

**ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO PARA LA CONSERVACIÓN DE  
LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE  
LA EMPRESA RUITOQUE SA ESP.**

**XIOMARA ORTIZ ARCINIEGAS**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA  
2016**

**ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO PARA LA CONSERVACIÓN DE  
LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE  
LA EMPRESA RUITOQUE SA ESP.**

**XIOMARA ORTIZ ARCINIEGAS**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Ingeniera Ambiental**

**DIRECTOR  
MSc. ÁLVARO ANDRÉS CAJIGAS CERÓN**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA  
2016**

*DEDICATORIA*

*A mi papá que ha sido mi apoyo incondicional en este proceso  
de ser ingeniera ambiental.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis agradecimientos son para la empresa RUITOQUE SA ESP que me permitió desarrollar mi tesis, aprender mucho durante esos seis meses sobre todo el sistema de acueducto, agradecer a las personas que hicieron parte de mi crecimiento profesional, a mis compañeros de trabajo, a mis profesores que tuvieron la voluntad y paciencia para enseñar, a mis compañeros de estudio con los cuales compartí cinco años y se convirtieron en mi otra familia, a mi familia, sobre todo a mi papá que fue el que luchó conmigo para sacar adelante esta carrera y finalmente a mi director de tesis, que paso a paso me acompañó en la elaboración de este libro.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
DELIMITACION DEL PROBLEMA.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	3
1. OBJETIVOS.....	4
1.1 GENERAL.....	4
1.2 ESPECÍFICOS.....	4
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 GENERALIDADES.....	5
2.1.1. RESEÑA HISTORICA.....	5
2.1.2. SERVICIO DE ACUEDUCTO.....	5
2.1.3. FUENTES DE ABASTECIMIENTO.....	5
2.1.4. COMPRA DE AGUA EN BLOQUE.....	6
2.1.5. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE MONTAÑITAS.....	7
2.1.6. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE ROSALES.....	8
2.1.7. CONDUCCIÓN PTAP MONTAÑITAS - TANQUE ROSALES.....	9
2.1.8. ESTADÍSTICAS (CLIENTES, CONSUMOS E INGRESOS).....	9
2.1.9. SERVICIOS DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUA.....	10
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	12
2.2.1 EPANET.....	12
2.2.2 SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.....	13
2.2.3 REDES DE DISTRIBUCIÓN.....	15
2.2.4 CLORO RESIDUAL.....	17
2.3 MARCO LEGAL.....	18
3. METODOLOGÍA.....	19
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	20

4.1. ETAPA 1. TRABAJO DE CAMPO, RECOLECCIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN.....	20
4.1.1. RECORRIDO DE IDENTIFICACIÓN Y CONOCIMIENTO.....	20
4.1.2. TOMA DE MUESTRAS.....	22
4.1.3 APLICACIÓN DE UNA ENCUESTA.....	28
4.2. ETAPA 2. MODELACIÓN EN EPANET E IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS Y ZONAS DE RIESGO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO..	35
4.2.2. TANQUES.....	36
4.2.2. CONEXIONES.....	38
4.2.3 TUBERÍAS.....	41
4.2.4 VÁLVULAS.....	48
4.2.5 BOMBAS.....	49
4.2.6 PATRONES DE TIEMPO VS CONSUMO.....	51
4.2.7 ANÁLISIS DE CALIDAD.....	46
4.2.8 ANÁLISIS DE DEMANDA EN TANQUES.....	50
4.2.9 ANÁLISIS DE PRESIÓN EN NODOS.....	58
4.3. ETAPA 3. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA MEJORA Y MANTENIMIENTO DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO.....	59
4.3.1. MANUAL DE PURGAS.....	59
4.3.2. ANALISIS DE PURGAS FALTANTES EN LA RED.....	63
4.3.3 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	64
CONCLUSIONES.....	68
RECOMENDACIONES.....	69
BIBLIOGRAFIA.....	70
ANEXOS.....	72

## LISTA DE TABLAS

- Tabla 1.** Caudales concesionados por la CDMB para RUITOQUE SA ESP
- Tabla 2.** Relación contratos compra de agua en bloque RUITOQUE S.A. E.S.P.
- Tabla 3.** Características básicas del sistema de acueducto asociado a la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) Montañitas.
- Tabla 4.** Indicadores de seguimiento operativo a procesos.
- Tabla 5.** Procesos unitarios posibles a llevar a cabo en función de los contaminantes presentes.
- Tabla 6.** Características físicas del agua para consumo humano.
- Tabla 7.** Características químicas del agua para consumo humano.
- Tabla 8.** Marco legal aplicable al sistema de acueducto de la empresa RUITOQUE SA ESP.
- Tabla 9.** Puntos de muestreo instalados por la empresa RUITOQUE SA ESP.
- Tabla 10.** Muestras tomadas en el mes de Septiembre.
- Tabla 11.** Muestreo SIHSA mes de Septiembre.
- Tabla 12.** Muestreo SIHSA mes de Octubre.
- Tabla 13.** Muestreo SIHSA mes de Noviembre.
- Tabla 14.** Muestreo SIHSA mes de Diciembre.
- Tabla 15.** Opciones hidráulicas
- Tabla 16.** Características de los tanques de almacenamiento en el modelo.
- Tabla 17.** Características de las conexiones.
- Tabla 18.** Calculo de pérdidas en tuberías.
- Tabla 19.** Coeficiente de rugosidad de Darcy-Weisbach.
- Tabla 20.** Características de las tuberías.
- Tabla 21.** Características de las válvulas.
- Tabla 22.** Características de las bombas.

**Tabla 23.** Cronograma de purgas existentes en la red.

**Tabla 24.** Purgas por instalar en la red de RUITOQUE SA ESP.

**Tabla 25.** Programa de mantenimiento sector RUITOQUE CONDOMINIO.

## LISTA DE ILUSTRACIONES.

**Ilustración 1.** Red de distribución PTAP Montañitas - Tanque Rosales.

**Ilustración 2.** Distribución de clientes del servicio de acueducto de RUITOQUE S.A. E.S.P. por municipio a Junio de 2014.

**Ilustración 3.** Esquema general del sistema de acueducto asociado a la PTAP Montañitas.

**Ilustración 4.** Curva característica, para bombas Worthington de 50 y 60 Hp.

**Ilustración 5.** Análisis de cloro, ramal finca españolita.

**Ilustración 6.** Análisis de cloro, ramal manzanares.

**Ilustración 7.** Resultados pérdidas en bombas.

**Ilustración 8.** Resultados tabla de datos tanques de almacenamiento.

**Ilustración 9.** Presión en nodos.

## LISTA DE GRÁFICAS

**Grafico 1.** Encuesta a habitantes del Sector de Mensulí y Ruitoque Condominio, sobre sabor del agua.

**Grafico 2.** Encuesta a habitantes del Sector de Mensulí y Ruitoque Condominio, sobre presión del agua.

**Grafico 3.** Encuesta a habitantes del Sector de Mensulí y Ruitoque Condominio, sobre color del agua.

**Grafico 4.** Encuesta a habitantes del Sector de Mensulí y Ruitoque Condominio, sobre calidad del agua.

**Grafico 5.** Encuesta a habitantes del Sector de Mensulí y Ruitoque Condominio, sobre continuidad del servicio de Agua Potable.

**Grafico 6.** Encuesta a habitantes del Sector de Mensulí y Ruitoque Condominio, sobre PQR.

**Grafico 7.** Encuesta a habitantes del Sector de Mensulí y Ruitoque Condominio, sobre servicio de Agua Potable en general.

**Grafico 8.** Encuesta a habitantes del Sector de Mensulí y Ruitoque Condominio, sobre mantenimiento.

**Grafico 9.** Encuesta a habitantes del Sector de Mensulí y Ruitoque Condominio, sobre responsabilidad.

**Grafico 10.** Encuesta a habitantes del Sector de Mensulí y Ruitoque Condominio, sobre proceso de distribución.

**Grafica 11.** Curva característica de las bombas.

**Grafica 12.** Patrón (caudal de consumo hora a hora, día lunes).

**Grafica 13.** Patrón (caudal de consumo hora a hora, día martes).

**Grafica 14.** Patrón (caudal de consumo hora a hora, día miércoles).

**Grafica 15.** Patrón (caudal de consumo hora a hora, día jueves).

**Grafica 16.** Patrón (caudal de consumo hora a hora, día viernes).

## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

**TITULO:** ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA RUITOQUE SA ESP.

**AUTOR(ES):** XIOMARA ORTIZ ARCINIEGAS

**FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Ambiental

**DIRECTOR(A):** ÁLVARO ANDRÉS CAJIGAS CERÓN

### RESUMEN

El estudio fue realizado en la Planta tratamiento Montañitas y en redes de distribución y conducción del agua potable de la empresa RUITOQUE SA ESP. Con el fin de generar alternativas para la mejora de la calidad del agua potable, basados en la resolución 2115 de 2007, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia de la calidad del agua para consumo humano. En el proyecto se evaluó la calidad del agua a través de mediciones de parámetros fisicoquímicos, como turbiedad, color, cloro y pH. Estas mediciones se hicieron en la mayoría de los puntos a donde llega el agua del sistema de acueducto, para poder llevar a cabo la simulación de la red de conducción que inicia en el tanque de almacenamiento ubicado en la planta de tratamiento Montañitas, incluye las acometidas ubicadas en la autopista y termina en los tanques de almacenamiento que distribuyen el agua potable a todos los conjuntos de Ruitoque Condominio, el análisis se llevó a cabo por medio del programa EPANET 2.0. Con base en los datos recolectados se realizó la propuesta de alternativas de conservación y mejora de la calidad del agua potable, escogiendo las opciones más viables que satisfacen la necesidad actual del sistema de acueducto. Se diseñó un manual de purgas para el sistema, que incluye la ubicación y el tiempo en el que se debe realizar la purga y se propuso la instalación de más puntos de lavado, sobre todo en las finalizaciones de red en donde no hay flujo constante de agua, también se estudió la posibilidad de la instalación de más puntos de muestreo en las acometidas para llevar un control más detallado de la calidad del agua y un programa de mantenimiento de equipos en el sistema.

### PALABRAS CLAVES:

Calidad del agua potable, modelación, redes de distribución, presión, caudal.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

## **GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE**

**TITLE:** IMPROVEMENT ALTERNATIVES FOR THE PRESERVATION OF DRINKING WATER DISTRIBUTION NETWORKS OF THE COMPANY RUITOQUE SA ESP.

**AUTHOR(S):** XIOMARA ORTIZ ARCINIEGAS

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Ambiental

**DIRECTOR:** ALVARO ANDRÉS CAJIGAS CERÓN

### **ABSTRACT**

This study was performed in the Montañitas treatment plant and the distribution networks and driving of the drinking water of the company RUITOQUE SA ESP. In order to generate alternatives for the improvement of the quality of drinking water, based on the 2007 resolution 2115, by means of which are designated features, basic instruments and frequencies of the system of control and surveillance of the quality of water for human consumption. The project evaluated the quality of water through measurements of physicochemical, turbidity, colour, chlorine and pH parameters. These measurements were made on most of the points which reached the water from the aqueduct system, so they can carry out the simulation of the network of driving that begins in the storage tank located at the Montañitas treatment plant, includes connections located on the highway and ends in storage tanks that distribute drinking water to all condominium Ruitoque datasets This analysis was carried out using the program Epanet 2.0, this program allows. Based on the data collected was the proposal of three alternatives for the conservation and improvement of the quality of drinking water, by choosing the most viable options that meet the current aqueduct system need. Manual purging for the system, which includes the location and the time in which the purge should be designed and proposed the installation of more points of washing, especially in terminations of network where there is no constant flow of water, also studied the possibility of installing more sampling points in the rush to bring a more detailed control of the quality of the water.

### **KEYWORDS:**

Quality of the drinkable water, simulation, networks distribution, pressure, discharge.

**V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK**

## INTRODUCCIÓN

Para una empresa prestadora del servicio de agua potable es de vital importancia, contar con un servicio seguro y satisfactorio, que cumpla con las necesidades de los usuarios, para cumplir este propósito el agua debe estar libre de organismos capaces de originar enfermedades y de cualquier sustancia que pueda producir efectos perjudiciales en la salud.

En la actualidad, es posible modelar los sistemas de distribución de agua potable y la calidad de la misma. Los modelos de calidad del agua son empleados para conocer la concentración de sustancias como el desinfectante (cloro gaseoso) y los resultados del modelo, permiten identificar las partes de la red con concentración insuficiente o excesiva del desinfectante.

El desinfectante (cloro gaseoso) aplicado en la planta de tratamiento, baja su concentración al ser dirigido a las redes de conducción y, generalmente ciertas partes de la red quedan desprotegidas, provocando un riesgo para la salud de los usuarios. La concentración de desinfectante puede estar en los límites aceptables en todos los puntos donde se toma la muestra, pero pueden quedar muchos otros puntos en la red donde la concentración de cloro sea baja.

No siempre la concentración más baja de cloro se presenta en las partes más alejadas de la red, la baja concentración del desinfectante es proporcional al tiempo en el que el agua permanece en la red antes de ser consumida, además, el flujo en las redes de agua potable no permanece constante durante todo el día, debido al horario de la demanda, y esto genera también una constante variación de la concentración de cloro en cada punto de la red.

Garantizar una desinfección adecuada en cada punto del sistema de acueducto puede facilitarse con el uso de un modelo de simulación de la calidad del agua. Este modelo se alimenta de datos y mediciones que proporciona la empresa y otros que se obtienen por medio de mediciones de campo y de laboratorio. El modelo proporciona la concentración de desinfectante en cada punto, lo que favorece la identificación de las partes problemáticas de la red, y así permite definir estrategias para garantizar un funcionamiento eficiente en todo el sistema.

La modelación de la calidad del agua en las redes de distribución y conducción de agua potable, es una herramienta de desarrollo relacionada con el movimiento y los constituyentes del agua en una red de distribución; en este estudio se empleará en programas de muestreo, calibración de un modelo hidráulico, análisis del cloro residual y en una valoración del riesgo al que se encuentran sometidos los consumidores; todo esto servirá de ayuda para la evaluación de diferentes estrategias alternativas de gestión de las redes de conducción y distribución de agua potable, encaminadas todas ellas a la mejora de la calidad del servicio de acueducto de la empresa RUITOQUE SA ESP.

## DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

La empresa RUITOQUE SA ESP realiza las actividades de: Captación de agua cruda, aducción, tratamiento, control de calidad, conducción y distribución de agua potable apta para consumo humano. La empresa cuenta con un laboratorio de Control de Calidad de Aguas el cual está ubicado en la Planta de Potabilización de Agua “Montañitas” Km 3 vía Instituto Colombiano del Petróleo ICP – Los Ermitaños, este laboratorio, está encargado del controlar la calidad de que se suministra a los usuarios de acueducto de la empresa en los municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca.

La empresa RUITOQUE SA ESP en su afán de mejora constante, realizo una simulación del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en las redes de distribución del servicio de acueducto donde se presta el servicio, a través, del ordenador EPANET.

A partir del modelo, se determinó el caudal que circula por cada una de las redes de conducción y redes de distribución, presiones en los diferentes puntos críticos de las redes, niveles de agua de los tanques de almacenamiento de agua potable, calidad de agua en los diferentes puntos de las redes y tanques de almacenamiento de agua, lo cual permite tener un diagnóstico para realizar mejoras al servicio.

Los modelamientos de la calidad del agua constituyen uno de los temas de mayor auge en el campo de la hidráulica urbana durante los últimos años.

La preocupación por la calidad del agua potable mientras permanece en la red de distribución, una vez ha abandonado la planta de tratamiento, surgió en Estados Unidos en la década de los ochenta cuando la EPA (Environmental Protection Agency) estableció normas más duras sobre los requisitos de calidad que debía tener el agua al llegar a los puntos de consumo, debido a que la salud publica depende de la calidad de agua que suministre el servicio de acueducto de cada población.

Ante la evidencia de que la calidad del agua potable se deteriora durante su recorrido a través de la red de distribución, es conveniente analizar su seguimiento mediante la utilización de sistemas de simulación y monitoreo en tiempo real SCADA.

## JUSTIFICACIÓN

El objetivo de realizar un modelamiento de calidad de agua, es determinar la evolución de los parámetros del agua desde la planta de tratamiento hasta el grifo del consumidor, donde finalmente debería verificarse que se cumplen las normas establecidas.

En las plantas de potabilización de agua se pretende asegurar que el agua cumpla con los requisitos de calidad establecidos en la normatividad vigente, tomando como referencia usualmente el punto de salida de la planta o el de entrada a la red; en la actualidad el proceso de tratamiento del agua en las plantas está sometido a un estricto control, pudiendo predecirse la influencia que cada fase de tratamiento va a tener en la calidad final del agua.

Programas de ordenador como EPANET permiten incorporar el control de la calidad del agua y el análisis del comportamiento hidráulico de las redes, que durante mucho tiempo han constituido dos campos de estudio independientes en relación con el suministro de agua potable.

# 1. OBJETIVOS

## 1.1 GENERAL

- Formular alternativas de mejoramiento para la conservación de la calidad del agua potable en redes de distribución de la empresa RUITOQUE SA ESP.

## 1.2 ESPECIFICOS

- Diagnosticar el comportamiento hidráulico y la calidad del agua de las redes de conducción y distribución.
- Identificar los puntos críticos y factores de riesgo asociados a la redes de conducción y distribución del servicio de acueducto, mediante el software EPANET.
- Proponer alternativas para mejorar la calidad del servicio de acueducto de la empresa RUITOQUE SA ESP a partir de los resultados obtenidos.

## **2. MARCO TEORICO**

### **2.1 GENERALIDADES**

#### **2.1.1 Reseña histórica**

RUITOQUE SA ESP, es una empresa de servicios públicos domiciliarios; con el objeto social de brindar la prestación de los servicios públicos de energía, acueducto, alcantarillado y aseo a usuarios residenciales, no residenciales y sector comercial en los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Piedecuesta y Girón.

La empresa RUITOQUE SA ESP realiza las actividades de: Captación de agua cruda, aducción, tratamiento, control de calidad, conducción y distribución de agua potable apta para el consumo humano, cuenta con un laboratorio de Control de Calidad de Aguas el cual está ubicado en la Planta de Potabilización de Agua “Montañitas” Km 3 vía Instituto Colombiano del Petróleo ICP – Los Ermitaños, este laboratorio, está encargado del controlar la calidad que se suministra a los usuarios de acueducto de la empresa en los municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca.

#### **2.1.2 Servicio de acueducto**

Para la prestación del servicio de acueducto, en primer lugar se extrae el agua cruda desde las diferentes fuentes de abastecimiento y se transporta por medio de líneas de aducción hacia desarenadores. De cada desarenador se desprende una tubería que transporta el agua hasta las plantas de tratamiento de agua potable y desde allí, a través de líneas de conducción, se lleva el agua tratada hasta los tanques de almacenamiento para culminar en la red de distribución.

Igualmente la prestación del servicio de acueducto se presta mediante la negociación de contratos de agua en bloque.

#### **2.1.3 Fuentes de abastecimiento**

RUITOQUE S.A. E.S.P. obtiene el agua cruda de cinco fuentes hídricas que son: Quebrada Mensulí, Río de Oro, Fuente Innominada y Río Lato. Para hacer uso del agua de estas fuentes la empresa cuenta con las concesiones que se muestran a continuación, las cuales fueron otorgadas por la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB).<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB). Resoluciones 1692 de 2005, 0346 y 0842 de 2007, 0773 de 2009 y 2073 de 2011.

**Tabla 1.** Caudales concesionados por la CDMB para RUITOQUE SA ESP

Fuente	Caudal Concesionado	Resolución CDMB	Vigencia
Quebrada Mensulí	0,70 L/s	Resolución N° 0346 (18 de abril de 2007)	2007-2017
Lago Náutica (Quebrada La Cascada)	8,0 L/s	Resolución N° 0773 (27 de agosto de 2009)	2009-2019
Río de Oro	200 L/s	Resolución N° 0842 (28 de agosto de 2007)	2007-2017
Fuente Innominada	0,5208 L/s	Resolución N° 1692 (01 de diciembre de 2005)	2005-2015
Río Lato	200 L/s	Resolución N° 0581 (15 de mayo de 2012)	2012-2022
<b>Total caudal concesionado</b>	<b>409,2208 L/s</b>		

**FUENTE:** Resoluciones CDMB.

Estas fuentes proveen a la empresa un caudal total de 409.2208 L/s, del cual se estima que el 87% se usa para consumo humano y el 13% restante corresponde a pérdidas técnicas del sistema.

Asimismo, aunque RUITOQUE S.A. E.S.P. cuente con una concesión de 200 L/s del Río Lato, sólo se está usando un caudal de 100 L/s para la producción de agua potable a través de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) Montañitas.

