



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**SOLICITUD DE PERMISO DE CONCESIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES DE  
LA QUEBRADA “LA GUAYABALA” Y USO DEL RECURSO EN  
ACTIVIDADES DE LA EMPRESA**

Autor

Ricardo Luis Arrázola Geney

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Escuela ambiental

Medellín, Colombia

2019



Solicitud de permiso de concesión de aguas superficiales de la quebrada “La Guayabala” y uso del recurso en actividades de la empresa

Ricardo Luis Arrázola Geney

Informe de práctica  
como requisito para optar al título de:  
Ingeniero Sanitario.

Asesores

Margarita María Jaramillo Ciro

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Escuela ambiental.  
Medellín, Colombia  
2019.



# **SOLICITUD DE PERMISO DE CONCESIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES DE LA QUEBRADA “LA GUAYABALA” Y USO DEL RECURSO EN ACTIVIDADES DE LA EMPRESA.**

---

## **Resumen**

La empresa Tronex SAS contaba con un permiso de concesión de aguas superficiales de 12 L/s a captar de la quebrada la Guayabala y el uso del caudal concesionado se llevó a cabo correctamente durante 2 periodos de concesión, sin embargo, debido a situaciones de poblamiento e intervenciones antrópicas aguas arriba del punto de captación del recurso, este dejó de ser apto para ser aplicado en los usos previsto por los cambios en su calidad.

Debido a cambios como mayor arrastre de sedimentos y altos niveles de concentración de carga orgánica contaminante, luego de las actividades de riego se generaban olores ofensivos, lo cual podría traer complicaciones legales con los vecinos, igualmente estos cambios podían ocasionar problemáticas de salud pública, ya que las personas encargadas del riego y el lavado de vehículos estarían en contacto con el agua.

Teniendo en cuenta que la autoridad ambiental hace retiro de la concesión por falta de uso e incumplimiento en las condiciones por las cuales se otorgó esta, se buscan diferentes alternativas de uso para dicho caudal concesionado, para lo cual se cotizan sistemas de tratamiento para mejorar la calidad del recurso, los cuales se encuentran entre COP \$37'000.000 y COP \$800'000.000 con base en lo cual se tomará la decisión del sistema a implementar y continuar haciendo uso del recurso en la empresa.

También se realiza un levantamiento de información de consumo en la empresa, conociendo con este que el consumo de recurso en el lavado de vehículos disminuyó de 15 a 7m<sup>3</sup>/mes; volumen que puede entonces ser utilizado en lavado de pisos de planta de producción de la empresa luego del tratamiento realizado. Se formula un programa de uso eficiente y ahorro de agua PUEAA, en el cual, con información oficial, se halla que con una oferta de agua 260L/s una demanda de 7L/s; la quebrada puede abastecer las necesidades de agua de la empresa para las cuales se realiza la solicitud de prórroga de permiso de concesión.

## **Introducción**

La quebrada “La Guayabala” es una fuente de agua superficial que nace en las coordenadas 6°12'21.9"N 75°36'32.9"W y termina su curso en aguas de la quebrada Altavista al costado sur del cerro Nutibara, de la cual, mediante acto administrativo del Área Metropolitana del Valle de Aburra, resolución 0554 del 30/11/1988 de esta autoridad, se otorgó a la empresa TRONEX SAS una concesión de aguas con un caudal de 12 L/s previstos para el lavado de

los vehículos de la flota de consumo masivo de la empresa, el enfriamiento de bombas de alta presión Bright Star y riego de jardines.

El permiso ha sido renovado por 2 periodos consecutivos de 10 años y para el tercer periodo, la autoridad ambiental ha solicitado implementar un plan de uso eficiente y ahorro de agua PUEAA, además de realizar una nueva solicitud de concesión exponiendo las necesidades reales para el uso del recurso y las actividades en las cuales este sería utilizado. Para obtener el permiso se debe proceder con una revisión del estado actual de la concesión, revisando las obras civiles realizadas anteriormente para obtener el permiso, identificando el estado de la conducción de este, formulando el plan PUEAA, estudiando la calidad actual del agua y los tratamientos requeridos, lo cual lleva a analizar y proponer el uso del recurso para diferentes actividades.

Las actividades y procedimientos requeridos para lograr el permiso y/o prorrogar el existente son realizadas a lo largo del periodo de práctica profesional, entre los cuales se inicia con un seguimiento al estado actual de todos los componentes de la concesión, el levantamiento de información de consumo de agua de agua en la empresa, las posibles opciones para mejorar la calidad del agua para que sea apta para su uso y algunas opciones de uso de agua en la empresa que actualmente se realizan con agua tomada de la red de abastecimiento.

## **Objetivos**

### **General:**

Realizar las actividades y procesos exigidos por la autoridad ambiental para conservar el permiso de concesión otorgado anteriormente.

### **Específicos:**

- Implementar un sistema de tratamiento que mejore la calidad del agua captada de la quebrada La Guayabala con el fin de tener el recurso en condiciones óptimas para su uso.
- Formular el programa de uso eficiente y ahorro de agua y las actividades de educación y conservación ambiental que en este se deben incluir para los próximos 5 años.
- Definir opciones de uso del recurso y las posibilidades de tratamiento del agua en cuanto a posibles usos y su tratamiento relacionado.
- Realizar el seguimiento requerido al estado actual de la concesión para lograr proyectarse para el uso del recurso en diferentes actividades.
- Definir las actividades de educación a la comunidad incluidas en el PUEAA de tal manera que sean dinámicas, incluyentes y participativas con la comunidad.

## Marco Teórico

Para información técnica relacionada con la oferta demanda de agua en la zona de interés se tiene en cuenta la siguiente teoría utilizada por el IDEAM:

### **¿Qué es balance hídrico?**

Balance de agua basado en el principio de que durante un cierto intervalo de tiempo el aporte total a una cuenca o masa de agua debe ser igual a la salida total de agua más la variación neta en el almacenamiento de dicha cuenca o masa de agua.

### **¿Qué es caudal ecológico?**

1) Caudal mínimo que debe mantenerse en un curso fluvial al construir una represa, captación o derivación, de forma que no se alteren las condiciones naturales del biotopo y se garantice el desarrollo de una vida fluvial igual, o al menos parecida, a la que existía anteriormente en el río.

2) El agua reservada para preservar valores ecológicos, los hábitats naturales que cobijan riqueza de flora y fauna, las funciones ambientales como purificación de aguas, amortiguación de los extremos climatológicos e hidrológicos, los parques naturales y la diversidad de paisajes.

### **¿Qué es caudal crítico?**

1) Condición del caudal en la que la velocidad media corresponde a uno de los valores críticos, generalmente a la profundidad y velocidad críticas de Belanger.

2) Se usa también con referencia a las velocidades críticas de Reynolds que definen el punto en el cual el caudal deja de ser laminar o no turbulento.

3) Descarga máxima de un conducto que tiene una salida libre y agua acumulada en la entrada.

### **¿Qué es una microcuenca?**

Este término no figura en ningún diccionario hidrológico de la OMM o en un libro sobre la temática. Sin embargo, dado el uso continuo y la aplicación que se está dando en los planes de ordenamiento territorial –POT, se define igual que cuenca, con la acotación que se refiere a cuencas con áreas menores a 10 Km<sup>2</sup>.

### **¿Qué es la demanda hídrica actual y potencial?**

1) Consiste en los volúmenes de agua actuales requeridos para satisfacer las necesidades de una comunidad.

2) Son los requerimientos mínimos de agua proyectados de acuerdo con la concentración y crecimiento de la población.

### **¿Qué es índice de escasez?**

Índice que permite estimar la disponibilidad espacial del recurso hídrico de acuerdo con su abundancia o escasez. En sí consiste en un indicador de la demanda sobre la oferta.

