSÉ DE MIRANDA	1078			
SANTANDER	SAN MIGUEL	395			
SANTANDER	SAN VICENTE DE CHUCURÍ	13528			
SANTANDER	SANTA BÁRBARA	400			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
SANTANDER	SANTA HELENA DEL OPÓN	603			
SANTANDER	SIMACOTA	2449			
SANTANDER	SOCORRO	24767			
SANTANDER	SUAITA	1871			
SANTANDER	SUCRE	408			
SANTANDER	SURATÁ	686			
SANTANDER	TONA	549			
SANTANDER	VALLE DE SAN JOSÉ	1917	hasta 2500 suscriptores	unidad administradora de los servicios publicos de acueducto, alcantarillado y aseo del municipio valle de san jose	si
SANTANDER	VÉLEZ	10160			
SANTANDER	VETAS	1294			
SANTANDER	VILLANUEVA	3588			
SANTANDER	ZAPATOCA	5689	hasta 2500 suscriptores	unidad de servicios publicos y especiales	no
SUCRE	SINCELEJO	249930			
SUCRE	BUENAVISTA	7953	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos domiciliarios de buenavista	
SUCRE	CAIMITO	3268	hasta 2500 suscriptores	empresas publicas municipales de caimito	
SUCRE	COLOSO	3015	hasta 2500 suscriptores	empresa municipal de acueducto, alcantarillado y aseo del municipio de coloso sucre s.a. e.s.p.	si
SUCRE	COROZAL	50196			
SUCRE	COVEÑAS	3668	hasta 2500 suscriptores	aguas del golfo s.a. .e.s.p.	si
SUCRE	CHALÁN	2689	hasta 2500 suscriptores	empresa municipal de acueducto alcantarillado y aseo del municipio de	si

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
				chalan sa esp	
SUCRE	EL ROBLE	4241	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos aguas de padilla s.a. e.s.p.	
SUCRE	GALERAS	11952	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de galeras s.a. e.s.p.	
SUCRE	GUARANDA	6388			
SUCRE	LA UNIÓN	5822	hasta 2500 suscriptores	empresa municipal de acueducto,alcantarillado y aseo del municipio de la union sucre sa esp	
SUCRE	LOS PALMITOS	8981	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos los palmitos s.a. e.s.p	si
SUCRE	MAJAGUAL	10557	hasta 2500 suscriptores	cooperativa de acueducto, alcantarrillado y aseo de majagual e.s.p.	
SUCRE	MORROA	6393			
SUCRE	OVEJAS	11852			
SUCRE	PALMITO	5147	hasta 2500 suscriptores	empresa municipal de acueducto alcantarillado y aseo del municipio de san antonio de palmito sucre sa esp	
SUCRE	SAMPUÉS	20555			
SUCRE	SAN BENITO ABAD	5336			
SUCRE	SAN JUAN DE BETULIA	6467	hasta 2500 suscriptores	empresa municipal de acueducto alcantarillado y aseo del municipio de san juan de betulia sa esp	
SUCRE	SAN MARCOS	32773	mas de 2500 suscriptores	aguas de la mojana s.a. e.s.p	no
SUCRE	SAN ONOFRE	22224	mas de 2500 suscriptores	insergrup sociedad anonima empresa de servicios publicos	si
SUCRE	SAN PEDRO	11126	hasta 2500	empresa de servicios publicos de	

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
			suscriptores	acueducto y alcantarillado de san pedro sucre sa esp	
SUCRE	SAN LUIS DE SINCÉ	24869	mas de 2500 suscriptores	empresa municipal de acueducto, alcantarillado y aseo del municipio de since sucre s.a. e.s.p.	
SUCRE	SUCRE	7367			
SUCRE	SANTIAGO DE TOLÚ	26216	mas de 2500 suscriptores	municipio santiago de tolu	si
SUCRE	TOLÚ VIEJO	5427	hasta 2500 suscriptores	empresa oficial de acueducto alcantarillado y aseo del municipio de toluviejo sa esp	no
TOLIMA	IBAGUÉ	512700			
TOLIMA	ALPUJARRA	1862	hasta 2500 suscriptores	alcaldia alpujarra	si
TOLIMA	ALVARADO	3351	hasta 2500 suscriptores	oficina de servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo del municipio de alvarado tolima	
TOLIMA	AMBALEMA	5348	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos domiciliarios de ambalema e.s.p.	
TOLIMA	ANZOÁTEGUI	2103			
TOLIMA	ARMERO	8547	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo de armero guayabal s.a. e.s.p.	si
TOLIMA	ATACO	5049			
TOLIMA	CAJAMARCA	9896			
TOLIMA	CARMEN DE APICALÁ	6752	hasta 2500 suscriptores	aquaimperio s.a. acueducto el cortijo ltda	si
TOLIMA	CASABIANCA	1473	hasta 2500 suscriptores		si
TOLIMA	CHAPARRAL	26414			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
TOLIMA	COELLO	1809	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos del municipio de coello tolima e.s.p.	
TOLIMA	COYAIMA	4681	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos domiciliarios de coyaima tolima	
TOLIMA	CUNDAY	2283	hasta 2500 suscriptores	empresa municipal de servicios publicos de cunday	
TOLIMA	DOLORES	3339			
TOLIMA	ESPINAL	58123	mas de 2500 suscriptores	empresa de acueducto, alcantarillado y aseo del espinal e.s.p.	si
TOLIMA	FALAN	1660			
TOLIMA	FLANDES	24822	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de flandes	si
TOLIMA	FRESNO	14829			no
TOLIMA	GUAMO	16657	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo del guamo - tolima e.s.p.	no
TOLIMA	HERVEO	2106			
TOLIMA	HONDA	24481	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos domiciliarios de honda	si
TOLIMA	ICONONZO	3413	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de agua potable, alcantarillado y aseo del municipio de icononzo	si
TOLIMA	LÉRIDA	14534	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de lerida	si
TOLIMA	LÍBANO	25398	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de acueducto alcantarillado y aseo del libano e.s.p.	si
TOLIMA	MARIQUITA	24139	hasta 2500 suscriptores	municipio de mariquita	si
TOLIMA	MELGAR	29263			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
TOLIMA	MURILLO	1510	hasta 2500 suscriptores	junta administradora de servicios publicos - de murillo	
TOLIMA	NATAGAIMA	14915	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de agua potable, alcantarillado y aseo del municipio de natagaima e.s.p.	no
TOLIMA	ORTEGA	8028			
TOLIMA	PALOCABILDO	2829			
TOLIMA	PIEDRAS	1737	hasta 2500 suscriptores	direccion de servicios publicos del municipio de piedras	
TOLIMA	PLANADAS	7544			
TOLIMA	PRADO	3323			
TOLIMA	PURIFICACIÓN	17369	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de acueducto, alcantarillado y aseo de purificación tolima e.s.p.	si
TOLIMA	RIOBLANCO	4637			si
TOLIMA	RONCESVALLES	1550			
TOLIMA	ROVIRA	9873	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos domiciliarios de rovira e.s.p.	
TOLIMA	SALDAÑA	8588			
TOLIMA	SAN ANTONIO	4274	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios públicos de san antonio tolima	no
TOLIMA	SAN LUIS	3706	hasta 2500 suscriptores	rio luisa empresa de servicios públicos s.a. e.s.p.	
TOLIMA	SANTA ISABEL	2279	hasta 2500 suscriptores	junta de servicios publicos domiciliarios del municipio de santa isabel	
TOLIMA	SUÁREZ	2132	hasta 2500 suscriptores	oficina de servicios publicos domiciliarios del municipio de suarez	no
TOLIMA	VALLE DE SAN JUAN	2834	hasta 2500 suscriptores	administración pública cooperativa empresa de servicios públicos del valle e.s.p.	

