

**EVALUACIÓN Y POSIBLES ALTERNATIVAS DE MEJORA EN LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE
MIRANDA (SANTANDER)**

NORA ROCÍO ANAYA ROA
ROCÍO XIMENA VILLAR CRISTANCHO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
BUCARAMANGA
2012**

**EVALUACIÓN Y POSIBLES ALTERNATIVAS DE MEJORA EN LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE
MIRANDA (SANTANDER)**

NORA ROCÍO ANAYA ROA
ROCÍO XIMENA VILLAR CRISTANCHO

**Trabajo de Grado presentado para Optar al Título de
Especialista en Química Ambiental**

Director
GONZALO PEÑA ORTIZ
Ingeniero Civil
Especialista en Ingeniería Ambiental

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
BUCARAMANGA
2012**

DEDICATORIA

*A DIOS, por ser quien me guía, protege y acompaña
en cada etapa de mi vida.*

*A mis nonitos FÉLIX y ERNESTINA por sus sabios consejos,
por inculcarme bases firmes y valores para la vida y
enseñarme que la mejor herencia es el estudio.*

*A mi papá FÉLIX por la paciencia, esfuerzo y dedicación,
por querer siempre lo mejor para mí.*

*A mis hermanitas JUDY y BRIGGITHE por el cariño, comprensión
y por la voz de aliento en los momentos difíciles.*

*A mi familia, amigos, compañeros y profesores de la Especialización
y a todos aquellos que de una u otra forma contribuyeron
con el cumplimiento de ésta meta.*

NORA ROCIO ANAYA ROA

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía, protector y siempre llenar mi vida de bendiciones.

A mis Padres, Saúl y Teresa por su apoyo incondicional, dedicación, comprensión, por sus palabras de aliento en los momentos difíciles y sus sabios consejos a lo largo de toda mi vida.

A mis hermanos, Martha, Claudia y Saúl, por su constante interés en el desarrollo de cada uno de los proyectos que me propongo, su afecto y por sentirse orgullosos de mis logros.

A mi familia, amigos y profesores de la especialización, quienes con sus conocimientos y aportes forman parte del logro de esta meta.

ROCÍO XIMENA VILLAR CRISTANCHO

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a:

*Ingeniero GONZALO PEÑA ORTÍZ por su colaboración,
sus valiosos aportes y orientación en la dirección de este proyecto.*

*Universidad Industrial de Santander y a la Escuela de Química
por la formación que nos brindaron.*

*Alcaldía de San José de Miranda y aquellas personas que de alguna
manera
contribuyeron con el desarrollo de este proyecto.*

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	17
JUSTIFICACION.....	19
1. PRESENTACIÓN DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE MIRANDA	20
1.1 EXTENSIÓN, DELIMITACIÓN Y LOCALIZACIÓN Y SITUACIÓN AMBIENTAL 20	
1.1.1 TEMPERATURA	22
1.1.2 PRECIPITACIÓN	23
1.1.3 CLIMA.....	23
1.1.4 Unidades Climáticas	25
1.1.5 RECURSO HÍDRICO	25
1.1.5.1 RED DE DRENAJE	25
1.1.5.2 USOS DEL AGUA.....	26
1.1.6 GEOLOGÍA	26
1.2 UNIDAD MUNICIPAL DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS (ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO).....	27
1.2.1 ACUEDUCTO.....	28
1.2.1.1 ABASTECIMIENTO DE AGUA AL SISTEMA DE ACUEDUCTO URBANO.....	28
1.2.1.2 ACUEDUCTOS VEREDALES	28
1.2.1.3 Formas de los acueductos veredales	29
1.2.2 ALCANTARILLADO	30
1.3 ASPECTOS ECONÓMICOS.....	31
1.4 ASPECTOS SOCIALES.....	32
1.4.1 TURISMO	32

1.4.2 SECTOR EDUCATIVO	32
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	33
3. OBJETIVOS	36
4. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACION DE LA PLANTA	37
4.1 ESTUDIO TEÓRICO DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO PARA POTABILIZACIÓN DE AGUA	37
4.1.1 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA.....	37
4.1.2 PARÁMETROS FÍSICOS	38
4.1.2.1 Temperatura.....	38
4.1.2.2 pH.....	38
4.1.2.3 Turbidez.....	39
4.1.2.4 Color	39
4.1.2.5 Olor y Sabor.....	40
4.1.2.6 Conductividad y resistividad.....	41
4.1.3 PARÁMETROS QUÍMICOS	42
4.1.3.1 Alcalinidad	42
4.1.3.2 Dureza	42
4.1.3.3 Coloides.....	43
4.1.3.4 Acidez.....	43
4.1.3.5 Sólidos.....	44
4.1.3.6 Cloruros	44
4.1.3.7 Sulfatos.....	45
4.1.3.8 Nitratos	45
4.1.3.9 Fosfatos.....	45
4.1.3.10 Fluoruros.....	46
4.1.3.11 Bicarbonatos y carbonatos	46
4.1.3.12 Otros componentes aniónicos	46
4.1.3.13 Sodio	47

4.1.3.14 Potasio.....	47
4.1.3.15 Calcio.....	47
4.1.3.16 Magnesio	48
4.1.3.17 Hierro.....	48
4.1.3.18 Manganeso.....	49
4.1.4 PARÁMETROS BIOLÓGICOS.....	49
4.1.5 PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS	49
4.1.6 UNIDADES DE TRATAMIENTO EN LA POTABILIZACIÓN DE AGUA	50
4.1.6.1 Desarenador	50
4.1.6.2 Aforo	51
4.1.6.3 Mezcla Rápida	51
4.1.6.4 Coagulación.....	52
4.1.6.5 Floculación.....	52
4.1.6.6 Sedimentación	52
4.1.6.7 Filtración	53
4.1.6.8 Desinfección	53
4.1.7 CONTROL DE LOS PROCESOS EN LA PLANTA.....	54
4.1.7.1 Ajuste del pH	54
4.1.7.2 Ensayo de Jarras.....	54
4.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO EXISTENTE EN EL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE MIRANDA.....	54
4.2.3 COMPONENTES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO EXISTENTE EN LA MUNICIPALIDAD	57
4.2.3.1 Captación.....	57
4.2.3.2Aducción.....	58
4.2.3.3 Desarenador	58
4.2.3.4Caja de Aquietamiento	59
4.2.3.5.....	60
4.2.3.6 Filtros.....	60

4.2.3.7 Caseta de desinfección	61
4.2.3.8 Tanque de Almacenamiento	61
4.3 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO EXISTENTE, DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LAS UNIDADES O PROCESOS UNITARIOS BÁSICOS..	62
5. RESULTADOS	64
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS	69
7. ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EXISTENTE	71
7.1 RECUPERAR LAS DOS BATERÍAS, CADA UNA COMPUESTA DE TRES MÓDULOS METÁLICOS	71
7.2 CONTRATAR EL DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	71
8. MARCO NORMATIVO	73
9. ESTRATEGIA DE DIVULGACIÓN	74
10. CONCLUSIONES.....	75
11. RECOMENDACIONES	76
BIBLIOGRAFIA.....	78
ANEXOS	82

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Potencial Minero del municipio de San José de Miranda.....	27
Tabla 2: Resultados Análisis Microbiológico y Fisicoquímico de Agua Potable.....	64
Tabla 3: Resultados Prueba de Jarras de Agua Cruda (Verano sin tratar).....	65
Tabla 4: Resultados Prueba de Jarras de Agua Cruda (Verano tratada).....	66
Tabla 5: Resultados Prueba de Jarras de Agua Cruda (Invierno sin tratar).....	67
Tabla 6: Resultados Prueba de Jarras de Agua Cruda (Invierno tratada)	68
Tabla 7: Normatividad Agua Potable	73

RESUMEN

TÍTULO: EVALUACIÓN Y POSIBLES ALTERNATIVAS DE MEJORA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE MIRANDA (SANTANDER)*

AUTORES:

Nora Rocío Anaya Roa**

Rocío Ximena Villar Cristancho

PALABRAS CLAVES: Agua Potable, Acueducto, Calidad del Agua, Parámetros físicos, químicos y microbiológicos, Sistemas de Potabilización, Prueba de Tratabilidad.

DESCRIPCIÓN: Teniendo en cuenta la problemática que se presenta en los municipios de Colombia, debido al desabastecimiento de Agua Potable, se realizó una visita al municipio de San José de Miranda con el objetivo de analizar el agua para consumo humano que abastece a la población, evaluar cada una de las unidades que conforman el sistema de acueducto existente y proponer posibles alternativas de mejoramiento para garantizar los estándares de calidad establecidos por la normatividad de Agua Potable según la Resolución 2115 de 2007.

El agua natural requiere de una caracterización, la cual se realiza por medio de la prueba de tratabilidad, para determinar en forma real las condiciones bajo las cuales se puede potabilizar el recurso; en base a esta prueba se propone elaborar un nuevo diseño que contemple todos los procesos unitarios básicos de un sistema de tratamiento de agua potable (Desarenador, Aforo, Mezcla rápida (Coagulación), Floculación, Sedimentación, Filtración y Desinfección)

Finalmente, se debe realizar con frecuencia un análisis fisicoquímico y microbiológico (Temperatura, pH, Turbidez, Color, Conductividad, Alcalinidad total, Dureza total, Sólidos totales, Cloruros, Sulfatos, Hierro total, Nitritos, Coliformes totales, Coliformes Fecales y Recuento estándar) del recurso hídrico afluente al sistema de acueducto, de igual manera del agua efluente, con el fin de garantizar el servicio de agua apta para el consumo humano.

*Monografía de Grado

**Facultad de Ciencias. Escuela de Química. Director Ing. Gonzalo Peña Ortiz

SUMMARY

TITLE: EVALUACIÓN Y POSIBLES ALTERNATIVAS DE MEJORA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE MIRANDA (SANTANDER)*

AUTHOR:

Nora Rocío Anaya Roa**
Rocío Ximena Villar Cristancho

KEY WORDS: drinking water, aqueduct, Water Quality, physical, chemical and microbiological parameters, Purification Systems, treatability test.

DESCRIPTION: Considering the problems in the Colombian municipalities, because of the lack of potable water, a visit to San Jose de Miranda was made with the purpose of analyzing the water that nourishes the town, evaluating each one of the units that form the actual aqueduct system and proposing possible alternatives to guarantee the quality standards that appears on the Potable Water Law 2115 of 2007.

The natural water requires an analysis, which is made by a Treatment Test to determine the conditions in which the water purification can be made. Based on this test, a new design that includes all unitarian basic processes on a potable water treatment system is proposed (sand trap, Capacity, Quick Mix (coagulation), flocculation, sedimentation, filtration and disinfection)

Finally, a physical-chemical and microbiological analys Temperature, pH, Turbidity, Color, Conductivity, total Alkalinity, total Hardness, total Solids, Chlorides, Sulfates, total Iron, Nitrites, total Coliforms, fecal Coliforms and standard Count) is of the water has to be made frequently to the affluent and effluent aqueduct system to guarantee that the quality of water is suitable for human consumption. Temperature, pH, Turbidity, Color, Conductivity, total Alkalinity, total Hardness, total Solids, Chlorides, Sulfates, total Iron, Nitrites, total Coliforms, fecal Coliforms and standard Count)

*Degree monograph

**Faculty of Science. School of Chemistry. Ing. Gonzalo Peña Ortiz

INTRODUCCION

La Constitución Política de Colombia establece como uno de los fines principales de la actividad del Estado, la solución de las necesidades básicas insatisfechas, entre las que está el acceso al servicio de agua potable, que es fundamental para la vida humana.

El abastecimiento adecuado de agua de calidad para el consumo humano es necesario para evitar casos de morbilidad por enfermedades como el cólera y la diarrea. Por esto es importante que el servicio de acueducto no sólo tenga una cobertura universal, sino que sea continuo.

Colombia ha sido catalogada como un país poseedor de numerosas cuencas hidrográficas, que en la actualidad se encuentran afectadas por las diferentes actividades domésticas, industriales, agropecuarias, mineras, entre otras, que disminuyen la calidad del agua.