#### 2.1.4 Compra de agua en bloque

Actualmente RUITOQUE S.A. E.S.P. tiene suscrito tres (3) contratos de compra de agua en bloque para la prestación del servicio de acueducto en diversos sectores. Estos contratos son:

**Tabla 2.** Relación contratos compra de agua en bloque RUITOQUE S.A. E.S.P.

Fecha contrato	Entidad	Caudal	Sector
Agosto de 2004	Acueducto Metropolitano de Bucaramanga – AMB	Hasta 0,025 m <sup>3</sup> /s ≈ 64.800 m <sup>3</sup> /mes	Ruitoque Condominio Mesa de Ruitoque Ruitoque Bajo Acapulco
Noviembre de 2009	Piedecuestana ESP	0,030 m <sup>3</sup> /s ≈ 77.760 m <sup>3</sup> /mes	Veredas Llano Grande, Chocóa, Chocoita, Peñas y Barbosa. Ciudadela Nuevo Girón

<sup>1</sup> RUITOQUE S.A. E.S.P. Programa de uso y ahorro eficiente del agua para el Área Metropolitana de Bucaramanga 2013-2018.

**FUENTE:** Programa de uso y ahorro eficiente del agua para el Área Metropolitana de Bucaramanga 2013-2018, RUITOQUE S.A. E.S.P.

Cabe mencionar que las empresas proveedoras de agua en bloque (AMB y PIEDECUESTANA) tienen la obligación de entregar el agua en condiciones de calidad óptimas de acuerdo con la normatividad vigente, permitiendo a RUITOQUE S.A. E.S.P prestar el servicio de acueducto a los usuarios finales. En caso de presentarse racionamientos de agua, RUITOQUE S.A. E.S.P. y las empresas proveedoras deberán compartir los efectos que estos acarreen.

### **2.1.5 Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP): Montañitas**

Está ubicada en el municipio de Piedecuesta y es donde se trata el agua recibida de la fuente del Río El Lato para abastecer las zonas de Valle de Mensulí y Mesa de Ruitoque.

El agua del Río Lato se capta a través de un sistema de captación lateral y conducida por tubería de 12 pulgadas hasta el desarenador. Desde allí se conduce hasta la planta de tratamiento mediante tuberías de 12 y 10 pulgadas y posteriormente a un tanque de almacenamiento. Del tanque de almacenamiento parte la red de distribución principal con una tubería de 10 pulgadas hasta el punto de empalme en el cruce del ICP con la autopista.

En la Tabla 3 se enuncian las características básicas del sistema de acueducto de RUITOQUE S.A. E.S.P. asociado a la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) Montañitas.

**Tabla 3.** Características básicas del sistema de acueducto asociado a la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) Montañitas.

<b>Elemento</b>	<b>Descripción</b>
<b>Captación</b>	Para realizar la captación de agua, la estructura con la que cuenta la empresa es de tipo dique transversal, fundida en concreto de 3.000 psi y tiene una capacidad máxima de 300 L/s.
<b>Aducción</b>	La línea de aducción parte desde la estructura de captación hasta el desarenador con una tubería PVC de 12 pulgadas y longitud de 180 m.
<b>Desarenador</b>	Es una estructura en concreto de 3.000 psi que cuenta con tres (3) cámaras, cada una con dos (2) pantallas deflectoras y con capacidad de 50 L/s.
<b>Conducción</b>	La línea de conducción parte de la caja de salida del desarenador con una tubería PVC de 12 pulgadas y una longitud de 500 m; posteriormente continúa con tubería PVC de 10 pulgadas y una longitud de 2 Km hasta la planta de tratamiento.

Elemento	Descripción
<b>Sistema de Tratamiento</b>	<p>La PTAP Montañitas es de tipo compacta, suministrada por la compañía DEPURAR S.A., tiene una capacidad de tratamiento máxima de 100 L/s y cuenta con estructuras necesarias para dosificación, filtración y medición. En el proceso de potabilización del agua, se llevan a cabo las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Macro medición a la entrada y salida de la planta</li> <li>• Inyección de reactivos y mezcla rápida</li> <li>• Homogenización y distribución de caudales</li> <li>• Floculación</li> <li>• Decantación o sedimentación</li> <li>• Extracción y manejo (espesamiento) de lodos sedimentadores y filtros</li> <li>• Filtración rápida a presión con medio de arena y antracita</li> <li>• Desinfección</li> </ul>
<b>Calidad</b>	<p>La empresa cuenta con un laboratorio donde se efectúa diariamente pruebas de calidad del agua tratada para corroborar que cumpla con los estándares establecidos por la legislación nacional. Además de los controles propios en el laboratorio de la empresa, se toman contra muestras por parte de SISHA LTDA.</p>
<b>Almacenamiento</b>	<p>El almacenamiento de agua potable en la planta se lleva a cabo en un tanque de almacenamiento de 450 m<sup>3</sup>. Igualmente, RUITOQUE cuenta con tanques de almacenamiento ubicados estratégicamente a lo largo de su red de distribución para garantizar el abastecimiento de agua a sus clientes. Entre estos tanques de cuentan: Rosales (86 m<sup>3</sup>), Balmoral (720 m<sup>3</sup>), Pico de Águila (225 m<sup>3</sup>), Tres Esquinas (470 m<sup>3</sup>), Hoyo 1 (460 m<sup>3</sup>), Palmeras (58 m<sup>3</sup>), Nazaret (42 m<sup>3</sup>) y Acapulco (430 m<sup>3</sup>).</p>

**FUENTE:** Programa de uso y ahorro eficiente del agua para el Área Metropolitana de Bucaramanga 2013-2018, RUITOQUE S.A. E.S.P.

### 2.1.6 Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP): Rosales

Está ubicada en el municipio de Floridablanca y es donde se trata el agua recibida de la Quebrada Mensulí para abastecer de manera complementaria el agua tratada que se despacha a la Mesa de Ruitoque.

Para el tratamiento del agua que ingresa a la planta se llevan a cabo las siguientes actividades

- Macro medición a la entrada y salida de la planta
- Filtración
- Coagulación y floculación
- Sedimentación
- Desinfección

La calidad del agua tratada se analiza en el laboratorio de la organización, ubicado en el Municipio de Piedecuesta, para corroborar que cumpla con los estándares

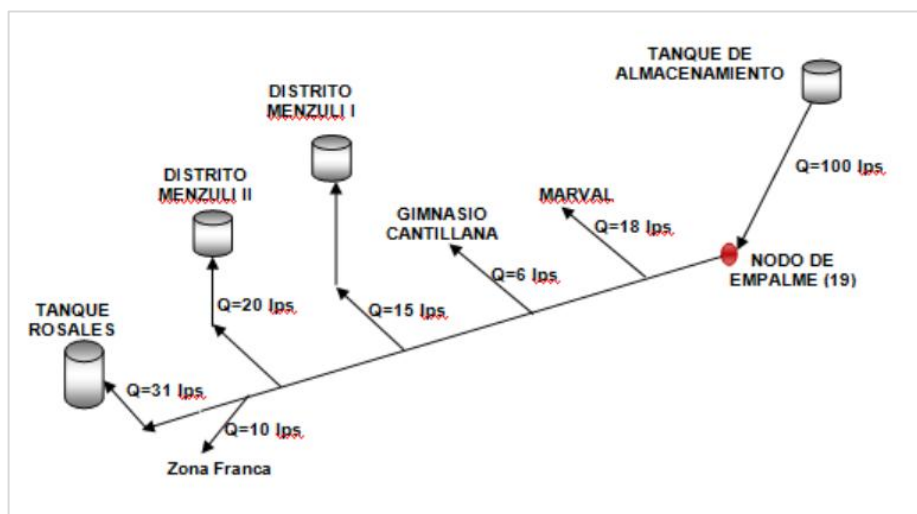
establecidos por la legislación nacional. Además de los controles propios en el laboratorio de la empresa, se toman contra muestras por parte de SIHSA LTDA.

La planta cuenta con un tanque de almacenamiento de 86 m<sup>3</sup>, donde confluyen los caudales provenientes de la planta Montañitas, la planta Rosales y el agua en bloque del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (AMB).

### 2.1.7 Conducción PTAP Montañitas – Tanque Rosales

Desde la PTAP Montañitas hasta el nodo de empalme con el ICP, se realiza la conducción de agua por medio de una red de distribución en PVC de 10 pulgadas, la cual cuenta con sus respectivas válvulas para controlar las presiones del sistema. A partir de allí se cuenta con una línea de distribución PVC de 10, 8 y 6 pulgadas, hasta llegar al Tanque Rosales. De esta línea se derivan redes que distribuyen agua potable a la mayoría de ramales en la zona.<sup>2</sup>

**Ilustración 1.** Red de distribución PTAP Montañitas - Tanque Rosales



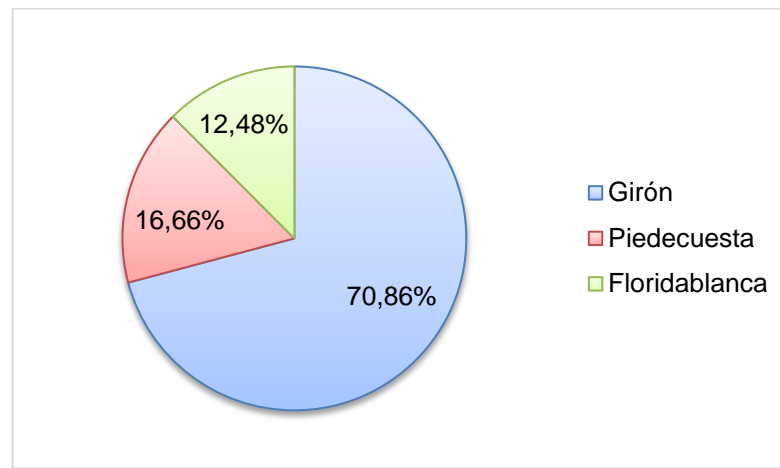
**FUENTE:** Programa de uso y ahorro eficiente del agua para el Área Metropolitana de Bucaramanga 2013-2018, RUITOQUE S.A. E.S.P.

### 2.1.8 Estadísticas (clientes, consumos e ingresos)

A Junio de 2014 RUITOQUE S.A. E.S.P. cuenta con 3.974 suscriptores del servicio de acueducto distribuido en los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta (Ver Figura 3),

<sup>2</sup> RUITOQUE S.A. E.S.P. Programa de uso y ahorro eficiente del agua para el Área Metropolitana de Bucaramanga 2013-2018.

**Ilustración 2.** Distribución de clientes del servicio de acueducto de RUITOQUE S.A. E.S.P. por municipio a Junio de 2014.



**FUENTE:** Información Comercial Junio 2014. RUITOQUE S.A. E.S.P.

### 2.1.9 Servicios de control de calidad de agua

RUITOQUE S.A. E.S.P. cuenta con un laboratorio de control de calidad de aguas, ubicado en la Planta de Tratamiento de Agua Potable – PTAP Montañitas y el cual está autorizado por el Ministerio de Salud y Protección Social mediante resolución N° 4353 de 2013, para la realización de análisis fisicoquímicos y microbiológicos de agua para el consumo humano, aguas de piscinas o similares y aguas crudas. Igualmente, tiene implementado un sistema de gestión de la calidad basado en la Norma NTC-ISO/IEC 17025 “Requisitos Generales de Competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración”, el cual está en proceso de acreditación.

Pese a la capacidad instalada en términos de infraestructura y personal, actualmente el laboratorio no presta servicios a entidades externas, concentrándose de manera exclusiva en actividades de soporte frente al control de calidad de agua exigido para la prestación del servicio de acueducto de RUITOQUE S.A. E.S.P.

**Tabla 4.** Indicadores de seguimiento operativo a procesos.

**INDICADORES DE SEGUIMIENTO OPERATIVO A PROCESOS**

PROCESOS	NOMBRE INDICADOR	DESCRIPCION	UNIDAD	FRECUENCIA	FORMULA	META	RESPONSABLE	
Acueducto	Agua Tratada	Mide la cantidad de agua tratada por Ruitoque ESP	m3	Mensual	Valor absoluto de los metros cúbicos tratados.	3000 m3	Director de Acueducto y Saneamiento Básico	
	Agua no Contabilizada	Se identifica la diferencia entre los metros cúbicos leídos a usuarios frente al agua total consumida por la ESP, en las redes ruitoque condominio, Acapulco y red guatiguará	%	Mensual	Metro cúbicos leídos a usuarios - metros consumo de agua de cada red ESP / consumo agua ESP	5%	Director de Acueducto y Saneamiento Básico	
	Análisis de Calidad del Agua		Mide los contenidos de cloro, sulfato y PH en el agua de la planta y de cada red de distribución	%	Mensual	Resultados de prueba fuera de los rangos establecidos por la ley para el contenido de cloro, sulfato, PH en el agua	100%	Director de Acueducto y Saneamiento Básico
			Análisis Microbiológicos y Físicoquímicos	%	Mensual	Resultados de análisis por fuera de los rangos establecidos por la ley para físicoquímicos y microbiológicos.	100%	Director de Acueducto y Saneamiento Básico

Fuente: RUITOQUE SA ESP

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL

### 2.2.1 EPANET

EPANET es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodos prolongados del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución. Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y tanques de almacenamiento. EPANET efectúa un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos, los niveles en los tanques, y la concentración de las especies químicas presentes en el agua, a lo largo del periodo de simulación dividido en múltiples intervalos de tiempo. Además de la concentración de las distintas especies, puede también simular el tiempo de permanencia del agua en la red y su procedencia desde las diversas fuentes de suministro. EPANET se ha concebido como una herramienta de investigación para mejorar nuestro conocimiento sobre el avance y destino final de las diversas sustancias transportadas por el agua, mientras ésta discurre por la red de distribución. Entre sus diferentes aplicaciones puede citarse el diseño de programas de muestreo, la calibración de un modelo hidráulico y el análisis del cloro residual.

- Pasos para utilizar EPANET
  - ✓ Dibujar un esquema de la red o importar una descripción básica del mismo desde un fichero de texto.
  - ✓ Editar las propiedades de los elementos que configuran el sistema en el editor de propiedades.
  - ✓ Describir el modo de operación del sistema (arranque o parada de las bombas, abertura o cierre de válvulas, etc.) mediante leyes de control.
  - ✓ Seleccionar las opciones de cálculo (ecuaciones de cálculo de pérdidas de energía, sistema de unidades)
  - ✓ Realizar el análisis hidráulico, rodando el programa.
  - ✓ Observar los resultados en tablas o gráficas.
  
- Este tipo de análisis con EPANET, se usan para especializaciones, maestrías en ingeniería civil e hidráulica. Ejemplos de tesis desarrolladas con EPANET.
  - ✓ La facultad de ingeniería civil de la Universidad Politécnica de Cartagena desarrollo una tesis llamada “Modelación y simulación de redes hidráulicas a presión mediante herramientas informáticas”.
  - ✓ La Escuela Colombiana de Ingeniería “Julio Garavito” Especialización en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente utilizo el programa para optimizar redes contra incendio.

- ✓ La Universidad de los Andes en el departamento de ingeniería Civil y Ambiental desarrollo una tesis llamada “Modelación de la calidad del agua en el interceptor Rio Bogotá en los tramos Fucha-Tunjuelo-Canoas.
- ✓ La comisión Nacional de agua desarrollo un proyecto con EPANET llamado “Modelación hidráulica y de calidad de agua en redes de agua potable.
- ✓ La facultad de ingeniería agrónoma de la Universidad de Córdoba desarrollo una tesis llamada “Análisis del comportamiento hidráulico de la red de abastecimiento de la ciudad de córdoba mediante EPANTE.
- ✓ La Universidad Nacional de Colombia desarrollo una tesis en donde se realizaba una calibración de cloro residual en sistemas de distribución de agua potable.

Con el uso de programas como EPANET el análisis y diseño de Sistemas de Distribución de Agua Potable se puede enfocar más en estudiar el comportamiento de la red para distintas condiciones físicas y operativas (niveles de tanque o diámetros de tuberías) en vez de concentrarse en métodos de resolución manual que resultan difícil de efectuar para Sistemas de cierta extensión y complejidad.

RUITOQUE SA ESP en su afán de mejora constante, realiza una simulación del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en las redes de distribución del servicio de acueducto donde se presta el servicio, a través, del ordenador EPANET.

## **2.2.2 TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE**

Se denomina agua potable al agua que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades. El término se aplica al agua que ha sido tratada para su consumo humano según unos estándares de calidad determinados por las autoridades locales.<sup>3</sup>

Los tratamientos para potabilizar el agua, se pueden clasificar de acuerdo con:

- Los componentes o impurezas a eliminar.
- Parámetros de calidad.
- Grados de tratamientos de agua

---

<sup>3</sup> Tratamientos utilizados en la potabilización del agua por Mynor Romero.

En tal sentido, se puede realizar una lista de procesos unitarios necesarios para la potabilización del agua en función de sus componentes. De esta forma, la clasificación sería la siguiente:

**Tabla 5:** Procesos unitarios posibles a llevar a cabo en función de los contaminantes presentes.

TIPO DE CONTAMINANTE	OPERACIÓN UNITARIA
Sólidos gruesos	Desbaste
Partículas coloidales	Coagulación+Floculación+Decantación
Sólidos en suspensión	Filtración
Materia Orgánica	Afino con Carbón Activo
Amoniaco	Cloración
Gérmenes Patógenos	Desinfección
Metales no deseados (Fe, Mn)	Precipitación por Oxidación
Sólidos disueltos (Cl-, Na+, K+ )	Osmosis Inversa

**Fuente:** Calidad y tratamiento del Agua, 2002. American Water Works Association.

➤ **Parámetros de calidad de agua para consumo humano**

- **Características físicas:** El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalan a continuación:

**Tabla 6:** características físicas del agua para consumo humano.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	EXPRESADAS COMO	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

**Fuente:** Resolución 2115 de 2007.

- **Características químicas:** Las características químicas del agua para consumo humano de los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias que al sobrepasar los valores máximos aceptables tienen reconocido efecto adverso en la salud humana, deben enmarcarse dentro de los valores máximos aceptables que se señalan a continuación:

**Tabla 7:** características químicas del agua para consumo humano.

ELEMENTOS Y COMPUESTOS QUÍMICOS	EXPRESADOS COMO	VALOR MAXIMO ACEPTABLE (mg/L)
Antimonio	Sb	0,002
Arsénico	As	0,001
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y disociable	CN-	0,05
Cobre	Cu	1,0
Cromo total	Cr	0,005
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02
Plomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01
Trihalometanos Totales	THMs	0,2
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	HAP	0,01

Fuente: Resolución 2115 de 2007.

### 2.2.3 REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

Una red de distribución es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de servicio o de distribución hasta las tomas domiciliarias o hidrantes públicos. Su finalidad es proporcionar agua a los usuarios para consumo doméstico, público y comercial. La red debe proporcionar este servicio todo el tiempo, en cantidad suficiente, con la calidad requerida y a una presión adecuada. Los límites de calidad del agua, para que pueda ser considerada como potable se establecen en la Resolución 2115 de 2007 vigente.

#### COMPONENTES DE UNA RED

Una red de distribución de agua potable se compone generalmente de:

**a) Tuberías:** se le llama así a la tubería que conduce el agua desde el tanque de regulación hasta el punto donde inicia su distribución se le conoce como línea de alimentación, y se considera parte de la red primaria. La división de la red de distribución en red primaria o secundaria dependerá del tamaño de la red y de los diámetros de las tuberías. De esta forma, la red primaria se constituye de los tubos de mayor diámetro y la red secundaria por las tuberías de menor diámetro, las cuales abarcan la mayoría de las calles de la localidad. Así, una red primaria puede ser una sola tubería de alimentación o cierto conjunto de tuberías de mayor diámetro que abarcan a toda la localidad.

**b) Piezas especiales:** Son todos aquellos accesorios que se emplean para llevar a cabo ramificaciones, intersecciones, cambios de dirección, modificaciones de

diámetro, uniones de tuberías de diferente material o diámetro, y terminales de los conductos, entre otros.

**c) Válvulas:** Son accesorios que se utilizan para disminuir o evitar el flujo en las tuberías. Pueden ser clasificadas de acuerdo a su función en dos categorías: 1) Aislamiento o seccionamiento, las cuales son utilizadas para separar o cortar el flujo del resto del sistema de abastecimiento en ciertos tramos de tuberías, bombas y dispositivos de control con el fin de revisarlos o repararlos; y 2) Control, usadas para regular el gasto o la presión, facilitar la entrada de aire o la salida de sedimentos o aire atrapados en el sistema.

**d) Hidrantes:** Se le llama de esta manera a una toma o conexión especial instalada en ciertos puntos de la red con el propósito de abastecer de agua a varias familias (hidrante público) o conectar una manguera o una bomba destinadas a proveer agua para combatir el fuego (hidrante contra incendio).