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
TOLIMA	VENADILLO	14128	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de venadillo s.a e.s.p.	si
TOLIMA	VILLAHERMOSA	3656			
TOLIMA	VILLARRICA	2240			
VALLE DEL CAUCA	CALI	2283035			
VALLE DEL CAUCA	ALCALÁ	10966			
VALLE DEL CAUCA	ANDALUCÍA	14583			
VALLE DEL CAUCA	ANSERMANUEVO	13073			
VALLE DEL CAUCA	ARGELIA	3107			
VALLE DEL CAUCA	BOLÍVAR	3496			
VALLE DEL CAUCA	BUENAVENTURA	350189			
VALLE DEL CAUCA	GUADALAJARA DE BUGA	99289			
VALLE DEL CAUCA	BUGALAGRANDE	11871			
VALLE DEL CAUCA	CAICEDONIA	24401	mas de 2500 suscriptores	empresas publicas de caicedonia e.s.p.	si
VALLE DEL CAUCA	CALIMA	9328	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios públicos municipales de calima el darien	si
VALLE DEL CAUCA	CANDELARIA	22020	mas de 2500 suscriptores	empresas públicas municipales de candelaria	si
VALLE DEL CAUCA	CARTAGO	128759	mas de 2500 suscriptores	empresas municipales de cartago e.s.p.	si
VALLE DEL CAUCA	DAGUA	8132			no
VALLE DEL CAUCA	EL ÁGUILA	2639			no
VALLE DEL CAUCA	EL CAIRO	2824			
VALLE DEL CAUCA	EL CERRITO	35106	mas de 2500 suscriptores	sociedad de acueductos y alcantarillados del valle del cauca s.a. e.s.p.	no
VALLE DEL CAUCA	EL DOVIO	5134			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
VALLE DEL CAUCA	FLORIDA	42594			
VALLE DEL CAUCA	GINEBRA	9707	mas de 2500 suscriptores	sociedad de acueductos y alcantarillados del valle del cauca s.a. e.s.p.	si
VALLE DEL CAUCA	GUACARÍ	20288	mas de 2500 suscriptores	sociedad de acueductos y alcantarillados del valle del cauca s.a. e.s.p.	si
VALLE DEL CAUCA	JAMUNDÍ	78101	hasta 2500 suscriptores	terranova servicios s.a. e.s.p acueductos del sur s.a. esp	
VALLE DEL CAUCA	LA CUMBRE	2450	hasta 2500 suscriptores		si
VALLE DEL CAUCA	LA UNIÓN	28534	mas de 2500 suscriptores	sociedad de acueductos y alcantarillados del valle del cauca s.a. e.s.p.	si
VALLE DEL CAUCA	LA VICTORIA	9452			
VALLE DEL CAUCA	OBANDO	10876			
VALLE DEL CAUCA	PALMIRA	241155	hasta 2500 suscriptores	compañía de servicios basicos de colombia s.a. e.s.p.	si
VALLE DEL CAUCA	PRADERA	46875	mas de 2500 suscriptores	sociedad de acueductos y alcantarillados del valle del cauca s.a. e.s.p.	no
VALLE DEL CAUCA	RESTREPO	8999	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de aseo y alcantarillado del municipio de restrepo valle del cauca s.a. esp.	si
VALLE DEL CAUCA	RIOFRÍO	4948	mas de 2500 suscriptores	sociedad de acueductos y alcantarillados del valle del cauca s.a. e.s.p.	si
VALLE DEL CAUCA	ROLDANILLO	24739	mas de 2500 suscriptores	sociedad de acueductos y alcantarillados del valle del cauca s.a. e.s.p.	si
VALLE DEL CAUCA	SAN PEDRO	6997			
VALLE DEL CAUCA	SEVILLA	34607			
VALLE DEL CAUCA	TORO	9321	mas de 2500 suscriptores	sociedad de acueductos y alcantarillados del valle del cauca s.a. e.s.p.	si
VALLE DEL CAUCA	TRUJILLO	8129			
VALLE DEL CAUCA	TULUÁ	178241	mas de 2500	centroaguas s.a e.s.p	si

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
			suscriptores		
VALLE DEL CAUCA	ULLOA	2677			
VALLE DEL CAUCA	VERSALLES	3146	hasta 2500 suscriptores	cooperativa administradora de servicios publicos de versalles "camino verde"	
VALLE DEL CAUCA	VIJES	6847			
VALLE DEL CAUCA	YOTOCO	8153			
VALLE DEL CAUCA	YUMBO	98081	mas de 2500 suscriptores	empresa oficial de servicios públicos de yumbo s.a. e.s.p.	no
VALLE DEL CAUCA	ZARZAL	31299			
ARAUCA	ARAUCA	73859	mas de 2500 suscriptores	empresa municipal de servicios publicos de arauca e.s.p.	
ARAUCA	ARAUQUITA	17972	hasta 2500 suscriptores	secretaria de servicios publicos del municipio de arauquita	
ARAUCA	CRAVO NORTE	2335	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de cravo norte jaguey s.a e.s.p	
ARAUCA	FORTUL	12438	hasta 2500 suscriptores	alcaldia municipal de fortul	
ARAUCA	PUERTO RONDÓN	2849	hasta 2500 suscriptores	ingenieria & multisoluciones e.s.p. s.a.	
ARAUCA	SARAVENA	31357	mas de 2500 suscriptores	empresa comunitaria de acueducto y alcantarillado de saravena	si
ARAUCA	TAME	19753	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de tame caribabare e.s.p.	
CASANARE	YOPAL	117965	mas de 2500 suscriptores	empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de yopal e.s.p.	si
CASANARE	AGUAZUL	27336	mas de 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de aguazul s.a. e.s.p.	si
CASANARE	CHAMEZA	1530	hasta 2500 suscriptores	empresas públicas de chámeza s.a.s e.s.p	si

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
CASANARE	HATO COROZAL	4946	hasta 2500 suscriptores	empresas publicas de hato corozal acueducto, alcantarillado, gas y aseo s.a e.s.p	si
CASANARE	LA SALINA	588	hasta 2500 suscriptores	unidad de servicios publicos de la salina casanare	
CASANARE	MANÍ	7488	hasta 2500 suscriptores	empresa de acueducto alcantarillado y aseo de mani s.a. e.s.p.	si
CASANARE	MONTERREY	12135	mas de 2500 suscriptores	empresas publicas de monterrey s.a. e.s.p.	si
CASANARE	NUNCHÍA	2049			
CASANARE	OROCUÉ	5043	hasta 2500 suscriptores	empresa municipal de servicios publicos de orocue sa esp	
CASANARE	PAZ DE ARIPORO	18847	mas de 2500 suscriptores	paz de ariporo e.s.p	si
CASANARE	PORE	3938	hasta 2500 suscriptores	empresa de acueducto alcantarillado y aseo de pore s.a - e.s.p.	si
CASANARE	RECETOR	1352	hasta 2500 suscriptores	empresas publicas de recetor s.a.s esp	si
CASANARE	SABANALARGA	1522	hasta 2500 suscriptores	empresa municipal de servicios publicos domiciliarios e.s.p	si
CASANARE	SÁCAMA	1349	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de sacama s.a esp	
CASANARE	SAN LUIS DE PALENQUE	2200	hasta 2500 suscriptores	empresa de acueducto alcantarillado y aseo de san luis de palenque s.a. e.s.p.	si
CASANARE	TÁMARA	2299	hasta 2500 suscriptores	empresas publicas de tamara s.a.s e.s.p	si
CASANARE	TAURAMENA	13869	mas de 2500 suscriptores	empresa municipal de servicios públicos de tauramena s.a. e.s.p.	si
CASANARE	TRINIDAD	7942	hasta 2500 suscriptores	agua vital trinidad s.a. e.s.p.	si
CASANARE	VILLANUEVA	20040	mas de 2500	empresa de servicios publicos de	si

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
			suscriptores	villanueva espavi s.a. e.s.p.	
PUTUMAYO	MOCOA	32291			
PUTUMAYO	COLÓN	3186			
PUTUMAYO	ORITO	22243	hasta 2500 suscriptores	empresa de agua potable y saneamiento basico del municipio de orito e.s.p.	si
PUTUMAYO	PUERTO ASÍS	31442	mas de 2500 suscriptores	empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de puerto asis e.s.p.	
PUTUMAYO	PUERTO CAICEDO	5039	hasta 2500 suscriptores	empresa comunitaria de servicios publicos de puerto caicedo	si
PUTUMAYO	PUERTO GUZMÁN	4460	hasta 2500 suscriptores	empresa solidaria de servicios publicos agua viva de puerto guzman e.s.p.	
PUTUMAYO	LEGUÍZAMO	8602	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos de leguizamo	
PUTUMAYO	SIBUNDOY	10096	hasta 2500 suscriptores	junta administradora de acueducto y alcantarillado de sibundoy	si
PUTUMAYO	SAN FRANCISCO	4076	hasta 2500 suscriptores	empresa de servicios publicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado de san francisco	no
PUTUMAYO	SAN MIGUEL	5570	hasta 2500 suscriptores	municipio san miguel	
PUTUMAYO	SANTIAGO	4043	hasta 2500 suscriptores	empresa comunitaria de acueducto y alcantarillado de santiago emcoaas esp	no
PUTUMAYO	VALLE DEL GUAMUEZ	20099	hasta 2500 suscriptores	empresa administrativa de servicios publicos domiciliarios de el valle del guamuez s.a. e.s.p.	
PUTUMAYO	VILLAGARZÓN	10587			
ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS	SAN ANDRÉS	51804			
ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS	PROVIDENCIA	2226			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
AMAZONAS	LETICIA	25813			
AMAZONAS	EL ENCANTO (CD)	0			
AMAZONAS	LA CHORRERA (CD)	0			
AMAZONAS	LA PEDRERA (CD)	0			
AMAZONAS	LA VICTORIA (CD)	0			
AMAZONAS	MIRITI - PARANÁ (CD)	0			
AMAZONAS	PUERTO ALEGRÍA (CD)	0			
AMAZONAS	PUERTO ARICA (CD)	0			
AMAZONAS	PUERTO NARIÑO	2113			
AMAZONAS	PUERTO SANTANDER (CD)	0			
AMAZONAS	TARAPACÁ (CD)	0			
GUAINÍA	INÍRIDA	12381			
GUAINÍA	BARRANCO MINAS (CD)	0			
GUAINÍA	MAPIRIPANA (CD)	0			
GUAINÍA	SAN FELIPE (CD)	0			
GUAINÍA	PUERTO COLOMBIA (CD)	0			
GUAINÍA	LA GUADALUPE (CD)	0			
GUAINÍA	CACAHUAL (CD)	0			
GUAINÍA	PANA PANA (CD)	0			
GUAINÍA	MORICHAL (CD)	0			