**¿Qué es infiltración?**  
Flujo de agua que penetra en un medio poroso a través de la superficie del suelo.

**¿Qué es oferta hídrica?**  
Consiste en los volúmenes de agua disponibles, tanto espacial como temporalmente, en una área hidrográfica.

**¿Qué es un usuario?**  
1) Es usuario toda persona natural o jurídica, de derecho público o privado, que utilice agua tomada directamente del recurso o de un acueducto, o cuya actividad pueda producir vertimiento directo o indirecto al recurso.  
2) Persona natural o jurídica titular de una actividad industrial que utilice el alcantarillado para verter sus efluentes industriales.

Igualmente, se tienen en cuenta las siguientes ecuaciones teóricas propuestas por la OEA con aportes del IDEAM para metodologías de cálculos técnicos:

$$O_n = P * A (1 - 0,25 - 0,25)$$

**Ecuación 1.**

Donde:

O<sub>n</sub>: Oferta neta

P: Precipitación media anual (mm/año)

A: Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

0,25 reducciones por caudal ecológico

0,25 reducciones por calidad del agua

$$I_e = D / O_n \times 100\%$$

**Ecuación 2.**

Donde:

I<sub>e</sub>: Índice de escasez (%)

D: Demanda de agua (m<sup>3</sup>)

O<sub>n</sub>: Oferta neta de agua superficial (m<sup>3</sup>)

$$ESC = P - ETR$$

**Ecuación 3.**

Donde:

ESC: Escorrentía hídrica superficial (mm).

P: Precipitación (mm).

ETR: Evapotranspiración real (mm).

$$I_a = (ETP - ETR) / ETP$$

**Ecuación 4.**

Donde:

la: índice de aridez (adimensional).

ETP: evapotranspiración potencial (mm).

ETR: evapotranspiración real (mm).

$$ETR = [(ETP * P * \tanh(P/ETP)) / (1 - \cosh(ETP/P)) + (\sinh(ETP/P))]^{1/2} \quad \text{Ecuación 5.}$$

Donde:

ETR: Evapotranspiración Real (mm).

ETP: evapotranspiración potencial (mm).

P: precipitación (mm).

Para las concesiones de aguas superficiales, la autoridad ambiental y el estado expide diferentes documentos que brindan los lineamientos y procedimientos a realizar para obtener el permiso, entre estos se cuenta con la resolución 1257 de 2018 del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, la Guía de Ahorro y Uso Eficiente del Agua de la misma entidad, el cual se debe formular ya que es un requerimiento exigido por parte de la autoridad ambiental para prorrogar el permiso, entre otros, los cuales corresponden a un marco teórico bajo el cual se realiza todo el procedimiento.

**Decreto 1257 de 2018:** De los programa de uso eficiente y ahorro de agua.

- **Artículo I:** Objeto y ámbito de aplicación.

Establecer la estructura y contenido del Programa para el Uso Eficiente y Ahorro de Agua y el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro de Agua Simplificado.

- **Artículo II:** Contenido del Programa para el Uso Eficiente y Ahorro de Agua.

a) Información general: Identificar si es una fuente superficial e identificar sub zona hidrográfica.

b) Diagnóstico

- Línea base oferta de agua: Recopilar información de los riesgos sobre la oferta hídrica de la fuente abastecedora ante amenazas naturales o antrópicas que afecten la disponibilidad hídrica y considerar fuentes alternas cómo agua lluvia, reúso u otras que se considere sean viables técnica y económicamente.

- Línea base demanda de agua: Proyectar demanda anual de agua para el periodo de concesión, describir el sistema y método de medición de caudal utilizado en la actividad y unidades de medición correspondiente, calcular el balance de agua del sistema, definir el porcentaje de pérdidas respecto al caudal captado e identificar las acciones para el ahorro de agua.

c) Objetivo: Definir un objetivo general a partir del diagnóstico elaborado.

d) Plan de acción:

- Definición y descripción de los proyectos para implementar el uso eficiente y ahorro de agua, incluyendo actores involucrados y responsabilidades correspondientes.
- Establecer metas específicas, cuantificables y alcanzables de corto, mediano y largo plazo. Indicadores para el cumplimiento de metas, con ficha técnica metodológica.
- Inclusión del cronograma y presupuesto para la ejecución y seguimiento del PUEAA.

## **Metodología**

### **Área de estudio**

El área de estudio del presente proyecto corresponde a la cuenca de La quebrada La Guayabala, la cual en su recorrido recibe como afluentes cerca de 50 corrientes superficiales de menor magnitud y sirve como fuente de abastecimiento a 2 acueductos, lo cuales se indican en la sección de áreas de importancia ambiental más adelante. Para conocer el área de influencia, con ayuda del programa ArcGis 10.4 y teniendo la información topográfica y la red hídrica del municipio, se delimita la cuenca de la quebrada y con este archivo tipo shapefile como base, se extrae la demás información de interés asociada con la quebrada.

Del archivo correspondiente a la cuenca se tiene que el área de esta es de aproximadamente 10.67 Km<sup>2</sup> y teniendo delimitada la cuenca como un archivo tipo shapefile y la delimitación de los barrios de la ciudad también como archivo shapefile, se realiza otra intersección de ambos archivos y se obtienen los barrios que se encuentran ubicados dentro del área de la cuenca de manera total o parcial.

### **Levantamiento general de información acerca del consumo de agua en la empresa**

Se realiza un levantamiento de información general basado en mediciones y cálculos para conocer el consumo de agua en las diferentes actividades de la empresa y analizar si estas actividades se pueden realizar con el agua de la concesión. Los cálculos realizados y los valores obtenidos se tabulan y se registran en un documento de Excel, el cual se conserva en las carpetas de red de la empresa.

- **Lavado de vehículos**

La demanda de recurso en esta actividad se obtiene con un medidor instalado en la zona de lavado, el cual contabiliza el volumen gastado y con ayuda del formato GARG049 que los colaboradores diligencian cada vez que realizan el lavado se conoce el volumen total gastado en un tiempo determinado.

Este procedimiento se realiza de la siguiente manera:

- Visita inicial a zona de lavado provisión de formato para colaboradores que realizan lavado.
- Visita final para archivo de formato ya diligenciado por los colaboradores y provisión de nuevo formato a diligenciar.
- Resta de volumen inicial registrado menos volumen final para la obtención de volumen total gastado en el mes.

- **Enfriamiento de bombas de alta presión Bright Star**

Se ha establecido en estudios anteriores que ya se habían realizado en la empresa que el caudal requerido para esta actividad es de 11,984 L/s; por lo que, teniendo en cuenta que este caudal se definió como el requerido, para el presente proyecto no se realizaron mediciones de caudal en esta actividad, pues el caudal de 11,984 L/s es el que se tiene en cuenta para los cálculos de demanda total del recurso.

- **Riego de zonas verdes**

Se ha establecido realizar el riego de jardines y zonas verdes de la empresa haciendo uso del recurso captado de la quebrada La Guayabala, por lo que para cuantificar el volumen requerido y la necesidad de uso del recurso en esta actividad se realizan mediciones de caudal usando una probeta y tomando el tiempo en que el volumen conocido de la probeta se llena con el agua rociada de la manguera con que se realiza el riego así:

- Ubicación de la probeta frente a la manguera de rociado.
- Apertura de pistola de rociado y llenado de probeta repetidamente.
- Cálculo de caudal rociado y multiplicación de este por tiempo total de riego para cálculo de volumen gastado en la actividad.