**e) Tanques de distribución:** Un tanque de distribución es un depósito situado generalmente entre la captación y la red de distribución que tiene por objeto almacenar el agua proveniente de la fuente. El almacenamiento permite regular la distribución o simplemente prever fallas en el suministro, aunque algunos tanques suelen realizar ambas funciones. Se le llama tanque de regulación cuando guarda cierto volumen adicional de agua para aquellas horas del día en que la demanda en la red sobrepasa al volumen suministrado por la fuente. La mayor parte de los tanques existentes son de este tipo. Algunos tanques disponen de un volumen de almacenamiento para emergencias, como en el caso de falla de la fuente. Este caso es usualmente previsto por el usuario, quien dispone de cisternas o tinacos, por lo que en las redes normalmente se utilizan tanques de regulación únicamente. Una red de distribución puede ser alimentada por varios tanques correspondientes al mismo número de fuentes o tener tanques adicionales de regulación dentro de la misma zona de la red con el fin de abastecer sólo a una parte de la red.

**f) Tomas domiciliarias:** Una toma domiciliaria es el conjunto de piezas y tubos que permite el abastecimiento desde una tubería de la red de distribución hasta el predio del usuario, así como la instalación de un medidor. Es la parte de la red que demuestra la eficiencia y calidad del sistema de distribución pues es la que abastece de agua directamente al consumidor.

**g) Rebombes:** Consisten en instalaciones de bombeo que se ubican generalmente en puntos intermedios de una línea de conducción y excepcionalmente dentro de la red de distribución. Tienen el objetivo de elevar la carga hidráulica en el punto de su ubicación para mantener la circulación del agua en las tuberías. Los rebombes se utilizan en la red de distribución cuando se requiere: - Interconexión entre tanques que abastecen diferentes zonas. -

Transferencia de agua de una línea ubicada en partes bajas de la red al tanque de regulación de una zona de servicio de una zona alta. - Incremento de presión en una zona determinada mediante rebombeo directo a la red. <sup>4</sup>

#### **2.2.4 CLORO RESIDUAL**

El cloro es un producto químico ampliamente disponible que, cuando se disuelve en agua limpia en cantidad suficiente, destruye la mayoría de los organismos causantes de enfermedades, sin poner en peligro a las personas. Sin embargo, el cloro se consume a medida que los organismos se destruyen. Si se añade suficiente cloro, quedará un poco en el agua luego de que se eliminen todos los organismos; se le llama cloro libre. El cloro libre permanece en el agua hasta perderse en el mundo exterior o hasta usarse para contrarrestar una nueva contaminación.

Cuando se añade cloro, éste purifica el agua al destruir la estructura celular de los organismos, lo cual los elimina. Sin embargo, este proceso sólo funciona si el cloro entra en contacto directo con los organismos. Si el agua contiene lodo, las bacterias se pueden esconder dentro del mismo y no son alcanzadas por el cloro. El cloro necesita cierto tiempo para destruir todos los organismos en el agua, una temperatura mayor de 18°C, estar en contacto con el agua, al menos, durante 30 minutos. Si el agua está más fría, el tiempo de contacto se debe incrementar. Por esta razón, es normal que se le añada cloro al agua apenas se introduce en el tanque de almacenamiento o en una tubería larga de distribución, para darle tiempo a que el producto químico reaccione con el agua antes de llegar al consumidor.

Por esta razón, si se analiza el agua y se encuentra que todavía existe cloro libre en ella, se comprueba que la mayoría de los organismos peligrosos ya fueron eliminados del agua y, por lo tanto, es seguro consumirla. A este procedimiento lo conocemos como medición del cloro residual. <sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> Comisión nacional de agua, manual de agua potable alcantarillado y saneamiento

<sup>5</sup> Organización mundial de la salud, medición del cloro residual en el agua.

### 2.3 MARCO LEGAL

El marco legal comprende la descripción de la norma colombiana vigente aplicable al sector de agua potable y saneamiento básico.

**Tabla 8.** Marco legal aplicable al sistema de acueducto de la empresa RUITOQUE SA ESP.

NOMBRE	CONTENIDO DE INTERÉS
<b>DECRETO 1575 DE 2007</b>	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.
<b>LEY 99 DE 1993</b>	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables. Art 1: N.5 En la utilización de los recursos hídricos, el consumo humano tendrá prioridad sobre cualquier otro uso.
<b>DECRETO 1541 DE 1978</b>	Artículos 5 al 10: son aguas de uso público, son aguas de propiedad privada. Artículos 54 al 65: procedimiento para otorgar concesiones.
<b>RESOLUCIÓN 2115 DE 2007</b>	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
<b>RESOLUCIÓN 0811 DE 2008</b>	Por medio de la cual se definen los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución.

**FUENTE:** Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico CRA. Bogotá, Colombia.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 ETAPA 1: TRABAJO DE CAMPO, RECOLECCIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN.**

3.1.1 Revisión de datos: planos (redes de conducción y distribución, diámetros de tubería, inventario de ventosas, válvulas, accesorios de las redes, tanques, usuarios y sectores).

3.1.2 Trabajo de campo: información de calidad y edad del agua por sectores, caudales, presiones e información necesaria faltante.

3.1.3 Recopilación de datos secundarios: quejas, reclamos de los usuarios y aplicación de una encuesta.

#### **3.2 ETAPA 2: MODELACIÓN EN EPANET E IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS CRITICOS Y ZONAS DE RIESGO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO.**

3.2.1 Ingreso de datos en el programa EPANET: con los datos recolectados y hallados se iniciará con el montaje del modelo.

3.2.2 Calibración del programa EPANET, con los datos obtenidos y la información suministrada por la empresa RUITOQUE S.A E.S.P.

3.2.3 Determinar los puntos críticos y zonas de riesgo del sistema de acueducto en el modelo EPANET: presiones altas, presiones bajas, zonas muertas, bajo cloro, turbiedad, diámetros sobredimensionados y edad del agua en los tanques de almacenamiento del condominio Ruitoque.

#### **3.3 ETAPA 3: PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA MEJORA Y MANTENIMIENTO DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO.**

Con base en la información recolectada y los resultados de la modelación en el programa EPANET se formularán y diseñaran las alternativas de mejora del servicio de acueducto de la empresa RUITOQUE SA ESP.

## 4. ANALISIS DE RESULTADOS

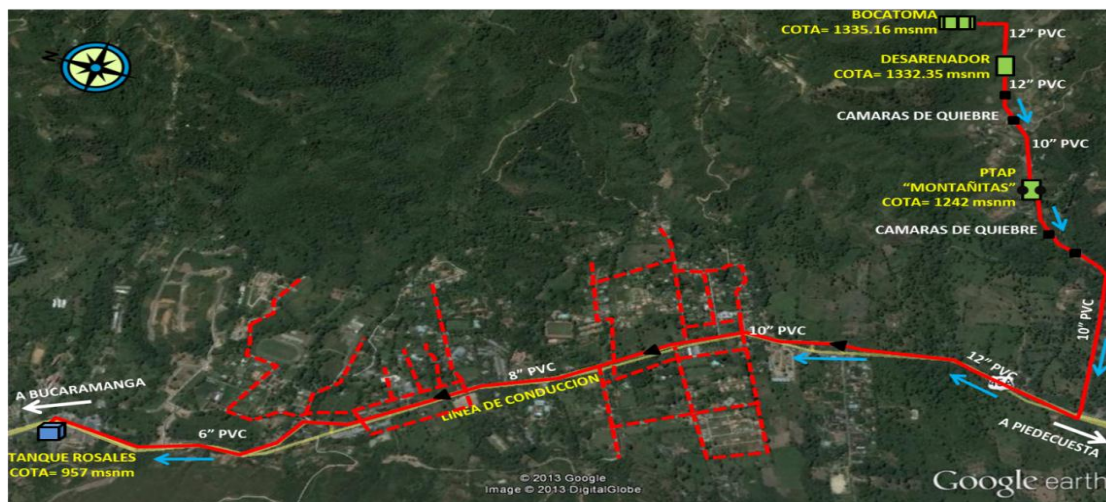
### 4.1. ETAPA 1: TRABAJO DE CAMPO, RECOLECCIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN.

#### 4.1.1. RECORRIDO DE IDENTIFICACION Y CONOCIMIENTO

El trabajo de campo se inició con un recorrido para identificar toda la red de distribución y los puntos de muestreo en donde se lleva a cabo el control de la calidad del agua de la empresa RUITOQUE SA ESP, iniciando en la planta de tratamiento Montañitas y finalizando en Ruitoque condominio, además de recorrer los otros sectores a donde llega el servicio de acueducto por parte de la empresa, los cuales son: (ciudadela nuevo girón, llano grande, Chocoita, chocoa, Acapulco, Punta Ruitoque y Mesa de Ruitoque).

A continuación se muestra un esquema general del sistema de acueducto asociado a la PTAP Montañitas.

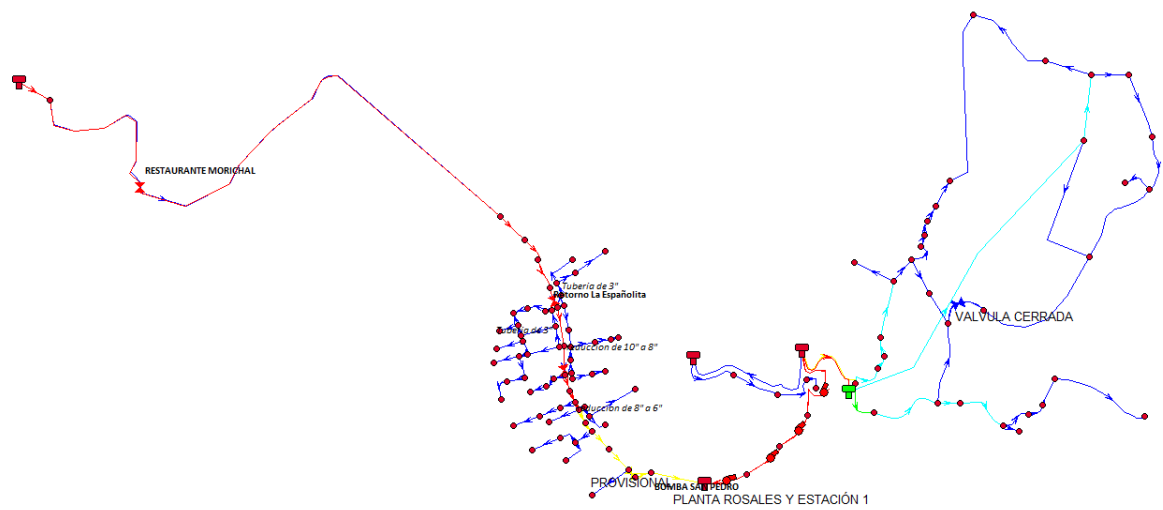
**Ilustración 3.** Esquema general del sistema de acueducto asociado a la PTAP Montañitas.



FUENTE: RUITOQUE S.A.

En la ilustración 3, se observa el recorrido del agua desde su captación en el río lato, su llegada a la planta montañitas y su recorrido por la autopista Piedecuesta-Bucaramanga hasta llegar a la Planta Rosales ubicada a la entrada de Ruitoque Condominio, esta ilustración fue captada a través del programa Google earth.

**Ilustración 4.** Esquema general del sistema de acueducto asociado a la PTAP Montañitas en EPANET.



Fuente: Epanet.

La ilustración 4, es la modelación de la red de agua potable, que tienen inicio en el tanque ubicado en la planta montañitas, su recorrido por la autopista incluyendo sus ramales, la llegada a la planta Rosales, Ubicada al lado de la portería de Ruitoque Condominio, sus estaciones de bombeo, sus dos tanques de distribución y la llegada del agua potable a cada punto de distribución de los conjuntos de Ruitoque Condominio.

**Tabla 9.** Puntos de muestreo instalados por la empresa RUITOQUE SA ESP para el control y la vigilancia de la calidad del agua.

PUNTOS DE MUESTREO		
PIEDECUUESTA	FLORIDABLANCA	GIRON
Planta Montañitas	Tres Esquinas-Frontera	Entrada Tanque Nuevo Girón
Planta Rosales	Náutica – Condominio	Salida Tanque Nuevo Girón
Vivero Flor del Campo	Portería Ríos Condominio	CAI - Nuevo Girón
Foyer de Charite	Sector Pinares	Sector 4 - Nuevo Girón
Conjunto Alameda - Coliseo Santo Tomas	Sector Nazareth	Salida Tanque Acapulco
Mensulí	Punta Ruitoque	Manzana 29 lote 20 – Acapulco
Seminario San Alfonso	X	Manzana 66 lote 5 Patagonia- Acapulco
Conjunto El Remanso – Condominio	X	Lote 46 Monterey- Acapulco

Capilla – Condominio	X	Finca Los Pinos - Palo Gordo
Portería Conjunto Horizonte- Condominio	X	Chocoita – Caserío
Pico de Águila – Condominio	X	Paso la Bateo - Llano Grande
X	X	Llano de Palmas Palo Gordo

FUENTE: RUITOQUE S.A.

La tabla 9, menciona todos los puntos de muestreo para control de calidad del agua potable, de los tres municipios en donde se presta el servicio de acueducto (Piedecuesta, Floridablanca, Girón), ubicados en las redes de agua potable de la empresa RUITOQUE SA ESP.

#### 4.1.2. TOMA DE MUESTRAS

Se tomaron muestras en: puntos de muestreo, tanques y conjuntos en las cuales se hacía un análisis en el sitio, evaluando la concentración de cloro, turbiedad, pH y temperatura.

**Tabla 10.** Resultados Muestras tomadas en el mes de Septiembre.

FECHA	HORA	UBICACIÓN	PUNTO DE MUESTREO	COLOR mg/l	TURBIEDAD UNT	COLOR UCPiCo	Ph UpH	TEMPERATURA °C
10/09/2015	09:34	Condominio (Tanque nuevo)	Entrada	0.97	0.34	0	6.98	24.1
			Tanque	0.2	0,14	0	7.55	24.6
			Salida	1.11	0.92	0	7.23	25
10/09/2015	10:08	Tres esquinas (Nazareth)	Entrada	1.23	0.36	0	6.9	25
			Tanque	1.17	0.48	0	6.7	25
			Salida	0.98	0.41	0	7.03	25
10/09/2015	10:24	Palmeras	Entrada	No se puede tomar muestra				

			Tanque	1.01	0.78	6	6.39	25
			Salida	1.17	0.87	8	6.47	25
10/09/2015	11:20	Acapulco	Entrada	1.17	0.58	0	7.27	25
			Tanque	1.23	0.91	0	6.80	25
			Salida	1.25	0.45	3	6.94	25
11/09/2015	09:30	Condominio	Náutica	1.21	0.72	0	7	25
11/09/2015	09:45	Condominio	Portería Ríos	1.17	0.62	2	6.43	24.8
11/09/2015	10:00	Condominio	pico de águila	1.11	0.63	0	6.53	25
11/09/2015	10:16	Condominio	Horizonte	1.06	0.64	0	6.43	25
11/09/2015	10:23	Condominio	Capilla	1.21	0.67	0	6.33	25
11/09/2015	11:00	Condominio	Remanso	1.01	0.43	3	6.77	25.6
11/09/2015	11:30	Mensulí	Foyer de Charite	1.42	0.56	0	7.4	24.4
11/09/2015	11:45	Mensulí	Seminario San Alonso	1.52	0.68	0	7.10	25
11/09/2015	12:00	Mensulí	Vivero flor del campo	1.63	0.65	0	7.4	24.8
15/09/2015	09:20	Mensulí	Alameda	1.58	0.35	0	7.40	25.1
15/09/2015	09:50	Mensulí	Mensulí	1.10	0.48	0	7.28	27.1
15/09/2015	10:20	Condominio (Tanque nuevo)	Salida	0.93	0.87	0	7.37	25.4
15/09/2015	10:43	Condominio	punta Ruitoque	1.07	0.64	0	7.02	28.4
15/09/2015	11:00	Condominio	Sector Nazareth	0.93	0.50	0	7.40	26.8
15/09/2015	11:30	Condominio	Sector pinares	0.95	0.47	0	7.28	26.8
22/09/2015	10:25	Entrada rosales	estación 1	0.89	0.72	0	7.49	25
22/09/2015	10:30	condominio	rosales	1.73	0.53	0	7.58	25
22/09/2015	10:55	condominio	estación 2	1.61	0.71	0	7.62	25
22/09/2015	11:45	Condominio	estación 3	1.39	0.57	0	7.21	25

22/09/2015	12:00	Condominio	estación 4	1.34	0.69	0	7.30	25
22/09/2015	12:15	Estación 4	salida	1.27	0.54	0	7.28	26.3
23/09/2015	09:20	Tanque el 20	Salida	1.16	0.65	0	7.31	25

**FUENTE:** Autor

- La tabla 10, contiene los resultados de las muestras tomadas en el mes de septiembre, en donde se observaron niveles bajos de cloro, en el Tanque Nuevo, el resto de muestras estuvieron en el rango permisible de agua para consumo humano.
- Cada mes con ayuda del laboratorio Sistemas Hidráulico y Sanitario SIHSA LTDA. Se planeaba un recorrido por diez u once puntos de muestreo en diferentes sectores de la red.

**Tabla 11.** Resultados muestreo acompañamiento SIHSA mes de Septiembre.

FECHA	HORA	UBICACIÓN	PUNTO DE MUESTREO	COLOR mg/l	TURBIEDAD UNT	COLOR UCPCo	Ph UpH	TEMPERATURA °C
16/09/2015	09:25	Acapulco	salida	1.12	0.83	0	6.93	27.8
16/09/2015	09:43	Patagonia	Acapulco	1.14	0.68	0	7.22	25
16/09/2015	09:56	Nuevo girón	manzana 57 lote 15	1.10	0.81	2	6.99	25.1
16/09/2015	10:13	Nuevo girón	lote 29	1.15	0.59	0	7.31	25
16/09/2015	11:00	Monterrey	Lote 46	1.14	2.30	21	7.23	25
16/09/2015	11:45	Nuevo girón	CAI	1.16	0.46	0	7.03	25
16/09/2015	12:03	Nuevo girón	entrada tanque	2.20	0.39	0	7.31	25
16/09/2015	12:15	Nuevo girón	salida tanque	1.33	0.74	0	7.30	25
16/09/2015	12:26	Nuevo girón	Sector 4	1.34	0.82	5	6.92	25
16/09/2015	13:36	Chocoita	caserío	1.08	0.71	0	7.31	25
16/09/2015	14:15	Palogordo	cárcel	1.10	0.99	1	7.05	25
16/09/2015	14:27	Palogordo	Finca los pinos	2.20	1.01	0	7.56	25

16/09/2015	14:40	Palogordo	llano de palmas	0.88	1.23	0	7.30	25
------------	-------	-----------	-----------------	------	------	---	------	----

FUENTE: Autor

- En la tabla 11, se observan los resultados de las muestras tomadas en el mes de septiembre, en las cuales se presentó problemas de turbiedad en Monterrey, pero en general no se encontraron valores por fuera del rango permisible, y en las cuales se tuvo un acompañamiento del laboratorio SIHSA, el cual permite obtener resultados más verídicos, por sus equipos e implementos para toma de muestras más sofisticados.

**Tabla 12.** Resultados muestreo acompañamiento SIHSA mes de Octubre.

FECHA	HORA	UBICACIÓN	PUNTO DE MUESTREO	COLOR mg/l	TURBIEDAD UNT	COLOR UCPiCo	Ph UpH	TEMPERATURA °C
28/10/2015	10:00	Planta montañitas	salida	1.60	0.18	0	7.34	22.8
28/10/2015	10:24	Autopista Piedecuesta-florida	Mensulí	1.18	1.07	0	7.52	23.6
28/10/2015	11:05	Ruitoque Condominio	Conjunto Remanso	0.60	0.45	0	7.53	25.1
28/10/2015	11:18	Ruitoque Condominio	Capilla	0.98	0.55	0	7.12	25.2
28/10/2015	11:30	Ruitoque Condominio	Náutica	1.06	0.61	0	7.20	26.9
28/10/2015	11:45	Ruitoque Vereda	tres esquinas	1	0.68	0	7.31	25.0
28/10/2015	12:05	Ruitoque Vereda	Nazareth	0.49	0.39	0	7.41	25.1
28/10/2015	13:30	Acapulco	monterrey	0.45	0.85	0	7.25	28.3
28/10/2015	14:15	Nuevo girón	entrada tanque	1.07	0.62	0	7.29	26.5
28/10/2015	14:50	Palogordo	llano de palmas	1.52	0.44	0	7.22	23.0

**FUENTE:** Autor

- En la tabla 12, se evidencia el muestreo del mes de octubre de 2015, el cual se realizó con el laboratorio SIHSA, y en el cual no se tuvieron anomalías en cuanto a valores de las mediciones.