La calidad del recurso hídrico hace referencia a las características físicas, químicas y biológicas; las cuales se deben analizar con el fin de determinar el uso que esta pueda tener según los parámetros establecidos por la normatividad vigente, ya sea agua cruda, potable o industrial.

De acuerdo al análisis de los 1008 planes de desarrollo reportados por los municipio y teniendo en cuenta los criterios establecidos en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000), el 52% (526) de estos incluye un diagnóstico sobre la calidad del agua en el área urbana del municipio, de los cuales solamente 152 cumplen con los estándares mínimos exigidos.

Con respecto al área rural el 37% (376) de los municipios analizados hacen su diagnóstico sobre la calidad del agua, de los cuales 31 municipios informan en su plan que tienen agua de buena calidad.

La mayoría de las empresas prestadoras del servicio de acueducto (sobre todo las más pequeñas) tienen dificultades para medir la calidad de su agua, debido a la falta de capacidad financiera y técnica. No tienen tarifas que cubran al menos los costos de operación y no obtienen los ingresos para adquirir los insumos para la potabilización del agua, ni tampoco cuentan con laboratorios que realicen una constante evaluación del agua.

Finalmente, debido a los fenómenos naturales recientes en la mayor parte del país, se ha visto afectada la prestación de los servicios de Agua Potable y Saneamiento Básico, lo que hará que muchos de los recursos del sector se destinen a la recuperación de las infraestructuras, lo cual disminuye la meta trazada en cuanto a cobertura.

JUSTIFICACION

Actualmente el municipio de San José de Miranda presenta una problemática relacionada con el desabastecimiento de agua potable, ya que a pesar de contar con acueductos rurales y uno urbano, el agua suministrada no cumple con los estándares de calidad en ninguno de estos para el consumo humano. De igual forma se presentan deficiencias en cuanto a la infraestructura, la cual está deteriorada y requiere de la elaboración de un nuevo diseño.

La nueva infraestructura del acueducto urbano en la etapa de captación, aducción y redes de conducción, no es suficiente para garantizar la calidad y continuo suministro del agua, ya que muchas redes de distribución se encuentran en mal estado, lo cual genera desperdicio del recurso hídrico y contaminación del mismo.

Por esta razón, es de vital importancia darle solución al problema que presenta el municipio, a través de la búsqueda de recursos que permitan la adecuación de la Planta de Tratamiento, la contratación de personal competente para el adecuado funcionamiento del sistema de potabilización y la mejora de las redes de distribución.

Finalmente se hace necesario la implementación de un programa de educación y sensibilización a la población, con el fin de concientizar sobre la importancia del uso racional del recurso hídrico, por medio de la creación del Programa de Uso Eficiente y Ahorro de Agua.

1. PRESENTACIÓN DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE MIRANDA

1.1 EXTENSIÓN, DELIMITACIÓN Y LOCALIZACIÓN Y SITUACIÓN AMBIENTAL

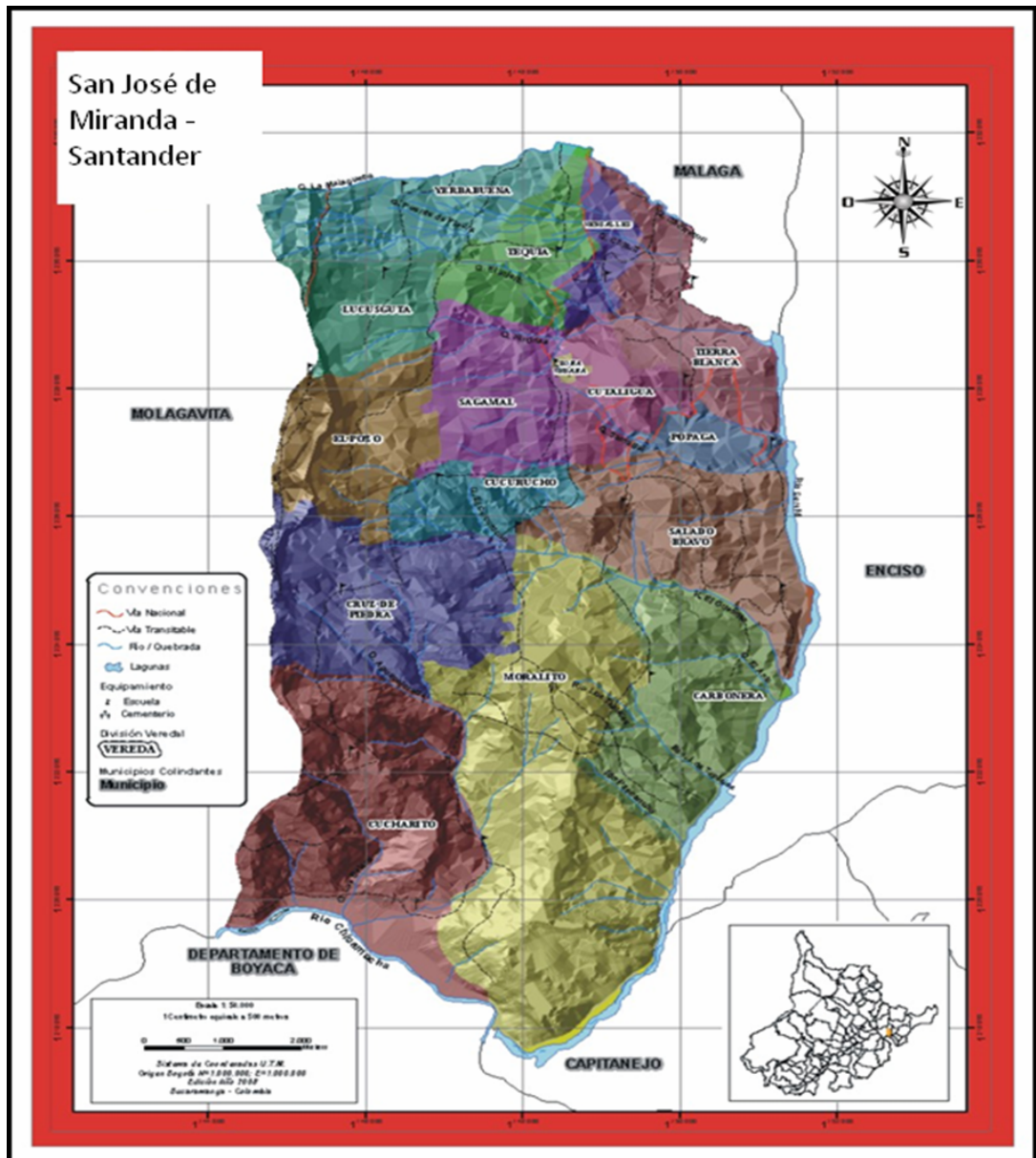
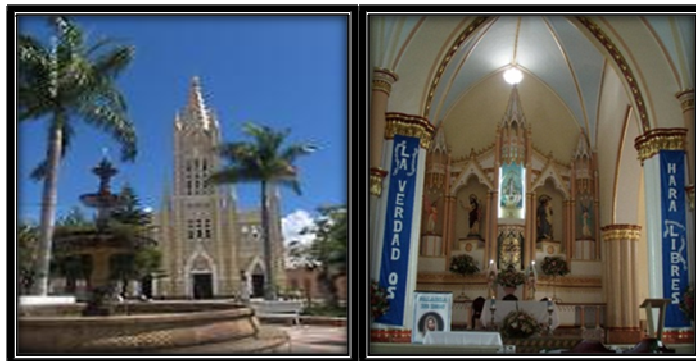


Figura 1. Mapa del Municipio de San José de Miranda

El Municipio de San José de Miranda fue fundado el 8 de Septiembre de 1915 por el presbítero Isidoro Miranda Morantes e instituido Municipio por la Asamblea Departamental, mediante la ordenanza N° 16 del 19 de Marzo de 1917. Lleva el nombre de San José, ya que las actividades de su fundación se iniciaron en marzo, fecha en que se celebra la fiesta de este santo y Miranda en honor a su fundador.



Fotografía 1. Cabecera Municipal Fotografía 2. Seminario Mayor Fotografía 3. Capilla Tequia
Hispano Misionero Pueblo Aborigen



Fotografía 4. Parque Principal Fotografía 5. Iglesia Nuestra Señora de los Remedios

El Municipio de San José de Miranda se localiza en la zona suroriental del Departamento de Santander, en la Provincia de García Rovira, la cabecera municipal se encuentra a 6° 39' de latitud norte y a 72° 44' longitud oeste según el

meridiano de Greenwich que rige para Colombia y a una a una altitud de 1980 m.s.n.m. .

Sus límites geográficos son: por el norte con el Municipio de Málaga, por el sur con el Municipio de Covarachía (departamento de Boyacá), por el oriente con el Municipio de Enciso y por el occidente con el Municipio de Molagavita.

El área del municipio es de 75.81 Km² (7581 Ha) según el Sistema de Información geográfica GENAMAP, pero para la unificación de los estudios recolectados por las entidades evaluadoras como la Corporación Autónoma Regional de Santander C.A.S. y la Secretaría de Planeación Departamental se tomó el área que determina el Instituto Geográfico Agustín Codazzi que es de 80 Km² (8000 Ha), las cuales se encuentran divididas en 15 áreas geográficas identificadas como veredas. El municipio tiene una altura sobre el nivel del mar que varía de 1.000 m.s.n.m. en el extremo sur sobre las riveras del Río Servitá y Río Chicamocha a 3.200 m.s.n.m. en el extremo occidental en el Alto de Miranda de las veredas el Pozo, Lucusguta y Yerbabuena. Posee los pisos térmicos cálido, templado y frío; lo que favorece la producción de un amplio grupo de productos agrícolas y pecuarios.

La población total del Municipio de San José de Miranda es de 4830 habitantes, de los cuales 4130 (85,51%) están ubicados en el área rural y 700 (14,49%) ubicados en la cabecera municipal; constituyéndose como un Municipio marcadamente rural.

1.1.1 Temperatura

La temperatura en el Municipio oscila entre 8 y 24°C y se enmarca dentro de una zona baja o de clima medio, siendo los meses más calurosos enero, febrero y diciembre, registrándose la temperatura más baja en abril, agosto y octubre. La

temperatura media anual promedio corresponde a 17°C. Las temperaturas más bajas se presentan en las veredas El Pozo y Yerbabuena, las cuales oscilan entre 8 y 10°C; en horas nocturnas la temperatura puede bajar a cero grados centígrados. Las temperaturas más altas se presentan a orillas del río Chicamocha en las veredas Cucharito, Moralito y Carbonera con una temperatura media de 24°C.

1.1.2 Precipitación

La precipitación promedio es de 1.100 milímetros anuales, de acuerdo con los datos de las estaciones utilizadas, se presentan de manera general dos periodos de alta pluviosidad intercalados con periodos de baja pluviosidad; el periodo lluvioso en el primer semestre del año se presenta en los meses de abril, mayo y junio, para la mayoría del área municipal, el segundo periodo se sucede entre los meses de octubre y noviembre con máximos de precipitación en el mes de Octubre. Los períodos con tendencia seca se presentan en el primer semestre del año, entre los meses de enero y febrero y en el segundo semestre entre julio y agosto y en el mes de diciembre y enero siendo críticos durante todo el período.

El municipio posee una topografía desde plano hasta muy escarpado y dentro de los principales accidentes geográficos cabe destacar el Alto de Miranda en zona de páramo, sitio donde nacen las principales microcuencas del municipio.

1.1.3 Clima

El clima constituye el conjunto de condiciones de la atmósfera, que caracterizan el estado o situación del tiempo atmosférico y su evolución en un lugar dado. El clima se determina por el análisis espacial de los elementos que lo definen y los factores que lo afectan.

Entre los elementos del clima están: precipitación, temperatura, humedad, brillo solar, vientos, entre otros. Los dos primeros parámetros son los más relevantes, por cuanto permiten definir, clasificar y zonificar el clima de una región dada, en tanto que los otros se presentan como atributos caracterizadores de las unidades ya definidas. Los factores del clima como la pendiente, altitud, formas del relieve generan cambios climáticos a nivel regional o local.