- **Lavado de pisos de la planta de producción de pilas**

En periodos anteriores de concesión, se tenía la necesidad de 12 L/s para satisfacer las necesidades descritas, sin embargo, con la información actual, se tiene que el consumo de recurso disminuyó en el lavado de vehículos, por lo que se decide también utilizar el recurso captado para satisfacer la necesidad del lavado de pisos de la planta de producción, la cual se realizaba con agua potable y debido a que para el lavado de vehículos y riego de jardines se trata el agua para obtener condiciones de agua segura, esta puede ser usada para el lavado de pisos y baños sin inconvenientes.

El procedimiento se describe así:

- Registro de volumen almacenado en la máquina de lavado usada para dicha actividad.
- Registro de número de uso de la máquina por mes y multiplicación de valores.
- Conteo de número de recipientes usados en el lavado de un baño y registro de volumen de cada recipiente.

- Multiplicación de número de veces en que se realiza el lavado por el número de baños por el volumen de recipiente por el número de estos.

### **Solicitud de cotizaciones de tratamientos de agua para mejorar la calidad del recurso**

Para analizar la viabilidad y posibilidad de usos del agua se solicitan cotizaciones de sistemas de tratamiento de aguas con diferentes empresas, a la cuales se expone la necesidad del tratamiento y las características que se requiere tenga el agua luego del tratamiento, esto teniendo en cuenta que puede o no ser usada para consumo humano.

Para este procedimiento, con base en las necesidades de agua en las actividades de la empresa ya contabilizadas, se calcula el caudal que se requiere tratar y este se especifica a las empresas cotizantes y se solicitan las cotizaciones.

Para calcular el caudal a tratar en la planta de tratamiento, se parte del volumen total que se requiere al mes para suplir las necesidades mencionadas como se muestra a continuación, multiplicando este por un factor de seguridad de 2, con el cual se asegura que siempre se satisfagan las necesidades a pesar de las variabilidades en las actividades:

$$\text{Caudal a tratar } \left( \frac{L}{s} \right) = \text{Volumen total } \left( \frac{m^3}{mes} \right) * \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ dias}} * \frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ s}} * \frac{1000 \text{ L}}{1 m^3} * Fs$$

### **Seguimiento a estructuras**

Se realizan visitas a los puntos estratégicos del sistema de captación y conducción, como la bocatoma, sitios donde existan cajas de inspección, empalmes de tuberías y tuberías de conducción en general, con el fin de verificar que todo esté adecuado para que las aguas captadas de la quebrada sean dirigidas correctamente hasta las instalaciones de la empresa.

### **Formulación del PUEAA**

Para la formulación del programa se siguen los términos de referencia que se dan en la resolución 1257 de 2018, en la cual se dispone la estructura y contenido del PUEAA. En la formulación se incluyen las actividades que se deben realizar para cumplir las metas establecidas, proyectando estas a un periodo de 5 años, entre las cuales se tienen actividades de educación a la comunidad, actividades y proyectos de reducción de pérdidas y proyectos en general de conservación de cuencas hidrográficas.

La formulación de programa se realiza de la siguiente manera:

- Definición de zona de interés y macro cuenca, zona y subzona hidrográfica a la cual pertenece la quebrada y su cuenca: Se registra dicha información como mapas ilustrativos que se obtienen con ayuda de programa ArcGIS, usando herramientas de intersección de archivos, sección de datos, entre otros.
- Recopilación de información cálculo de línea base de oferta y demanda de agua: Se calcula esta a partir de información oficial obtenida por la autoridad ambiental y con ayuda de programa ArcGIS.
- Diagnóstico de uso de recurso a partir de línea base calculada.
- Definición de objetivos y formulación de actividades a desarrollar ara cumplir estos.
- Definición de metas, indicadores e inclusión de la población en actividades a desarrollar.
- Registro de información de interés ambiental social recopilada.

Para encontrar la oferta y demanda hídrica en la cuenca, se hace uso de información oficial brindada por la autoridad ambiental acerca de valores de estos parámetros calculados para las cuencas de todos los afluentes directos al río Medellín, entre las cuales se encuentra la cuenca de la quebrada Altavista, de la cual la cuenca La Guayabala hace parte, al ser dicha quebrada, un afluente de la quebrada Altavista que desemboca directamente al río.

Con esta información se realiza un análisis y al tener que la oferta de agua en la cuenca Altavista corresponde a un caudal anual de 584 L/s; que la cuenca La Guayabala ocupa un 44% del área total de la cuenca Altavista, que la topografía es muy similar en toda la cuenca Altavista, que las condiciones climáticas son también similares en toda la cuenca, que se cuenta con el mismo número de estaciones pluviográficas en ambas cuencas y que la red hídrica en ambas cuencas es proporcional a su área, se calcula la oferta de la cuenca La Guayabala, multiplicando el valor calculado por la autoridad ambiental por el porcentaje de área que ocupa la cuenca La Guayabala en la cuenca Altavista.

Con el resultado obtenido se hace una comparación con el cálculo realizado por la empresa PRINZA SA en el informe "SERVIDUMBRE DE AGUAS. QUEBRADA LA GUAYABALA" en el cual utilizando la metodología de los polígonos de Thiessen se calcularon los caudales medios y mínimo para un área de 4.55 Km<sup>2</sup> correspondiente a la zona alta de la quebrada.

Para registrar el valor de demanda hídrica en la cuenca La Guayabala, se hace una analogía similar, teniendo en cuenta las coberturas en ambas cuencas, se obtiene un porcentaje promedio de cobertura residencial y de pastoreo extensivo y teniendo en cuenta que la demanda del recurso se debe principalmente al consumo poblacional y a los procesos de producción, agrícolas o ganadería, el valor de demanda hídrica para la cuenca La Guayabala se calcula multiplicando el valor obtenido por la autoridad ambiental para la cuenca Altavista por el porcentaje promedio del porcentaje de ocupación del área residencial y de pastoreo extensivo de la cuenca La Guayabala en la cuenca Altavista.

## Resultados

### Información de consumo de recurso en lavado de vehículos

La información obtenida del consumo del recurso por mes en dicha actividad se tabula a continuación y se muestra también el medidor que contabiliza el recurso.

**Tabla 1:** Consumo de recurso.

Consumo de recurso	
Meses	Volumen (m3)
Mes 1	8
Mes 2	7
Mes 3	6
Mes 4	7
Mes 5	7
Mes 6	7
Promedio	7



**Imagen 1:** Medidor en lavado de vehículos. Fuente: Imagen propia.

Cabe resaltar que en el consumo de recurso para esta actividad se incluye los lavados de cadenas del taller de mantenimiento, las canecas recolectoras de residuos y otros lavados cuyas aguas deban ser tratadas en la PTARnD antes de ser vertidas a la red de alcantarillado.