**Tabla 13.** Resultados muestreo acompañamiento SIHSA mes de Noviembre.

FECHA	UBICACIÓN	PUNTO DE MUESTREO	COLOR mg/l	TURBIEDAD UNT	COLOR UCPtCo	Ph UpH	TEMPERATURA °C
24/11/2015	Planta montañitas	Salida	1.35	0.20	0	7.41	21.8
24/11/2015	Autopista Piedecuesta-florida	Vivero flor del campo	0.94	0.63	0	7.59	22.6
24/11/2015	Ruitoque Condominio	Portería Ríos	1.17	1.35	0	7.49	23.7
24/11/2015	Ruitoque Condominio	Horizonte	1.05	0.95	0	7.36	28.2
24/11/2015	Ruitoque Condominio	pico de águila	1.02	1.50	0	7.49	24.9
24/11/2015	Vereda Ruitoque	punta Ruitoque	0.64	1.10	0	7.59	25.7
24/11/2015	Vereda Ruitoque	tres esquinas	1.05	1.23	0	7.39	24.6
24/11/2015	Girón	chocoita	1.85	1.86	0	7.35	25.1
24/11/2015	Nuevo girón	CAI	3.71	1.18	0	7.40	27.3
24/11/2015	Nuevo girón	Sector 4	3.21	1.15	0	7.27	26.9
24/11/2015	Girón	Patagonia	0.85	1.20	0	7.40	26.2
24/11/2015	Palogordo	llano de palmas	0.91	2.35	0	7.34	22.9

**FUENTE:** Autor

- La tabla anterior, pertenece al muestreo del mes de noviembre de 2015, en el que se evidencian dos muestras con cloro mayor de 3, en el sector de Nuevo Girón, estas muestras se tomaron con el laboratorio SIHSA y con un representante de la Secretaria de Salud de Girón, y se concluyó que ésta elevación del cloro residual fue producto de un lavado de los tanques de abastecimiento del sistema de acueducto de este sector, el día anterior a la toma de muestras.

**Tabla 14.** Resultado muestreo acompañamiento SIHSA mes de Diciembre.

FECHA	HORA	UBICACIÓN	PUNTO DE MUESTREO	COLOR mg/l	TURBIEDAD UNT	COLOR UCPCo	Ph Uph	TEMPERATURA °C
09/12/2015	10:15	Planta montañitas	salida	1.45	0.21	0	7.20	21.2
09/12/2015	10:50	Autopista Piedecuesta-florida	Seminario San Alonso	1.20	0.33	0	7.08	23.2
09/12/2015	11:10	Ruitoque	Náutica	0.86	0.46	0	6.99	26.4
09/12/2015	11:20	Ruitoque Condominio	el remanso	0.94	0.71	0	7.22	24.3
09/12/2015	11:40	Ruitoque Condominio	La capilla	1.40	0.51	0	6.96	25.1
09/12/2015	11:55	Vereda Ruitoque	tres esquinas	1.14	0.29	0	6.85	25.2
09/12/2015	12:15	vereda pinares	pinares	0.98	0.70	0	7.21	25.4
09/12/2015	12:40	Acapulco	salida tanque	10.7	0.31	0	7.01	26.3
09/12/2015	13:15	Nuevo girón	salida tanque	1.19	0.43	0	6.62	27
09/12/2015	14:10	Chocoita	llano grande	1.54	0.44	0	6.92	25.3
09/12/2015	14:30	Palogordo	llano de palmas	1.03	0.38	0	7	22.7

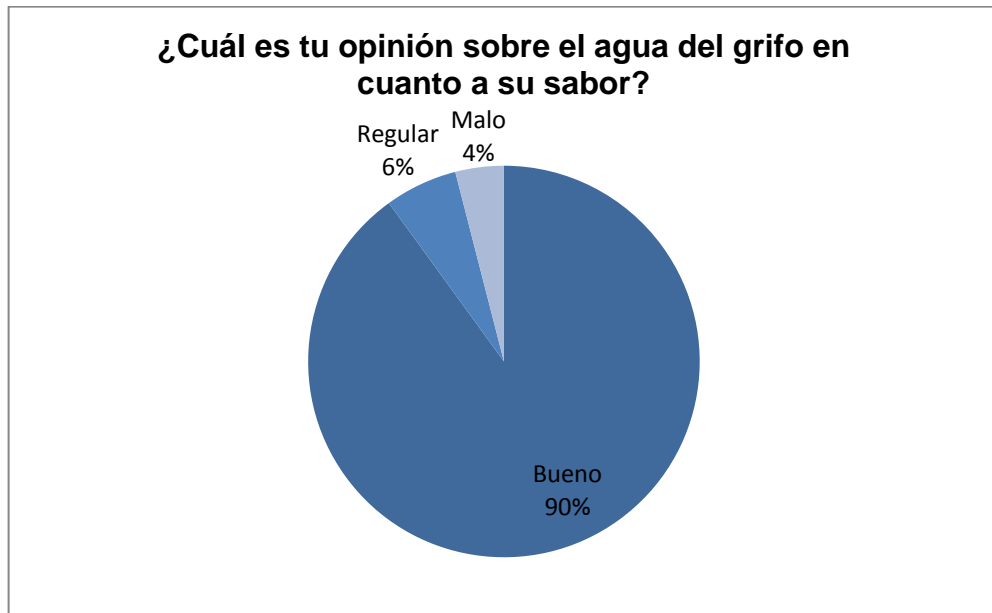
**FUENTE:** Autor

- La tabla 14, evidencia los resultados de las muestras tomadas en el mes de diciembre, y en las cuales no se obtuvieron resultados perjudiciales para los usuarios pertenecientes al sistema de acueducto.
- Las muestras tomadas en los meses de septiembre a diciembre, ilustradas en las tablas anteriores (11-14), permitieron tomar muestras repetidas en algunos puntos, estos resultados fueron promediados a la hora de ingresar datos en el modelo de EPANET.

#### 4.1.3 APLICACIÓN DE UNA ENCUESTA

En esta encuesta, se aplicaron preguntas sobre la prestación del servicio de acueducto, en los sectores de Mensulí y Ruitoque Condominio, a usuarios, administradores de conjuntos, jardineros(a) y en algunos casos a las personas encargadas de la portería. Obteniendo los resultados que se presentan en las gráficas (1-10).

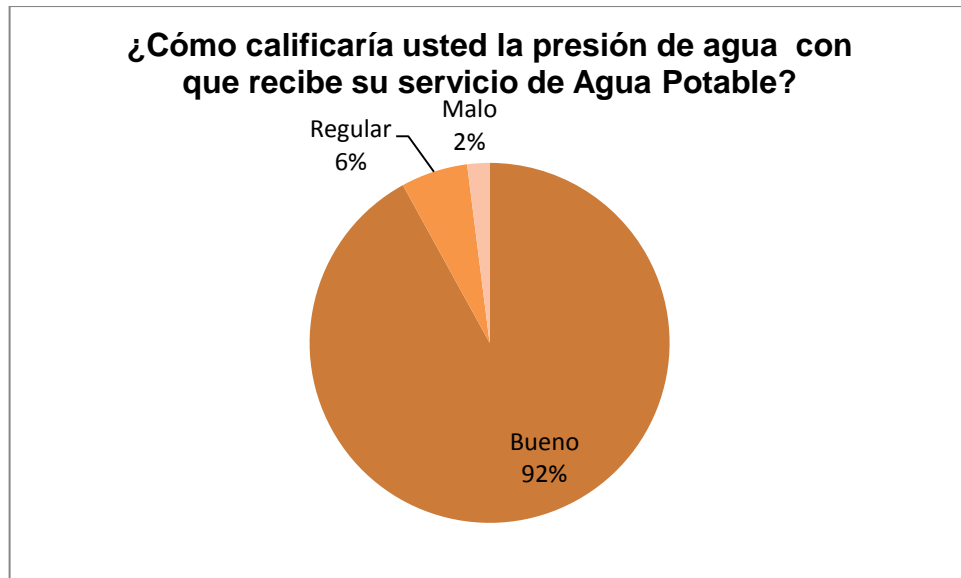
**Grafico 1.** Resultados encuesta a habitantes del Sector de Mensulí y Ruitoque Condominio, sobre sabor del agua.



**Fuente:** Autor

- Los resultados obtenidos con la pregunta 1 de la encuesta, muestran que, el 90% de los usuarios están conformes con el sabor del agua potable que está llegando a sus casas y solo el 4% no está conforme.

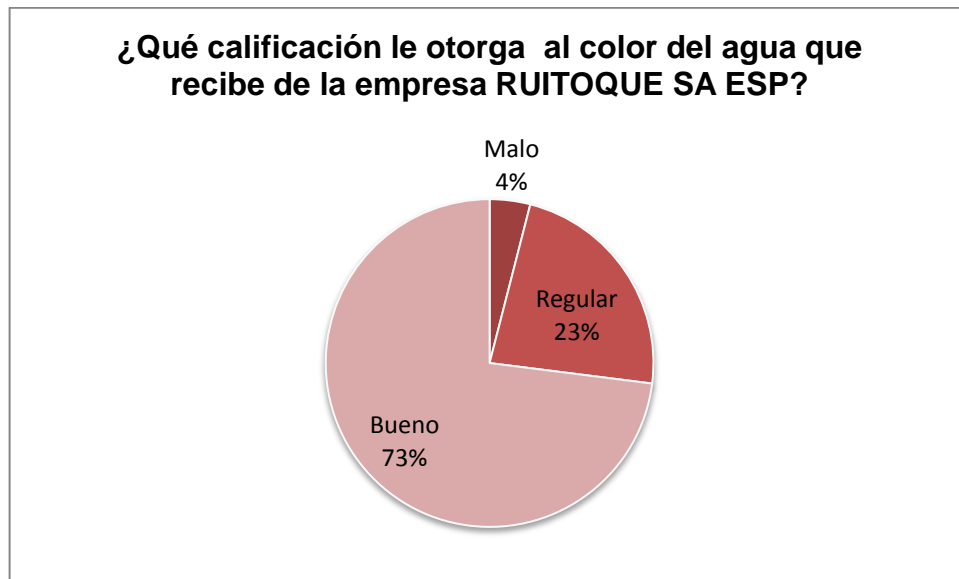
**Grafico 2.** Resultados encuesta a habitantes del Sector de Mensulí y Ruitoque Condominio, sobre presión del agua.



**Fuente:** Autor

- Los resultados obtenidos con la pregunta número 2, evidencian que el 92% de los usuarios, recibe el servicio con la presión adecuada.

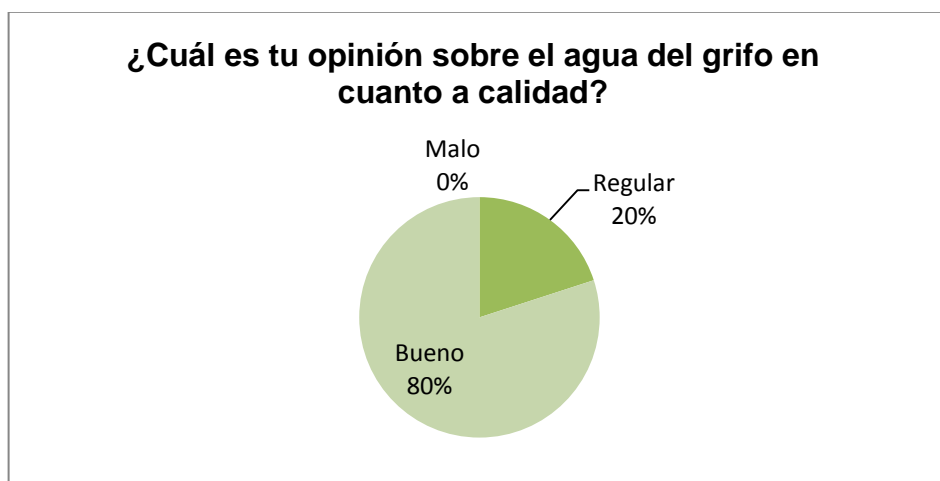
**Grafico 3.** Resultados encuesta a habitantes del Sector de Mensulí y Ruitoque Condominio, sobre color del agua.



**Fuente:** Autor

- La pregunta 3, muestra que el 73% de los usuarios no tienen queja del color del agua recibida, en cambio el 23% dice, que en algunos casos su agua baja con color blanco y marrón claro.

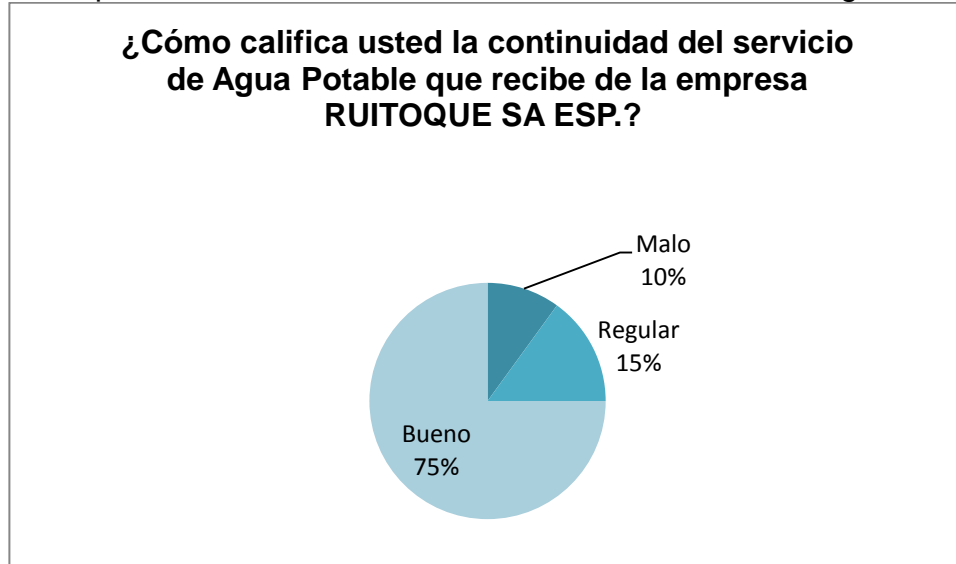
**Grafico 4.** Resultados encuesta a habitantes del Sector de Mensulí y Ruitoque Condominio, sobre calidad del agua.



**Fuente:** Autor

- Las preguntas (1-4), nos arrojan resultados positivos, en cuanto a la calidad del agua en general. Ya sea, sabor, presión y color. El 80% de los usuarios están conformes con la calidad del agua.

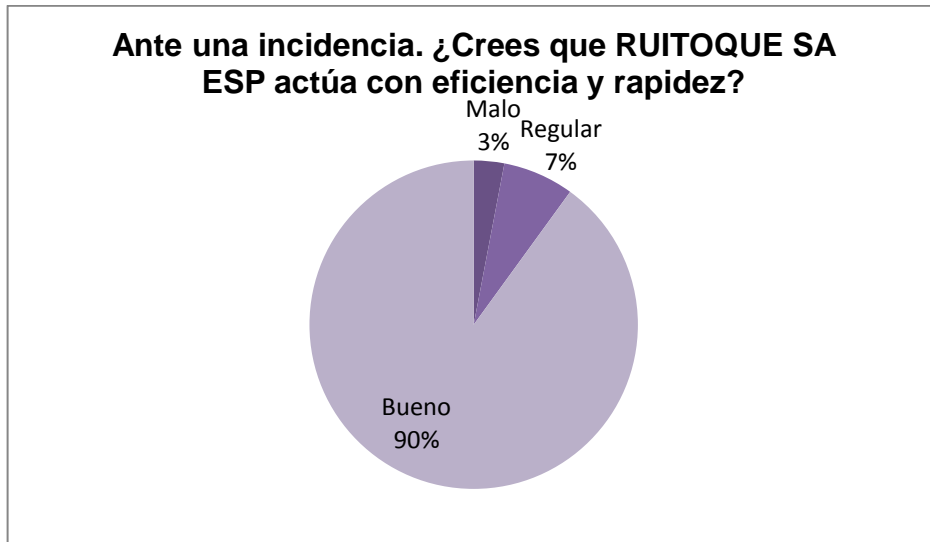
**Grafico 5.** Resultados encuesta a habitantes del Sector de Mensulí y Ruitoque Condominio, sobre continuidad del servicio de Agua Potable.



**Fuente:** Autor

- El 75% de los encuestados califican de buen modo la continuidad del servicio, es decir, casi no tienen problemas con el corte del servicio de agua potable.

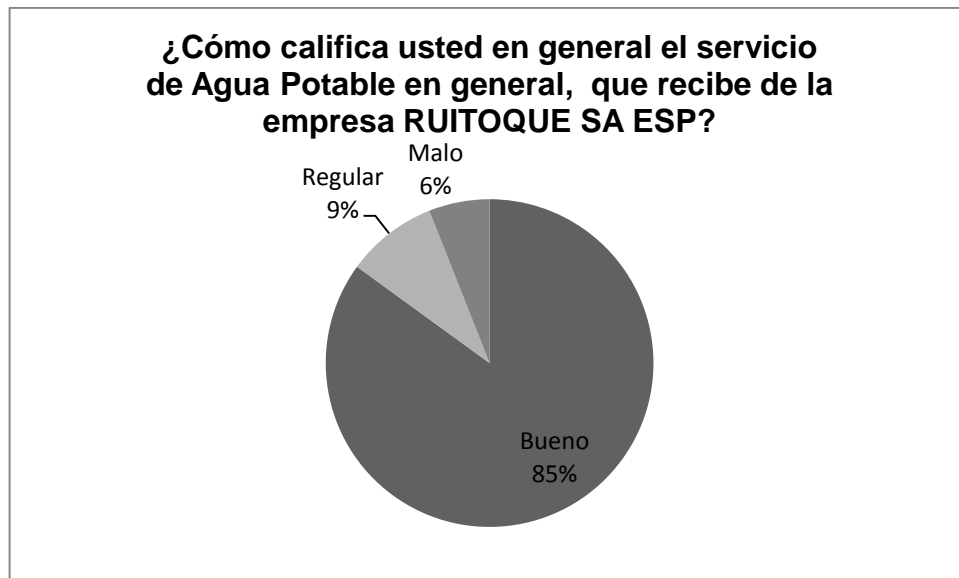
**Grafico 6.** Resultados encuesta a habitantes del Sector de Mensulí y Ruitoque Condominio, sobre PQR.



**Fuente:** Autor

- El 90% de los encuestados responde positivamente, y afirma que la empresa, responde de manera rápida, cuando se presentan daños en alguna parte del sistema.

**Grafico 7.** Resultados encuesta a habitantes del Sector de Mensulí y Ruitoque Condominio, sobre servicio de Agua Potable en general.



**Fuente:** Autor

En la pregunta 7, el 85% de los encuestados no tiene ningún problema con el servicio de agua potable, estos usuarios afirman que el servicio que reciben de RUITOQUE SA ESP es bueno.

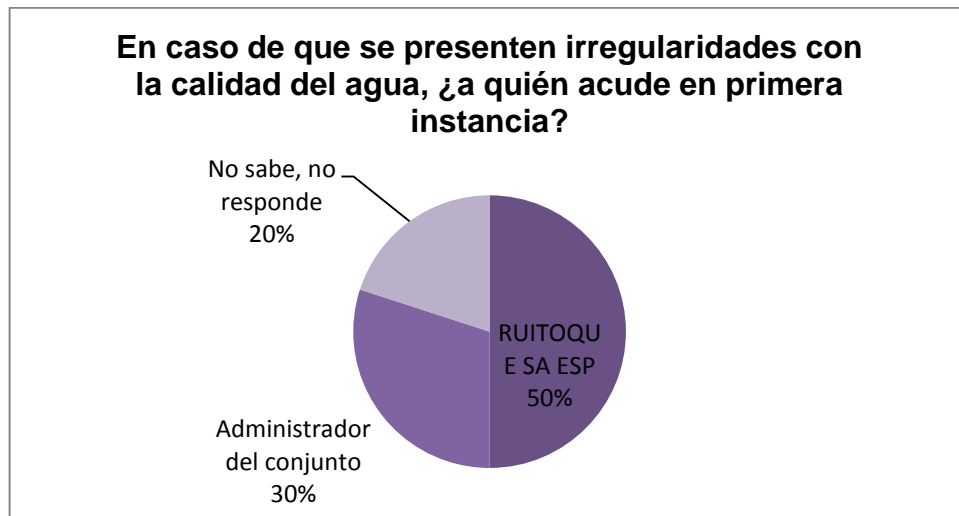
**Grafico 8.** Resultados encuesta a habitantes del Sector de Mensulí y Ruitoque Condominio, sobre mantenimiento.