El clima es importante desde el punto de vista físico y biótico por su directa interacción en la evolución de los suelos y paisajes; además por ser uno de los elementos necesarios para la determinación de las amenazas naturales y desde el punto de vista socioeconómico por su influencia en la decisión para un determinado uso de las tierras.

En el municipio de San José de Miranda no existe una estación meteorológica del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), que permita el análisis climático de los parámetros de precipitación y temperatura; razón por la cual se utilizó la información suministrada por CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria) en su Centro de investigaciones el Arsenal y del IDEAM, el cual cuenta con estaciones meteorológicas ubicadas en los municipios de Tona, Chiscas, Capitanejo, Carcasí, Cocuy, Molagavita, San Andrés, Macaravita y Cerrito.

En base a la información anterior y a través de la aplicación de un método de interpolación, se deduce que la zona urbana del municipio de San José de Miranda presenta una precipitación que oscila entre 1250 a 1350 mm/año, con una temperatura de 16 a 18°C localizada dentro del Piso Térmico Frío.

1.1.4 Unidades Climáticas

La zonificación climática para el municipio de San José de Miranda se basa en el método propuesto por Caldas - Lang y fue realizada a través del análisis conjunto de los fenómenos que definen el clima.

1.1.5 Recurso Hídrico

Para la descripción del recurso hídrico se contempla la red hidrográfica que cruza o delimita el municipio, la descripción morfométrica de las microcuencas y la hidrodinámica.

1.1.5.1 Red de Drenaje

El municipio de San José de Miranda pertenece a la cuenca hidrográfica del Río Magdalena, la cual está comprendida por la Subcuenca del Río Servitá, afluentes de la cuenca del río Chicamocha junto con sus microcuencas. La Subcuenca del río Servitá está conformada por las microcuencas de las Quebradas: la Seca o la Malagueña, Chitulí, Los Cojos o Salado, Popagá, Sagamal y Salado Bravo.

Debido a las características del clima y el relieve, la red hidrográfica es muy similar en la mayoría de sus recorridos de occidente a oriente, a excepción de las microcuencas quebrada Tabarlaque y quebrada las Balsas las cuales tienen un recorrido de norte a sur; en general las microcuencas tienen corrientes rápidas y altas pendientes, clasificándolas por esta razón como torrentes.

La red hidrográfica presenta durante el período de lluvias grandes caudales y menores durante el periodo seco, lo que ocasiona déficit del recurso agua durante largos períodos del año y en ciertas regiones se presenten problemas erosivos cuando se inician las lluvias.

1.1.5.2 Usos del Agua

Este recurso es de vital importancia para la vida y el desarrollo del municipio, aunque cuenta en buena medida con este recurso, existen problemas para su uso, debidos a su captación y distribución.

El acueducto de la zona urbana se abastece de la Quebrada El Loquetal, mientras en la zona rural la mayoría de las familias se abastecen de nacimientos, quebradas y manantiales, sin embargo, existe un grave problema de suministro debido al mal estado de la mayoría de los acueductos y los distritos de riego. El agua en algunas veredas se obtiene por redes de conducción en tierra.

Se tiene un importante requerimiento del recurso hídrico en todas las veredas, para el sector agropecuario mediante distritos de riego por gravedad y en las partes altas se utilizan sistemas de riego por gravedad y aspersión.

1.1.6 Geología

La ubicación del municipio de San José de Miranda en la Cordillera Oriental lo enmarca bajo la acción tectónica de las placas de Nazca, Caribe y Sur Americana, que han ocasionado el levantamiento de esta. Dicha cordillera se encuentra constituida por materiales protolito de corteza continental y posteriormente metamorfizados, acompañados por una secuencia de sedimentitas y metasedimentitas paleozoicas.

De manera general las rocas más antiguas se presentan hacia el centro de la cordillera y las jóvenes se preservan en sus flancos. El Municipio está conformado en su mayoría por rocas sedimentarias, aunque se pueden localizar en un bajo porcentaje rocas metamórficas de medio y alto grado.

De acuerdo a la geología presentada en el territorio, se identifica el potencial en cuanto a recursos mineros, este hace referencia a las dos veredas, en las cuales se encuentra el nacimiento de la Quebrada El Loquetal.

Tabla 1: Potencial Minero del municipio de San José de Miranda

Grupo Minero	Veredas Municipales	AREA (Km²)	AREA TOTAL DEL GRUPO MINERO (Km²)	MINERALES POTENCIALMENTE EXPLOTABLES	USOS
G8	Sagamal	2.70	11.93	Arenisca silícea	Fabricación de vidrio
G9	Tequia	2.20	15.57	Yeso Granulado	Fabricación de cemento.

Fuente: EOT San José de Miranda

1.2 UNIDAD MUNICIPAL DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS (ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO)

El municipio de San José de Miranda se abastece de agua mediante un sistema de acueducto solo para el casco urbano, el cual cubre el 100% de la cabecera municipal, representada por 256 conexiones; también cuenta con 9 acueductos veredales que alcanzan una cobertura del 45%. Algunos de los acueductos veredales solo constan de una captación irregular, un tanque de almacenamiento y una precaria red de distribución.

El municipio mediante la Unidad de Servicios Públicos se encarga de los servicios de acueducto, aseo, alcantarillado y gas domiciliario; atiende lo relacionado con el suministro básico que comprende el agua potable o no, de los acueductos veredales y urbano.

La característica principal en el suministro de agua en los sectores veredales es el sistema de captaciones por medio de mangueras en pequeños nacimientos, manantiales o quebradas.

1.2.1 Acueducto

1.2.1.1 Abastecimiento de agua al Sistema de Acueducto Urbano

El acueducto municipal se abastecía del nacimiento El Loquetal, Quebrada de la Virgen y la Quebrada los Cojos en la Vereda de Tequia.

Actualmente solo se capta agua de El Loquetal, debido al fenómeno natural que se presentó en el año 2006 y afectó de manera irreparable el cauce de las otras fuentes hídricas. Esta quebrada nace en la parte alta de la vereda Sagamal del municipio de San José de Miranda y en su recorrido se une con la quebrada La Virgen, para formar una sola corriente la cual vierte sus aguas al río Servita.

Dicha fuente hídrica cuenta con una Concesión de aguas según la Resolución 000697 del 06 de Diciembre de 2006, la cual tiene un término de 10 años. El caudal concesionado de 2,30 L/s y un caudal ecológico de 0,83 L/s, para una población beneficiada de 256 familias.

El sistema de acueducto cuenta con los siguientes componentes: Captación - Aducción - desarenador - línea de conducción - tanque de almacenamiento y red de distribución.

1.2.1.2 Acueductos Veredales

El sector rural cuenta con algunos sistemas de acueductos, los cuales no tienen una planta de tratamiento; estos poseen sistemas rudimentarios de captación, que

consisten en mangueras conectadas a un tanque de almacenamiento, sin ningún tipo de tratamiento. La mayoría de los habitantes toman el agua de nacimientos y quebradas cercanas a sus viviendas.

1.2.1.3 Formas de los acueductos veredales

➤ El sistema de acueducto con captación en manguera:

El Sistema con red de distribución en manguera o tubería y tanque de almacenamiento, se utiliza para abastecer a las familias de las siguientes veredas: Popagá, Cabrerita, Cutaligua, Carbonera parte media, Yerbabuena parte alta, Sagamal, Manchaloea y Moralito.

Este sistema está conformado por bocatoma, aducción en tubería de PVC con un diámetro de 6", desarenador y red de distribución en manguera de diámetro de 2"; el estado de la red del acueducto es deficiente.

➤ Acueductos Veredales por Nacimientos:

Estos sistemas captan el agua de pequeños nacimientos por medio de mangueras, las cuales abastecen directamente a un cierto número de familias del sector o vereda. Este medio de distribución de agua lo poseen las siguientes veredas: Yerbabuena parte media, Sagamal, Lucusguta, el Pozo, Cucurucho, Yerbabuena parte baja, Cucharito parte alta y Colorada.

La distribución de agua se hace a través de manguera o tubería. Consta de Bocatoma, aducción, conducción en tubería de PVC de diámetro de 3", tanque de almacenamiento y red de distribución con la tubería principal en PVC de 3", al cual se le une directamente mangueras de diámetro de 1" ó ½". El estado de la red del acueducto es regular.

➤ **Acueductos Veredales con sistema casi completo:**

Este sistema de acueducto es el más completo, porque consta de estructuras de captación, desarenador y tanque de almacenamiento, se presenta en las veredas de Moralito, Cabrerita, Carbonera y Salado Bravo.

En la vereda Popagá se encuentra el Acueducto Regional Ojo de Agua, que presenta las siguientes estructuras: bocatoma, tanque de almacenamiento, caseta de filtros y cloración.

Este sistema beneficia a las escuelas de Popagá y el Espinal y cuenta con contadores. Tiene una longitud aproximada de 7 km, aducción en tubería de PVC con diámetro de 6", tanque de almacenamiento, 2 redes de distribución en tubería de PVC con diámetro de 2".

El principal problema de este acueducto, es que algunas de sus estructuras se encuentran deterioradas (tanque de almacenamiento, tubería y válvulas) y falta de desarenador. El estado de la red del acueducto es deficiente.

1.2.2 Alcantarillado

El Municipio cuenta con una cobertura del sistema de alcantarillado del 100%, el cual no tiene un sistema de evacuación de aguas lluvias. Las aguas residuales son vertidas al zanjón de Santa Bárbara, sin ningún tipo de tratamiento, generando un problema de contaminación de dicha quebrada con efectos negativos para la salud pública.

La tubería de dicho sistema es de gres vitrificado de diámetro de 8", existen 52 pozos de inspección y la longitud entre cada pozo oscila entre 30 m y 90 m; la

pendiente de las tuberías es de 3.6% y 30% y la profundidad de los pozos de inspección oscila entre 0.7 m y 4.7 m.

En el sector rural se han venido construyendo sistemas individuales de disposición final de excretas y aguas servidas a través de pozos sépticos, pero su cobertura es mínima.

1.3 ASPECTOS ECONÓMICOS

Las actividades económicas del Municipio dependen del sector agropecuario, del cual derivan su sustento la mayoría de los productores campesinos; fundamentalmente las actividades agrícolas y pecuarias, son las fuentes de generación de ingresos de la población.

En la producción agrícola se destacan el tabaco, el frijol y el maíz; en la producción pecuaria las familias tienen su vaca lechera para el consumo familiar.

En la zona cálida se encuentran caprinos de raza criolla, especie menor que se adapta muy bien a esta zona bastante árida, pero no existe un programa de manejo de mejoramiento genético, nutrición y sanidad, que permita un mejor aprovechamiento de esta explotación, que podría ser un importante renglón de ingresos, si se capacitara a los campesinos en capricultura tecnificada.

En general la economía campesina, debido a su baja productividad y poca rentabilidad, es de subsistencia; en pocos casos hay excedentes para la comercialización que generan ingresos a los productores agropecuarios.

El productor tradicional utiliza tecnologías inapropiadas, con uso de agroquímicos contaminantes del medio ambiente que han deteriorado día a día cada vez más el

ecosistema, especialmente los suelos, el agua, la fauna y la flora de la región, además de las graves consecuencias para la salud de productores y consumidores.

Adicional a estas falencias existen una vías de comunicación veredales e intermunicipales en muy mal estado, lo cual dificulta la comercialización de productos y la entrada de insumos, bienes y servicios al sector rural y urbano.

1.4 ASPECTOS SOCIALES

1.4.1 Turismo

La ubicación geográfica de San José de Miranda, su amplia historia, sus tradiciones religiosas y culturales, sus ferias y festividades, su clima, paisaje y lugares especiales para el turismo ecológico y la facilidad de acceso incentivan al diseño de un programa turístico que atraiga la atención de ciudadanos de la región, el departamento y la nación.