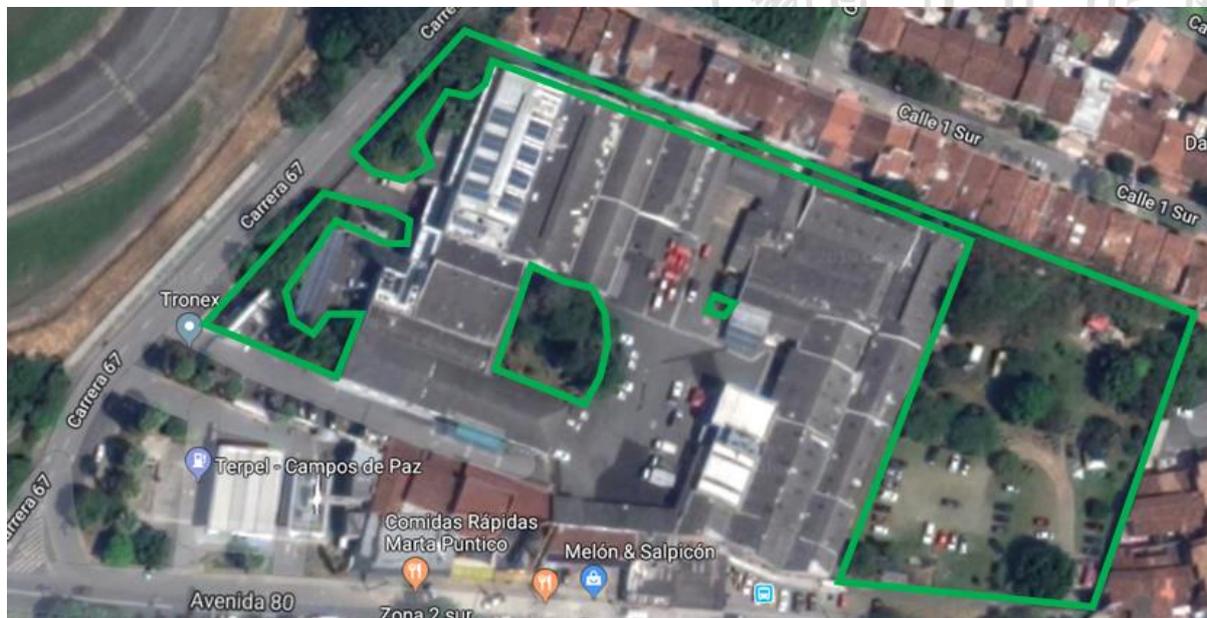
En la siguiente tabla se muestra el tipo de vehículos a los que se realiza lavado con el recurso otorgado por concesión y el caudal requerido para dicha actividad.

**Tabla 2:** Vehículos y consumo.

Lavado		
Tipo de vehículo	Unidades	Proceso
Automóvil	1	Administrativo
Camión (NKR)	11	Consumo masivo
Camioneta	13	Administrativo
Carry (N300)	20	Consumo masivo
Doble cabina	3	Tronex Industrial
Montacargas	2	Cadenas de abastecimiento
Motocicleta	32	Consumo masivo
Recolector residuos	10	Gestión Ambiental
Cadenas y otros	-	Taller de mantenimiento
Consumo del recurso (L/s)		0,004

### Información de consumo de recurso en el riego de zonas verdes

A continuación se presenta una ilustración de las zonas de riego en la empresa.



**Ilustración 1:** Zonas de riego en la empresa. Fuente: Imagen propia.

Los resultados de consumo de recurso obtenidos para esta actividad se muestran a continuación:

**Tabla 3:** Consumo de recurso en riego de zonas verdes.

<b>Consumo de recurso</b>	
Ensayo 1	0,14
Ensayo 2	0,15
Ensayo 3	0,18
Ensayo 4	0,18
Ensayo 5	0,18
Promedio ensayos (L/s)	0,17
L en media hora de riego de jardín	298
L en 1,5 horas de riego frontal	893
m3 en total por cada riego día	1,2
Días de riego al mes	12
m3 mes	14

### **Información de consumo de recurso en el lavado de pisos y baños de la planta de producción**

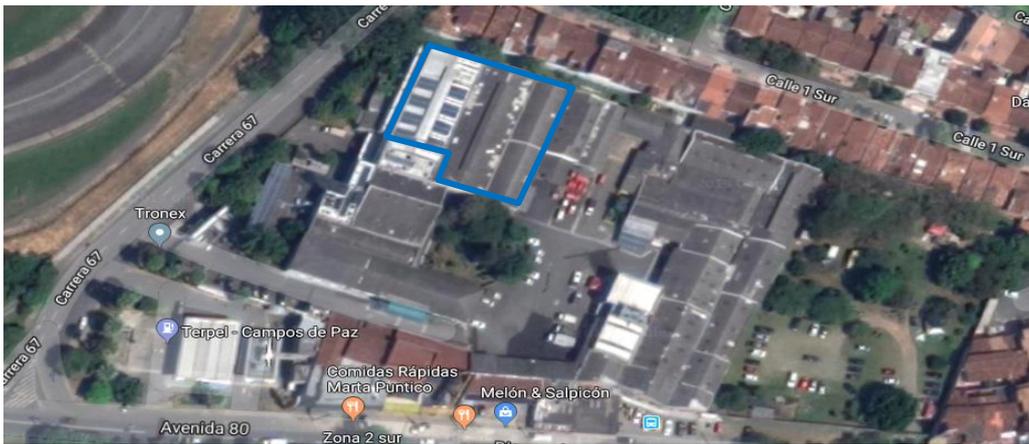
A continuación se muestra la información obtenida y la máquina de lavado de pisos utilizada en la planta de producción y se presenta una ilustración de la zona a que se realiza lavado en la planta de producción.

**Tabla 4:** Consumo en lavado de pisos y baños.

<b>Consumo en lavado de pisos</b>	
Volumen máquina (L)	550
Lavados por mes	3
m3 mes	1,65
<b>Consumo en lavado de baños</b>	
Volumen recipiente (L)	12
Recipientes gastados	5
# de baños	3
Lavados por mes	16
m3 mes	2,88
m3 total mes	4,5



**Imagen 2:** Máquina de lavado de pisos en planta de producción. Fuente: Imagen propia.



**Ilustración 2:** Zona de lavado en planta de producción. Fuente: Imagen propia.

### Cotizaciones obtenidas para las opciones de tratamiento y los diferentes caudales calculados

Teniendo la información de caudal que se requiere en la empresa para las opciones de tratamiento, la cual se tiene en la metodología, se realiza la solicitud de cotizaciones a las empresas Aguatec SAS, Gaia SA, HOH y a Ingestrategia SAS, de las cuales se obtienen los costos de diferentes sistemas de tratamiento para diferentes caudales como se muestra a continuación:

**Tabla 5:** Cotizaciones de sistemas de tratamiento con diferentes caudales.

Cotizaciones			
Empresa	Caudal (L/s)	Tecnología	Costo aproximado (COP\$)
Gaia SA	12	Convencional (Potable)	350.000.000
	1		127.000.000
	0,3		82.500.000
	0,3	Convencional (Segura)	45.000.000
	0,1	Convencional (Segura)	46.000.000
HOH	12	Ultra Filtración (Potable)	800.000.000
	0,9		37.000.000
Ingestrategia	12	Convencional (Potable)	356.000.000

Como información necesaria para la cotización de los sistemas de tratamiento surge la necesidad de realizar una nueva caracterización del agua; por esto se solicitan cotizaciones de caracterización del agua a diferentes empresas obteniendo los siguientes resultados.

**Tabla 6:** Cotizaciones caracterización de aguas.

Cotizaciones		
Empresa	Tipo	Costo aproximado (COP\$)
Gaia SA	Muestreo compuesto	2.800.000
Hidroasesores	Muestreo compuesto	1.400.000

Cabe resaltar que se proponen 2 muestreos para tener una aproximación más ajustada a la realidad de las características del agua en el tiempo, dichos muestreos se proponen en tiempo de lluvias y época seca, para con esto, conocer las características del agua en condiciones atípicas y con estas proceder a analizar y realizar el tratamiento del recurso de manera óptima.

#### **Resultado de visitas de seguimiento a estructuras**

En el seguimiento se realizan 6 visitas con las cuales se analiza la situación de tuberías y estructuras y se concluye que la conducción no se encuentra operativa, pues el recurso captado no llega hasta las instalaciones de la empresa, por lo que se contrata a la empresa Mantenimientos Hidráulicos para realizar dicho seguimiento, corregir las anomalías y lograr tener el recurso nuevamente en las instalaciones de la empresa, disponible para ingresar al sistema de tratamiento y a las máquinas de alta presión.