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POB. CABECERA	TIPO PRESTADOR	E.S.P.	¿ESTÁ EN OPERACIÓN?
GUAVIARE	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	42676			
GUAVIARE	CALAMAR	5262			
GUAVIARE	EL RETORNO	10874			
GUAVIARE	MIRAFLORES	3295			
VAUPÉS	MITÚ	15472			
VAUPÉS	CARURU	683	hasta 2500 suscriptores	alcaldia municipal de caruru - vaupes	
VAUPÉS	PACOA (CD)	0			
VAUPÉS	TARAIRA	151	hasta 2500 suscriptores	municipio de taraira	
VAUPÉS	PAPUNAUUA (CD)	0			
VAUPÉS	YAVARATÉ (CD)	0			
VICHADA	PUERTO CARREÑO	12659			
VICHADA	LA PRIMAVERA	7716			
VICHADA	SANTA ROSALÍA	2486			
VICHADA	CUMARIBO	6309	hasta 2500 suscriptores	municipio de cumaribo	si

Fuente: Adaptado de SSDP

## ANEXO 2

**Tabla 12. Estado actual saneamiento en Santander**

PROVINCIA	MUNICIPIO	POBLACIÓN CABECERA	PTAR	TIPO PTAR	PLAN MAESTRO	FUENTE RECEPTORA	PRIMER CRITERIO: POBLACIÓN MENOR O IGUAL A 2000 HAB	SEGUNDO CRITERIO: PTAR	TERCER CRITERIO: PLAN MAESTRO	MUNICIPIOS POTENCIALES
P.VELEZ	Aguada	447	Sí	Convencional	Sí	Queb. El Ropero	CUMPLE	TIENE	HAY	NO POTENCIAL
P.VELEZ	Albania	767	No	Sin PTAR	No	Caño Pepinillo, Queb. La Salud	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. GUANENTA	Aratoca	2.066	No	Sin PTAR	Sí	Queb. Ramal, Leticia, Las Vegas	NO CUMPLE	NO TIENE	HAY	NO POTENCIAL
P.VELEZ	Barbosa	19.955	Sí	Sin PTAR	Sí	Río Suarez	NO CUMPLE	TIENE	HAY	NO POTENCIAL
P. GUANENTA	Barichara	4.037	No	Sin PTAR	Sí	Queb. Barichara	NO CUMPLE	NO TIENE	HAY	NO POTENCIAL
P. MARES	Barrancabermeja	189.312	No	Sin PTAR	Sí	Río Magdalena y Ciénagas	NO CUMPLE	NO TIENE	HAY	NO POTENCIAL
P. MARES	Betulia	1.688	No	Sin PTAR	Sí	Queb. Paramera	CUMPLE	NO TIENE	HAY	POTENCIAL
P.VELEZ	Bolívar	2.114	No	Sin PTAR	No	Queb. Papagayo y Queb. Pozo verde	NO CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. SOTO	Bucaramanga	562.340	No	Sin PTAR	Sí	Río de Oro, Río Surata	NO CUMPLE	NO TIENE	HAY	NO POTENCIAL
P. GUANENTA	Cabrera	355	No	Sin PTAR	No	Queb. La Puya	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. SOTO	California	565	No	Sin PTAR	No	Río Vetas	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. GARCIA ROVIRA	Capitanejo	3.762	No	Sin PTAR	No	Río Chicamocha	NO CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. GARCIA ROVIRA	Carcasí	838	No	Sin PTAR	No	Río Tunebo	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. GARCIA ROVIRA	Cepitá	368	No	Sin PTAR	No	Río Chicamocha, Queb. Perchiquez	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. GARCIA ROVIRA	Cerrito	3.206	No	Sin PTAR	No	Río Servita	NO CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. GUANENTA	Charalá	5.764	No	Sin PTAR	No	Río Pienta	NO CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. SOTO	Charta	638	No	Sin PTAR	Sí	Río Charta	CUMPLE	NO TIENE	HAY	POTENCIAL
P. COMUNERA	Chima	777	No	Sin PTAR	Sí	Queb. El Salto y Tequendama	CUMPLE	NO TIENE	HAY	POTENCIAL
P.VELEZ	Chipatá	851	No	Sin PTAR	No	Queb. Giteña	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL

PROVINCIA	MUNICIPIO	POBLACIÓN CABECERA	PTAR	TIPO PTAR	PLAN MAESTRO	FUENTE RECEPTORA	PRIMER CRITERIO: POBLACIÓN MENOR O IGUAL A 2000 HAB	SEGUNDO CRITERIO: PTAR	TERCER CRITERIO: PLAN MAESTRO	MUNICIPIOS POTENCIALES
P. VELEZ	Cimitarra	10.944	No	Sin PTAR	No	Queb. Agua Fria	NO CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. GARCIA ROVIRA	Concepción	2.509	No	Sin PTAR	No	Río Servita	NO CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. COMUNERA	Confinés	453	Sí	Sin PTAR	No	Queb. La Guayacana, y San Jose	CUMPLE	TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. COMUNERA	Contratación	3.487	No	Sin PTAR	No	Queb. La Renta y La Zarza	NO CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. GUANENTA	Coromoro	971	No	Sin PTAR	No	Río Yama y Río Ropero	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. GUANENTA	Curití	3.362	Sí	UASB	Sí	Queb. Curití	NO CUMPLE	TIENE	HAY	NO POTENCIAL
P. MARES	El Carmen	1.559	No	Sin PTAR	Sí	Queb. Iralundo	CUMPLE	NO TIENE	HAY	POTENCIAL
P. COMUNERA	El Guacamayo	424	No	Sin PTAR	Sí	Queb. Matadero	CUMPLE	NO TIENE	HAY	POTENCIAL
P. VELEZ	El Peñón	800	No	Sin PTAR	No	Queb. Grande	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. SOTO	El Playón	5.297	No	Sin PTAR	Sí	Río Playonero	NO CUMPLE	NO TIENE	HAY	NO POTENCIAL
P. GUANENTA	Encino	398	No	Sin PTAR	No	Queb. La Tortuga	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. GARCIA ROVIRA	Enciso	680	Sí	Con PTAR	Sí	El Arco, La Virgen y Calagua	CUMPLE	TIENE	HAY	NO POTENCIAL
P. VELEZ	Florian	1.196	No	Sin PTAR	No	Caño Seco - Queb. Ruices	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. SOTO	Floridablanca	247.099	Sí	UASB + Laguna	Sí	Río Frio	NO CUMPLE	TIENE	HAY	NO POTENCIAL
P. COMUNERA	Galán	1.116	No	Sin PTAR	No	Queb Romera / Las Huertas	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. COMUNERA	Gambita	721	No	Sin PTAR	No	Queb. Gambita	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. SOTO	Girón	104.986	No	Sin PTAR	Sí	Queb. La Iglesia y Río de Oro	NO CUMPLE	NO TIENE	HAY	NO POTENCIAL
P. GARCIA ROVIRA	Guaca	1.611	No	Sin PTAR	No	Río Guaca	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. COMUNERA	Guadalupe	2.163	No	Sin PTAR	No	Queb La Llanera, Caño negro	NO CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. COMUNERA	Guapota	561	No	Sin PTAR	No	Queb. La Rosita	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. VELEZ	Guavatá	923	No	Sin PTAR	Sí	Queb. Las Mochilas	CUMPLE	NO TIENE	HAY	POTENCIAL
P. VELEZ	Guepsa	2.411	No	Sin PTAR	No	Queb. Garcias	NO CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. COMUNERA	Hato	589	Sí	Sin PTAR	No	Río Suarez	CUMPLE	TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL

PROVINCIA	MUNICIPIO	POBLACIÓN CABECERA	PTAR	TIPO PTAR	PLAN MAESTRO	FUENTE RECEPTORA	PRIMER CRITERIO: POBLACIÓN MENOR O IGUAL A 2000 HAB	SEGUNDO CRITERIO: PTAR	TERCER CRITERIO: PLAN MAESTRO	MUNICIPIOS POTENCIALES
P.VELEZ	Jesús María	815	No	Sin PTAR	No	Queb Macual - Canoitas y El Hato	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. GUANENTA	Jordan	104	No	Sin PTAR	No	Pozo	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P.VELEZ	La Belleza	1.607	No	Sin PTAR	Sí	Queb. Colegio y la florida	CUMPLE	NO TIENE	HAY	POTENCIAL
P.VELEZ	La Paz	1.095	No	Sin PTAR	No	Queb. Gran Oriente	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P.VELEZ	Landazuri	3.327	Sí	Laguna Oxidación	No	Que. La Negra	NO CUMPLE	TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. SOTO	Lebrija	8.854	No	Sin PTAR	Sí	Queb. Raices	NO CUMPLE	NO TIENE	HAY	NO POTENCIAL
P. SOTO	Los Santos	1.274	Sí	Biodigestores	No	Queb. El Limo	CUMPLE	TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. GARCIA ROVIRA	Macaravita	520	No	Sin PTAR	No	San Juan - Guamito	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. GARCIA ROVIRA	Málaga	18.453	No	Sin PTAR	No	Queb. La Magnolia	NO CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. SOTO	Matanza	1.626	No	Sin PTAR	Sí	Río Suratá	CUMPLE	NO TIENE	HAY	POTENCIAL
P. GUANENTA	Mogotes	3.422	No	Sin PTAR	No	Río Mogoticos y Queb. Guayaguata	NO CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. GARCIA ROVIRA	Molagavita	1.140	No	Sin PTAR	No	Río negro	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. GUANENTA	Ocamonte	854	No	Sin PTAR	No	Queb. La Moraria	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. COMUNERA	Oiba	3.904	No	Sin PTAR	No	Queb. La Guayacan	NO CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. GUANENTA	Onzaga	1.368	No	Sin PTAR	No	Río Chaguaca, Río Suza	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. COMUNERA	Palmar	357	No	Sin PTAR	No	Río Suarez	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. COMUNERA	Palmas del Socorro	635	No	Aerobia (En constr)	No	Río Suarez	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. GUANENTA	Páramo	835	No	Aireación (En constr)	No	Queb. La Fuente	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. SOTO	Piedecuesta	83.978	No	Sin PTAR	Sí	Río de Oro	NO CUMPLE	NO TIENE	HAY	NO POTENCIAL
P. GUANENTA	Pinchote	665	Sí	Biodigestores	No	Río Fonce	CUMPLE	TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P.VELEZ	Puente Nacional	5.666	No	Sin PTAR	No	Río Suarez	NO CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P.VELEZ	Puerto Parra	1.440	No	Sin PTAR	Sí	Río Carare	CUMPLE	NO TIENE	HAY	NO POTENCIAL
P. MARES	Puerto Wilches	13.524	No	Sin PTAR	No	Ciénaga Yarirí	NO CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL

PROVINCIA	MUNICIPIO	POBLACIÓN CABECERA	PTAR	TIPO PTAR	PLAN MAESTRO	FUENTE RECEPTORA	PRIMER CRITERIO: POBLACIÓN MENOR O IGUAL A 2000 HAB	SEGUNDO CRITERIO: PTAR	TERCER CRITERIO: PLAN MAESTRO	MUNICIPIOS POTENCIALES
P. SOTO	Rionegro	9.130	No	Sin PTAR	Sí	Río Negro	NO CUMPLE	NO TIENE	HAY	NO POTENCIAL
P. MARES	Sabana de Torres	11.195	No	Sin PTAR	No	Caño negro	NO CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. GARCIA ROVIRA	San Andrés	3.020	Sí	Compacta	Sí	Queb. La Llorona	NO CUMPLE	TIENE	HAY	NO POTENCIAL
P.VELEZ	San Benito	400	Sí	Convencional	No	Caño Precioso	CUMPLE	TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. GUANENTA	San Gil	36.085	No	Sin PTAR	Sí	Río Fonce	NO CUMPLE	NO TIENE	HAY	NO POTENCIAL
P. GUANENTA	San Joaquín	835	Sí	Con PTAR	Sí	Queb. Panamá	CUMPLE	TIENE	HAY	NO POTENCIAL
P. GARCIA ROVIRA	San José de Miranda	1.078	No	Sin PTAR	Sí	Queb. Santa Bárbara	CUMPLE	NO TIENE	HAY	POTENCIAL
P. GARCIA ROVIRA	San Miguel	610	No	Sin PTAR	No	Queb. La Miel	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. MARES	San Vicente de Chucurí	11.238	No	Sin PTAR	Sí	Río Chucurí	NO CUMPLE	NO TIENE	HAY	NO POTENCIAL
P. SOTO	Santa Bárbara	283	No	Sin PTAR	No	Queb Salinas	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. COMUNERA	Santa Helena	816	No	Sin PTAR	Sí	Pozo Séptico	CUMPLE	NO TIENE	HAY	POTENCIAL
P. COMUNERA	Simacota	2.107	No	Sin PTAR	No	Queb Córrala, La Picha y Mataperros	NO CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. COMUNERA	Socorro	17.771	No	Sin PTAR	No	Río Suarez	NO CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. COMUNERA	Suaita	2.649	No	solo 45 viviendas	Sí	Queb. Ricaurte y Mochavita	NO CUMPLE	NO TIENE	HAY	NO POTENCIAL
P.VELEZ	Sucre	510	No	Sin PTAR	No	Río Suarez	CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. SOTO	Suratá	792	No	Sin PTAR	Sí	Río Suratá	CUMPLE	NO TIENE	HAY	POTENCIAL
P. SOTO	Tona	601	No	Sin PTAR	Sí	Río Tona	CUMPLE	NO TIENE	HAY	POTENCIAL
P. GUANENTA	Valle San José	2.430	Sí	Anaerobia	No	Río Fonce	NO CUMPLE	TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P.VELEZ	Vélez	10.710	No	Sin PTAR	No	Río Suarez	NO CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. SOTO	Vetas	1.187	No	Sin PTAR	Sí	Río Vetas	CUMPLE	NO TIENE	HAY	POTENCIAL
P. GUANENTA	Villanueva	3.645	No	Sin PTAR	No	Queb. Carrizal y Las Burras	NO CUMPLE	NO TIENE	NO HAY	NO POTENCIAL
P. MARES	Zapatoca	6.067	No	Sin PTAR	Sí	Queb. Uchuval	NO CUMPLE	NO TIENE	HAY	NO POTENCIAL

Fuente: Adaptado de Gobernación de Santander

## ANEXO 3

### DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MEDIO DE HUMEDALES CONSTRUIDOS DE FLUJO SUBSUPERFICIAL

El presente diseño se realizó en base al Reglamento Técnico de Agua potable y Saneamiento Básico (RAS-2000) y García y Corzo, 2008.

#### 1. MUNICIPIO LA BELLEZA, SANTANDER.

##### 1.1 Ubicación de la planta.

La ubicación de la planta será al sur del casco urbano de la vereda Saylan mínimo a 500 m del casco urbano y 300 m del cuerpo receptor.

**Figura 6.** Ubicación de la Planta de Tratamiento de aguas residuales, La Belleza.



##### 1.2 Diseño PTAR

Población actual = 1722 habitantes.

Complejidad del sistema: baja [RAS D.2.1]

Proyección del proyecto = 15 años. Tabla D.2.1

$$p_f = p_o \left(1 + \frac{0,5}{100}\right)^{15}$$

$$p_f = 1722 \left(1 + \frac{0,5}{100}\right)^{15}$$

$$p_f = 1856,76 \approx 1857 \text{ habitantes}$$

Los datos de la calidad del agua fueron tomados del Plan departamental para el manejo empresarial de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo (PAP – PDA).

$$DBO_5 = 29,57 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

$$DBO_{\text{proyectado}} = 29,57 \left(1 + \frac{0,5}{100}\right)^{15}$$

$$DBO_{\text{proyectado}} = 31,8670 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

$$DBO_{\text{proyectado}} = 87,306 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Cálculo de caudal de diseño teniendo en cuenta la población

Contribución de agua residual

$$p_f = 1857 \text{ habitantes}$$

- Aporte Doméstico  $Q_D$

$$Q_D = \frac{R+D+C}{86400}$$

Según la RAS para poblaciones que se encuentre en nivel de complejidad bajo su dotación deberá estar entre  $\frac{100 \text{ l}}{\text{hab}}$  y  $\frac{150 \text{ l}}{\text{hab}}$  A.11.1.1

$$\text{Dotación} = \frac{150 \text{ L}}{\text{Hab}}$$

Coefficiente de Retorno = 0,8 Tabla RAS D.3.1

$$Q_D = \frac{1857 \text{ hab} * 150 \frac{\text{l}}{\text{hab}} * 0,8}{86400 \text{ s}}$$

$$Q_D = 2,579 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

- Aporte Industrial  $Q_I$

El área de aporte industria fue tomada del Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio.

Ha Total del municipio= 22,7163 Ha.

El porcentaje de aporte industrial es de 2,24%.

$$Q_I = 0,6 \frac{\text{L}}{\text{s} * \text{Ha}}$$

$$Q_I = 0,6 \frac{\text{L}}{\text{s} * \text{Ha}} * 22,7163 \text{ Ha} * \frac{2,24}{100}$$

$$Q_I = 0,630 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

- Aporte Comercial  $Q_c$

El porcentaje de aporte comercial es de 11,75%

$$Q_c = 0,5 \frac{L}{S * Ha}$$

$$Q_c = 0,5 \frac{L}{S * Ha} * 22,7163 Ha * \frac{11,75}{100}$$

$$Q_c = 2,6691 \frac{L}{S}$$

- Aporte Institucional  $Q_{INS}$

El porcentaje de aporte comercial es de 3,46%

$$Q_{INS} = 0,5 \frac{L}{S * Ha}$$

$$Q_{INS} = 0,5 \frac{L}{S * Ha} * 22,7163 Ha * \frac{3,46}{100}$$

$$Q_{INS} = 0,392 \frac{L}{S}$$

El caudal medio del agua residual del municipio:

$$Q_M = Q_D + Q_I + Q_c + Q_{INS}$$

$$Q_M = 4,605 \frac{L}{S}$$

$$Q_M = 397,872 \frac{m^3}{dia}$$

- Caudal de infiltración

Para el aporte por infiltración se toma como base la Tabla D.3.7 de RAS 2000

$$Q_{IN} = 0,4 \frac{L}{s * Ha}$$

$L = litro$

$s = segundo$

$Ha = hectarea por habitante$

Tomando como base la tabla 20 el área aportante total de infiltración es 1,4214  $Ha$

$$Q_{IN} = 0,4(1,4214)Ha$$

$$Q_{IN} = 0,568 \frac{L}{s}$$

Por lo tanto el  $Q_{MDF}$  es:

$$Q_{MDF} = Q_i + Q_{MD}$$

$$Q_{MDF} = 0,568 \frac{L}{s} + 4,605 \frac{L}{s}$$

$$Q_{MDF} = 5,173 \frac{L}{s}$$

Ahora calculamos el caudal máximo horario  $Q_{MH}$

$$Q_{MDF} = F(Q_{MDF})$$

$$F = \frac{3,5}{(P)^{0,1}} = \frac{3,5}{(1857 Hab)^{0,1}}$$

$$F = 1,648$$

$$Q_{MH} = 1,648(5,173 \frac{L}{s})$$

$$Q_{MH} = 8,525 \frac{L}{s}$$

$$Q_{MH} = 736,56 \frac{m^3}{dia}$$

Análisis de datos de cantidad y calidad de las aguas residuales

El valor de  $DBO_5$  fue tomado directamente Plan departamental para el manejo empresarial de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo (PAP - PDA) Plan General Estratégico y de Inversiones (PGEI) – 2013 - 2015