**Fuente:** Autor.

- La pregunta 8, nos informa que solo el 10% de los usuarios conoce cada cuanto se debe lavar el tanque que les proporciona agua potable en su residencia, para no tener problemas con la calidad del agua potable, ya que la responsabilidad de la empresa prestadora del servicio termina en la entrada del tanque ubicado en la entrada de cada conjunto.

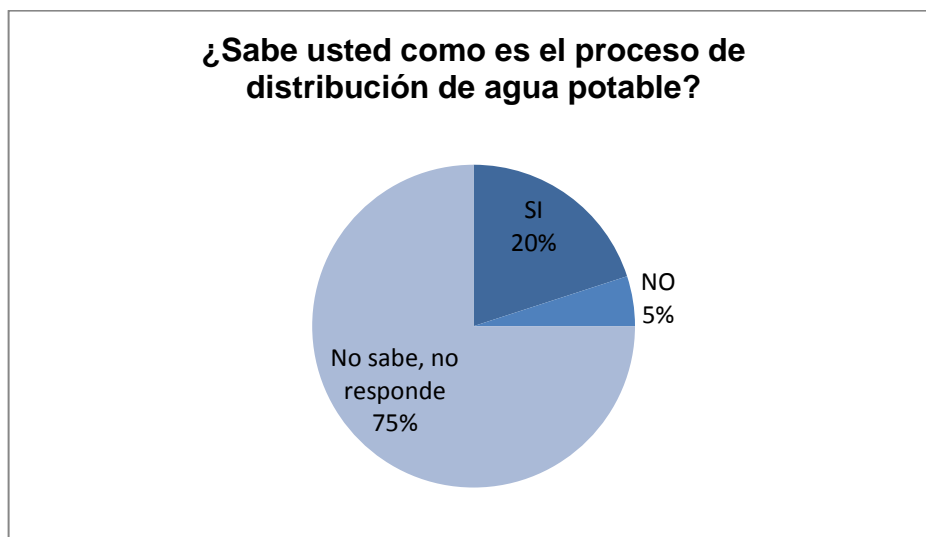
**Grafico 9.** Resultados encuesta a habitantes del Sector de Mensulí y Ruitoque Condominio, sobre responsabilidad.



**Fuente:** Autor.

- La pregunta 9, nos permite observar, que hay muchos usuarios equivocados a la hora de hacer un reclamo, ya que acuden en primera instancia a la empresa prestadora del servicio de agua potable, cuando deberían hablar primeramente con el administrador o persona encargada del bombeo del conjunto y descartar daños internos. Ya que la responsabilidad del acueducto, va hasta la entrega en el tanque principal de cada conjunto.

**Grafico 10.** Resultados encuesta a habitantes del Sector de Mensulí y Ruitoque Condominio, sobre proceso de distribución.



**Fuente:** Autor

- Muchos usuarios, no conocen como funciona la distribución en sus conjuntos, es por eso que en caso de algún problema con el agua potable, se quejan directamente con la empresa prestadora del servicio; la mayoría de los conjuntos de Ruitoque Condominio, después del tanque principal tiene bypass lo que hace que el agua circule directamente para las casas, el bypass permite un ahorro de energía, ya que no se utilizan las bombas para impulsión del agua, pero cuando el agua del tanque es utilizada, ya no garantiza una calidad del agua apta para consumo humano, esto debido a que ha perdido características de potabilización como lo es el, la concentración de cloro, que se va desapareciendo con el tiempo.

#### 4.2. ETAPA 2: MODELACIÓN EN EPANET E IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS CRITICOS Y ZONAS DE RIESGO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO.

EPANET modela un sistema de distribución de agua como una serie de líneas conectadas a nudos. Las líneas representan tuberías, bombas y válvulas de control. Los nudos representan conexiones, tanques y depósitos.

Para la modelación es necesario tener en cuenta, las opciones hidráulicas que maneja el programa, entre ellas las unidades de cada parámetro.

**Tabla 15. Opciones Hidráulicas**

<b>Caudal (demanda)</b>	<b>LPS (Litros por segundo)</b>
<b>Diámetro tubería</b>	mm (milímetros)
<b>Diámetro depósitos</b>	m (metros)
<b>Cota</b>	m (metros)
<b>Energía</b>	kWh (kilovatios-hora)
<b>Factor de fricción</b>	Adimensional
<b>Altura piezometrica</b>	m (metros)
<b>Longitud</b>	m (metros)
<b>Coef. De perdidas menores</b>	Adimensional
<b>Potencia</b>	kW (kilovatios)
<b>Presión</b>	mca (Metro columna de agua)
<b>Coef. De rugosidad</b>	mm (milímetros)
<b>Velocidad</b>	m/s (metros por segundo)
<b>Volumen</b>	m <sup>3</sup> (metros cúbicos)
<b>Tiempo de permanencia</b>	h (horas)
<b>Concentración</b>	mg/L (miligramo por litro)

**Fuente:** Autor

### 4.2.1 Tanques

Los tanques son nudos con capacidad de almacenamiento, donde el volumen de agua almacenada puede variar con el tiempo a lo largo de la simulación. Las características principales para el tanque son:

- Cota ( donde el nivel de agua es cero)
- Diámetro equivalente (para tanques rectangulares)
- Valores iniciales máximos y mínimos del nivel de agua.
- Calidad del agua inicial.

Los tanques operan limitados por sus niveles máximo y mínimo. EPANET detiene el aporte del caudal si el nivel del tanque esta al mínimo y detienen el consumo de caudal si el nivel del tanque se encuentra en su máximo. Los tanques también pueden servir como fuente de calidad de agua.

La siguiente tabla, contienen los datos de los tanques de la red utilizada para la modelación.

**Tabla 16.** Características de los tanques de almacenamiento en el modelo.

NOMBRE DEL TANQUE	COTA	ALTURA MAXIMA m	ALTURA MINIMA m	ALTURA INICIAL m	ANCHO m	LARGO m	CAPACIDAD m <sup>3</sup> (Hmax * ancho * largo)	DIAMETRO EQUIVALENTE $D = 2 * \sqrt{(A * B) / \pi}$	CALIDAD INICIAL (CLORO RESIDUAL mg/L * CI)	SECTORES ALIMENTADOS POR ESTE TANQUE
Tanque sa 20 N.1	1325	2.80	1.10	0.2	10.10	13.5	382	$D = 2 * \sqrt{(A * B) / \pi} .20$	1.66	Tanque Pico del águila - Tanque Nuevo - conjuntos (Bahía - Monterreal - Rinconada - Lomita - Mirador del oriente - La montaña - La pradera - Aldea - Náutica - Hoyo 19 - Aldea Comercial - Hotel Punta Diamante - Peñón del Lago - Horizonte - El laguito - Torreón de la Capilla - Altos de yerbabuena - colinas de yerbabuena - Monte alto).
Tanque sa 20 N.2		2.30	1.10	0.2	8	10	184			
Tanque nuevo	1140	3.30	2.40	0.1	7.8	14	360	11.79	1.4	Conjuntos Condominio (Remanso - Bosque Alto - Ruitoque Villas - La cima - Casa del bosque - Valle de rocas - Buenavista).
Tanque pico de águila	1332	3.10	2.80	0	8	7	174	8.44	0.72	Conjuntos Condominio (Pico de águila - Península - Balmoral - Ruitoque Gold).
Tanque planta Rosales	968	2.8	1	0.3	4.5	6.8	86	6.24	1.70	Estaciones de bombeo (2-3-4) y Tanque SA 20.
Tanque planta Montañitas	1232	3.40	1	0.5	6.3	21	450	12.98	1.60	Tanque Rosales - Sectores (Coopetran - foyer - manzanares - mensulí - platacero - Tablanca - Zona Franca).

Fuente:

Autor

#### 4.2.2. Conexiones

Las conexiones son puntos en la red donde se unen las líneas o por donde entra o sale el agua de la red. La información básica que se requiere para las conexiones es:

- Cota, normalmente sobre el nivel del mar
- Demanda de agua (régimen de evacuación desde la red)
- Calidad del agua inicial

Los resultados que se obtuvieron de las conexiones a lo largo de toda la simulación son:

- Altura piezometrica
- Presión
- Calidad del agua

Las conexiones también pueden:

- Tener una demanda que varié con el tiempo
- Tener diferentes categorías de demanda asignadas
- Tener una demanda negativa indicando que el agua entra en la red
- Ser fuente de calidad del agua por donde los constituyentes entran en la red.
- Contener emisores (o aspersores) haciendo que el caudal descargado dependa de la presión.

**Tabla 17.** Características de las conexiones.

# NODO	NOMBRE NODO	COTA	CALIDAD INICIAL(CLORO RESIDUAL mg/L * CI)
1	Empalme ICP	1039	1.5
2	Autopista 1	1050	1.5
3	Autopista 2	1047	1.5
4	Autopista 3	1045	1.4
5	La españolita	1041	1.12
6	Marval	1027	1.04
7	MCI	1024	0.19
8	Ult. Casa Tablanca	1011	0.26
9	Retorno la españolita	1034	1.2
10	Vivero flor del campo	1043	1.13
11	Cruce vivero	1045	1.4

12	Casa tienda	1048	0.69
13	Manzanares	1052	0.65
14	Manzanares 1	1063	0.55
15	Manzanares 2	1063	0.55
16	Manzanares 3	1082	0.48
17	Manzanares 4	1062	0.5
18	Manzanares 5	1063	0.5
19	Manzanares 6	1075	0.4
20	Manzanares 7	1065	0.5
21	Manzanares 8	1067	0.49
22	Casa Loma	1084	0.45
23	4	1065	0.36
24	51	1077	0.35
25	Fundar	1073	0.33
26	2Entrada Manzanares	1046	1.3
27	41	1038	1.03
28	3 Entrada Manzanares	1046	1.02
29	seminario	1037	1.03
30	Mansión del bosque	1024	1.08
31	Normandía	1009	1.08
32	Policía	1057	0.51
33	52	1032	1.3
34	14	1038	1.2
35	11	1039	1.1
36	Alameda	1048	1.13
37	9	1054	0.3
38	Casa verde	1064	0.39
39	15	1036	1
40	Arcadia	1025	0.79
41	Foyer de charite	1021	1.16
42	Frente cajasan	1034	1
43	26	1022	0.98
44	Coopetran	1030	0.93
45	Maquinita	1040	0.93
46	Montblanc	1055	0.95
47	cruce follajes	1021	0.7
48	casa subiendo la vecindad	1024	0.24
49	Follajes de Santander	1018	0.7

50	paraíso	1026	0.92
51	Retorno platacero	1006	1.03
52	Restaurante Mensulí	1005	1.10
53	Fonda paisa	1003	0.76
54	Conjunto Mensulí	1016	0.95
55	Cañada	1032	0.4
56	Arcoíris	1014	0.35
57	morichal	999	1.10
58	28	971	0.9
59	Cardiovascular	982	0.9
60	cruce bomba de gasolina	962	0.89
61	estación 2	1047	1.69
62	estación 3	1127	1.39
63	estación 4	1218	1.43
64	Conjunto pico de águila	1322	1
65	La península	1318	0.8
66	Ruitoque Gold	1324	0.6
67	Balmoral	1324	0.4
68	Hoyo 19	1305	1.3
69	Monte real	1308	1.04
70	Rinconada	1283	0.93
71	La lomita	1278	0.95
72	Mirador del Oriente	1273	0.55
73	La montaña	1275	0.57
74	Aldea	1273	1.06
75	Pradera	1270	0.82
76	Náutica	1259	1.06
77	Club Náutica	1244	1.04
78	Aldea Comercial	1308	1.06
79	Madeira	1306	1
80	Hotel punta diamante	1307	0.95
81	Peñón del lago	1308	0.93
82	Horizonte	1279	1.06
83	Laguito	1298	0.88
84	Club el vergel	1299	0.8
85	Torreón de la capilla	1302	0.75
86	Monte alto	1302	1.02
87	altos de yerbabuena	1302	1.04

88	colina de yerbabuena	1296	1.04
89	Buenavista	1287	0.6
90	Laguito Villas	1279	0.98
91	5	1262	0.8
92	Válvula	1273	0.75
93	Valle de rocas	1277	0.78
94	Academia de Golf	1263	0.9
95	Bahía	1260	0.98
96	Oficina ESP	1241	0.85
97	Remanso	1256	0.68
98	Bosque alto	1246	0.76
99	7	1248	0.78
100	Villa Mary	1248	0.78
101	La cima	1255	0.75

Fuente: Autor

#### 4.2.3 Tuberías

Las tuberías son líneas que llevan el agua de un punto de la red a otro. EPANET asume que todas las tuberías se encuentran completamente llenas en todo momento. La dirección de caudal va desde el extremo con altura piezométrica mayor hacia el extremo de la conducción con menor altura, siguiendo siempre el sentido de la disminución de la altura. Los parámetros hidráulicos más importantes para las tuberías son:

- Nudos de entrada y salida
- Diámetro
- Longitud
- Coeficiente de rugosidad (para determinar pérdidas)
- Estado (abierta, cerrada o con una válvula).

Los parámetros de estado de las tuberías se emplean para contemplar elementos tales como válvulas de corte o seccionamiento o válvulas de retención.

Los principales valores que podemos obtener son:

- Caudal
- Velocidad
- Pérdidas
- Factor de fricción
- Variación de la velocidad de reacción
- Variación de la calidad del agua

Las pérdidas de carga en la conducción debido a la rugosidad de las paredes de la tubería se midieron utilizando el método de Darcy-Weisbach, ya que es el método más exacto teóricamente y se puede aplicar para cualquier líquido en cualquier régimen en que se encuentre.

Este método utiliza la siguiente ecuación para calcular las pérdidas entre el nudo inicial y el nudo final de la tubería:

$$h_L = Aq^B$$

Dónde:

$h_L$ = pérdidas (longitud)

$q$ = caudal (volumen/tiempo)

$A$ = coeficiente de resistencia

$B$ = exponente del caudal.

**Tabla 18.** Calculo de pérdidas en tuberías.

<i>Formula</i>	<i>Coficiente de Resistencia (A)</i>	<i>Exponente de Caudal (B)</i>
Hazen-Williams	$4.727 C^{-1.852} d^{-4.871} L$	1.852
Darcy-Weisbach	$0.0252 f(\epsilon, d, q) d^{-5} L$	2
Chezy-Manning	$4.66 n^2 d^{-5.33} L$	2
<p>Notas: C = coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams  <math>\epsilon</math> = coeficiente de rugosidad de Darcy-Weisbach (ft)  f = factor de fricción (depende de <math>\epsilon</math>, d, y q)  n = coeficiente de rugosidad de Manning  d = diámetro de la tubería (ft)  L = longitud de la tubería (ft)  q = caudal (cfs)</p>		

**Fuente:** Manual EPANET.

**Tabla 19.** Coeficiente de rugosidad de Darcy-Weisbach

<i>Material</i>	<i>Darcy-Weisbach <math>\epsilon</math> (mm)</i>
PVC y PE	0,0025
Fibrocemento	0,025
Fundición revestida	0,03
Fundición no revestida	0,15
Hormigón armado	0,1
Hormigón liso	0,025

**Fuente:** Manual EPANET.

Las tuberías pueden abrirse o cerrarse en determinados instantes de tiempo o cuando la presión en los nudos cae o llega a determinado punto, o cuando la presión en los nudos cae o llega a determinados valores.

**Tabla 20.** Características de las tuberías.

# TUBERIA	NUDO INICIAL	NUDO FINAL	LONGITUD (m)	DIAMETRO		RUGOSIDAD
				PULGADAS	MILIMETROS	
1	Montañitas	Empalme ICP	1370	10	2,54	0.0015
2	Empalme ICP	Autopista 1	140	10	2,54	0.0015
3	Autopista 1	Autopista 2	200	10	2,54	0.0015
4	Autopista 2	Autopista 3	600	10	2,54	0.0015
5	Autopista 3	Cruce vivero	300	10	2,54	0.0015
6	Cruce vivero	vivero flor del campo	44	4	1,016	0.0015
7	Cruce vivero	casa tienda	58	3	0,762	0.0015
8	casa tienda	Manzanares	223	3	0,762	0.0015
9	Manzanares	Manzanares 1	64	3	0,762	0.0015

10	Manzanares 1	Manzanares 2	51	3	0,762	0.0015
11	Manzanares 2	Manzanares 3	135	3	0,762	0.0015
12	Manzanares 2	Manzanares 4	85	3	0,762	0.0015
13	Manzanares 4	Manzanares 5	30	3	0,762	0.0015
14	Manzanares 5	Manzanares 6	159	3	0,762	0.0015
15	Manzanares 5	Manzanares 7	92.5	3	0,762	0.0015
16	Manzanares 7	Manzanares 8	36	3	0,762	0.0015
17	Manzanares 8	Casa loma	215	3	0,762	0.0015
18	Manzanares 8	4	145	3	0,762	0.0015
19	4	51	168	3	0,762	0.0015
20	51	fundar	97	3	0,762	0.0015
21	vivero flor del campo	Retorno la españolita	210	4	1,016	0.0015
22	Retorno la españolita	finca la españolita	130	4	1,016	0.0015
23	finca la españolita	Marval	420	3	0,762	0.0015
24	finca la españolita	MCI	267	3	0,762	0.0015
25	MCI	Ultima casa Tablanca	407	3	0,762	0.0015
26	Cruce vivero	2 Entrada Manzanares	50	10	2,54	0.0015
27	2 Entrada Manzanares	Manzanares 4	333	3	0,762	0.0015
28	2 Entrada Manzanares	3 Entrada Manzanares	70	10	2,54	0.0015
29	3 Entrada Manzanares	manzanares 7	345	3	0,762	0.0015
30	3 Entrada Manzanares	11	307	8	2,032	0.0015

31	11	alameda	165	4	1,016	0.0015
32	alameda	9	140	3	0,762	0.0015
33	9	casa verde	166	3	0,762	0.0015
34	11	14	35	4	1,016	0.0015
35	14	52	57	3	0,762	0.0015
36	52	seminario	57	3	0,762	0.0015
37	seminario	41	200	10	2,54	0.0015
38	41	vivero flor del campo	374	10	2,54	0.0015
39	seminario	mansión del bosque	247.20	3	0,762	0.0015
40	mansión del bosque	Normandía	286.40	3	0,762	0.0015
41	Normandía	Policía	57.30	3	0,762	0.0015
42	14	15	51	3	0,762	0.0015
43	15	Arcadia	175	2	0,508	0.0015
44	arcadia	foyer de charite	216	2	0,508	0.0015
45	11	frente a cajasan	265	8	2,032	0.0015
46	frente a cajasan	26	342	8	2,032	0.0015
47	26	coopetran	206	4	1,016	0.0015
48	coopetran	marquinita	159	4	1,016	0.0015
49	marquinita	Montblac	206	3	0,762	0.0015
50	26	cruce follajes	30	4	1,016	0.0015
51	cruce follajes	primera casa subiendo la vecindad	752	2	0,508	0.0015
52	cruce follajes	fonda paisa	683	2	0,508	0.0015
53	26	follajes de Santander	85	6	1,524	0.0015
54	follajes de Santander	Paraíso	345	3	0,762	0.0015
55	follajes de Santander	retorno platacero	383	6	1,524	0.0015
56	retorno platacero	restaurante mensulí	150	6	1,524	0.0015

57	restaurante mensulí	conjunto mensulí	228	3	0,762	0.0015
58	conjunto mensulí	Cañada	323	3	0,762	0.0015
59	restaurante mensulí	Arcoíris	304	4	1,016	0.0015
60	restaurante mensulí	Morichal	360	6	1,524	0.0015
61	morichal	28	690	6	1,524	0.0015
62	28	cardiovascular	203	1	0,254	0.0015
63	28	cruce bomba	600	6	1,524	0.0015
64	cruce bomba	Tanque Rosales	330	6	1,524	0.0015
65	Tanque Rosales	Estación 2	342	8	2,032	0.0015
66	Estación 2	Estación 3	511	8	2,032	0.0015
67	Estación 3	Estación 4	295	8	2,032	0.0015
68	Estación 4	Tanque el 20	1508	8	2,032	0.0015
69	Tanque el 20	Tanque pico de águila	980	3	0,762	0.0015
70	Tanque pico de águila	conjunto pico de águila	40	4	1,016	0.0015
71	conjunto pico de águila	la península	453	4	1,016	0.0015
72	la península	Ruitoque Gold	70	4	1,016	0.0015
73	Ruitoque Gold	Balmoral	50	4	1,016	0.0015
74	Tanque el 20	Tanque Nuevo	366	8	2,032	0.0015
75	Tanque el 20	Hoyo 19	250.70	8	2,032	0.0015
76	Hoyo 19	Monte Real	330.40	6	1,524	0.0015
77	Monte Real	Rinconada	429.90	6	1,524	0.0015
78	Rinconada	La Lomita	70	6	1,524	0.0015

79	La Lomita	Mirador del Oriente	346.10	4	1,016	0.0015
80	Mirador del Oriente	La Montaña	54	4	1,016	0.0015
81	Mirador del Oriente	La Aldea	93.60	3	0,762	0.0015
82	La Aldea	Pradera	40	3	0,762	0.0015
83	Pradera	Náutica	176	3	0,762	0.0015
84	náutica	Club náutica	247	3	0,762	0.0015
85	Rinconada	Academia de golf	370.10	3	0,762	0.0015
86	Academia de golf	Bahía	69	4	1,016	0.0015
87	Bahía	oficina de la ESP	410	4	1,016	0.0015
88	Tanque nuevo	5	1140	3	0,762	0.0015
89	5	oficina de la ESP	396	3	0,762	0.0015
90	5	Válvula	298	3	0,762	0.0015
91	Válvula	Valle de Rocas	200	4	1,016	0.0015
92	Valle de Rocas	Buenavista	162	4	1,016	0.0015
93	Válvula	La Cima	225	4	1,016	0.0015
94	La Cima	Villa Mary	248.70	3	0,762	0.0015
95	Villa Mary	Bosque Alto	27.50	3	0,762	0.0015
96	Bosque Alto	Remanso	154	3	0,762	0.0015
97	Bosque Alto	oficina de la ESP	255	3	0,762	0.0015
98	Hoyo 19	Aldea Comercial	108.70	6	1,524	0.0015
99	Aldea Comercial	Madeira	75	6	1,524	0.0015
100	Madeira	Hotel punta diamante	128	6	1,524	0.0015
101	Hotel punta diamante	Peñón del lago	253.5	6	1,524	0.0015

102	Peñón del lago	Horizonte	370	4	1,016	0.0015
103	Academia de golf	Laguito Villas	299	3	0,762	0.0015
104	Laguito Villas	Laguito	356	3	0,762	0.0015
105	Laguito	Club el Vergel	70	4	1,016	0.0015
106	Club el Vergel	Torreón de la capilla	51.3	4	1,016	0.0015
107	Torreón de la capilla	Monte Alto	26.3	4	1,016	0.0015
108	Monte Alto	Altos de yerbabuena	140	4	1,016	0.0015
109	Altos de yerbabuena	Colinas de yerbabuena	143.0	4	1,016	0.0015
110	Colinas de yerbabuena	Buenavista	380	4	1,016	0.0015

FUENTE: Autor

#### 4.2.4 Válvulas

Las válvulas son líneas que limitan la presión y el caudal en puntos específicos de la red. Sus principales parámetros característicos son:

- Nudos de entrada y salida
- Diámetro
- Consigna (presión de salida)
- Estado (abierta, cerrada)

Las válvulas utilizadas en el modelo son: Válvulas reductoras de presión: Limitan la presión en un punto de la red de tuberías, trabajan parcialmente abiertas, lo que permite mantener una presión aguas abajo menor, que la presión aguas arriba.