1.4.2 Sector Educativo

El Municipio de San José de Miranda cuenta con veintiuna (21) escuelas de enseñanza básica primaria, una de ellas ubicada en el sector urbano y las restantes en el sector rural, dichos establecimientos atienden la demanda de las dieciséis (16) veredas y el sector urbano. También se cuenta con el Instituto Isidoro Miranda Morantes, centro educativo de educación básica secundaria y media con la modalidad de Bachillerato en Sistemas y Mantenimiento Electrónico y dos (2) centros de Bachillerato Rural SAT ubicados en el sector rural.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es un elemento vital para la supervivencia de los seres vivos, ya que se encarga de transportar y desarrollar complejas reacciones bioquímicas, haciendo posible la ejecución de actividades esenciales de cualquier organismo. Por esta razón es necesario tener en cuenta la normatividad establecida para el cumplimiento de los estándares de calidad, la aplicación de buenas prácticas a nivel industrial y la concientización en el ahorro y uso eficiente del recurso hídrico en la población. Mediante estas estrategias se evita la contaminación del recurso por bacterias, virus y sustancias químicas que pueden eventualmente alterar sus características fisicoquímicas y microbiológicas.

El manejo adecuado del agua permite prevenir la introducción de elementos contaminantes, responsables de ocasionar enfermedades gastrointestinales y dermatológicas, principalmente en grupos de riesgo como niños, personas de avanzada edad y en condiciones crónicas. En términos de salud pública es por consiguiente fundamental contar con sistemas de tratamientos de agua potable eficientes y seguros, que garanticen la calidad del líquido y lo hagan apto para el consumo humano.

Debido a la presencia constante de contaminantes en el agua superficial y subterránea, no se puede afirmar que en la naturaleza exista agua pura, sino de acuerdo con su uso, emplear el concepto de agua segura y potable. Cuando se consume agua segura y potable, esta no representa ningún riesgo para la salud humana y cumple con los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos establecidos por las normas de calidad.

Sin embargo, en nuestro país gran parte del agua suministrada a la población no cumple con los parámetros regulatorios de calidad, debido en parte a la descarga irrestricta de aguas residuales al recurso hídrico superficial, a sistemas sépticos defectuosos que afectan las fuentes de abastecimiento subterráneo y al arrastre de fertilizantes y pesticidas por las aguas lluvias.

Los contaminantes ambientales que ingresan a los cuerpos de agua, se deben a los múltiples usos que le da el hombre a este recurso, tales como: riego agrícola, producción hidroeléctrica, industrias, evacuación de vertidos, ganadería, entre otros. Entre los principales focos de contaminación están: los microorganismos patógenos, las sustancias orgánicas, las sustancias inorgánicas y los metales pesados.

Los microorganismos patógenos llegan a los procesos de filtración y desinfección de agua en cantidades variables, provenientes de desechos humanos o animales. Las sustancias orgánicas pueden ser de origen natural o artificial, siendo los nitratos y los fosfatos compuestos orgánicos artificiales de gran importancia por su impacto ambiental y su alto grado de toxicidad, presentes en alta proporción en los fertilizantes.

Dentro de las sustancias inorgánicas se incluyen ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo, que en altas cantidades causan graves daños a los seres vivos, disminuyen los rendimientos agrícolas y corroen los equipos usados en el tratamiento del agua.

Teniendo en cuenta los niveles de contaminación que existen en el agua, se requiere de un sistema de tratamiento que garantice los estándares de calidad establecidos, de acuerdo a la caracterización de la fuente de abastecimiento. Dicha caracterización se hace por medio de la prueba de tratabilidad, la cual

permite determinar en forma real las condiciones bajo las cuales se puede potabilizar.

El proceso de purificación del agua involucra una serie de operaciones básicas de carácter fisicoquímico que incluye: pretratamiento, aforo, coagulación – floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

En algunos sistemas de agua se hace necesario el uso de tratamientos con osmosis inversa, intercambio y adsorción de iones, para la remoción efectiva de dureza, cloruros y sulfatos, debido a que estas sustancias no se eliminan en un porcentaje significativo con procedimientos convencionales; siendo las empresas de servicios públicos domiciliarios de acueducto los encargados de la selección y combinación de tratamientos, que garanticen la remoción de contaminantes de acuerdo a las normas.

3. OBJETIVOS

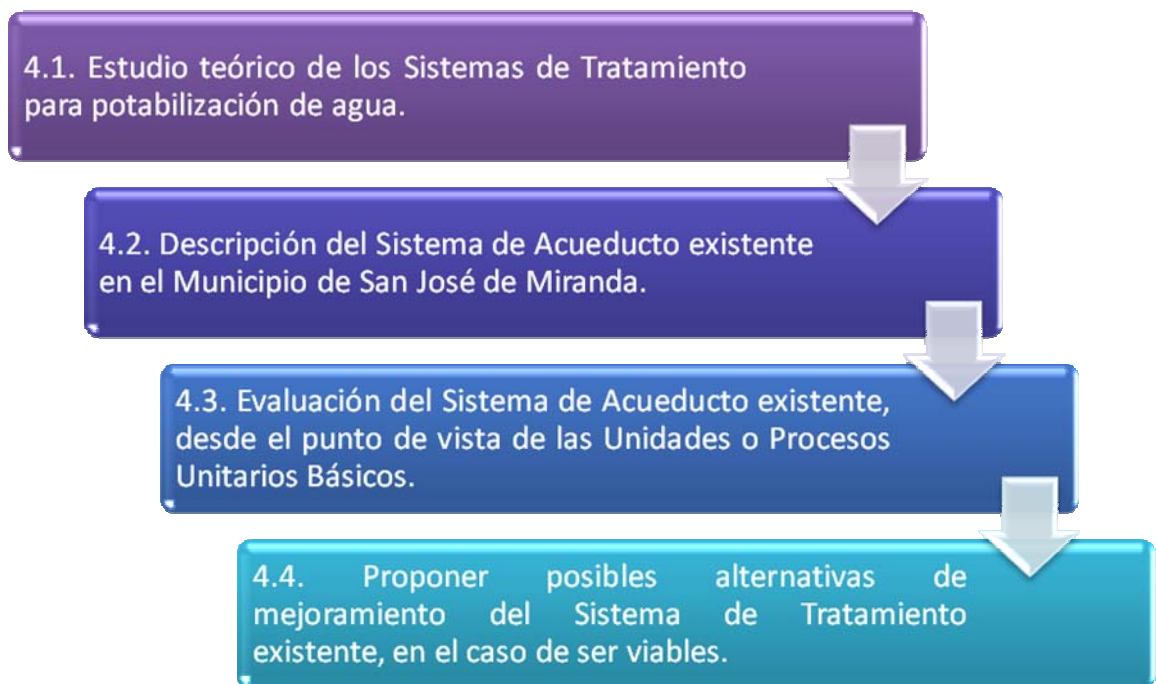
Objetivo General:

Evaluar la planta de tratamiento de agua potable del municipio de San José de Miranda y proponer posibles alternativas de mejora, en cuanto a infraestructura y parámetros de operación, que garanticen la calidad del agua para consumo humano.

Objetivos Específicos:

- Evaluar la planta de tratamiento de agua potable existente en el municipio de San José de Miranda.
- Efectuar el correspondiente análisis fisicoquímico y microbiológico del Agua Potable y la Prueba de Tratabilidad al agua cruda.
- Identificar posibles mejoras en cuanto a la infraestructura de la Planta de Tratamiento de Agua Potable existente.
- Determinar posibles mejoras referentes a las condiciones de operación de la planta de tratamiento de agua potable existente.

4. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACION DE LA PLANTA



4.1 ESTUDIO TEÓRICO DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO PARA POTABILIZACIÓN DE AGUA

4.1.1 Caracterización del Agua

El agua es insípida e inodora en condiciones normales de presión y temperatura (a una presión de 1 atmósfera y una temperatura de 20°C), puede presentarse en tres formas, siendo una de las pocas sustancias que puede encontrarse en sus tres estados de forma natural. El agua adopta formas muy distintas sobre la tierra: como vapor de agua, conformando nubes en el aire; como agua marina,

eventualmente en forma de icebergs en los océanos; en glaciares y ríos en las montañas, y en los acuíferos subterráneos su forma líquida.

Los parámetros del agua son características físicas, químicas, biológicas y organolépticas que permiten detectar cual es el grado de contaminación que presenta el agua.

4.1.2 Parámetros Físicos

4.1.2.1 Temperatura.

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente.

4.1.2.2 pH

El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución. Aunque podría decirse que no tiene efectos directos sobre la salud, sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección. Por lo general, las aguas naturales presentan un pH en el rango de 5 a 9.

Cuando se tratan aguas ácidas, es común la adición de un álcali (por lo general, cal) para optimizar los procesos de coagulación. En algunos casos, se requiere ajustar de nuevo el pH del agua tratada, hasta un valor que no le confiera efectos corrosivos ni incrustantes.

Se considera que el pH de las aguas tratadas debe estar entre 6,5 y 9,0. Por lo general, este rango permite controlar sus efectos en el comportamiento de otros constituyentes del agua.

4.1.2.3 Turbidez

Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión de carácter coloidal. Puede ser causada por arcillas, materia inorgánica, organismos planctónicos y microorganismos.

Actualmente la turbidez se mide con un nefelómetro, expresando los resultados como Unidad de Turbidez Nefelométrica (UTN). Con este método se compara la intensidad de luz dispersada por la muestra con la intensidad de luz dispersada por una suspensión estándar de referencia, bajo las mismas condiciones de medida.

4.1.2.4 Color

El color es la capacidad del agua para absorber ciertas radiaciones del espectro visible. El color natural en el agua existe debido al efecto de partículas coloidales cargadas negativamente; debido a esto, su remoción puede lograrse con ayuda de un coagulante de una sal de ion metálico trivalente como el Al^{+3} o el Fe^{+3} .

En general, el agua presenta colores inducidos por materiales orgánicos de los suelos como el color amarillento debido a los ácidos húmicos. La presencia de hierro puede darle un color rojizo y la del manganeso, un color negro.

Dos tipos de color se reconocen en el agua: el color verdadero, es decir, el color de la muestra una vez que su turbidez ha sido removida y el color aparente que incluye no solamente el color de las sustancias en solución y coloidales sino

también el color debido al material suspendido. El color aparente se determina sobre la muestra original sin filtración o centrifugación previa.

La unidad de color es el color producido por un miligramo por litro (mg/L) de platino, en la forma de ion Cloroplatinato. La determinación del color se hace por comparación visual de la muestra con soluciones de concentración de color conocida. Antes de determinar el color verdadero es necesario remover la turbidez; para ello, el método recomendado es la centrifugación de la muestra.

Una vez centrifugada la muestra, se determina su color por comparación con una serie de estándares de color preparados a partir de una solución patrón de Cloroplatinato de potasio (K_2PtCl_6), la cual contiene 500 mg/L de Platino y 250 mg/L de Cobalto para darle una tonalidad adecuada.

La determinación del color es importante para evaluar las características del agua, la fuente del color y la eficiencia del proceso usado para su remoción; cualquier grado de color es objetable por parte del consumidor y su remoción es, por lo tanto, objetivo esencial del tratamiento.

4.1.2.5 Olor y Sabor

Los olores y sabores en el agua frecuentemente ocurren juntos y en generalmente son prácticamente indistinguibles. Muchas pueden ser las causas de olores y sabores en el agua; entre las más comunes se encuentran: materia orgánica en solución, ácido sulfhídrico, cloruro de sodio, sulfato de sodio y magnesio, hierro y manganeso, fenoles, aceites, productos de cloro, diferentes especies de algas, hongos, etc.

La determinación del olor y el sabor en el agua es útil para evaluar la calidad de la misma y su aceptabilidad por parte del consumidor, para el control de los procesos

de una planta y para determinar en muchos casos la fuente de una posible contaminación.

Existen diferentes métodos cuantitativos para expresar la concentración de olor o de sabor. El método más usado consiste en determinar la relación de dilución a la cual el olor o sabor es apenas detectable. El valor de dicha relación se expresa como número detectable de olor o de sabor.