Tenemos:

$$DBO_5 = 31,867 \left( \frac{Ton}{año} \right) \left( \frac{1000 Kg}{1Ton} \right) \left( \frac{1 año}{365 días} \right)$$

$$DBO_5 = 87,306 \left( \frac{Kg}{día} \right) \left( \frac{1000g}{1 Kg} \right)$$

$$DBO_5 = 87306 \frac{g}{día}$$

- Concentración de contaminantes

$$C = \frac{VEMU(1000)}{D(B)}$$

$$B = 0,8$$

$$D = 150 \frac{L}{hab * dia}$$

$$VEMU = \frac{g}{hab * dia} = \frac{87306 g}{dia * 1857 hab}$$

$$VEMU = 47,014 \frac{g}{hab * dia}$$

$$C = 47,014 \frac{g}{hab * dia} * \frac{1000 Hab * dia}{0,8 * 150L}$$

$$C = 391,783 \frac{mg}{L}$$

#### Canal de desbaste

- Ancho de los barriles (Ab) = 15 mm
- Luz entre barrotes = 50 mm
- Grado de colmatación (G) = 30%
- Ancho de canal = 0,3 m
- Numero de barrotes = 5

#### Ancho útil de paso

$$W_u = (A_c - nAb) \left(1 - \frac{G}{100}\right)$$

$$W_u = (0,3m - 5(0,015 m)) \left(1 - \frac{30}{100}\right)$$

$$W_u = 0,16 m$$

#### Calado necesario

$$QMH = 0,008525 \frac{m^3}{s}$$

$$V = 0,3 \frac{m}{s}$$

$$h = \frac{QMH}{V} \left(\frac{1}{W_u}\right)$$

$$h = \frac{0,008525 \frac{m^3}{s}}{0,3 \frac{m}{s}} \left(\frac{1}{0,16}\right)$$

$$h = 0,177 m$$

- Se proporciona un resguardo de 0,3 m y se aproxima a una dimensión más estándar con lo cual el calado definitivo es de 0,47 se toma este valor como la altura de todo el canal.

- Para la longitud del canal tomamos un tiempo de retención de 5 segundos y a una velocidad de paso de 0,3 m/s.

$$L = T_H * V$$

$$L = 5 \text{ s} * (0,3) \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$L = 1,5 \text{ m}$$

Desarenador

- Proponemos un ancho de 0,5 m

$$W = 0,5 \text{ m} \quad L = 5 * (0,3 \text{ m}) = 1,5 \text{ m}$$

$$L = 1,5 \text{ m}$$

La sección transversal del canal

$$A = \frac{Q_{max}}{V_H}$$

$$A = \frac{8,525(10)^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$A = 0,023 \text{ m}^2$$

- Utilizando el área se calcula el calado

$$h = \frac{A}{w}$$

$$h = \frac{0,023 \text{ m}^2}{0,5 \text{ m}} = 0,046 \text{ m}$$

$$h = 0,046 \text{ m}$$

Como el calado necesario para el desarenado es menor que el calado calculado para el desbaste se toma como calado de diseño  $h = 0,177 \text{ m}$

A Continuación se verifica la carga hidráulica superficial.

$$C_{hs} = \frac{Q}{L * W}$$

$$C_{hs} = \frac{30,69 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{1,5 \text{ m} (0,5 \text{ m})} = 40,92 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ h}}$$

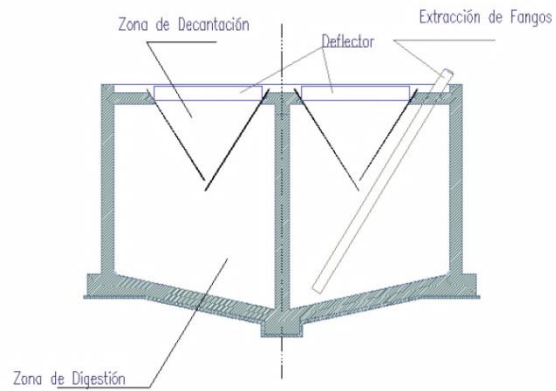
$$C_{hs} = 32,569 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ h}}$$

La carga superficial es menor de  $67 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ h}}$  y mayor  $29 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ h}}$  por tanto acepta el dimensionamiento.

Tratamiento primario

Se diseñara como tratamiento primario dos tanques Imhoff.

**Figura 7.** Esquema de la sección de un tanque Imhoff .



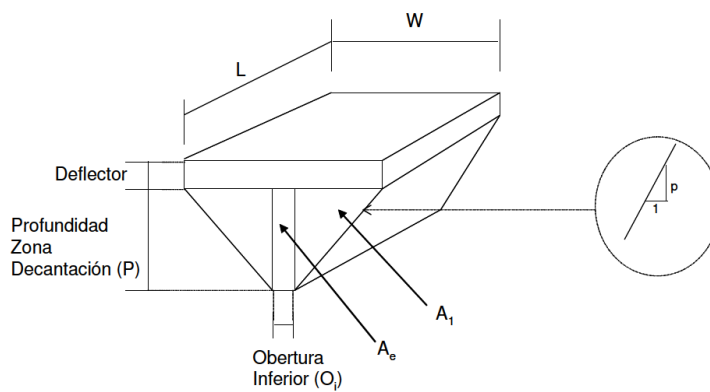
$$Q_M = 397,872 \frac{m^3}{dia}$$

$$Q_M = \frac{397,872 \frac{m^3}{dia}}{2}$$

$$Q_M = 198,936 \frac{m^3}{dia}$$

- Superficie del tanque y diseño zona decantación

**Figura 8.** Esquema de la zona de decantación de un tanque Imhoff.



$$Q_{Punta\ diaria} = Q_M * 1,7$$

$$Q_{Punta\ diaria} = 198,936 \frac{m^3}{dia} * 1,7$$

$$Q_{Punta\ diaria} = 338,1912 \frac{m^3}{dia}$$

Para el diseño del tanque se tomara relación 2:1 entonces  $L = 6\ m$  y un ancho  $a = 3\ m$

- Carga Hidráulica

$$Ch_s = \frac{Q_{Punta\ diaria}}{A}$$

$$Ch_s = \frac{338,1912 \frac{m^3}{dia}}{18\ m^2}$$

$$Ch_s = 18,7 \frac{m^3}{dia\ m^2}$$

Calculo de profundidad y superficies  $A_1$  y  $A_e$

- Altura del deflector = 0,3 m
- Pendiente de las paredes 1,5/1
- Abertura inferior = 0,25 m

$$P = \left[ \frac{(3 - a_i)}{2} \right] * p$$

$$P = \left[ \frac{(3\ m - 0,25\ m)}{2} \right] * (1,5)$$

$$P = 2,0625\ m$$

$$A_1 = \left[ \frac{(a - a_i)}{2} \right] \left[ \frac{P}{2} \right]$$

$$A_1 = \left[ \frac{(3\ m - 0,25\ m)}{2} \right] \left[ \frac{2,0625\ m}{2} \right]$$

$$A_1 = 1,417\ m^2$$

$$A_e = a_i(P)$$

$$A_e = 0,25\ m(2,0625\ m)$$

$$A_e = 0,5156\ m^2$$

$$A_t = 2A_1 + A_g$$

$$A_t = 2(1,417m) + 0,5156m$$

$$A_t = 3,3496 m^2$$

- Volumen de decantación

$$V_{dec} = (h_{deflector} * s) + (A_t * L)$$

$$V_{dec} = (0,3m * 6,3m) + (3,3496m * 6m)$$

$$V_{dec} = 25,4976 m^3$$

Finalmente se realizan las siguientes comprobaciones:

- Velocidad horizontal punto horario ( $V_{punto,h}$ )

$$V_{punto,h} = \frac{(Q_{punto,h})}{A_t(60)} < 0,3$$

$$V_{punto,h} = \frac{\left(30,69 \frac{m^3}{h}\right)}{3,3496 m^2(60 \text{ min})} = 0,15 \frac{m}{min} < 0,3 \frac{m}{min}$$

- Tiempo de retención media

$$2 < T_H = \frac{V_{dec} * 24}{Q} < 4$$

$$2h < T_H = \frac{25,49 m^3 * 24}{154,699 \frac{m^3}{h}} < 4 \quad h$$

$$2h < 2,38 < 3,954 \quad \text{cumple}$$

A continuación se determina la superficie de la zona de digestión considerando que la zona de escape de gases es igual al 30% de la superficie total del tanque

- Superficie total del tanque

$$s_t = (1 + \% S_{gas})S_{dec}$$

$$\% S_{gas} = 30$$

$$S_{dec} = 18m^2$$

$$s_t = (1 + 30\%)(18 m^2)$$

$$s_t = 23,4 m^2$$

Considerando un ancho en la zona de escape de gases de 0,5 m entonces el ancho total y la longitud total corresponde a:

$$W_t = 3m + 0,5m = 3,5 m$$

$$L_t = \frac{23,4m^2}{3,5m} = 6,685 m = 6,7 m$$

El Volumen necesario para almacenar los lodos se determina considerando una velocidad de emisión de  $\frac{100 L}{hab \cdot año}$  y un tiempo de digestión de 6 meses

$$V_{lodos} = \frac{VEU * Td * N}{1000 \frac{L}{m^3}}$$

$$V_{lodos} = \frac{100 \frac{L * hab}{año} * 6 mes * 1857 hab}{1000 \frac{L}{m^3} (12 mes)}$$

$$V_{lodos} = 92,85 m^3$$

Se calcula la altura de fondo para una inclinación de las paredes de 30°

$$h_3 = \left[ \left( \frac{LT}{2} \right) \right] \tan \alpha \quad n = \# de divisiones = 2$$

$$h_3 = \left[ \left( \frac{6,7m}{2} \right) \right] \tan 30^\circ$$

$$h_3 = 0,96 m$$

- Profundidad de la zona de digestión

$$h_2 = \frac{V_{lodos} - \left( \frac{1}{3} * L_t * w_t * h_3 \right)}{(t * w_t)}$$

$$h_2 = \frac{92,85m^3 - \left( \frac{1}{3} * 6,7m * 3,5m * 0,96 m \right)}{(6,7 m * 3,5 m)}$$

$$h_2 = 3,635 \sim 3,64 m$$

Considerando un resguardo de 0,6, una altura total del deflector de 0,3 m procedemos a calcular la altura total de tanque.