**Tabla 21.** Características de las válvulas.

NUDO INICIAL	NUDO FINAL	DIAMETRO		TIPO DE VALVULA
		PULGADAS	MILIMETROS	
Montañitas	Empalme ICP	10	2,54	Reductora
Entrada 3 manzanares	Alameda	8	2,03	Reductora
Cardiovascular	Cruce Bomba San Pedro	6	1,52	Reductora
Autopista	vivero Flor del Campo	10	2,54	Regulación

Academia de Golf	Conjunto Bahía	4	1,02	Regulación
Conjunto Valle de Rocas	Conjunto La Cima	4	1,02	Regulación

Fuente: Autor

#### 4.2.5 Bombas

Las bombas son elementos que aportan energía al fluido incrementando su altura piezométrica. Las características más importantes para una bomba son:

- Su entrada y salida y su curva característica
- Los parámetros de salida más importantes son el caudal y la carga. Epanet no permite que una bomba trabaje fuera del rango que determina su curva característica.

**Tabla 22.** Características de las bombas.

# BOMBA	NUDO INICIAL	NUDO FINAL	POTENCIA Hp
1	Tanque Rosales	Estación 2	50
2	Estación 2	Estación 3	50
3	Estación 3	Estación 4	50
4	Estación 4	Tanque el 20	60
5	Tanque el 20	Tanque Pico de Águila	40

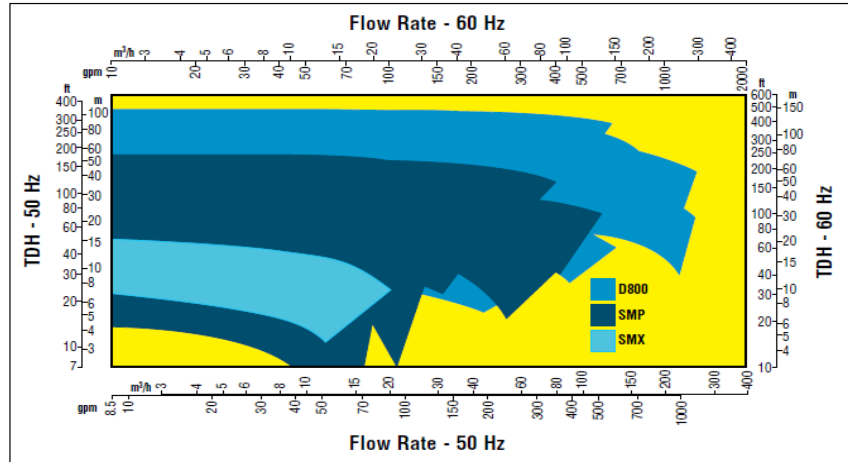
Fuente: Autor

La curva característica para estas bombas, se determinó por medio de los parámetros de operación:

#### Bomba Worthington

- flujos de 455 m<sup>3</sup>/h
- alturas de 150 m
- temperaturas de 120 grados
- presiones de 15 bar
- velocidades de 3600 rpm

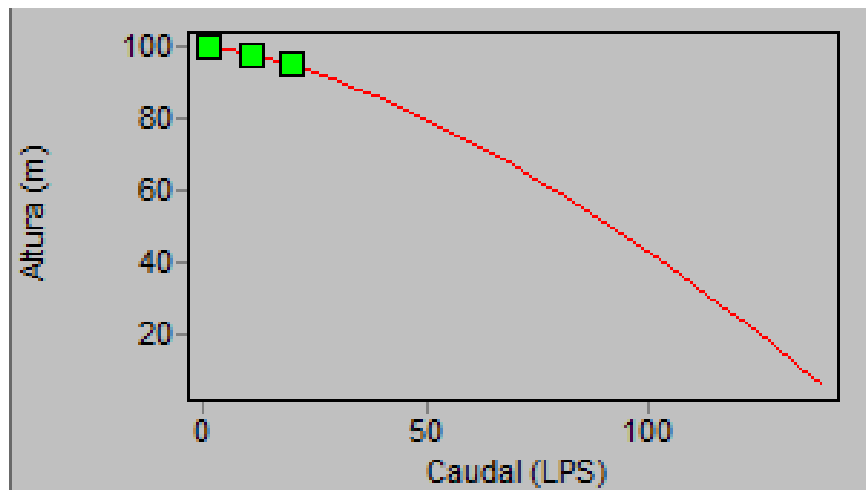
**Ilustración 4. Curva característica, para bombas Worthington de 50 y 60 Hp.**



**Fuente:** Catálogo de bombas Flowserve.

- Para poder realizar la curva característica para el programa, se tomaron tres valores de caudales importantes, siendo el mayor 20 L/s a una altura de 100 m. Tomando como guía la ilustración 1.

**Grafica 11. Curva característica de las bombas.**

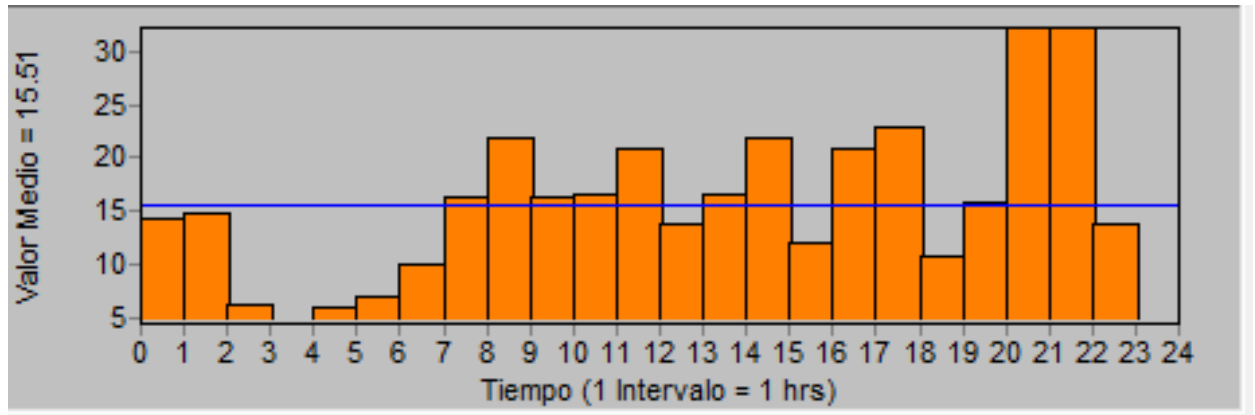


**Fuente:** Autor

#### 4.2.6 Patrones de tiempo vs consumo

- Se tomaron datos de consumo de caudal hora a hora durante 5 días, iniciando el día 15 de febrero de 2016 y finalizando el día 19 de febrero de 2016. Con estos datos se creó un patrón de tiempos, que analizo el consumo hora a hora, medido en L/s, lo cual permitió, identificar las horas de más consumo, en la red de agua potable.

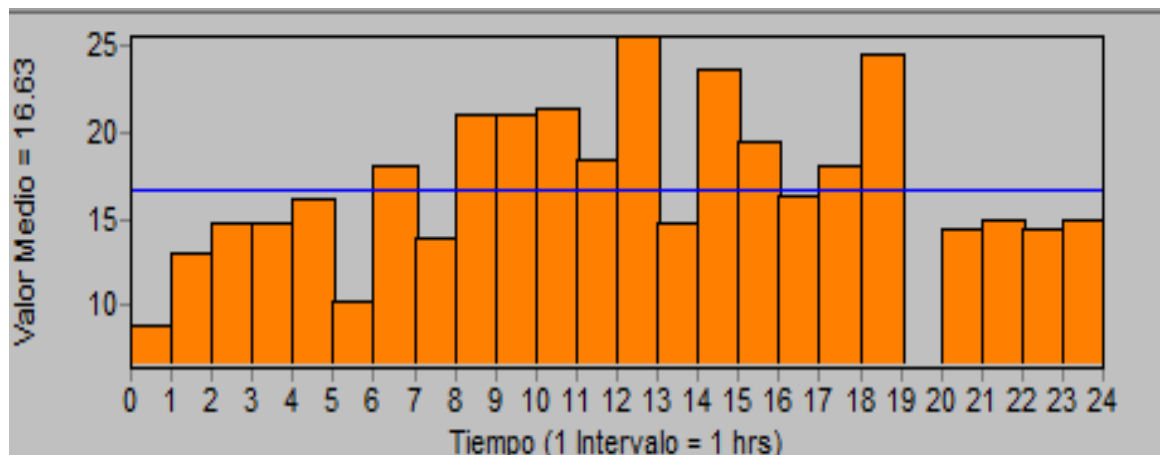
**Grafica 12.** Patrón (Caudal de consumo hora a hora, día lunes)



**Fuente:** Autor

- En la gráfica 12, el consumo más alto fue de las 20 a las 21 horas, teniendo un consumo aproximado, de 32 L/s; y el consumo más bajo fue de 3 a 4 am, no sobrepasa los 6 L/s.

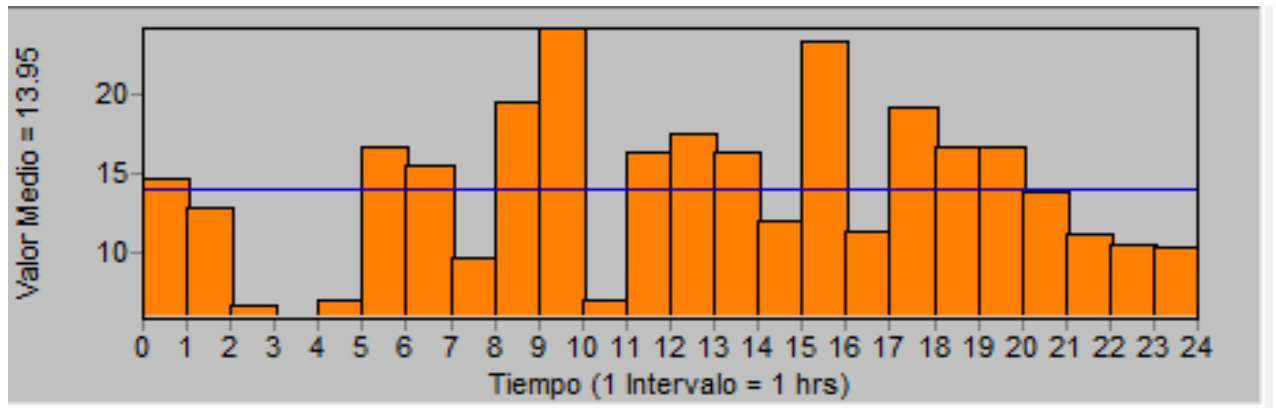
**Grafica 13.** Patrón (Caudal de consumo hora a hora, día martes)



**Fuente:** Autor

- La grafica 13, tuvo un valor de consumo considerable de las 12 a las 13 horas, y un valor mínimo de consumo de las 19 a las 20 horas.

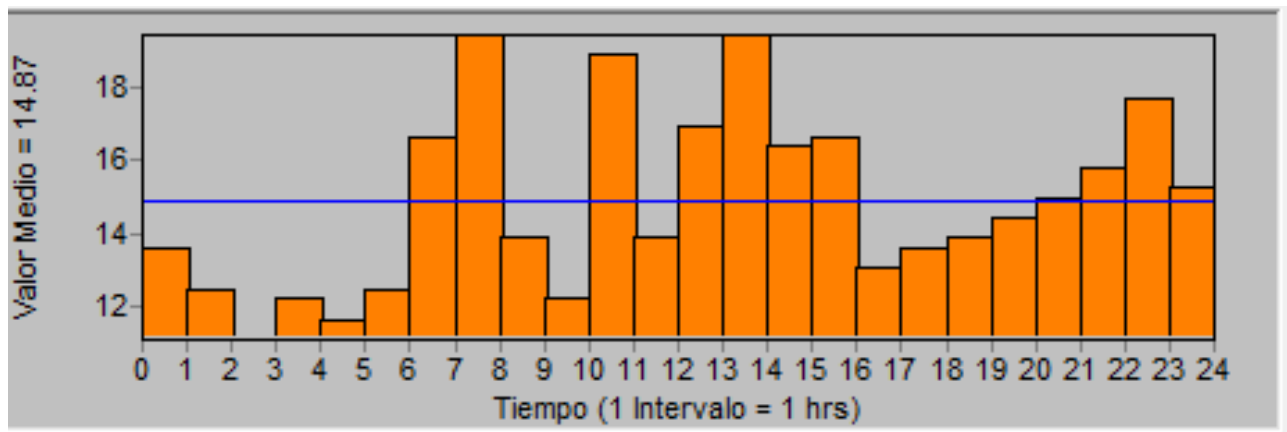
**Grafica 14.** Patrón (Caudal de consumo hora a hora, día miércoles)



**Fuente:** Autor

- En la gráfica 14, observamos consumos altos a las 9 y a las 15 horas, y consumos bajos de 3 a 4 am, el resto de datos mantiene el consumo alrededor de los 10 L/s.

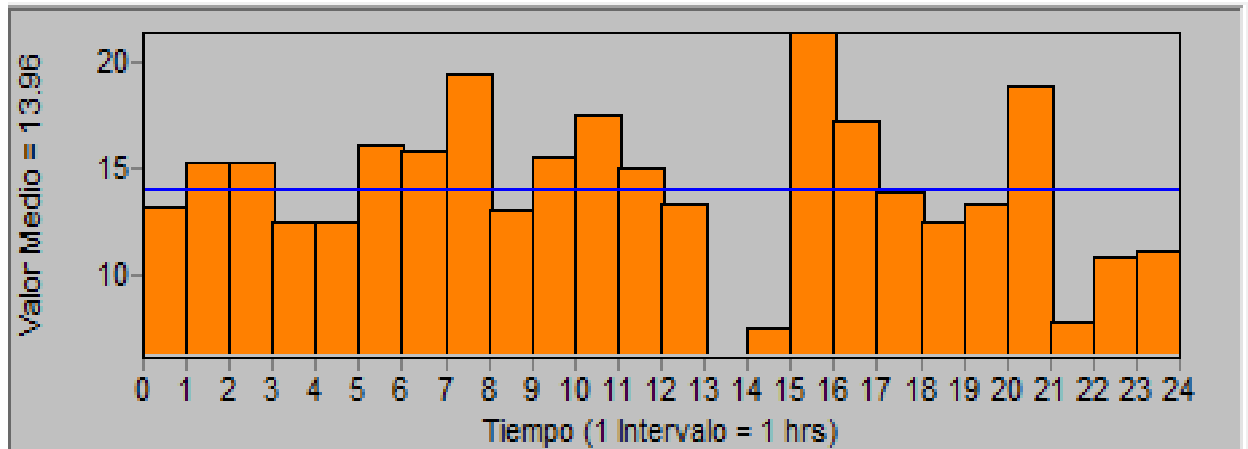
**Grafica 15.** Patrón (Caudal de consumo hora a hora, día jueves)



**Fuente:** Autor

- En la gráfica que representa el día jueves, observamos picos de consumo de las 9 a 10 horas, de las 10 a las 11 horas y de las 13 a las 14 horas; el pico más bajo fue de las 2 a las 3 horas.

**Grafica 16.** Patrón (Caudal de consumo hora a hora, día viernes)



**Fuente:** Autor

- En la gráfica que representa el día viernes, se pudo observar un aumento de consumo, en casi todas las horas, en comparación con los días anteriores, el consumo más alto se dio de las 15 a las 16 horas, y el más bajo de las 13 a las 14 horas.
- Entre más valores se tengan, mejores conclusiones y análisis se pueden deducir de este ejercicio, en este caso, vemos que todos los días, varían las horas del consumo más alto y más bajo, aunque las horas del consumo más bajo, tienden a ser la horas de la madrugada.

#### 4.2.7 Análisis de calidad

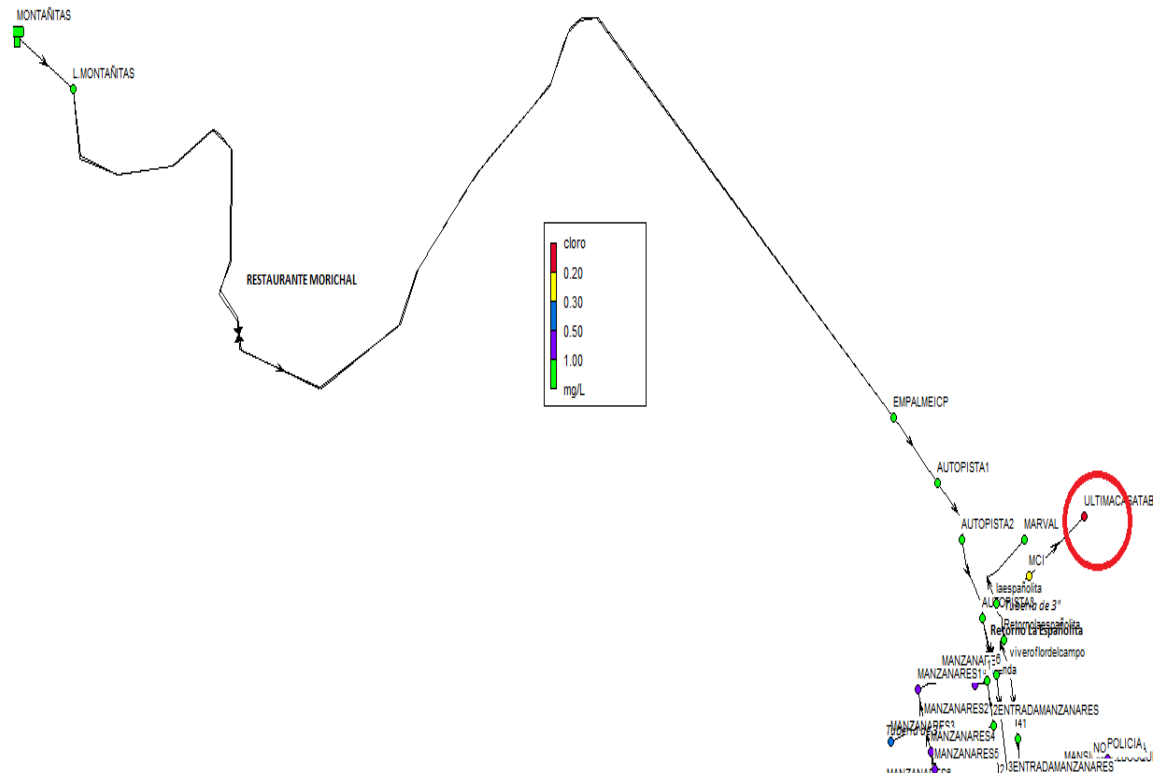
La calidad se va a medir a través de la cantidad de cloro residual medido en campo, y de los resultados obtenidos con el programa.