4.1.2.6 Conductividad y resistividad.

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir electricidad. La conductividad del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación, por lo tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad. Por ello, el valor de la conductividad es muy usado en análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos.

El instrumento utilizado es el conductivímetro cuyo fundamento es la medida eléctrica de la resistencia al paso de la electricidad entre las dos caras opuestas de un prisma rectangular comparada con la de una solución de Cloruro de Potasio (KCl) a la misma temperatura y referida a 20°C. La unidad estándar de conductividad se expresa normalmente como micro siemens por centímetro.

4.1.3 Parámetros Químicos

4.1.3.1 Alcalinidad

La alcalinidad es una medida de la capacidad para neutralizar ácidos. En aguas naturales, la alcalinidad es debida generalmente a la presencia de tres clases de compuestos: bicarbonatos (CO_3H^-), carbonatos ($\text{CO}_3^{=}$) e hidróxidos (OH^-). En algunas aguas es posible encontrar otras clases de compuestos (boratos, silicatos, fosfatos, etc.) que contribuyen a su alcalinidad; sin embargo, en la práctica la contribución de estos es insignificante y puede ignorarse.

La determinación de la alcalinidad total y de las distintas formas de alcalinidad, es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento, control de corrosión y evaluación de la capacidad tampona de un agua.

La alcalinidad del agua se determina por titulación con ácido sulfúrico 0,02 N y se expresa como mg/L de carbonato de calcio equivalente a la alcalinidad determinada. La titulación se efectúa en dos etapas sucesivas, definidas por los puntos de equivalencia para los bicarbonatos y el ácido carbónico, los cuales se indican electrométricamente por medio de indicadores.

4.1.3.2 Dureza

La dureza es una propiedad que refleja la presencia de metales alcalinotérreos en el agua. De estos elementos, el calcio y el magnesio constituyen los principales elementos, generalmente en aguas superficiales.

El análisis de la dureza total en muestras de aguas es utilizado en la industria de bebidas, lavandería, fabricación de detergentes, acabados metálicos, teñidos y textiles, en el agua potable, agua para calderas, etc. La medición de dureza se

realiza en dos etapas: primero se mide la dureza Cálcica a pH 12, utilizando Murexida como indicador y en una segunda etapa se mide la dureza total (Ca + Mg) a pH 10, utilizando indicador Negro de Eriocromo T (NET).

4.1.3.3 Coloides

En general, son sólidos finamente divididos que no sedimentan por la simple acción de la gravedad, pero que pueden removerse del agua mediante coagulación, filtración o acción biológica.

Con base en su tamaño, los coloides han sido definidos como partículas cuyo diámetro varía entre 1 y 100 nanómetros.

Los coloides pueden ser de origen orgánico (macromoléculas de origen vegetal) o inorgánico (óxidos de hierro y manganeso y silicatos).

4.1.3.4 Acidez

La acidez de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar bases, es decir, para reaccionar con iones hidroxilo, ceder protones o contenido total de sustancias ácidas.

En aguas naturales la acidez puede ser producida por el CO₂, por la presencia de iones H⁺ libres, por la presencia de acidez mineral proveniente de ácidos fuertes como el sulfúrico, nítrico, clorhídrico, etc.; y por la hidrolización de sales de ácido fuerte y base débil.

La causa más común de acidez en aguas es el CO₂, el cual puede estar disuelto en el agua como resultado de las reacciones de los coagulantes químicos usados en el tratamiento o de la oxidación de la materia orgánica, o por disolución del

dióxido de carbono atmosférico. El dióxido de carbono es un gas incoloro, no combustible, 1.53 veces más pesado que el aire, ligeramente soluble en agua.

La acidez se titula mediante adición de iones OH^- provenientes de una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0.02 N.

4.1.3.5 Sólidos

Incluye toda materia sólida contenida en los materiales líquidos y se clasifican en sólidos disueltos, en suspensión y totales.

- **Sólidos disueltos:** Los sólidos disueltos son una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua. El origen puede ser múltiple tanto en las aguas subterráneas como en la superficial. Los procesos de tratamiento son múltiples en función de la composición incluyendo la precipitación, intercambio iónico, destilación, electrodiálisis y ósmosis inversa.
- **Sólidos en suspensión:** Se separan por filtración y decantación. Son sólidos sedimentables, no disueltos, que pueden ser retenidos por filtración.
- **Sólidos totales:** Es la suma de sólidos disueltos y en suspensión. Es la materia que permanece como residuo después de evaporación y secado a 103 °C. El valor de los sólidos incluye tanto material disuelto (residuo filtrable) y no disuelto (suspendido).

4.1.3.6 Cloruros

El ión cloruro (Cl^-) forma sales muy solubles, suele asociarse con el ión Na^+ , esto en aguas muy salinas.

Las aguas con cloruros pueden ser muy corrosivas debido al tamaño del ión que puede penetrar la capa protectora en la interfase óxido-metal y reaccionar con el hierro estructural. El ión cloruro se separa con filtros de carbono activado e intercambio iónico.

4.1.3.7 Sulfatos

El ión sulfato ($\text{SO}_4^{=}$), corresponde a sales moderadamente solubles a muy solubles. En cantidades bajas no perjudica seriamente pero algunos centenares de ppm pueden disminuir la resistencia del hormigón. Su eliminación se realiza por intercambio iónico.

4.1.3.8 Nitratos

El ión nitrato (NO_3^-) forma sales muy solubles y estables. En un medio reductor puede pasar a nitritos, nitrógeno gas e incluso amoníaco.

Su presencia junto con fosfatos en aguas superficiales, provocan la aparición de un excesivo crecimiento de algas, se conoce como eutroficación. Su determinación se realiza por espectrofotometría. Se elimina por intercambio iónico, siendo un método no económico en los procesos de potabilización en grandes volúmenes.

4.1.3.9 Fosfatos

El ión fosfato (PO_4^{-3}) en general forma sales muy poco solubles y precipita fácilmente como fosfato cálcico. Como procede de un ácido débil contribuye a la alcalinidad del agua. No suele haber en el agua más de 1 ppm, salvo en los casos de contaminación por fertilizantes fosfatados.

4.1.3.10 Fluoruros

La mayoría de los fluoruros son de baja solubilidad; por ello la concentración en aguas naturales es normalmente baja. Los procedimientos analíticos usados para la determinación de fluoruros utilizan electrodos específicos de medida o métodos colorimétricos para el ión fluoruro. Todos los métodos colorimétricos están sujetos a errores si existen en la muestra sustancias interferentes. Para aguas turbias o coloreadas, la muestra debe destilarse o diluirse adecuadamente antes de proceder al análisis de fluoruros.

4.1.3.11 Bicarbonatos y carbonatos

La alcalinidad en el agua tanto natural como tratada, usualmente es causada por la presencia de iones carbonatos (CO_3^{2-}) y bicarbonatos (HCO_3^-), asociados con los cationes Na^+ , K^+ , Ca^{+2} y Mg^{+2} .

4.1.3.12 Otros componentes aniónicos

Los sulfuros (S^{-2}), y el ácido sulfhídrico (H_2S) son muy característicos de medios reductores, pero en general las aguas contienen menos de 1 ppm, su principal característica es que el agua tiene mal olor.

Los compuestos fenólicos afectan a la potabilidad, con olores y gustos especialmente desagradables, sobre todo después de un proceso de cloración. Los detergentes son ligeramente tóxicos y presentan problemas de formación de espumas y consumen el oxígeno del agua. Los ácidos húmicos pueden afectar los procesos de pre-tratamiento e intercambio iónico.

4.1.3.13 Sodio

En aguas de consumo humano no se limita la concentración de sodio a un valor específico. Sin embargo, personas con enfermedades cardíacas, renales y circulatorias requieren dietas bajas de sodio.

En aguas para irrigación el sodio como bicarbonato y carbonato puede ser perjudicial para el suelo y las plantas; en tales condiciones tiende a aumentar la alcalinidad del suelo debido a la precipitación de carbonato de sodio, reduce la concentración de calcio del suelo y su permeabilidad.

El sodio se remueve del agua mediante intercambio catiónico con resinas del ciclo del hidrógeno; también se usan procesos de ósmosis inversa, evaporación y electrodiálisis.

Los métodos recomendados para determinar sodio suponen el uso de espectrofotómetros de absorción atómica o fotómetros de emisión con llama.

4.1.3.14 Potasio

El potasio es un elemento nutriente esencial y en dosis de 1 a 2 g es catártico; por ello se considera recomendable un límite de 1000 a 2000 mg/L de potasio en aguas de consumo, aunque la norma de agua potable no especifica ningún límite. El potasio puede removerse mediante intercambio catiónico, evaporación y osmosis inversa.

4.1.3.15 Calcio

El ión calcio (Ca^{+2}) forma sales desde moderadamente solubles a muy insolubles. Precipita fácilmente como carbonato de calcio (CaCO_3). Es el principal

componente de la dureza del agua y causante de incrustaciones. Se determina con una solución de EDTA, la cual forma un complejo con el calcio que está en solución y se establece el valor a través de una titulación.

4.1.3.16 Magnesio

El ión magnesio (Mg^{+2}), tiene propiedades muy similares a las del ión calcio, aunque sus sales son un poco más solubles y difíciles de precipitar. El hidróxido de magnesio es, sin embargo, menos soluble. Su aparición en el agua potable con varios centenares de ppm provoca un sabor amargo y efectos laxantes. Contribuye a la dureza del agua y a pH alcalino, puede formar incrustaciones de hidróxido. Se puede precipitar como hidróxido, pero su eliminación se realiza por intercambio iónico y ósmosis inversa.

4.1.3.17 Hierro

Es un catión muy importante desde el punto de vista de contaminación, aparece en dos formas: ión ferroso (Fe^{+2}), o más oxidado como ión férrico (Fe^{+3}). La estabilidad y aparición en una forma u otra depende del pH, condiciones oxidantes o reductoras, o composición de la solución. Afecta a la potabilidad de las aguas y es un inconveniente en los procesos industriales por provocar incrustaciones. Solo las aguas de pH ácido pueden tener contenidos en hierro de varias decenas de ppm. Su determinación se hace analíticamente por colorimetría y espectrofotometría de absorción atómica, dando el hierro total que incluye las formas solubles, coloidal y en suspensión final. La eliminación se hace por coagulación – filtración, también se puede emplear el intercambio iónico.

4.1.3.18 Manganese

El ión manganese se comporta en la mayoría de los casos muy parecido al ión hierro. El hierro y el manganese, en bajas concentraciones, imparten sabores metálicos al agua, hasta donde se conoce el consumo humano de aguas con hierro y manganese no tiene efectos nocivos para la salud.

Tanto el hierro como el manganese interfieren las operaciones de lavado, imparten tintaciones indeseables a los accesorios de plomería, causan incrustaciones en las tuberías y dificultades en los sistemas de distribución al soportar crecimiento de bacterias del hierro y del manganese.

4.1.4 Parámetros Biológicos

Estos parámetros son indicativos de la contaminación orgánica y biológica; tanto la actividad natural como la humana contribuyen a la contaminación orgánica de las aguas: la descomposición animal y vegetal, los residuos domésticos, detergentes y otros.

Este tipo de contaminantes son más difíciles de controlar que los químicos o físicos y además los tratamientos se deben regular constantemente.

4.1.5 Parámetros Bacteriológicos

La bacteria *Escherichia coli* y el grupo coliforme en su conjunto, son los organismos más comunes utilizados como indicadores de la contaminación fecal. Las bacterias coliformes son microorganismos de forma cilíndrica, capaces de fermentar la glucosa y la lactosa.

Otros organismos utilizados como indicadores de contaminación fecal son los estreptococos fecales y los clostridios. Estos últimos son anaerobios, formadores

de esporas; estas son formas resistentes de las bacterias capaces de sobrevivir largo tiempo.

Según el destino del agua, la eliminación de bacterias se realiza por filtración, o esterilización por luz ultravioleta, cloración y ozonización.