El seguimiento realizado arrojó la siguiente información:

- La bocatoma y la cámara de derivación revisadas en la primera visita, se encuentran operativas, por lo que se cuenta con dichas estructuras para la conducción del recurso entre ambas.
- La conducción y las estructuras hidráulicas desde la cámara de derivación hasta la caja de inspección sobre la avenida 80, revisadas en las visitas #2 y #3 no se encuentran funcionales y se tiene un desconocimiento del recorrido exacto del recurso, por lo que se propone la intervención de una empresa especializada en seguimiento de tuberías.
- Con el informe preliminar entrega por la empresa contratada, realizado con base en las revisiones #4 y #5 se concluye que hace

falta una intervención por parte del Club Deportivo El Rodeo para permitir el acceso a la tubería de conducción desde cierto punto donde la cámara no pudo continuar por obstrucción, el diagnóstico para estas visitas indica que las obstrucciones se deben a acumulación de sedimentos en algunos tramos de la tubería de conducción y debido al paso de la cámara, parte del recurso captado vuelve a fluir hasta llegar a las instalaciones de la empresa.

- Para culminar con dicho seguimiento, se proyecta una sexta revisión, en la cual se realice el des taponamiento de las obstrucciones y que el total del recurso captado vuelva a estar disponible en las instalaciones de la empresa.

### **Resultados PUEEA**

Se define como objetivo general reducir en un 20% los consumos de agua en las actividades de la empresa que se llevan a cabo con el recurso captado de la quebrada; implementando para esto estrategias de uso eficiente y ahorro del agua, incluyendo en este porcentaje los logros en reducción de pérdidas.

Para cumplir este objetivo se formulan algunas actividades a realizar durante el periodo de vigencia del PUEEA y tal como se ha mencionado, estas incluyen educación a la comunidad, jornadas de limpieza y siempre entre otras como se relaciona a continuación.

- **Almacenamiento seguro del agua después de tratar:**  
Se plantea la adquisición de un tanque de almacenamiento para el efluente del sistema de tratamiento, evitando con esto pérdidas por calidad. Esta actividad se llevará a cabo luego de tener implementado el sistema de tratamiento.
- **Mantenimiento de las estructuras hidráulicas y de conducción:**  
El mantenimiento y seguimiento a estructuras hidráulicas se realizará de manera preventiva el último trimestre de cada año registrando dicha actividad en un formato de la compañía, conservando la información en las carpetas de red de la empresa, para así llevar control del indicador correspondiente al seguimiento de estructuras.

Las actividades con la comunidad que se plantean para su ejecución durante los 5 años del plan y el plan de ejecución de las mismas se registran a continuación:

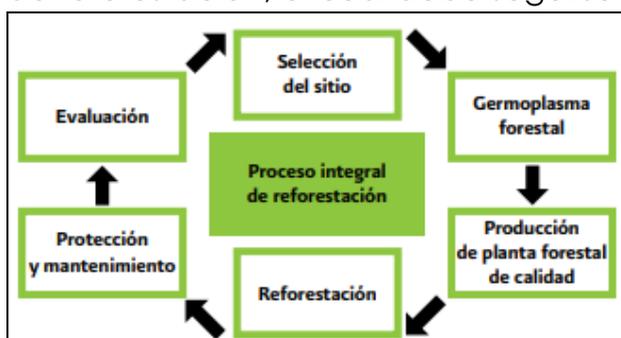
- **Jornadas de limpieza de la quebrada en zona de nacimiento o partes contaminadas:**

Programación de actividad 2 veces cada año, haciendo llegar la invitación hasta la comunidad a través de la junta de acción comunal de cada sector. Las jornadas de limpieza del cauce se llevarán a cabo en el segundo semestre del año, teniendo en cuenta que la actividad se programará antes de iniciar la época de lluvias con el fin de que en las crecidas los residuos en esta no sean arrastrados sino que sean retirados antes para su disposición adecuada.

- **Reforestación en zona de nacimiento y zonas de protección donde se permita la siembra de nuevos especímenes:**

Programación de actividad 1 vez cada año, invitando a participar a la población de la cuenca a través de las juntas de acción comunal de cada sector.

Se define el siguiente procedimiento para la siembra en la actividad de reforestación, el cual debe seguirse al ejecutar la actividad:



**Esquema 1:** Procedimiento a seguir durante la actividad de reforestación. Tomado de: PRACTICAS DE REFORESTACIÓN Manual Básico. Enlace:

[https://www.conafor.gob.mx/BIBLIOTECA/MANUAL\\_PRACTICAS\\_DE\\_REFORESTACION.PDF](https://www.conafor.gob.mx/BIBLIOTECA/MANUAL_PRACTICAS_DE_REFORESTACION.PDF)

Igualmente se propone el manual básico de Prácticas de Reforestación relacionado antes para llevar a cabo la actividad, teniendo en cuenta los lineamientos y recomendaciones que en este se brindan, dicho manual puede encontrarse en las carpetas de red de la empresa.

Se propone como áreas de trabajo para limpieza y reforestación, las que hacen parte de las áreas de interés estratégico de la estructura ecológica principal definida en el POT, las cuales se registran más adelante en la sección áreas de interés ambiental.

- **Educación a la comunidad e invitación e inclusión en las actividades:**

La educación con la comunidad y relacionamiento con esta es fundamental en el proceso, pues mediante el acercamiento con la población, se extenderán las invitaciones a participar en las actividades de siembra y limpieza establecidas, la empresa brindará educación acerca del cuidado del ambiente y el manejo conservativo de cuencas, presentado temas de actualidad y problemáticas ambientales como contaminación del agua, la importancia de cuidar este recurso y como nuestras actividades generan impactos negativos al ambiente, entre otros, mostrando también como se puede contribuir a corregir dichas problemáticas o minimizar impactos negativos que como humanos podemos ocasionar al ambiente.

Estas actividades se realizarán 2 veces por año, de manera estratégica para que en dichos espacios se extienda la invitación a participar en la jornada de limpieza y reforestación a realizar posteriormente.

- **Campañas de sensibilización de gestión ambiental para el uso eficiente y racional del agua:**

Se plantea realizar campañas de sensibilización y concientización, haciendo énfasis e incluyendo en las campañas que se realicen, temas relacionados con la concesión, así como la invitación al uso eficiente, racional y ahorro de agua, los cuales puedan ser llevados hasta los hogares y lograr con esto un mayor impacto benéfico al ambiente en cuanto al recurso hídrico.

Se incluirán también temas relacionados con el manejo de residuos sólidos y como estos impactan directa y negativamente la calidad del agua cuando se gestionan de manera inadecuada. Se plantea realizar estas campañas 1 vez por semestre.

- **Posible uso de aguas lluvias (Contabilizar aguas lluvias y determinar volumen estimado captado):**

Se realizará un estudio de la posibilidad de captar y usar aguas lluvias en los procesos de la empresa, contabilizando el volumen captado de la precipitación y estudiando las opciones de uso de dicho volumen, análisis de costo y beneficio y viabilidad de las opciones. Dicha actividad se llevará a cabo durante los 2 primeros años del plan y en caso de no encontrar una opción viable, se retomará en el 5 año, para tener información base para plantear la actividad para el segundo quinquenio del periodo concesionado, en el cual se presentará

nuevamente el PUEAA con nuevas actividades y mejoras realizadas al actual.

- **Instalación de medidores:**

Teniendo el sistema de conducción operativo y ya instalado el sistema de tratamiento, se procederá con la instalación de medidores siguiendo el esquema 2 de medidores a lo largo del sistema de derivación, conducción, tratamiento y distribución de la sección Reducción de pérdidas, dicha actividad se llevará a cabo durante los 2 primeros años, de manera que a partir del tercer año todos los medidores se encuentren instalados y funcionando correctamente y con esto analizar los consumos en cada actividad y controlar las pérdidas, llevando con esto el indicador de pérdidas que se registra y conserva en las carpetas de red de Gestión Ambiental de la empresa.