El cloro es la sustancia más usada como desinfectante para el agua de consumo humano, por esto es importante llevar un control, si se analiza el agua y se encuentra que todavía existe cloro libre en ella, se comprueba que la mayoría de los organismos peligrosos ya fueron eliminados del agua y, por lo tanto, es seguro consumirla. A este procedimiento lo conocemos como medición del cloro residual. La medida del cloro residual en un suministro de agua es un método simple pero importante para revisar si el agua que se suministra es segura para beber.<sup>6</sup>

A través del programa localizamos los puntos de la red, en donde se están observando problemas con el cloro residual.

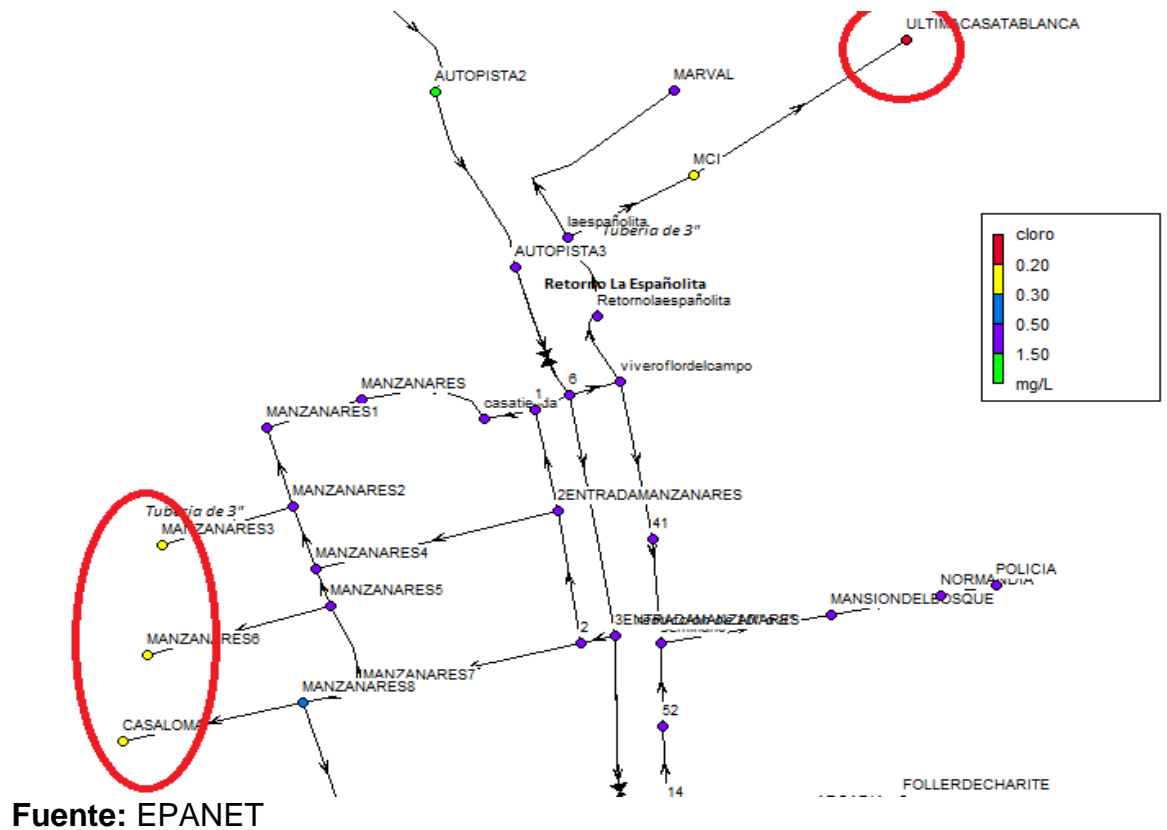
<sup>6</sup> Cloro residual, calidad del agua potable.pdf

**Ilustración 5.** Análisis de cloro, ramal finca española.



**Fuente:** EPANET

**Ilustración 6.** Análisis de cloro ramales manzanares.



Con las muestras tomadas y los resultados obtenidos en EPANET, se observa que se están teniendo problemas de bajo cloro, en las finalizaciones de ramales, en las imágenes anteriores, observamos que el ramal la Española no cuenta con un consumo constante, ya que son fincas de alquiler y durante la semana el agua no está circulando, y por esta razón está quedando agua estancada durante toda la semana y el cloro está disminuyendo.

Otro caso es en el sector de manzanares en donde el cloro está en el límite permitido 0.3 mg/L.

### Ilustración 7. Resultados pérdidas en bombas.

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de Fricción	Veloc. de Reacción m/s	cloro mg/L	Estado
Tubería 123	4.27	0.53	2.86	0.021	0.00	0.00	Abierto
Tubería 124	0.52	0.11	0.29	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería 125	0.37	0.08	0.16	0.036	0.00	0.00	Abierto
Tubería 126	0.04	0.02	0.03	0.061	0.00	0.00	Abierto
Tubería 127	18.83	1.03	5.87	0.016	0.00	0.00	Abierto
Tubería 128	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Cerrado
Tubería 8	2.81	0.62	5.41	0.021	0.00	0.00	Abierto
Tubería 5	30.85	3.80	101.41	0.014	0.00	0.00	Abierto
Tubería 16	53.19	2.92	38.59	0.014	0.00	0.00	Abierto
Tubería 17	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Cerrado
Tubería 22	-0.07	0.01	0.01	0.056	0.00	0.00	Abierto
Tubería 24	-0.12	0.03	0.02	0.032	0.00	0.00	Abierto
Tubería 25	-0.34	0.07	0.13	0.037	0.00	0.00	Abierto
Bomba BOMBA3	214.29	0.00	-73.99	0.000	0.00	0.00	Abierto
Bomba BOMBA2	206.74	0.00	-116.24	0.000	0.00	0.00	Abierto
Bomba BOMBA4	211.43	0.00	-89.98	0.000	0.00	0.00	Abierto
Bomba BOMBA1	212.52	0.00	-83.88	0.000	0.00	0.00	Abierto
Válvula VALVULA2	112.06	3.46	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Válvula VALVULA3	88.31	4.84	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Válvula VALVULARG2	4.38	0.54	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Válvula VALVULA1	118.30	2.33	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Válvula VALVULARG1	118.29	2.33	0.00	0.000	0.00	0.00	Activo

Fuente: EPANET

En este análisis también podemos incluir resultados de las bombas ubicadas del Tanque rosales al tanque el 20 en Ruitoque Condominio, las cuales según el programa se observan perdidas negativas, lo que significa que está sobrando agua para bombear, ya que en este modelo no se tuvieron en cuenta los 25.000 m<sup>3</sup>/mes de agua en bloque, que se le compran al Acueducto Metropolitano de Bucaramanga.<sup>7</sup>

Por otro lado es necesario aumentar el tamaño del tanque el 20, para que los usuarios no se queden sin el servicio de agua potable, ya que es el tanque que más sectores abastece, sirve de gran reservorio de agua, pero a medida que se

<sup>7</sup> Manual Epanet, evidencias.

incrementen los usuarios, es necesario aumentar la potencia de las bombas, las cuales solo bombean 40 L/s, también se debe instalar otro tanque que almacene más agua, ya que con tan sólo 2 horas sin bombeo, el tanque el 20 llega a su altura mínima de agua y con 3 horas la red de Ruitoque Condominio, empieza a desocuparse.

#### 4.2.8 Análisis de demanda en tanques

Según los datos obtenidos después del análisis de la red de la empresa RUITOQUE SA ESP, la demanda en los tanques de almacenamiento (MONTAÑITAS, PICO DE AGUILA Y EL TANQUE EL 20) es negativa, lo que significa, que estos tanques nunca se llenan en su totalidad, esto se debe al consumo constante en algunos sectores de la red de distribución.

**Ilustración 8. Tabla de datos tanques de almacenamiento.**

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	cloro mg/L
Conexión CLUBELVERGEL	0.04	1308.78	9.78	0.80
Conexión BUENAVISTA	7.75	1023.30	-263.70	0.60
Conexión VALLEDEROCAS	2.14	1024.64	-252.36	0.78
Conexión VALVULA	0.00	1027.22	-245.78	0.75
Conexión 5	0.00	1057.22	-204.78	0.80
Conexión REMANSO	5.29	1010.48	-245.52	0.68
Conexión MONTAÑA	8.37	1294.28	19.28	0.57
Conexión PRADERA	8.71	1293.63	23.63	0.82
Conexión NAUTICA	4.66	1293.52	34.52	1.06
Conexión CLUBNAUTICA	0.82	1293.51	49.51	1.04
Conexión 1	0.00	1212.34	165.34	1.00
Conexión 2	0.00	1212.44	165.44	1.02
Conexión 3	0.00	1006.17	46.17	0.90
Conexión L.MONTAÑITAS	0.00	1232.86	2.86	1.60
Conexión 6	0.00	1219.63	174.63	1.00
Conexión 7	0.00	1182.15	172.15	0.70
Conexión 8	0.00	1117.22	107.22	1.10
Depósito TANQUEEL20	-495.25	1333.10	1.10	1.66
Depósito MONTAÑITAS	-118.36	1233.00	1.00	1.60
Depósito PICODEAGUILA	-16.02	1327.80	2.80	0.72
Depósito TANQUENUEVO	433.00	1142.40	2.40	1.52
Depósito TANQUEROSALES	21.19	969.00	1.00	1.70

Fuente: EPANET

#### 4.2.9 Análisis de presión en nodos.

Se obtuvieron presiones negativas en algunos conjuntos de Ruitoque Condominio, alimentados por Tanque Nuevo, la interpretación que se le dieron a estos resultados, es que es posible que se deba aumentar el diámetro de la tubería de este sector, para que las presiones tengan un valor normal en la red.<sup>8</sup>

**Ilustración 9.** Presión en nodos

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	cloro mg/L
Conexión BUENAVISTA	7.75	1023.30	-263.70	0.60
Conexión LACIMA	8.88	1016.06	-256.94	0.75
Conexión VALLEDEROCAS	2.14	1024.64	-252.36	0.78
Conexión VALVULA	0.00	1027.22	-245.78	0.75
Conexión REMANSO	5.29	1010.48	-245.52	0.68
Conexión VILLAMARY	0.84	1011.56	-228.44	0.78
Conexión BOSQUEALTO	5.82	1011.12	-218.88	0.76
Conexión 5	0.00	1057.22	-204.78	0.80
Conexión OFICINASESP	0.13	1057.22	-183.78	0.85
Depósito TANQUEROSALES	21.19	969.00	1.00	1.70
Depósito MONTAÑITAS	-118.36	1233.00	1.00	1.60
Depósito TANQUEEL20	-495.25	1333.10	1.10	1.66
Conexión BALMORAL	8.52	1325.90	1.90	0.40
Conexión RUITOQUEGOLD	3.41	1325.97	1.97	0.60
Depósito TANQUENUEVO	433.00	1142.40	2.40	1.52
Depósito PICODEAGUILA	-16.02	1327.80	2.80	0.72
Conexión L.MONTAÑITAS	0.00	1232.86	2.86	1.60
Conexión ALTOSDEYERBABUENA	5.70	1305.48	3.48	1.04
Conexión MONTEALTO	1.96	1307.26	5.26	1.02
Conexión PICODEAGUILACONJUNTO	5.54	1327.57	5.57	1.00
Conexión TORREONDELACAPILLA	0.99	1307.73	5.73	0.75
Conexión ESTACIÓN2	0.00	1052.88	5.88	1.69
Conexión MONTEREAL	6.31	1314.46	6.46	1.04

Fuente: EPANET

<sup>8</sup> Manual EPANET, resultados del modelo.

### 4.3. ETAPA 3: PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA MEJORA Y MANTENIMIENTO DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO.

#### 4.3.1 Manual de purgas

Se crearon dos alternativas de mejora para el sistema de acueducto, una de ellas es un cronograma de purgas, acompañado de un manual, que le va permitir al operario realizar un procedimiento más eficiente a la hora de practicar el lavado.



## MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

### TITULO: PURGA EN LA RED DE AGUA POTABLE

1. **OBJETIVO:** Establecer la metodología para la ejecución de las tareas de purga en red de distribución de agua potable de RUITOQUE S.A ESP.

2. **ALCANCE:** Este procedimiento se aplica a todas las redes de distribución de agua potable en todas las localidades donde se preste el servicio, involucrando a líderes de calidad de agua y operarios de redes.

#### 3. **REFERENCIAS:**

3.1. Resolución 2115 de 2007: Calidad de agua para consumo humano.

3.2. RAS Título B.

#### 4. **RESPONSABLES:**

4.1. **Líderes de calidad de agua:** Verifican la interpretación, ejecución y cumplimiento, por parte de los operarios, de los lineamientos indicados en el presente manual.

4.2. **Operarios de redes de agua:** Cumplen estrictamente de los lineamientos planteados en el presente manual.

#### 5. **DESCRIPCION**

##### 5.1. Definición

- **Válvulas de purga:** Se instalan en los puntos bajos, cerca ríos o alcantarillas para desocupar la tubería y permitir las reparaciones o la limpieza periódica del material acumulado.

- Las actividades de vigilancia operación y conservación de las conducciones son:

- Supervisar el correcto funcionamiento de los componentes accesorios de las conducciones, especialmente el de las ventosas y válvulas de purga.

- Vigilar el posible uso fraudulento del agua.

- Medir los caudales de entrada y salida de la conducción.

- Las válvulas de purga se instalan con el fin de mantener un control efectivo sobre los sedimentos atrapados en las tuberías de aducción, deben tenerse en cuenta los siguientes requisitos:

- Para los niveles medio alto (12501 a 60000 hab.) y alto de complejidad (>60000), la apertura de las válvulas de purga debe hacerse en el momento en que se detecte una reducción de caudal del 10%.

- Para los niveles bajo (<2500) y medio de complejidad (2501 a 12500 hab.), la apertura de las válvulas de purga debe hacerse en forma periódica, las válvulas de purga deben abrirse en el momento en que se detecte una reducción del caudal del 20%.

**5.2. Cronograma de purgas:** se identifican los puntos de purga, el jefe de planta establece las frecuencias de las purgas a realizar en cada punto.

### **5.3. Horario de trabajo**

- El mantenimiento se hace preferiblemente en horario nocturno, para evitar desabastecimiento y despresurización de las redes distribuidoras.

### **5.4. Procedimiento de limpieza de la red utilizando válvula de purga.**

- Para ejecutar el mantenimiento de la red los operarios realizan los siguientes pasos:

- Señalizar el área de trabajo

- Abrir la válvula de purga en forma gradual hasta su totalidad.

- Tomar muestras de agua después de tres a cinco minutos de la apertura y determinar el grado de turbiedad que presenta la muestra. Se conserva la muestra inicial.

- Continuar tomando muestras cada quince minutos para determinar en forma visual la disminución de la turbiedad del agua en la red. Concluye la tarea cuando se observe la disminución de la turbiedad, conservando la muestra final.
- Cerrar la válvula de purga.
- Hacer limpieza en la zona de trabajo
- Llenar el formato de revisión y operación de purgas, ingresando el tiempo total de la purga.

- Entregar el formato al líder de calidad de agua presentando la muestra inicial y final para el respectivo análisis.

### 6. ANEXOS:

- Anexo 1: Formato (Revisión y operación de purgas)
- Anexo 2: Diagrama de flujo (purga de redes de distribución).

### 7. BIBLIOGRAFIA

- Purgas en las redes de agua potable. pdf. Agua de tumbes.
- Procedimientos para la operación y mantenimiento en la red de distribución. Organización panamericana de la salud.
- Calidad del agua: repositorio.sena.edu.co

**Tabla 23.** Cronograma de purgas existentes en la red.

		VÁLVULAS DE PURGA EXISTENTES EN LA RED													
SECTOR	NOMBRE PURGA	PERIODICIDAD	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	RESPONSABLE DEL SECTOR
Ciudadela Nuevo Girón	Los patos	Trimestral	X			X			X			X			Ismael Carrillo Villamizar
	Llano Grande			X			X			X			X		
	Barbosita				X			X			X			X	

	Sector 6 MZ G CNG		X			X			X			X		
	Sector 5 MZ H CNG			X			X			X			X	
	Sector 4 MZ K CNG				X		X			X				X
	Sector 3 MZ A CNG		X			X			X			X		
	Sector 3 MZ J CNG			X			X			X			X	
	Sector 3 MZ N CNG				X		X			X				X
<b>Palogordo</b>	Cárcel Palo Gordo	Trimestral	X			X			X			X		
<b>Acapulco</b>	Colegio la Esperanza	Trimestral	X			X			X			X		
	La Guayacana	Trimestral	X			X			X			X		
<b>Condominio</b>	Red Tanque Nuevo – Remanso	Trimestral	X			X			X			X		
<b>Mensuli</b>	Rio Lato Mensuli	Trimestral	X			X			X			X		

**FUENTE:** Autor

- El análisis permitió identificar los puntos en donde es necesario instalar otras válvulas de purga, ya que son sectores en donde no hay suficiente circulación de agua, es decir, son usuarios de poco consumo y se están presentando problemas de calidad del agua, sobre todo, en las finalizaciones de red de agua potable.

**Tabla 24.** Purgas por instalar en la red de RUITOQUE SA ESP.

 <b>VÁLVULAS DE PURGA POR INSTALAR</b>			
<b>SECTOR</b>	<b>NOMBRE PURGA</b>	<b>DIAMETRO (pulgadas)</b>	<b>RESPONSABLE DEL SECTOR</b>
<b>Ciudadela Nuevo Girón</b>	Sector 1	2"	Ismael Carrillo Villamizar
	Sector 2	2"	
<b>Llano Grande</b>	Villa Sandra	1" ½	Roberto Rincón
	La González	1" ½	
	Quebrada mataperros	1" ½	
<b>Chocoita</b>	Taller de motos	2"	Roberto Rincón
	Quebrada las canas	2"	
<b>Chocoa</b>	Kiosco el rodeo	2"	Roberto Rincón
	Quebrada la chocoana (ramal áselas)	2"	
<b>Acapulco</b>	Monterrey (frente a la casa 44)	2"	Luis Eduardo Mora Carrillo
	Casa 40 (Señor Euclides)	2"	
	Pollo sabrosón	2"	
	Casa 1 (Don Marín)	2"	
	Entrada a la PTAR	2"	
	Manzana 70	2"	
<b>Mesa de ruitoque</b>	Parte baja Nazaret	2"	Edilson Mora Carrillo
<b>Condominio</b>	Remanso	2"	Juan Uribe
	Náutica	2"	
<b>Mensuli</b>	Fundar	2"	Eduardo Peñuela
	Arcoíris (restaurante Mensuli)	2"	

**FUENTE:** Autor

#### **4.3.2 Programa de mantenimiento**

Además del manual de purgas se creó un programa de mantenimiento de las máquinas y los equipos que hacen parte y que se utilizan en el proceso de potabilización del agua. Más que un programa, es un calendario de mantenimiento, en él se asignaron las fechas y la frecuencia en las que cada equipo o cada proceso debe ser revisado y verificado.

## PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

### 1. OBJETIVO

- Conseguir que las instalaciones y equipos se conserven en condiciones óptimas de funcionamiento, previniendo las posibles averías y fallos, y consiguiendo así que el trabajo se realice con los mayores niveles de calidad y seguridad.
- Optimizar la utilización del personal de mantenimiento, equipo y herramientas.

### 2. ALCANCE

Todas las instalaciones, equipos y procesos utilizados por la empresa.

### 3. RESPONSABLES

- **CUADRILLA DE MANTENIMIENTO:** cumplir con el programa de mantenimiento, asegurando la conservación de los equipos e instalaciones y verificando que los procesos sean óptimos.
- **JEFE DE CALIDAD:** Facilitara y aplicara el programa preventivo en las instalaciones y equipos pertenecientes a su área funcional.
- **MANDOS INTERMEDIOS:** velaran para que los equipos se encuentren en correcto estado y las actuaciones de mantenimiento se desarrollen de acuerdo a lo establecido.
- **TRABAJADORES EN GENERAL:** deberán comunicar inmediatamente a su mano directo cualquier defecto o indicio de avería detectado en el equipo o instalación utilizada. Realizaran aquellas revisiones de sus equipos que tengan encomendados.