- Altura total del tanque

$$h_1 = \text{Altura libre del lecho}$$

$$h_T = h_{\text{resguardo}} + h_{\text{deflector}} + P + h_1 + h_2 + h_3$$

$$h_T = 0,6m + 0,6m + 2,062m + 0,6m + 3,64m + 0,96m$$

$$h_T = 8,462 \text{ m} \approx 8,5 \text{ m}$$

$$h_T = 8,5m$$

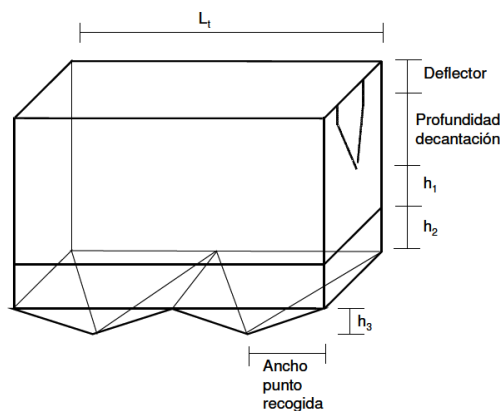
- Volumen total del tanque

$$V_T = V_{\text{resguardo}} + V_{\text{deflector}} + V_{\text{lodos}} + [h_1 * lt * wt]$$

$$V_T = (0,6m)(1,625m^2) + 25,49 \text{ m}^3 + 92,85 \text{ m}^3 + [0,6m * 6,7m * 3,5m]$$

$$V_T = 142,16 \text{ m}^3$$

**Figura 9.** Esquema de tanque imhoff rectangular con dos puntos de recogida de lodos.



Tratamiento secundario - Humedal construido de flujo subsuperficial horizontal

Para dimensionar el humedal es importante realizar un análisis a la precipitación del municipio, para poder definir si es necesario su aporte en el diseño.

La distribución de las lluvias a lo largo del año presenta dos temporadas lluviosas y dos secas, con características muy similares al resto de la región Andina Colombiana, siendo octubre el mes más lluvioso y enero el más seco.

Aunque el municipio presenta altas precipitaciones en algunos meses del año, su duración es corta, y considerando que el área del humedal es pequeña respecto con el área de la cabecera municipal., se puede despreciar el aporte por precipitación que cae directamente al humedal.

- Dimensionamiento

$$DBO_5 = 29,57 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

$$DBO_{\text{proyectado}} = 29,57 \left(1 + \frac{0,5}{100}\right)^{15}$$

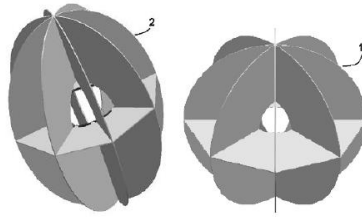
$$DBO_{\text{proyectado}} = 31,8670 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

$$DBO_{\text{proyectado}} = 87,306 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$DBO_{\text{proyectado}} = 87306 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

El medio de soporte grava será remplazado por medio de soporte plástico de material reciclable, las características de los medios de soporte plástico de forma esfero elipsoidal de múltiples planos (Sanabria et al, UNAL 2003) fue desarrollada para satisfacer los requerimientos de gran Superficie Especifica (SE) del elemento para el crecimiento de biopelículas, alrededor de 312 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> y porosidad del 95%, lo que permite garantizar en el sistema, nulo taponamiento, aireación radicular permanente, enraizamiento apropiado, medio aerobio continuo, consecuentemente mínimos olores y vectores, y eficiencia superior al 92% en la depuración del agua residual urbana (ARU), doméstica y/o industrial. También garantiza conjunta e integralmente los objetivos de la depuración exigida por la norma colombiana, debido a que potencian y facilitan la fijación de altas concentraciones de biopelículas sobre las diferentes caras del empaque plástico, cuya forma poliédrica es la más propicia para fijar, enraizar y densificar la biomasa hasta obtener las eficiencias de remoción en DBO5 (DQO) y de Sólidos en Suspensión exigidas (D-3930/10).

**Figura10. Medio de Soporte Plástico (MSP)**



Adicionalmente los MSP disminuyen en un 90% el área del terreno demandada por sistemas convencionales. El área efectiva esta entre 0.42-0.97 m<sup>2</sup>/HE. Para este diseño consideraremos 1m<sup>2</sup>/HE.

$$\text{Área Efectiva} = 1 \frac{\text{m}^2}{\text{HE}}$$

En Colombia

$$1 \text{ HE} = 60 \frac{\text{g DBO}_5}{\text{día}}$$

Entonces

$$\text{DBO}_{\text{proyectado}} = 87306 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \text{ es igual a } 1455,1 \text{ HE.}$$

El área efectiva utilizada es  $1\text{m}^2 * \text{HE}$  y como son 1455 HE, tendríamos  $1455\text{m}^2$ . Tomando una relación Largo/ Ancho 2:1, se divide la superficie total en varias celdas, en este caso serán 4 celdas de ancho igual a 14 m y largo de 28 m, de las cuales 3 estarán en mantenimiento y 1 en reserva para cuando se realice el respectivo mantenimiento.

La macrófita a utilizar será Junco (Juncus, sp) ya que esta presenta buenas eficiencias en temperaturas bajas.

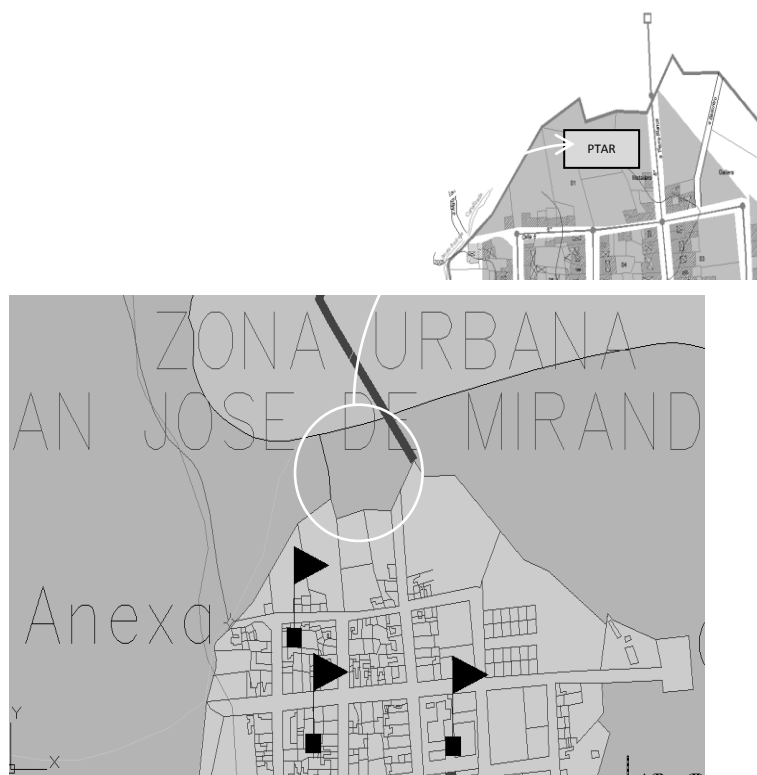
## **2. MUNICIPIO SAN JOSÉ DE MIRANDA, SANTANDER**

Localización de la PTAR

Se propone recortar el tramo de la tubería de entrega a la quebrada, para que la PTAR quede en la parte libre del lote correspondiente al matadero (fuera de servicio), sin afectar la zona aledaña al vertimiento actual, ya que dentro del Esquema de Ordenamiento Territorial, se planea que sea un área de protección natural. Las ventajas de construir el humedal en esta zona, es que además de

cubrir la necesidad de saneamiento, puede servir como espacio recreativo para los habitantes del sector.

**Figura 11.** Localización PTAR, San José de Miranda.



➤ Datos del diseño:

El valor de  $DBO_5$  fue tomado directamente Plan departamental para el manejo empresarial de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo (PAP - PDA) Plan General Estratégico y de Inversiones (PGEI) – 2013 – 2015.