- **Cambio de tramo en concreto por PVC:**

El cambio de tubería se plantea para ser ejecutado los 2 primeros años, de manera que esta actividad y la instalación de medidores se encuentren ejecutadas para que en el segundo año se puedan realizar los análisis de pérdidas y definir opciones de mejora observadas durante el primer año de implementación del plan, el cual sirve como tiempo de adaptación y estudio de situaciones.

- **Oferta y demanda hídrica en la cuenca La Guayabala**

Los resultados del cálculo de oferta hídrica que se ha indicado en la metodología se muestran a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Área total cuenca Altavista} &= 24.15 \text{ Km}^2 \\ \text{Área total cuenca La Guayabala} &= 10.64 \text{ Km}^2 \\ \% \text{ de área La Guayabala} &= 44\% \\ \text{Caudal de oferta hídrica Altavista} &= 584 \text{ L/s} \\ \text{Oferta hídrica La Guayabala} &= 584 * 44\% = 260 \text{ L/s} \end{aligned}$$

En el estudio con que se compara el resultado se calcularon los caudales medios y mínimo para un área de 4.55 Km<sup>2</sup> correspondiente a la zona alta de la quebrada y los resultados de este son los siguientes:

**Tabla 7:** Resultados de estudio hidrológico cuenca La Guayabala.

Área (Km <sup>2</sup> )	Precipitación media (mm/año)	Evapotranspiración Media (mm/año)			Caudal Medio (m <sup>3</sup> /s)		
		Cenicafé	Turc	Regional	Cenicafé	Turc	Regional
4.55	1773	952	909	964	0.118	0.125	0.117

La comparación sirve para verificar que la aproximación realizada se ajusta a la realidad, pues para el área total de la cuenca Altavista, 24.15 Km<sup>2</sup> se tiene una oferta de 0.584m<sup>3</sup>/s; mientras que para un área de 4.55 Km<sup>2</sup> correspondientes a parte de la cuenca La Guayabala se tiene una oferta de 0.12 m<sup>3</sup>/s; así la aproximación de 0.26 m<sup>3</sup>/s para el área total de la cuenca La Guayabala, 10.62 km<sup>2</sup> se ajusta de manera aceptable al resultado que se tendría al calcular la oferta de la cuenca La Guayabala con los métodos de hidrología existentes.

**Tabla 8:** Oferta hídrica cuenca La Guayabala.

Cuenca	Área (km <sup>2</sup> )	% de área	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Altavista	24.15	100	0.584
La Guayabala	10.64	44.05	0.257
La Guayabala parte alta	4.55	18.84	0.12

El resultado del cálculo de la demanda corresponde al siguiente:

Demanda hídrica Altavista = 21.366 L/s

% residencial de La Guayabala respecto a Altavista: 61%

% pastoreo de La Guayabala respecto a Altavista: 6%

Demanda hídrica La Guayabala = 21,366 L/s \* 34% = 7.26 L/s.

Ahora bien, la demanda hídrica de la empresa corresponde a la información inicial que se levantó, calculando los caudales y volúmenes requeridos en las actividades de la empresa y las opciones que se tienen para el uso del recurso.

Dicha información se resume en la siguiente tabla, la cual muestra el caudal total requerido por concesión.

**Tabla 9:** Demanda hídrica Tronex.

Demanda hídrica	
Actividad	Caudal (L/s)
Enfriamiento bombas Brigh Star	11.984
Lavado de vehículos TAT	0.004
Lavado de pisos y baños	0.0026
Riego de jardines	0.01
<b>Total</b>	<b>12</b>

Con base en la oferta hídrica superficial de la cuenca La Guayabala se realiza un diagnóstico de la disponibilidad del recurso, por lo que teniendo en cuenta que la demanda hídrica de la empresa corresponde a un 5% de la oferta total, se concluye que las actividades que deben realizarse en la gestión del recurso hídrico deben ser enfocadas en la conservación de la cuenca y en la educación ambiental a la comunidad en general, incluyendo el personal de la empresa.

Se realiza un diagnóstico de disponibilidad del recurso con base en el cual se han definido las actividades a realizar durante el periodo de concesión y vigencia del PUEAA, dicho diagnóstico se realiza conociendo la oferta hídrica de la cuenca y la demanda del recurso, las cuales al ser calculadas por la autoridad ambiental, corresponde a información oficial confiable.

El valor de demanda hídrica corresponde a 7.26 L/s y al tener un total de 26 L/s, se concluye que se tiene una disponibilidad suficiente de agua para satisfacer las necesidades humanas y conservar las corrientes superficiales, al descontar un porcentaje por caudal ambiental.

- **Áreas de interés ambiental en la gestión del recurso hídrico**

Como gestión del recurso hídrico se cuenta con la conservación y manejo que se dé a las áreas de interés ambiental dentro del área de interés del estudio y teniendo en cuenta lo anterior se realiza una revisión bibliográfica y se obtiene que cómo áreas de interés ambiental y ecológico en la cuenca La Guayabala se registran las de la siguiente tabla, las cuales han sido obtenidas del POT del municipio ACUERDO 48 de 2014, Alcaldía de Medellín, los resultados se muestran a continuación:

**Tabla 10:** Conformación de cuenca La Guayabala en estructura ecológica principal.

Estructura Ecológica Principal (EEP)						
Áreas protegidas	Áreas de interés estratégico					
Reservas	Sistema hidrográfico			Sistema orográfico		Nodos y enlaces estructurantes
Parques naturales y reservas naturales y forestales	Humedales, ríos y quebradas y sus retiros	Cuencas y microcuencas abastecedoras y de orden 0	Ojos de sal	Cerros tutelares	Cadenas montañosas estructurantes	Red de conectividad
	Quebrada la Guayabala como drenaje y corredor principal	Quebrada La Guayabala para los acueductos Agua Pura y Manzanillo. Y las veredas El Jardín y San José del Manzanillo como cuencas de orden 0 con un área total de 69,04 ha		Las 3 cruces o Morro Pelón	Las cuchillas El Barcino y Manzanillo, divisorias de agua que forman el corregimiento Altavista, incluyendo los Altos de Morro Pelón	Corredor ripario y de la quebrada La Guayabala. Redes paisajísticas y de recreación, club deportivo el Rodeo.