4.1.6 Unidades de Tratamiento en la Potabilización de Agua

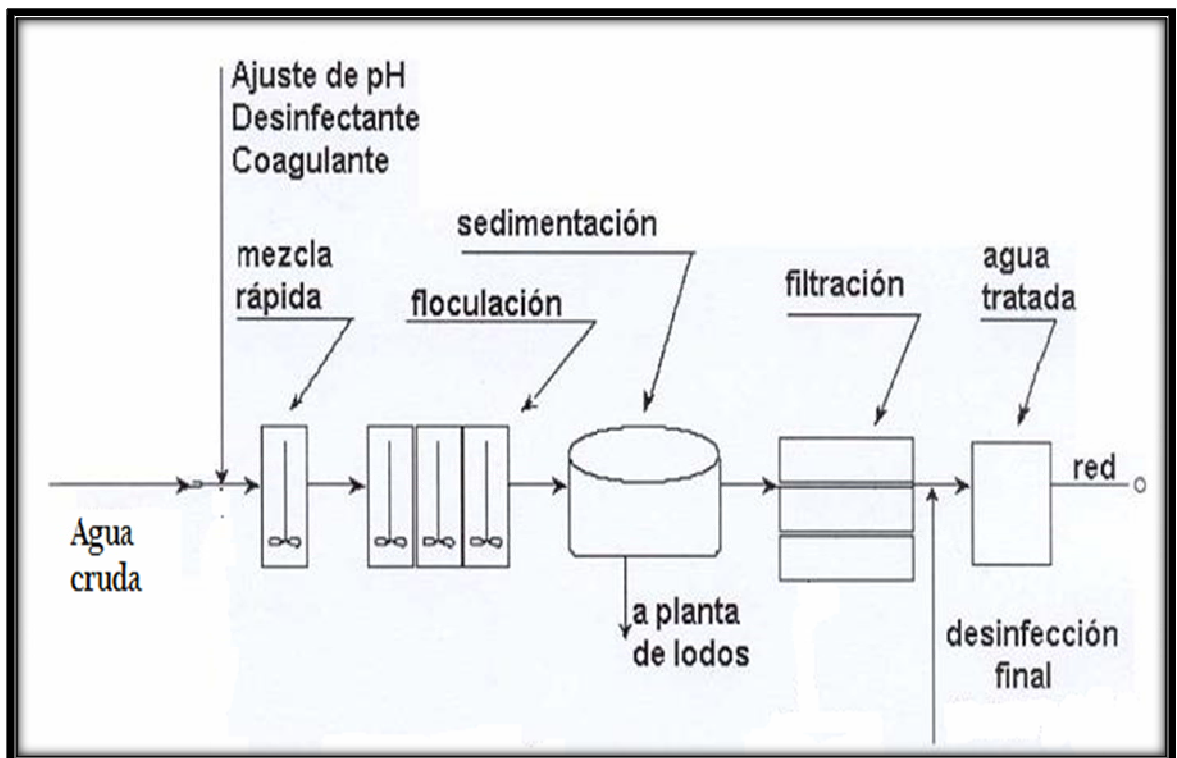


Figura 2. Unidades de Tratamiento de una Planta de Potabilización de Agua

Pretratamiento

4.1.6.1 Desarenador

Unidad de tratamiento destinada a la remoción de arena y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación.

4.1.6.2 Aforo

El aforo permite la determinación del caudal que pasa por una sección definida y debe hacerse para:

- Controlar el caudal de cada proceso de tratamiento.
- Ajustar las dosificaciones de sustancias químicas.
- Determinar las eficiencias de los equipos de bombeo y los requerimientos de potencia.
- Controlar el caudal de agua tratada y suministrada.
- Calcular el costo unitario del tratamiento.

En la mayoría de los casos se considera que los registros de caudal deben tener un error menor del 2%, para prevenir costos adicionales e innecesarios de tratamiento. Cualquiera que sea el tipo de medidor utilizado: por diferencial de presión, de velocidad, magnético, ultrasónico, vertederos, canaletas parshall, entre otros, el operador deberá asegurar la adecuada calibración y exactitud de los instrumentos de medida.

4.1.6.3 Mezcla Rápida

Es una operación que se emplea en el tratamiento de agua, con el fin de dispersar diferentes sustancias químicas y gases. En plantas de purificación la mezcla rápida tiene como propósito dispersar rápida y uniformemente el coagulante a través de toda la masa o flujo de agua.

Esta mezcla puede efectuarse mediante turbulencia, provocada por medios hidráulicos o mecánicos, tales como: resaltos hidráulicos en canales, canaletas parshall, vertederos rectangulares, tuberías de succión de bombas, mezcladores mecánicos en línea, rejillas difusoras, chorros químicos y tanques con equipo de mezcla rápida.

4.1.6.4 Coagulación

Proceso unitario que consiste en una serie de reacciones físicas y químicas entre los coagulantes, la superficie de las partículas, la alcalinidad del agua y el agua misma.

Este proceso inicia en el momento en el que se agregan los coagulantes al agua y dura solo fracciones de segundo.

Su principal función es la desestabilización de las sustancias coloidales presentes, con el fin de remover: turbiedad, color, bacterias, algas y otros organismos planctónicos, fosfatos y sustancias productoras de olores y sabores.

4.1.6.5 Floculación

Proceso unitario mediante el cual las partículas ya desestabilizadas chocan unas con otras para formar coágulos mayores. Por lo general se agrega alumbre, las sales de hierro o los polímeros orgánicos sintéticos al agua para formar pequeñas partículas pegajosas, llamadas "coágulos"; en esta fase existe una cierta estabilidad hidrodinámica del agua y el régimen ya no es turbulento, lo que facilita la formación de macroflóculos susceptibles de decantación.

4.1.6.6 Sedimentación

Proceso unitario cuya principal función es producir agua clarificada con turbiedad mínima, para una filtración posterior efectiva. Este proceso depende de la realización adecuada de la coagulación y floculación, razón por la que debe asegurarse la obtención del mejor floc posible antes del sedimentador.

En los sedimentadores se debe asegurar una distribución adecuada del caudal, minimizar los cambios bruscos de flujo, asegurar una carga de rebose apropiada sobre los vertederos efluentes, controlar las cargas superficiales y los tiempos de retención.

4.1.6.7 Filtración

Proceso unitario mediante el cual se separan las partículas y microorganismos objetables, que han quedado retenidos en los procesos de coagulación y sedimentación. En consecuencia el trabajo que los filtros desempeñan, depende directamente de la mayor o menor eficiencia de los procesos previos.

La filtración puede efectuarse de varias formas: con baja carga superficial (filtros lentos) o con alta carga superficial (filtros rápidos), en medios porosos (pastas arcillosas, papel de filtro) o en medios granulares (arena, antracita, granate o combinados), con flujo ascendente de abajo hacia arriba o descendente de arriba hacia abajo y mixto. Por último el filtro puede operar a presión o por gravedad, según sea la magnitud de la carga hidráulica que exista sobre el lecho filtrante.

4.1.6.8 Desinfección

Proceso unitario que permite eliminar en primera instancia la carga bacteriana y de virus, que se hayan pasado en los procesos previos.

El cloro es el principal agente desinfectante empleado para el control de microorganismos, oxidación de hierro y manganeso; control de olores y sabores, oxidación de sulfuros, remoción de amoníaco, color orgánico y oxidación de cianuros.

Este proceso asegura un cloro residual en las redes de distribución.

4.1.7 Control de los Procesos en la Planta

4.1.7.1 Ajuste del pH

Se hace necesario el ajuste del pH, con el fin de asegurar que el agua no sea incrustante o corrosiva, mediante la aplicación de la técnica conocida como el Índice de Langelier.

4.1.7.2 Ensayo de Jarras

El ensayo de jarras es uno de los más importantes en el control del proceso de coagulación química de aguas. Se realiza con los siguientes propósitos:

- Selección del tipo de coagulación más efectivo.
- Determinación del pH óptimo de coagulación.
- Evaluación de la dosis óptima de coagulante.
- Determinación de la dosis de ayudas de coagulación.
- Determinación del orden más efectivo de adición de los diferentes productos químicos.
- Determinación de los niveles óptimos de mezcla, gradientes de velocidad y tiempos de mezcla.

4.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO EXISTENTE EN EL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE MIRANDA

4.2.1 Registro Fotográfico

Esta etapa se inició con la toma de un registro fotográfico del Sistema de Acueducto existente. A continuación se muestran las fotografías:



Fotografías 6 y 7. Bocatoma



Fotografía 8. Desarenador



Fotografía 9. Caja de Aquietamiento Fotografía 10. Floculación, sedimentación Y filtración granular (fuera de servicio)



Fotografía 11. Sedimentador

Fotografía 12. Zona de Desinfección



Fotografía 13. Tanque de Almacenamiento

4.2.2 Revisión Técnica

Posteriormente, se llevó a cabo una revisión técnica a este Sistema de Acueducto, lo cual permitió obtener un diagnóstico inicial.

Durante el desarrollo de esta inspección se identificó el estado actual, dimensiones y funcionamiento de cada una de las unidades del sistema.

Los tanques existentes: el de recibo del agua cruda y luego el llamado sedimentador constituyen la llamada: “planta”, según el operador la cual en la práctica no cumple las funciones de tal, si la comparamos con un modelo convencional. Las unidades metálicas en número total de seis, se encuentran

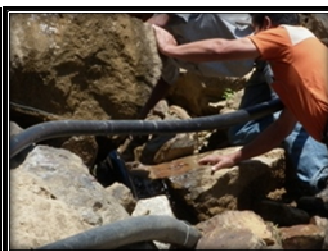
fuera de operación razón por la cual se puede asegurar que en el municipio de San José de Miranda, no existe actualmente una planta de potabilización operativa.

4.2.3 Componentes del Sistema de Acueducto existente en la municipalidad

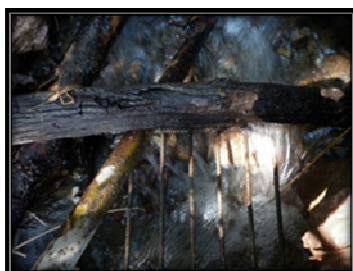
4.2.3.1 Captación



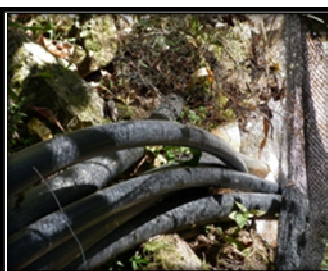
Fotografía 14



Fotografía 15



Fotografía 16



Fotografía 17

Fotografía 14 a 17. Captación del Agua Cruda

La primera etapa inicia con la captación del agua (Quebrada el Loquetal), por medio de una serie de mangueras de PVC de 6", que según información suministrada por el operador de la planta capta alrededor de 4L/s. Este proceso se lleva a cabo de manera rudimentaria, ya que las mangueras son aseguradas a través de rocas al tanque de captación, debido a que se aprovechan las condiciones del relieve y esta llega a dicho tanque por medio de la acción de la gravedad.

4.2.3.2 Aducción



Fotografía 18. Conducto de aducción

En la segunda etapa el agua que se almacena en el tanque de captación, pasa al desarenador a través de una tubería de PVC que tiene una longitud aproximada de 180 metros y un diámetro de 6", la cual está enterrada, este conducto de aducción transporta el agua desde la bocatoma en los nacimientos de la quebrada El Loquetal hasta el tratamiento preliminar (desarenador).

Pretratamiento:

4.2.3.3 Desarenador



Fotografía 19 y 20. Desarenador

El pretratamiento consta de un desarenador que tiene una zona de entrada donde se hace la descarga del agua mediante el conducto de aducción. La estructura es

de concreto, tiene un vertedero de excesos, pantalla deflectora con orificios que permiten la distribución uniforme del agua en la sección transversal del desarenador, sus dimensiones son:

- Profundidad: 2,5 m
- Longitud: 4.1 m
- Ancho: 2,3 m
- Volumen: 23,575 m³
- Caudal : 3 l/s
- Tiempo de retención hidráulico (TRH): 2 horas.