### 4. DESARROLLO

- Se dispondrán de hojas de revisión específicas para facilitar el control de los elementos y aspectos a revisar, en donde el personal indicara las

actuaciones detectadas de acuerdo con los parámetros establecidos. En estas hojas constaran la frecuencia y fecha de las revisiones así como los responsables de realizarlas.

- Cada actividad de mantenimiento preventivo estará debidamente codificada. Se registraran en la hoja destinada a tal efecto del anexo 3.
- Resultados de las revisiones preventivas: cuando en una revisión se detecten anomalías, estas deberán ser notificadas y se repararan inmediatamente o se programara su solución. Las anomalías encontradas se reflejaran en el formulario citado en el anexo 3.
- Independientemente de las actividades encontradas en el programa de mantenimiento existe una vía de comunicación de cualquier anomalía que el personal detecte en su equipo. A través del formulario citado en el anexo

## **5. ANEXOS**

- Anexo 1. Formulario de registro de anomalías.
- Anexo 2. Ficha integrada de mantenimiento.

## **6. BIBLIOGRAFIA**

- Manual de procedimientos de riesgo.pdf.
- Manual de operación, mantenimiento y control del acueducto urbano de Antioquia.

**Tabla 25.** Programa de mantenimiento sector RUITOQUE CONDOMINIO.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO					FECHA ELABORACION: ENERO 2016											
					APROBADO POR: MANUEL CLAVIJO											
					PERIODO: AÑO 2016											
SECTOR: RUITOQUE CONDOMINIO																
PERIODICIDAD	EQUIPO	RESPONSABLE	MANTENIMIENTO	FECHA	MESES 2016											
					E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>BOMBEO ACUEDUCTO</b>					<b>DIAS</b>											
SEMANTAL	* BOMBEO 1	CUADRILLA MANTENIMIENTO	PREVENTIVO	PROGRAMADA												0
	* BOMBEO 2	CUADRILLA MANTENIMIENTO	PREVENTIVO	PROGRAMADA	05	02	02	06	04	01	06	03	07	05	03	7
	* BOMBEO 3	CUADRILLA MANTENIMIENTO	PREVENTIVO	PROGRAMADA	13	09	09	13	11	09	13	10	14	13	09	1
	* BOMBEO 4	CUADRILLA MANTENIMIENTO	PREVENTIVO	PROGRAMADA	19	16	16	20	19	16	21	18	21	19	17	4
					26	23	30	27	25	30	27	31	28	26	23	2
															30	8
<b>TOMA DE MUESTRAS</b>					<b>DIAS</b>											
MENSUAL	* MUESTRA SIHSA / SIAMA	DIR.ACUEDUCTO	PREVENTIVO	PROGRAMADA	30	27	25	21	20	23	22	19	22	20	24	1
															6	
<b>PRESION REDES</b>					<b>DIAS</b>											
MENSUAL	* PRESION RED DE DISTRIBUCION	DIR.ACUEDUCTO	PREVENTIVO	PROGRAMADA	21	25	25	22	20	24	22	19	23	21	25	2
															3	
<b>FLORTADORAS TANQUES</b>					<b>DIAS</b>											
TRIMESTRAL	* ROSALES AMB	SUPERVISOR RED	PREVENTIVO	PROGRAMADA		5			7			6			5	
<b>VENTOSAS</b>					<b>DIAS</b>											
TRIMESTRAL	MAS X MENOS CONDOMINIO	SUPERVISOR RED	PREVENTIVO	PROGRAMADA		6			7			6			5	
<b>LAVADO DE TANQUES ALMACENAMIENTO</b>					<b>DIAS</b>											
BIANUAL	* TANQUE SA 20	CUADRILLA MANTENIMIENTO	PREVENTIVO	PROGRAMADA				6							1	

	* TANQUE PICO AGUILA	CUADRILLA MANTENIMIENTO	PREVENTIVO	PROGRAMADA				9						8	
	* TANQUE NUEVO	CUADRILLA MANTENIMIENTO	PREVENTIVO	PROGRAMADA			16							15	
SEMESTRAL	CLORACION MANGUERAS	DIR.ACUEDUCTO	PREVENTIVO	PROGRAMADA					5						7
ANUAL	MUESTRAS UIS	DIR.ACUEDUCTO	PREVENTIVO	PROGRAMADA										30	

**FUENTE:** Autor

## CONCLUSIONES

- Se realizó la calibración y simulación del sistema acueducto de RUITOQUE SA ESP, que incluye (tanques, tuberías, válvulas, bombas y usuarios) donde se observa una buena correlación para los datos observados y simulados, al igual que para las medidas simuladas.
- En el proceso de calibración se usó la ecuación de pérdidas de Darcy Weisbach, con rugosidades para las tuberías de (0.0015 mm). Los resultados de pérdidas en general fueron mínimos en cada punto de la red.
- Se realizó un análisis de calidad por medio de la medición y simulación del cloro residual en donde se buscaba el valor mínimo permisible (0,3 mg/L) en el cual se encontraron deficiencias en las finalizaciones de los ramales de manzanares y la española.
- Por medio del modelo se puede pronosticar un problema en el bombeo de la red, cuando se sumen más usuarios al sistema y el tanque el 20 no tenga la capacidad para abastecerlos a todos.
- Se ha realizado la validación del modelo y se han verificado los datos obtenidos en el sistema con ayuda de los líderes de calidad de agua encargados del sistema de acueducto de RUITOQUE SA ESP donde se demuestra la capacidad de éste para reflejar con buena confiabilidad diferentes estados de carga y escenarios de operación en el sistema.
- Para los resultados obtenidos, se generaron dos alternativas de mejora, las cuales se basan en manuales, el manual de purgas y el manual de mantenimiento, que serán ejecutados por la cuadrilla de mantenimiento perteneciente a cada sector.

## RECOMENDACIONES

- Para empezar a utilizar programas como EPANET, que es el manejado en este proyecto o cualquier otra herramienta informática similar, es necesario leer el manual de usuario de cada uno, para que el proceso de modelación y calibración sea más fácil.
- Para iniciar a dibujar una red de distribución de agua potable existente, como es el caso de este proyecto, es necesario contar con planos que muestren el recorrido de la red, los diámetros y la longitud de la tubería.
- Con el trabajo que se realice in situ, pueden irse actualizando los datos y planos en EPANET, con el fin de ofrecer un mejor seguimiento a las variables hidráulicas (alturas, velocidades, orientación y dirección del agua).
- Para que la realización del modelo se haga más fácil, es necesario manejar programas como AUTOCAD, GOOGLE EARTH; los cuales son de gran ayuda a la hora de leer un plano y comparar alturas y distancias.
- Las alternativas de mejora propuestas para el proyecto, deben satisfacer las necesidades del sector, es por esto que deben ser revisadas por la persona encargada del área de acueducto.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguas de Valencia, S.A. (2004). Control del Cloro Residual en la Red de Distribución de Agua Potable. Proyecto en trámite de aprobación por el ayuntamiento de valencia. Junio 2004.
- Alcocer, V., Tzatchkov, V., Feliciano D., Mejía E., Martínez E., (2002). Implementación y calibración de un modelo de calidad del agua en sistemas de agua potable. Informe final, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua- Comisión Nacional del Agua, 219 páginas.
- Alcocer, V., Tzatchkov, V., Arreguín, F. (2004). “Modelo de calidad del agua en redes de distribución”. Revista Ingeniería Hidráulica en México, Vol. XIX, número 2, abril-junio, paginas 77-88.
- ANGEL GOMEZ, Jorge Enrique y AGUILERA, Julio Cesar. El problema en los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en Colombia. Revista regulación de agua potable y saneamiento básico. Comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico- CRA. Febrero, 2002.
- Barrera Tapias, (2011). Ingeniería Sanitaria Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de los Andes. Bogotá.
- CASTILLO-E, L.G (2012) “apuntes de obras y aprovechamientos hidráulicos”. UPCT
- Curso de análisis, diseño, operación y mantenimiento de redes hidráulicas a presión: proyecto Agua (2007). Departamento de mecánica de fluidos de la UPV.
- Departamento de Ingeniería Hidráulica y M.A., Univ. Politécnica de Valencia., Rosario Vidal, Fernando Martínez, Manuel Ayza. Aplicaciones de los modelos de calidad en la simulación de las redes de distribución de agua potable.
- DOMINGUEZ TORRES, Carolina y URIBE BOTERO, Eduardo. Evolución del servicio de acueducto y alcantarillado durante la última década. Documento CEDE 2005.
- Environmental Protection Agency, EPA, (1991). Water quality modeling in distribution systems. Conference proceedings. Cincinnati, Ohio, 1991.

- Epanet 2.0 vE, manual de usuario, Lewis A. Rossman, wáter Supply and Water Resources División, National risk management research laboratory, Cincinnati, traducción grupo multidisciplinar de modelación de fluidos, Universidad Politécnica de Valencia, España.
- FAO/OMS, 2003: Caracterización de peligros de patógenos en los alimentos y el agua. Organización para la agricultura y la alimentación de las naciones unidas.
- Fuertes V. S., García-Serra L., Iglesias P. L., López G., Martínez F. J. y Pérez R. "Modelación y diseño de redes de abastecimiento de agua", Ed. Grupo Mecánica de Fluidos, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, 2002.
- López, A. López, G., Martínez, J., Y Pérez, R. (2005). El modelo de la red de distribución como herramienta de gestión y toma de decisiones la importancia de la calibración del mismo. Grupo Multidisciplinar de Modelación de fluidos. Departamento de ingeniería Hidráulica y medio ambiente. Universidad Politécnica de Valencia.
- Méndez, M.V. (2005). "Tuberías a presión en los sistemas de abastecimiento de agua". Universidad Católica Andrés Bello. Caracas, Venezuela.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROL TERRITORIAL, Dirección e agua potable y saneamiento básico y ambiental. Gestión integral del Agua. Bogotá, D.C. MAVDT. Viceministro de Agua y Saneamiento. 2004.
- Montalvo Arango, I. (2011) Diseño óptimo de sistemas de distribución de agua mediante EPANET 2.0. Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Valencia.
- Segura Segura, B. (2003). La modelización de la calidad del agua en las redes de distribución de Madrid. Tecnología para gestión de las redes de distribución. Canal Isabel U. Madrid.
- UD. Mecánica de fluidos (2004). Sistemas Hidráulicos a presión. Aspectos prácticos de su diseño y explotación. Valencia.

## ANEXOS

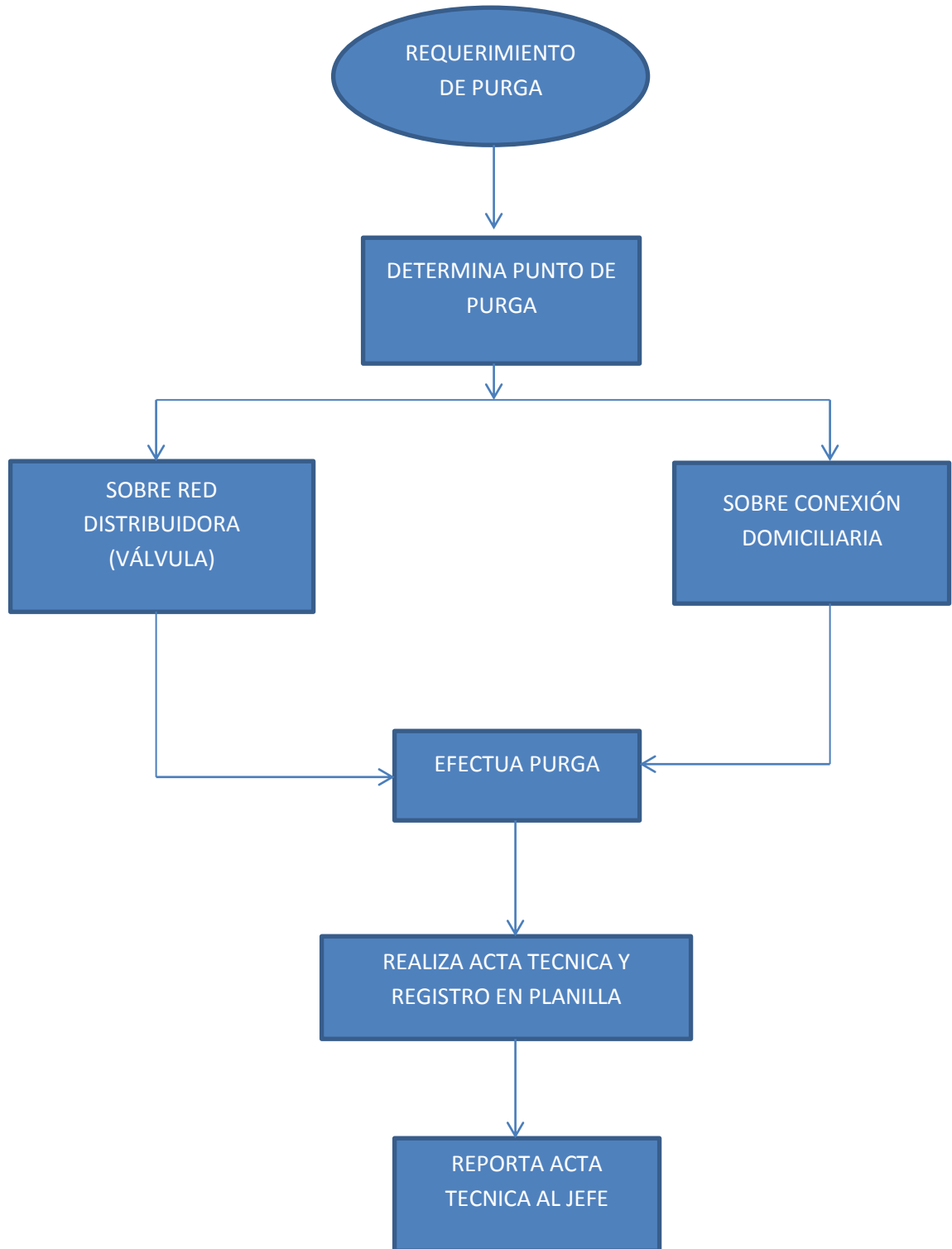
### ANEXO 1: FORMATO REVISIO Y OPERACIÓN DE PURGAS

Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Diámetro de la línea: \_\_\_\_\_

Línea: \_\_\_\_\_

Purga	ASPECTOS A VERIFICAR	INFORMACIÓN	OPERACIÓN	
1	Dirección		Hora de Apertura	Hora de Cierre
	Localización Relativa			
	Diámetro de la Purga		No. de Vueltas:	
	Sitio donde desagua <small>(Indicar si descarga a alcantarillado ó a la calle, distancia a sumidero ó si está taponado)</small>			
	Estado de la purga			
	Observaciones			
2	Dirección		Hora de Apertura	Hora de Cierre
	Localización Relativa			
	Diámetro de la Purga		No. de Vueltas:	
	Sitio donde desagua <small>(Indicar si descarga a alcantarillado ó a la calle, distancia a sumidero ó si está taponado)</small>			
	Estado de la purga			
	Observaciones			
3	Dirección		Hora de Apertura	Hora de Cierre
	Localización Relativa			
	Diámetro de la Purga		No. de Vueltas:	
	Sitio donde desagua <small>(Indicar si descarga a alcantarillado ó a la calle, distancia a sumidero ó si está taponado)</small>			
	Estado de la purga			
	Observaciones			

**ANEXO 2: DIAGRAMA DE FLUJO  
PURGA DE REDES DE DISTRIBUCION**



### ANEXO 3: ENCUESTA SERVICIO DE ACUEDUCTO RUITOQUE SA ESP.

#### SOBRE TI

- **Sector o conjunto de residencia.**

#### SOBRE NOSOTROS

1. ¿Cuál es tu opinión sobre el agua del grifo en cuanto a su sabor?

Malo  Regular  Bueno

2. ¿Cómo calificaría usted la presión de agua con que recibe su servicio de Agua Potable?

Malo  Regular  Bueno

**Presión de agua:** Puede entenderse como "fuerza y cantidad" con que le es suministrado el servicio.

3. Existen aspectos sobre la Calidad del Agua que son importantes valorar, por tanto:

¿Qué calificación le otorga al color del agua que recibe de la empresa RUITOQUE SA ESP?

Malo  Regular  Bueno

4. ¿Cuál es tu opinión sobre el agua del grifo en cuanto a calidad?

Malo  Regular  Bueno

**Calidad de agua potable:** Características bacteriológicas, organolépticas y físico-químicas, así como en el contenido de sustancias no deseadas, inorgánicas y orgánicas de significado para la salud. Puede entenderse Calidad del Agua como "pureza del agua".

5. ¿Cómo califica usted la continuidad del servicio de Agua Potable que recibe de la empresa RUITOQUE SA ESP.?

Malo  Regular  Bueno

6. Ante una incidencia. ¿Crees que RUITOQUE SA ESP actúa con eficiencia y rapidez?

Malo  Regular  Bueno

**Continuidad del servicio:** Se debe entender como un servicio sin interrupciones, con disponibilidad de agua las 24 horas del día, 7 días a la semana durante todo el año.

7. ¿Cómo califica usted en general el servicio de Agua Potable en general, que recibe de la empresa RUITOQUE SA ESP?

Malo  Regular  Bueno

8. Para que no se presenten problemas de calidad de agua, es necesario realizar un mantenimiento de los depósitos de donde proviene el agua, en este caso tanques de almacenamiento de los conjuntos.  
¿Con que frecuencia se hace un lavado de tanques?

2 veces por año  1 vez por año  NSNR

NSNR: no sabe, no responde.

9. En caso de que se presenten irregularidades con la calidad del agua, ¿a quién acude en primera instancia?

ESP  ADM. CONJUNTO  NSNR

NSNR: no sabe, no responde.

10. El agua de los conjuntos de RUITOQUE CONDOMINIO, llega a un tanque principal instalado en cada conjunto en donde se distribuye a todas las casas.

¿Sabe usted como es el proceso de distribución de agua potable?

○ SI ○ NO ○ NSNR

**ANEXO 4: Formulario de registro de incidencias.**

FORMULARIO DE REGISTRO DE INCIDENCIAS		
Fecha: _____	Código: _____	
Instalación/Máquina/Equipo: _____		
Código elemento revisado: _____		
Unidad funcional: _____		
Director de la Unidad Funcional: _____		
ANOMALÍAS ENCONTRADAS	ORIGEN	CONSECUENCIAS
MEDIDAS ADOPTADAS		
Equipo de mantenimiento: _____ Código: _____		
Firma Jefe Equipo: _____		
Enterado responsable de mantenimiento  Firma: _____	Enterado director unidad funcional:  Firma: _____	

### ANEXO 5: Ficha de revisión y seguridad de equipos.

FICHA INTEGRADA DE MANTENIMIENTO/REVISIÓN DE SEGURIDAD DE EQUIPOS														
Tipo máquina/equipo: _____						Código: _____								
Responsable de la revisión: _____						Mes: _____								
ASPECTOS A REVISAR	FRECUENCIA DE REVISIÓN (*) MENSUAL		FRECUENCIA DE REVISIÓN SEMANAL								FRECUENCIA DE REVISIÓN QUINCENAL			
	Fecha _____		Fecha _____		Fecha _____		Fecha _____		Fecha _____		Fecha _____		Fecha _____	
	Cód.	Firma	Cód.	Firma	Cód.	Firma	Cód.	Firma	Cód.	Firma	Cód.	Firma	Cód.	Firma
<b>MANTENIMIENTO</b>														
1 _____	<input type="checkbox"/>	_____												
2 _____	<input type="checkbox"/>	_____												
3 _____	<input type="checkbox"/>	_____												
<b>LIMPIEZA</b>														
1 _____			<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	_____				
2 _____			<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	_____				
3 _____			<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	_____				
<b>SEGURIDAD</b>														
1 _____											<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	_____
2 _____											<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	_____
3 _____											<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	_____

COD.	ANOMALÍAS DETECTADAS	ACCIONES ADOPTADAS
<input type="checkbox"/>	_____	_____
<input type="checkbox"/>	_____	_____
<input type="checkbox"/>	_____	_____

(\*) La frecuencia de revisión del mantenimiento vendrá determinada por las especificaciones del fabricante contenidas en el manual de instrucciones, los resultados obtenidos en revisiones anteriores y, en su caso, por el conocimiento y experiencia en el uso del equipo.

En el caso de detectar anomalías en algunos aspectos, se le asignará un código numérico y se cumplimentará el cuadro anterior indicando las anomalías detectadas y las acciones que se han llevado a cabo para subsanarlas.