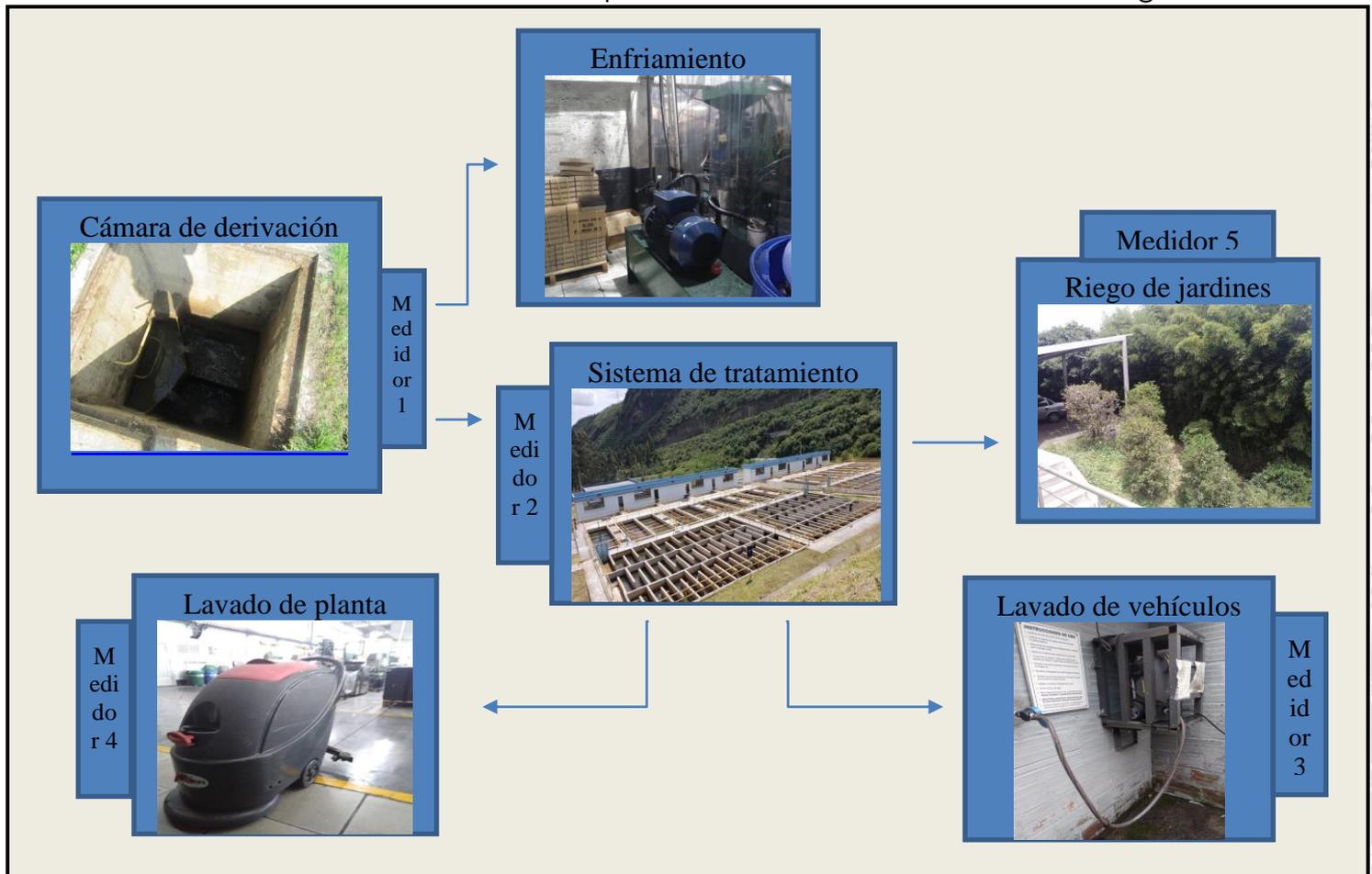
Se tienen definidas en el POT del municipio obras de manejo ambiental entre las cuales se formulan corredores verdes prioritarios del plan, incluyendo en estos, el mantenimiento prioritario a las paralelas a la quebrada La Guayabala, tramo entre la carrera 70 y calle 1 Sur, resaltando como parámetro urbanístico la preservación de las calidades paisajísticas y de espacio público peatonal y como parámetro ecológico establecer prácticas de sostenimiento de la cobertura vegetal.

- **Reducción de pérdidas**

Con el fin de tener información relacionada con el consumo de agua en la empresa y las pérdidas que se pueden tener, se define el sistema de conducción, el sistema de tratamiento y el sistema de distribución como un sistema global, al cual ingresa el caudal de 12L/s provisto de la caja de derivación y contabilizado mediante una canaleta Parshall, el cual es utilizado en las actividades de la empresa.

Resulta necesario tener un registro de caudales y volumen gastado para conocer las pérdidas del sistema y con base en estas plantear medidas y acciones de reducción, lo cual debe realizarse y tenerse en cuenta en la formulación de todos los programas.

A continuación se muestra un esquema del sistema de medición del agua:



**Esquema 1:** Medidores del sistema global. Fuente: Imagen propia.

El porcentaje de reducción que se debe tener en cuenta cuando se diseñan sistemas de abastecimiento, según el RAS corresponde a un 25% y teniendo en cuenta que el sistema definido es de una escala mucho menor a la de un sistema de abastecimiento de una comunidad de cerca de 1500 habitantes, se define la meta anual de reducción de pérdidas en un 10%, esto teniendo en cuenta que por ser un tramo relativamente corto desde la bocatoma hasta la cámara de derivación y de esta a las instalaciones de la empresa, las posibilidades de pérdidas por conexiones ilegales se disminuyen considerablemente, igualmente, teniendo en cuenta que la tubería de conducción se construyó en material PVC hace cerca de 7 años, las pérdidas por infiltración también son bajas.

Se tiene en cuenta que con el tiempo, se reducirán las pérdidas por reboses en el almacenamiento o por contaminación después de este, así como las correcciones que se lleven a cabo en cuanto a pérdidas por fugas en las tuberías y conexiones, confirmando con esto que las pérdidas irán reduciendo hasta llegar a una meta establecida en 5%.

A continuación se tabula dicha información:

**Tabla 11:** Metas de reducción y actividades para alcanzar estas.

	Caudal	Volumen diario	% de pérdidas	Actividades
Año 1	12 L/s	1036,8 m <sup>3</sup> /día	10	Revisión y acondicionamiento inicial
Año 2			10	Monitoreo y mantenimiento general
Año 3			5	Reparaciones u opciones de mejora observadas en el monitoreo y mantenimiento general
Año 4			5	
Año 5			5	

Las pérdidas se medirán con base en el registro de los medidores instalados a lo largo del sistema como se ilustra en el esquema anterior y la información para el cálculo de estas se levantará en un formato, el cual será diligenciado por el personal de gestión ambiental y se encontrará registrado en las carpetas de red de la compañía.

En el formato en que se diligenciará la información manera mensual y se hallará el porcentaje de pérdidas restando el valor registrado en los medidores de la siguiente manera:

*Medidor 1 – Medidor 2 = Pérdidas a lo largo de la conducción.*

*Medidor 2 – (Medidor 3 + Medidor 4 + Medidor 5) = Pérdidas en sistema de tratamiento.*

*Medidor 1 – (Medidor 3 + Medidor 4 + Medidor 5) = Pérdidas globales.*

La meta de reducción de pérdidas para cada año, corresponde a la reducción en pérdidas globales, las cuales son las que se buscarán reducir mediante acciones correctivas o de mejora que sean necesarias y se observen luego de tener el primer registro.

- **Consideraciones de entradas y salidas en el sistema definido**

Para el sistema se analizan las pérdidas que pueden presentarse a lo largo del recorrido del recurso desde su derivación hasta su distribución y se concluye que no se tienen pérdidas por evaporación y evapotranspiración que deban ser tenidas en cuenta, pues la conducción, el tratamiento y la distribución del recurso, se realiza en tramos cortos, a través de los cuales no se alcanza a evaporar una cantidad significativa de agua, teniendo con esto una suposición de evaporación igual a cero. Así mismo, para la evapotranspiración se tiene un valor de cero, lo cual se analiza claramente, al no existir flora dentro del sistema de derivación, conducción, tratamiento y distribución del recurso.

Teniendo en cuenta la infiltración, se analiza que debido a que el recurso atraviesa un tramo que se encuentra construido en concreto, se pueden presentar pérdidas por infiltración a través de este tramo y de igual manera, teniendo en cuenta que a lo largo de la conducción existen empalmes de tuberías, se asume también pérdidas por infiltración a lo largo de toda la conducción, las cuales son las que se revisan y con base en las cuales se definen actividades y estrategias de reducción.