**Poblacion actual = 1078 Hab**

**$DBO_5$  actual = 15,34 ton/año**

**tasa de crecimiento = 0,5% <sup>3</sup>**

Complejidad del sistema: baja [RAS D.2.1]

---

<sup>3</sup> Gobernación de Santander. “Diagnóstico de residuos sólidos y líquidos generados en los cascos urbanos de los municipios del departamento, a excepción de los del área metropolitana”. Bucaramanga, Santander. 2008

Periodo del diseño: 15 años

$$\text{Población de diseño} = P(1+i)^n = 1078(1+0,005)^{15} = 1162 \text{ Hab}$$

$$VEMU = \frac{17,38(1000000)}{365(1221)}$$

$$VEMU = 38,99 \approx 39$$

$$VEMU = 39 \frac{g}{\text{hab} * \text{día}}$$

$$DBO_5 = \frac{39(1000)}{0,7(150)} = 371 \frac{mg}{l}$$

Calculo de caudales:

$$Q_D = \frac{P * D * \beta}{86400} \left[ \frac{l}{s} \right]$$

$$D = 150 \frac{l}{\text{Hab. día}} ; \beta = 0,7$$

$$Q_D = \frac{1162(150)(0,7)}{86400} = 1,41 \text{ l/s}$$

Los siguientes valores de caudal son tomados del Plan Maestro de Alcantarillado de San José de Miranda.

$$Q_i = 0 \text{ l/s}$$

$$Q_c = 0 \text{ l/s}$$

$$Q_{ins} = 0 \text{ l/s}$$

$$Q_{inf} = 2,5 \text{ l/s}$$

Tipo de infiltración: media

$$C_i = 0,15$$

Calculando el Caudal medio diario.

$$Q_{md} = Q_D + Q_i + Q_c + Q_{ins}$$

$$Q_{md} = Q_D$$

$$Q_{md} = 1,41 \text{ l/s}$$

Caudal medio diario final

$$Q_{mdf} = Q_{md} + Q_{ins}$$

$$Q_{mdf} = 1,41 + 2,5$$

$$Q_{mdf} = 3,91 \text{ l/s}$$

Caudal máximo horario

$$Q_{MH} = F(Q_{mdf})$$

$F =$  coeficiente de mayoración de la Flores

$$F = \frac{3,5}{(P)^{0,1}} = \frac{3,5}{(1162)^{0,1}}$$

$$F = 1,728$$

$$Q_{MH} = 1,728 (3,91)$$

$$Q_{MH} = 6,75 \text{ l/s}$$

$$Q_{MH} = 0,00675 \text{ m}^3/\text{s}$$

De acuerdo al Plan Maestro de Alcantarillado, el tipo de alcantarillado es sanitario.

Pre tratamiento

➤ Diseño del canal de desbaste

- Reja de gruesos:

$$\#barrotes = 5$$

Barrotes de 15 mm de ancho, 50 mm de luz entre barrotes y grado de colmatación de l 30%

Ancho del canal propuesto 0,3 m.

$$\text{Ancho útil } w_u = (A_c - n(A_b)) \left(1 - \frac{g}{100}\right)$$

$$w_u = (0,3) - 5(0,015) \left(1 - \frac{30}{100}\right)$$

$$w_u = 0,16 \text{ m}$$

Calado necesario ese grado de colmatación,  $Q_{MH} = 0,00685 \text{ m}^3/\text{s}$  y velocidad de paso 0,3 m/s

$$h = \frac{Q}{V} \left( \frac{1}{W_u} \right) = h_c = \frac{0,00685 \text{ m}^3/\text{s}}{0,3 \text{ m/s}} \left( \frac{1}{0,16\text{m}} \right) = 0,14 \text{ m}$$

$$h_c = 0,14 \text{ m}$$

Se proporciona un resguardo de 0,3 m ∴ el calado definitivo es de 0,45 m

Para calcular la longitud del canal tomamos el tiempo de retención de 5s y velocidad del paso del agua 0,3 m/s

$$L = Tr * v$$

$$L = 5s * 0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1,5\text{m}$$

➤ Desarenador

Ancho del canal = 0,5 m

Relación: 3:1 → largo del canal =  $3(0,5) = 1,5 \text{ m}$

Sección transversal del canal

$$A = \frac{Q_{max}}{V_s}$$

$$A = \frac{0,00675 \text{ m}^3/\text{s}}{0,3 \text{ m/s}} = 0,022 \text{ m}^2$$

$$A = 0,022 \text{ m}^2$$

$$h_d = \frac{A}{\text{Ancho}} = \frac{0,022}{0,5} = 0,045 \text{ m}$$

$h_d < h_c$  → calado de diseño  $h_c = 0,14 \text{ m}$ , Calado definitivo 0,45 m

Verificación de la carga superficial

$$C_{hs} = \frac{0,00675 \text{ m}^3/\text{s} (3600 \text{ s/h})}{1,5\text{m}(0,5\text{m})} = 32,88 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2\text{h}}$$

$$29 < ch_c < 67 \left[ \frac{m^3}{m^2h} \right] \quad R.A.S. \quad A.11.4.6$$

Tratamiento primario

Tanque Imhoff

$$Q_{Md} = 1,7Q_{md}$$

$$Q_{Md} = 1,7(1,41 \text{ l/s}) \left( \frac{86400}{1000} \right) = 207,1 \left[ \frac{m^3}{\text{dia}} \right]$$

$$\text{Tomando } C_{hs} = 16,5 \left[ \frac{m^3}{m^2 \text{ dia}} \right]$$

Superficie del tanque y diseño zona de decantación

$$S = \frac{207,1}{26} = 7,96 \text{ m}^2$$

Siendo conservadores asumimos una relación longitud- ancho = 2:1  $\rightarrow$  largo = 5 m  $\rightarrow$  ancho de 2.5 m

Altura de deflector debajo de superficie = 0,3 m

Pendiente de las paredes de la cámara de decantación  $p = 1,5 : 1$

Obertura inferior ( $O_i$ ) = 0,25 m

$$P = \frac{W - O_i}{2} (p)$$

$$P = \frac{2,5 - 0,25}{2} \left( \frac{1,5}{1} \right)$$

$$P = 1,69 \text{ m}$$

$$A_1 = \frac{W - O_i}{2} \left( \frac{P}{2} \right)$$

$$A_1 = \frac{2,5 - 0,25}{2} \left( \frac{1,69}{2} \right) = 0,95 \text{ m}^2$$

$$A_g = O_i P$$

$$A_g = 0,25(1,69) = 0,42 \text{ m}^2$$

$$A_t = 2A_1 + A_g$$

$$A_t = 2(0,95) + 0,42$$

$$A_t = 2,32 \text{ m}^2$$

- Decantador

Volumen del decantador

$$V_{dec} = (h_{deflector} * s) + (A_t * L)$$

$$V_{dec} = (0,3 * 5 * 2,5) + (2,32 * 5)$$

$$V_{dec} = 15,35 \text{ m}^3$$

Chequeo

$$v_{Mh} = \frac{Q_{Mh}}{A_t(60)} < 0,3 \text{ m/min} \rightarrow v_{MH} = \frac{0,00675 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} (3600 \frac{\text{s}}{\text{h}})}{2,32 \text{ m}^2 (60 \frac{\text{min}}{\text{h}})} = 0,17 < 0,3 \text{ m/min}$$

$$2 < T_H = \frac{V_{dec}(24)}{Q} < 4 \rightarrow 2h < TH = \frac{15,35 \text{ m}^3 (24 \frac{\text{h}}{\text{día}})}{0,00141 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} (86400 \frac{\text{s}}{\text{día}})} = 3,02 < 4h$$

- Digestor

Superficie zona de digestión

Considerando que la zona de escape de los gases es el 30% de la superficie total del tanque.

$$s_t = (1 + \% S_{gas})S_{dec}$$

$$\% S_{gas} = 30$$

$$S_{dec} = 12 \text{ m}^2$$

$$s_t = (1 + 30\%)(12)$$

$$s_t = 16,25 \text{ m}^2$$

Considerando un ancho de la zona de escape de gases de 0,5 m

$$W_t = w_{dec} + W_{gas}$$

$$W_t = 2,5 + 0,5 = 3,0 \text{ m}$$

$$L_t = \frac{16,25}{3} = 5,42 \text{ m} \approx 5,5 \text{ m}$$

- Lodos

Volumen necesario para almacenar lodos

$$V_{lodos} = \frac{VEU * Td * N}{1000}$$

N = número de habitantes

Td= tiempo de digestión (años) = 6 meses = 0,5 años

VEU= velocidad de emisión unitaria de lodos (l/hab\*año)

$$V_{lodos} = \frac{100 \frac{l}{hab. año} * 0,5 años * 1162 Hab}{1000 \frac{l}{m^3}}$$

$$V_{lodos} = 58,1 m^3$$

Para un número de puntos de extracción mayor o igual a dos, y considerando una inclinación de las paredes del fondo entre 30° y 45°, se calcula la altura del fondo de forma piramidal.

$$h_3 = \left[ \left( \frac{LT}{2} \right) \right] \tan \alpha$$

$$h_3 = \left[ \left( \frac{5,5m}{2} \right) \right] \tan 30^\circ \approx 0,8 m$$

Profundidad de la zona de digestión

$$h_2 = \frac{V_{lodos} - \left( \frac{1}{3} * Lt * wt * h_3 \right)}{(t * wt)}$$

$$h_2 = \frac{58,1 - \left( \frac{1}{3} * 5,5m * 3m * 0,8m \right)}{(5,5m * 3m)}$$

$$h_2 = 3,25 m$$

Considerando un resguardo de 0,6 m, una altura total del deflector de 0,6 m, una distancia de 0,6 m entre la obertura inferior de la zona de decantación y la superficie del lodo acumulado, se determina la altura total y el volumen total del tanque.