De acuerdo a cálculos realizados en base a los datos proporcionados, el caudal que llega realmente al desarenador es de 3,27L/s y no de 3 L/s (información suministrada por el operador), de igual forma se evidencia una disminución en cuanto al caudal captado, debido a que se presentan continuas fugas en las mangueras que conectan dichas unidades.

4.2.3.4Caja de Aquietamiento



Fotografía 21. Caja de aquietamiento

El sistema cuenta con una caja de aquietamiento que recibe el agua del desarenador y posteriormente la conduce al sedimentador.

4.2.3.5 Sedimentadores



Fotografía 22. Sedimentadores

El sistema cuenta con dos sedimentadores de flujo horizontal, son estructuras de concreto donde se realiza un proceso de sedimentación de tasa lenta.

- Longitud: 7,63 m
- Profundidad: 4 m
- Ancho: 3,16 m cada uno.
- Volumen: 97 m³
- Tiempo de retención hidráulico (TRH): 6 horas

4.2.3.6 Filtros



Fotografía 23. Sistema de filtración

La planta cuenta con 6 filtros a presión que realizan la remoción de sólidos y afinan la calidad del agua, para después ser llevada al tanque de almacenamiento. Los filtros son de doble capa arena y grava.

4.2.3.7 Caseta de desinfección



Fotografía 24. Caseta de desinfección

Cuenta con una caseta y sistema de desinfección, se aplica cloro líquido y la dosificación se efectúa durante el paso de agua al tanque de almacenamiento. La operación de desinfección no es continua por ese motivo no se garantiza las condiciones bacteriológicas del agua.

4.2.3.8 Tanque de Almacenamiento



Figura 20. Tanque de almacenamiento

Al finalizar el proceso el agua se almacena para su respectiva distribución en el casco urbano del municipio de San José de Miranda. Es una estructura en mampostería y columnas en concreto, está enterrado y realiza el suministro en forma continua. No existe ningún proceso.

4.3 Evaluación del Sistema de Acueducto existente, desde el punto de vista de las unidades o procesos unitarios básicos.

- En la práctica no existe una Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Municipio de San José de Miranda, el agua se lleva de un tanque a otro y no hay remoción de ninguna naturaleza. Anteriormente funcionaba una planta, la cual era de filtración lenta con dos componentes, el primero era un pretratamiento con grava, el cual constaba de una cámara de mezcla o floculación (llamado caja de aquietamiento de acuerdo a información suministrada por la Unidad de Servicios Públicos y el segundo componente con dos filtros lentos (llamados unidades de sedimentación lenta, según información suministrada por la Unidad de Servicios Públicos) por medio de dos unidades de sedimentación lenta.

- La segunda unidad es un modelo conocido como: floculador en medio granular más sedimentación en medio granular más filtración en medio granular (llamado sistema de filtros, según información suministrada por la Unidad de Servicios Públicos). Este sistema requería de bombas dosificadoras electromecánicas o electrónicas para la aplicación de los insumos; actualmente este sistema está fuera de servicio debido a la colmatación y falta de mantenimiento adecuado.

- En este orden de ideas y dado que el agua potable es una prioridad para la comunidad, se puede afirmar que estos elementos no constituyen una Planta de Tratamiento de Agua Potable.

5. RESULTADOS

Tabla 2: Resultados Análisis Microbiológico y Físicoquímico de Agua Potable

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO Y FÍSICOQUÍMICO				
AGUA POTABLE				
PARAMETRO	UNIDADES	AGUA POTABLE	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE	NORMA
<u>ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO</u>				
Coliformes totales	UFC/100mL	200	0	Res.2115/2007 art. 11
Escherichia coli	UFC/100mL	54	0	Res. 2115/2007 art. 11
Microorganismos mesófilos	UFC/100mL	350	100UFC/100mL	Res. 2115/2007 art. 11
<u>ANÁLISIS FÍSICO</u>				
pH	Unidades de pH	8,68	6,5 – 9,0	Res. 2115/2007 art. 4
Temperatura	°C	24	-----	-----
Turbiedad	NTU	1,97	< 2	Res. 2115/2007 art. 2
Color	UPC	12	< 15	Res. 2115/2007 art. 2
Conductividad	µS/cm	299	< 1000	Res. 2115/2007 art.3
<u>ANÁLISIS QUÍMICO</u>				
Hierro total	mg Fe/L	0,002	< 0,3	Res. 2115/2007
Nitritos	mg NO ²⁻ /L	0,131	< 0,1	Res. 2115/2007 art. 6
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	48	250	Res. 2115/2007 art. 7

Cloruros	mg Cl ⁻ /L	9,4	250	Res. 2115/2007 art. 7
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	137,4	300	Res. 2115/2007 art. 7
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	149,3	200	Res. 2115/2007 art. 7
Sólidos Totales	mg ST /L	188	< 500	Res. 2115/2007

Tabla 3: Resultados Prueba de Jarras (Análisis Microbiológico y Fisicoquímico) de Agua Cruda (Verano sin tratar)

ANALISIS FISICOQUIMICO				
AGUA CRUDA – VERANO (SIN TRATAR)				
PARAMETRO	UNIDADES	AGUA CRUDA	VALOR MAXIMO ACEPTABLE	NORMA
<u>ANALISIS FISICO</u>				
pH	Unidades de pH	8,75	6,5 – 9,0	Res. 2115/2007 art. 4
Temperatura	°C	24	-----	-----
Turbiedad	NTU	2,15	< 2	Res. 2115/2007 art. 2
Color	UPC	18	< 15	Res. 2115/2007 art. 2
Conductividad	µS/cm	309	< 1000	Res. 2115/2007 art.3
<u>ANALISIS QUIMICO</u>				
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	17,9	250	Res. 2115/2007 art. 7
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	9,4	250	Res. 2115/2007 art. 7
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	149,9	300	Res. 2115/2007 art. 7
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	156,9	200	Res. 2115/2007 art. 7

Tabla 4: Resultados Prueba de Jarras (Análisis Microbiológico y Físicoquímico) de Agua Cruda (Verano tratada)

ANALISIS FISICOQUIMICO				
AGUA CRUDA – VERANO (TRATADA)				
PARAMETRO	UNIDADES	AGUA CRUDA	VALOR MAXIMO ACEPTABLE	NORMA
<u>ANALISIS FISICO</u>				
pH	Unidades de pH	8,26	6,5 – 9,0	Res. 2115/2007 art. 4
Temperatura	°C	24	-----	-----
Turbiedad	NTU	2,05	< 2	Res. 2115/2007 art. 2
Color	UPC	8	< 15	Res. 2115/2007 art. 2
Conductividad	µS/cm	346	< 1000	Res. 2115/2007 art.3
<u>ANALISIS QUIMICO</u>				
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	21,3	250	Res. 2115/2007 art. 7
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	9,4	250	Res. 2115/2007 art. 7
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	153,1	300	Res. 2115/2007 art. 7
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	145,4	200	Res. 2115/2007 art. 7

Tabla 5: Resultados Prueba de Jarras (Análisis Microbiológico y Fisicoquímico) de Agua Cruda (Invierno sin tratar)

ANALISIS FISICOQUIMICO				
AGUA CRUDA – INVIERNO (SIN TRATAR)				
PARAMETRO	UNIDADES	AGUA CRUDA	VALOR MAXIMO ACEPTABLE	NORMA
<u>ANALISIS FISICO</u>				
pH	Unidades de pH	8,69	6,5 – 9,0	Res. 2115/2007 art. 4
Temperatura	°C	24	-----	-----
Turbiedad	NTU	1,52	< 2	Res. 2115/2007 art. 2
Color	UPC	13	< 15	Res. 2115/2007 art. 2
Conductividad	µS/cm	322	< 1000	Res. 2115/2007 art.3
<u>ANALISIS QUIMICO</u>				
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	20,4	250	Res. 2115/2007 art. 7
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	9,4	250	Res. 2115/2007 art. 7
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	165,5	300	Res. 2115/2007 art. 7
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	172,3	200	Res. 2115/2007 art. 7

Tabla 6: Resultados Prueba de Jarras (Análisis Microbiológico y Fisicoquímico) de Agua Cruda (Invierno tratada)

ANALISIS FISICOQUIMICO				
AGUA CRUDA – INVIERNO (TRATADA)				
PARAMETRO	UNIDADES	AGUA CRUDA	VALOR MAXIMO ACEPTABLE	NORMA
<u>ANALISIS FISICO</u>				
pH	Unidades de pH	8,19	6,5 – 9,0	Res. 2115/2007 art. 4
Temperatura	°C	24	-----	-----
Turbiedad	NTU	1,50	< 2	Res. 2115/2007 art. 2
Color	UPC	9	< 15	Res. 2115/2007 art. 2
Conductividad	µS/cm	405	< 1000	Res. 2115/2007 art.3
<u>ANALISIS QUIMICO</u>				
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	22,3	250	Res. 2115/2007 art. 7
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	11,3	250	Res. 2115/2007 art. 7
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	168,3	300	Res. 2115/2007 art. 7
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	153	200	Res. 2115/2007 art. 7

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

- De acuerdo con el análisis fisicoquímico realizado al agua que suministra el Sistema de Acueducto al municipio, se puede establecer que todos los parámetros cumplen con la Resolución 2115 de 2007, excepto los Nitritos, los cuales se relacionan con la presencia de microorganismos y materia orgánica.
- La Turbiedad que se obtuvo fue de 1,97 NTU, parámetro que cumple con la norma, lo cual permite deducir que no sería necesaria la adición de un agente coagulante; sin embargo, es de gran importancia tener en cuenta que el uso de coagulante favorece el proceso coagulación-floculación-sedimentación, ya que representa altas remociones de cargas bacterianas.
- De igual forma el parámetro de turbiedad influye en el proceso de cloración, debido los organismos entéricos tratan de encapsularse dentro de las partículas orgánicas y minerales, haciendo más lenta la acción del cloro, el cual tiene que difundirse en el interior de la masa de dichas partículas (floc formado) antes de poder llegar hasta ellos; razón por la que se debe aumentar el tiempo de contacto o la concentración de cloro para obtener resultados satisfactorios.
- El proceso de desinfección se lleva a cabo de manera eficiente teniendo pH en un rango de 6 a 7,5, de lo contrario con valores altos de pH se requiere de una dosificación de cuatro (4) a cinco (5) veces más de cloro y se incrementaría también el tiempo de contacto.
- La alcalinidad obtenida fue de 149,3 mg CaCO₃/L, parámetro que se encuentra dentro de la norma y que representa una ventaja en el proceso, ya que no se

requiere la adición de alcalinizante, además no afecta el sabor del agua apta para consumo humano.

- Según el análisis microbiológico referente a parámetros como el recuento estándar, coliformes totales y coliformes fecales, se evidencia que ninguno de ellos cumple con la norma establecida, lo cual hace que se considere como un agua de alto riesgo no apta para el consumo humano.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en la caracterización del agua suministrada por la planta y después de realizar la comparación con los estándares de calidad establecidos por la resolución 2115 de 2007, se observa que el agua no cumple con los requisitos sanitarios para considerarla agua potable y apta para consumo humano, debido a que las condiciones microbiológicas están con valores por encima de las norma.
- Las pruebas fueron contratadas con el Laboratorio Químico de Consultas Industriales de la Universidad Industrial de Santander, en donde se realizó una sola prueba para cada muestra, utilizando los métodos tradicionales, utilizando gradiente para mezcla rápida de 100 rpm durante 1 minuto y un gradiente para la mezcla lenta de 40 rpm durante 15 minutos y finalmente se dejó sedimentar por un periodo de 15 minutos.

7. ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EXISTENTE

Con base en los resultados de la prueba de tratabilidad (análisis fisicoquímicos y microbiológicos) y la evaluación realizada al Sistema de Tratamiento del Municipio se proponen dos opciones así:

7.1 RECUPERAR LAS DOS BATERÍAS, CADA UNA COMPUESTA DE TRES MÓDULOS METÁLICOS

Generar un manual de operación, instruir al personal, dotar el sistema de un laboratorio básico que les permita realizar la prueba de jarras, turbidímetro y pH-metro para cumplir con el Decreto 1575 de 2007 y la Resolución 2115 de 2007. Adicionalmente a la recuperación de dicha unidad, se debe instalar un sistema de medición.