La precipitación es un factor que no influye en el sistema y si bien, en épocas de lluvia el consumo en riego de jardines disminuye, por lo general aumenta un poco el consumo en lavado de vehículos. Este factor no afecta la derivación, conducción y distribución del recurso, por tratarse este de un sistema cerrado y debido a que la bocatoma está diseñada para captar sólo los 24L/s con que se abastecerán el Club Deportivo El Rodeo y Tronex SAS.

- **Indicadores**

Se plantean los siguientes indicadores para evaluar la efectividad y cumplimiento de las actividades planteadas a llevar a cabo durante el periodo de formulación.

$$\% \text{ de cumplimiento} = \frac{\text{Actividades finalizadas en el quinquenio}}{\text{Total de actividades planeadas en el quinquenio}} * 100\%$$

$$\% \text{ de reducción de pérdidas} = \frac{\text{Pérdidas mes 1} - \text{Pérdidas anuales}}{\text{Pérdidas mes 1}} * 100\%$$

$$\% \text{ de espacios de educación} = \frac{\text{Espacios realizados al semestre}}{\text{Total de espacios planeados al semestre}} * 100\%$$

$$\% \text{ de jornadas de limpieza} = \frac{\text{Jornadas realizadas al año}}{\text{Total de jornadas planeadas al año}} * 100\%$$

$$\% \text{ de siembra} = \frac{\text{Siembras realizadas al año}}{\text{Total de siembras planeadas al año}} * 100\%$$

$$\begin{aligned} &\% \text{ de campañas en la empresa} \\ &= \frac{\text{Campañas lanzadas al semestre}}{\text{Total de campañas planeadas al semestre}} * 100\% \end{aligned}$$

$$\% \text{ de medidores instalados} = \frac{\text{Medidores instalados al año 2}}{\text{Total de medidores a instalar al año 2}} * 100\%$$

$$\% \text{ de mantenimientos} = \frac{\text{Mantenimiento realizados a estructuras al año}}{\text{Total de mantenimientos planeados al año}} * 100\%$$

Se define que estos indicadores se revisan cada 6 meses con apoyo del área de Gestión Ambiental para definir estrategias de avance y acción en caso que los resultados no sean los esperados y en cuanto a las campañas de sensibilización para el cuidado del agua, cuencas y fuentes hídricas, Gestión Ambiental lleva el indicador de estas actividades y su registro se conserva en las carpetas de red de la compañía.

Con el fin de tener el registro de los indicadores se elabora un archivo tipo Excel en el cual se digitan los valores correspondientes a cada indicador y este, al contar con ecuaciones, arroja el porcentaje del indicador digitando sólo el dato correspondiente al numerador de las ecuaciones mostradas al inicio de esta sección.

El documento de diligenciamiento de indicadores se puede encontrar en las carpetas de red de la compañía, en la ruta G:\Gestion Ambiental\1. Administración SGA\8. Personal Gestión Ambiental\11. Estudiantes en práctica\2019\Semestre 1\Practicante SIG\_RicardoArrázolaG\Concesión.

### **Conclusiones**

Con base en los resultados obtenidos con las actividades ejecutadas para cumplir los objetivos del proyecto se tienen las siguientes conclusiones:

- La gerencia de la compañía estudiará las opciones que se han propuesto desde el área de gestión ambiental con el presente proyecto y decidirá cuál de estas será ejecutada para realizar el proceso de renovación del permiso de concesión y hacer uso nuevamente del recurso captado, así mismo, apoyará en todo sentido la gestión que se realice con las campañas de limpieza, reforestación, educación a la comunidad, seguimiento y mantenimiento de estructuras, etc.
- Se concluye que para tener provecho de los recursos naturales, se deben llevar a cabo actividades de conservación ambiental, pues en la ejecución del presente proyecto se observa que por intervenciones antrópicas el recurso que se captaba por concesión dejó de ser apto para su uso, lo cual puede ser controlado con educación y sensibilización a la comunidad, igualmente este llegó a no estar disponible en la empresa debido a falta de seguimiento y mantenimiento a las estructuras que se tenían.
- Tronex SAS es una empresa que no presenta una alta demanda del recurso hídrico debido a que sus procesos productivos se realizan en seco, sin embargo, se tiene un alto consumo de agua en el enfriamiento de maquinaria, lo cual lleva a la empresa a ejecutar acciones de gestión integral del recurso hídrico, incluyendo

relacionamiento con la comunidad como se ha mencionado e incluido en el programa de uso eficiente y ahorro de agua de la empresa y conservación de la fuente y la cuenca de esta.

- El presupuesto requerido para llevar a cabo las actividades programadas en el PUEAA será avalado por la gerencia de la compañía y de igual manera se tendrá el apoyo de esta con recursos humanos y personal capacitado.
- Luego de tener el recurso disponible y utilizado en la empresa, el área de gestión ambiental apoyará en la medida de sus capacidades y sus responsabilidades el funcionamiento de dicha actividad, apoyando en la gestión del recurso dentro y fuera de la empresa, indicando con esto, las actividades de educación, sensibilización y concientización ambiental con el personal de la compañía y la comunidad de la cuenca.
- Parte del recurso captado de la quebrada es retornado a esta, pues el caudal utilizado en el enfriamiento, luego de ser usado, es vertido a la quebrada La Guayabala Oriental, la cual entrega sus aguas nuevamente a la quebrada La Guayabal, aguas abajo de donde se capta el recurso, creando así un sistema que se puede asumir como cerrado, pues el recurso que se capta el agua del cauce, vuelve a este luego de ser utilizado en el enfriamiento.
- Para concluir con el proyecto, se tiene que luego de que se decida que tratamiento se ejecutará y luego que se termine el seguimiento de estructuras y se tenga el recurso disponible en la empresa, se puede realizar la solicitud de renovación de permiso de concesión, pues teniendo el PUEAA formulado y claridad en cómo se utilizará el recurso, el proceso de solicitud con la autoridad ambiental podrá ser realizado para su estudio y aprobación.
- El presupuesto para culminar con el proyecto se definirá y conocerá completamente cuando se tomen las decisiones del tratamiento a implementar.

## Referencias Bibliográficas

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ley 373 de 1997, 11 de Junio de 1997, República de Colombia. Todas las páginas.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Decreto 1090, 28 de Junio de 2018, República de Colombia. Todas las páginas.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Resolución 1257 de 2018, por la cual se desarrollan los parágrafos 1 y 2 del decreto 1090 de 2018, 10 de Julio de 2018, República de Colombia. Todas las páginas.
- Ministerio de Agricultura, Decreto 1541 de 1978, 26 de Julio de 1978, República de Colombia. Todas las páginas.
- Dirección General Ambiental Sectorial, Ministerio del Medio Ambiente, Guía de Ahorro y Uso Eficiente del Agua, Ed. 1, Diciembre de 2002, Medellín - Colombia. Todas las páginas.
- Secretaría del Medio Ambiente, Alcaldía de Medellín, Elaboración de estudios y diseños para la solución hidráulica, estructural y geotécnica en quebradas de la ciudad de Medellín y sus corregimientos en desarrollo del presupuesto participativo intervención quebradas Grupo 3, Diciembre de 2013, Medellín – Colombia.
- Departamento Administrativo de la Función Pública, Decreto 1076 de 2015, última modificación 28 de Noviembre de 2018, República de Colombia. Páginas 180, 193.
- Atención y participación ciudadana/ principal/ preguntas frecuentes/ Hidrología. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/hidrologia>.
- Concejo de Medellín, ACUERDO 48° de 2014, Por medio del cual se adopta la revisión y ajuste de largo plazo del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Medellín y se dictan otras disposiciones complementarias, 17 de diciembre de 2014, Alcaldía de Medellín, república de Colombia. Todas las páginas.