$$h_T = h_{\text{resguardo}} + h_{\text{deflector}} + p + h_1 + h_2 + h_3$$

$$h_T = 0,6m + 0,6m + 1,69m + 0,6m + 3,25m + 0,8m$$

$$h_T = 7,54 m$$

$$V_T = V_{\text{resguardo}} + V_{\text{deflector}} + V_{\text{tados}} + [h_1 * lt * wt]$$

$$V_T = (0,6m)(16,25 m^3) + (0,3m * 12,5m) + 15,35m^3 + 58,1m^3 + (0,6m * 5,5 m * 3 m) = 96,8 m^3$$

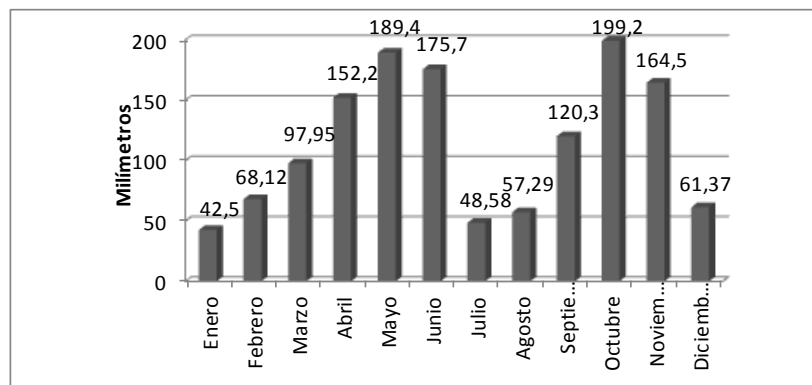
$$V_T = 96,8 m^3 \approx 97 m^3$$

### Tratamiento Secundario - Humedal construido de flujo subsuperficial horizontal

Antes de dimensionar el humedal es necesario realizar un análisis a la precipitación del municipio, para poder definir si es necesaria su participación en el diseño.

En el municipio de San José de Miranda, se presentan de manera general dos periodos de alta pluviosidad intercalados con periodos de baja pluviosidad; el periodo lluvioso en el primer semestre del año se presenta en los meses de abril, mayo y junio, para la mayoría del área municipal, el segundo periodo sucede entre los meses de octubre y noviembre con máximos de precipitación en el mes de Octubre. Los períodos con tendencia seca se presentan en el primer semestre del año, entre los meses de enero y febrero y en el segundo semestre entre julio y agosto y en el mes de diciembre y enero siendo críticos durante todo el período.

**Gráfico 5.** Distribución de la precipitación mensual del municipio de San José de Miranda, tomando como base la media mensual de precipitación.



De acuerdo al Plan Maestro de Alcantarillado del municipio, el tiempo de concentración de diseño para el alcantarillado pluvial es de 10,19 minutos. Aunque el municipio presenta altas precipitaciones en algunos meses del año, su duración es corta, y considerando que el área del humedal es pequeña respecto al área total del municipio, se puede despreciar el aporte por precipitación que cae directamente al humedal.

- Dimensionamiento

$$DBO_{5\text{proyectado}} = 17,38 \frac{\text{Ton}}{\text{año}}$$

$$DBO_{5\text{proyectado}} = 47616,44 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

El medio de soporte grava será remplazado por medio de soporte plástico de material reciclable.

En Colombia

$$1 HE = 60 \frac{\text{g } DBO_5}{\text{día}}$$

Entonces

$$DBO_{5\text{proyectado}} = 87617,44 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \text{ es igual a } 794 HE.$$

El área efectiva utilizada es  $1m^2 * HE$  y cómo son 794 HE, tendríamos  $794m^2$ .

Tomando una relación Largo/ Ancho 2:1, se divide la superficie total en varias celdas, en este caso serán 4 celdas de ancho igual a 11,5 m y largo de 23 m, de las cuales 3 celdas estarán en funcionamiento y 1 en reserva para cuando se realice el respectivo mantenimiento.

El humedal tendrá una profundidad de 0,7, el volumen es respectivamente 740,6 m<sup>3</sup> por lo tanto el tiempo de Retención es de 6 días aproximadamente. La macrófita a utilizar será Junco (Juncus, sp) ya que esta presenta buenas eficiencias en temperaturas bajas.

## ANEXO 4

### EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. MÉTODO MATRIZ DE LEOPOLD

Respecto a los posibles impactos potenciales, la literatura indica la necesidad de establecerlos durante la fase de diseño, construcción y operación. Sin embargo, para el presente trabajo solo se determinarán en forma general y los más significativos.

#### 1. La Belleza

**Figura 12.** Matriz de Leopold, San José de Miranda, Santander.

ACCIÓN PROPUESTA														
														PARÁMETRO AMBIENTAL
CARACTERÍSTICAS	Espacios abiertos y Salvajes		-3 / 4	-1 / 3	-2 / 2		-2 / 4	-3 / 3	-3 / 3			0	6	-45
	Flora		-2 / 4		-1 / 4	-1 / 4			6 / 8			1	3	32
	Fauna								-1 / 6			0	1	-6
	Salud y Seguridad	8 / 9	9 / 10	9 / 10	9 / 9		7 / 7	9 / 7				5	0	364
	Empleo				8 / 9	10 / 9			10 / 9	10 / 9	10 / 9	5	0	342
	Vector de enfermedades e insectos		-2 / 3					-2 / 6	-4 / 7			0	3	-46
	Aire		-2 / 2	-2 / 2			-2 / 2					0	3	-12
	Red de Servicios básicos				8 / 7	8 / 7			10 / 10			4	0	212
	Zona residencial	3 / 7										1	0	21
EVALUACIONES	AFECTACIONES POSITIVAS		2	1	1	2	2	1	1	3	1			
	AFECTACIONES NEGATIVAS		0	4	2	2	1	2	2	3	0			
	AGREGACIÓN DE IMPACTO		93	60	83	120	142	37	42	195	90	862		

**Tabla 11.** Pares ordenados matriz de Leopold, La Belleza.

M: Magnitud, I: Importancia.

PARES ORDENADOS									
M	I	M	I	M	I	M	I	M	I
9	9	-1	2	10	8	8	8	6	8
3	6	-1	3	9	8	-1	2	-1	6
-2	3	9	8	-1	4	-2	2	9	8
-2	4	-1	2	10	8	8	6	-3	6
9	8	-2	2	9	8	-1	5	9	9
-2	6	-1	4	-1	3	2	2	9	8

9	9	-1	-2	10	8	8	8	6	8
3	6	-1	-3	9	8	-1	-2	-1	-6
-2	-3	9	8	-1	-4	-2	-2	9	8
-2	-4	-1	-2	10	8	8	6	-3	-6
9	8	-2	-2	9	8	-1	-5	9	9
-2	-6	-1	-4	-1	-3	2	2	9	8



## 2. San José de Miranda

Figura 13. Pares ordenados matriz de Leopold, San José de Miranda.

ACCIÓN PROPUESTA PARÁMETRO AMBIENTAL		Señalización	Excavación	Reconformación y Compactación	Construcción del Aliviadero, Desarenador y Tanque Imhoff	Colocación de tubería	Relleno	Desalojo	Construcción del humedal	Funcionamiento del Humedal	EVALUACIONES		
											AFECCIONES POSITIVAS	AFECCIONES NEGATIVAS	AGREGACIÓN DEL IMPACTO
CARACTERÍSTICAS	Espacios abiertos y Salvajes		-2 / 3	-1 / 3	-2 / 2		-1 / 3	-2 / 2	-2 / 2		0	6	-24
	Flora		-2 / 4		-1 / 4	-1 / 4			6 / 8		1	3	32
	Fauna								-1 / 6		0	1	-6
	Salud y Seguridad	9 / 9	9 / 8	9 / 8			8 / 8	8 / 6			5	0	337
	Empleo				10 / 8	10 / 8			9 / 8	9 / 8	5	0	304
	Vector de enfermedades e insectos		-2 / 6					-1 / 5	-3 / 6		0	3	-35
	Aire		-1 / 2	-1 / 2			-1 / 2				0	3	-6
	Red de Servicios básicos				9 / 8	9 / 8			9 / 9		3	0	225
	Zona residencial	3 / 6									1	0	18
	EVALUACIONES	AFECCIONES POSITIVAS	2	1	1	2	2	1	1	3	1	845	
AFECCIONES NEGATIVAS		0	4	2	2	1	2	2	3	0			
AGREGACIÓN DE IMPACTO		99	44	67	144	148	59	39	173	72			

**Tabla 12.** Pares ordenados matriz de Leopold, San José de Miranda.

M: Magnitud, I: Importancia.

PARES ORDENADOS									
M	I	M	I	M	I	M	I	M	I
8	9	-2	2	8	9	7	7	-3	3
3	7	-1	3	8	7	10	9	6	8
-3	4	10	9	-1	4	-2	2	-1	6
-2	4	-2	2	10	9	-3	3	10	9
10	9	-2	2	8	7	9	7	-4	7
-2	3	-1	4	-2	4	-2	6	10	10

8	9	-2	-2	8	9	7	7	-3	-3
3	7	-1	-3	8	7	10	9	6	8
-3	-4	10	9	-1	-4	-2	-2	-1	-6
-2	-4	-2	-2	10	9	-3	-3	10	9
10	9	-2	-2	8	7	9	7	-4	-7
-2	-3	-1	-4	-2	-4	-2	-6	10	10

**Gráfico 6. Impactos ambientales San José de Miranda, Santander.**