El inconveniente que presenta el modelo de Planta de filtros consiste en que en época de lluvia, que es cuando el agua viene más turbia, es necesario lavar con más frecuencia las unidades para poderles purgar los sólidos retenidos y si de acuerdo al modelo esta operación se hace con agua cruda, con solo un aguacero el sistema sale de servicio

7.2 CONTRATAR EL DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO

La cual contemple todos los procesos unitarios básicos y que además funcione por gravedad para reducir costos operativos, preferiblemente debe tener sistemas

hidráulicos en todas sus unidades. Para dosificación se recomienda que tenga sistemas de bombas dosificadoras electrónicas las cuales aseguran dosis precisas.

8. MARCO NORMATIVO

Tabla 7: Normatividad Agua Potable

NORMA QUE APLICA	DESCRIPCION
REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO - RAS 2000. Título C.	Sistemas de Potabilización: Aspectos de calidad del agua y su tratabilidad.
Decreto 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
Resolución 2115 de 2007	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.
Decreto 1575 de 2007	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

9. ESTRATEGIA DE DIVULGACIÓN

Reunión de presentación del proyecto (sustentación).

Presentación del proyecto ante el ente municipal. En caso de aprobación de la propuesta, las actividades que se llevarían a cabo serían las siguientes:

- Socialización de la propuesta a la comunidad directamente involucrada.
- Campañas de sensibilización enfocadas al tema de ahorro y uso eficiente del recurso hídrico.

10.CONCLUSIONES

- En base a los parámetros establecidos por la Resolución 2115 de 2007, que contempla la calidad del agua para consumo humano, los nitritos superan el valor establecido por la norma, al igual que los parámetros microbiológicos, lo que permite establecer que el agua no es apta para consumo humano.
- De acuerdo a los dos sistemas existentes, el antiguo con filtros lentos (descrito como cámara de quietamiento y sedimentador) y el nuevo (6 unidades de floculación, sedimentación y filtración en medio granular - actualmente fuera de servicio-), no cumplen los requisitos para ser consideradas como sistemas de potabilización.
- Según la evaluación detallada de las unidades del sistema de acueducto existente y el respectivo análisis fisicoquímico y microbiológico, sería conveniente la realización de un nuevo diseño basado en las pruebas de tratabilidad, el cual garantice la calidad del agua.
- La desinfección es obligatoria para todo tipo de aguas y en este caso para mantener un residual de cloro, previendo contaminaciones en la red de distribución.

11.RECOMENDACIONES

- Se debe realizar un estudio de posibles fuentes hídricas cercanas al punto de captación, para garantizar el suministro de agua en forma continua para la población del casco urbano del municipio; ya que en época de verano el caudal disminuye y es necesario recurrir a algunos acueductos veredales para proveer el recurso hídrico a la comunidad.
- Se sugiere que la operación sea realizada teniendo en cuenta criterios en la preparación y dosificación de insumos químicos, por medio de la aplicación de procedimientos estandarizados que garanticen la eficiencia del proceso de tratamiento.
- Es conveniente que se requiera a la administración municipal que se implemente la instalación de micromedidores (en buen estado) que regulen el uso y ahorro eficiente del agua, conforme al Artículo 6 de la ley 373 de 1997.
- Es de gran importancia la elaboración de un manual de mantenimiento y operación, donde se consigne la información relacionada con las memorias, diseños, planos y procedimientos involucrados en el sistema de tratamiento de agua potable del municipio.
- Se sugiere la elaboración de un formato que permita el registro de la medición periódica de los parámetros, de tal forma que se establezca un control y seguimiento de calidad del agua tratada conforme a lo estipulado en la resolución 2115 de 2007.
- Se recomienda la elaboración de un cronograma en el que se contemple la capacitación continua al personal involucrado en el funcionamiento de la planta.

- Elaboración del Plan de Control de fugas, en el que se especifique claramente el objetivo, la meta, el indicador, el responsable, las actividades y el mecanismo de seguimiento.

BIBLIOGRAFIA

1. AGUA DEL GRIFO. [artículo en Internet].<http://water.epa.gov/drink/guide/upload>
2. ALCANZAMOS UN SIGLO DE INNOVACIÓN EN TECNOLOGÍAS PARA UN AGUA POTABLE LIMPIA. [Artículo en Internet].http://www.epa.gov/nrmrl/news/022011/news_022011-s.html
3. ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. Manual de Desinfección del Agua. Ibagué: ACODAL. p. 5-8.
4. ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. Teoría y Práctica de la purificación del agua. Santafé de Bogotá: ACODAL. p. 30-32, 199, 363, 364.
5. AVANCES TECNOLÓGICOS. [artículo en Internet].<http://www.epa.gov/owm/mab/mexican/mxspanrt.pdf>
6. COLOMBIA. MINISTERIO DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO, DESARROLLO ECONÓMICO, MINAS Y ENERGÍA, COMUNICACIONES, DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Ley 142 de 1994, julio 11, por la cual se establece el régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios. Bogotá D.C.: El Ministerio; 1994.
7. COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL Y DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115 de 2007, junio 22, por el cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Bogotá D.C.: El Ministerio; 2007.



8. COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO, DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RAS 2000, por el cual establecen los Sistemas de Potabilización. Bogotá D.C.: El Ministerio; 2000.
9. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE SANTANDER. CAS.
10. DESDE EL AGUA CRUDA HASTA LA POTABLE TRES PLANTEAMIENTOS PARA TODA INVESTIGACIÓN SOBRE EL AGUA POTABLE. [artículo en Internet]. <http://www.epa.gov/nrmrl/news/102011/news102011-s.html>.
11. DESDE EL LABORATORIO HASTA EL CONSUMIDOR NUESTRA INVESTIGACIÓN EN ACCIÓN. [artículo en Internet]. <http://www.epa.gov/nrmrl/news/072010/news072010-s.htm>.
12. ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL SAN JOSÉ DE MIRANDA – SANTANDER.
13. E. N. Daugherty, A. V. Ontiveros-Valencia, J. S. Rice, M. J. Wiest, R. U. Halden. Impact of Point-of-Use Water Softening on Sustainable Water Reclamation: Case Study of the Greater Phoenix Area. [Artículo en Internet].
14. ESTÁNDARES DEL REGLAMENTO NACIONAL PRIMARIO DE AGUA POTABLE. [artículo en Internet]. <http://water.epa.gov/drink/agua/estandares>

15. ESTÁNDARES DEL REGLAMENTO NACIONAL PRIMARIO DE AGUA. [artículo _____ en Internet].<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000UDMO.txt>
16. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS ICONTEC. Trabajos escritos: presentación y referencias bibliográficas. Sexta actualización. Bogotá: ICONTEC, 2008.
17. LEGISLACIÓN COLOMBIANA. Decreto 1594 de 1984, artículos 38,39, 40, 41,72.
18. _____ Decreto 475 de 1998, artículos 1, 7, 8, 9, 10.
19. _____ Decreto 1575 de 2007, Artículo 12 ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO – IRCA.
20. _____ Resolución 2115 de 2007, artículos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 13, 14, 15.
21. MARÍN GALVÍN, Rafael. Físicoquímica y Microbiología de los Medios Acuáticos: Tratamiento y Control de Calidad de Aguas. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.; 2003. p. 100, 101, 105-113, 168-175, 178-183, 188.
22. REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RAS 2000. Ministerio de Desarrollo Económico. Bogotá. Noviembre de 2000.
23. ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Acuiquímica. Santafé de Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería; 1996. p. 61-64, 69-71, 92,93, 145-151-161, 172

24. ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Calidad del Agua. 2a ed. Santafé de Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería; 2005. p. 209, 210, 233, 254, 257-262, 264-266, 271-278, 338-346,372-389.
25. SECRETARÍA DE PLANEACIÓN E INFRAESTRUCTURA DE SAN JOSÉ DE MIRANDA – SANTANDER.
26. UNIDAD DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS DE SAN JOSÉ DE MIRANDA - SANTANDER.
27. USANDO LA BASE DE DATOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE. [artículo en Internet].
<http://www.epa.gov/nrmrl/news/032009/news032009-s.html>

ANEXOS

ANEXO 1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL LABORATORIO

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 1 de 5	



Acreditación por el IDEAM según la Resolución No. 1659 de 2011, en los parámetros pH, DBO₅, DQO, SST, fenoles, SAAM, grasas y aceites en aguas, metales totales y disueltos en aguas, metales totales en suelos y toma de muestras puntuales y compuestas



Autorización del Ministerio de la Protección Social, mediante la resolución 5534 de 2010, para la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano



Informe de resultados No. 12-233	Fecha de emisión: Mayo 17 de 2012
Cliente: NORA ROCIO AMAYA	
Dirección del cliente: Carrera 31 No 155-02	
Solicitud de servicio No. 12-239	No. de muestras: 03
Fecha de recepción de las muestras: Mayo 09 de 2012	
Muestras recibidas por: Johanna Riveros	
Fecha de análisis: Mayo 09 de 2012 – Mayo 16 de 2012	

1. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 12-239-01	Tipo de muestra: Puntual
Identificación de la muestra: No 1 Tanque de Almacenamiento PTAP	
Matriz de la muestra: Agua Potable	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: San José de Miranda / Tanque de Almacenamiento PTAP	
Fecha del muestreo: Mayo 08 de 2012	

PARAMETRO	RESULTADO	Decreto 1575/2007; Resolución 2115/2007	MÉTODO/NORMA
pH (Unidades de pH)	8,68	6,5 – 9,0	Potenciométrico / SM 4500-H ⁺ B
Temperatura (°C)	24,0	-----	Termométrico / SM 2550 B
Turbiedad (NTU)	1,97	<2	Nefelométrico / SM 2130 B
Color (UPC)	12	<15	Espectrofotométrico / SM 2120 B
Conductividad (µS/cm)	299	<1000	Conductivimétrico / SM 2510
Hierro Total (mg Fe/L)	0,002	<0,3	Espectrofotométrico / SM 3500-Fe
Nitritos (mg NO ₂ /L)	0,131	<0,1	Espectrofotométrico / SM 4500-B
Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /L)	48,0	250	Espectrofotométrico / SM 4500 E
Cloruros (mg Cl/L)	9,4	250	Argentométrico / SM 4500-Cl ⁻ B
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	137,4	300	Titrimétrico-EDTA / SM 2340 C
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	149,3	200	Titrimétrico / SM 2320 B
Sólidos Totales (mg/L)	188	<500	Gravimétrico/ SM 2540 B



Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/inci/> E-mail: laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16	
		Página 2 de 5	

Informe de resultados No. 12-233 Solicitud de servicio No. 12- 239

2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

PARÁMETRO	RESULTADO	Decreto 1575/2007; Resolución 2115/2007	MÉTODO/ NORMA
Recuento Estándar(UFC/100 ml)	350	<100	Filtración por Membrana/ SM 9222B
Coliformes Totales(UFC/100 ml)	200	0	Filtración por Membrana/ SM 9222B
<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	54	0	Filtración por Membrana/ SM 9222B

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 3 de 5	

Informe de resultados No. 12-233 Solicitud de servicio No. 12-239

2. ANALISIS FISICOQUIMICO SIN TRATAR



Codificación de la Muestra: 12-239-02	Tipo de muestra: Puntual
Identificación de la muestra: No 2 Quebrada El Loquetal Verano	
Matriz de la muestra: Agua Cruda	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: San José de Miranda / Quebrada El Loquetal Verano	
Fecha del muestreo: Mayo 08 de 2012	

PARAMETRO	RESULTADO	Decreto 1575/2007; Resolución 2115/2007	MÉTODO/NORMA
pH (Unidades de pH)	8,75	6,5 – 9,0	Potenciométrico / SM 4500-H ⁺ B
Temperatura (°C)	24,0	-----	Termométrico / SM 2550 B
Turbiedad (NTU)	2,15	<2	Nefelométrico / SM 2130 B
Color (UPC)	18	<15	Espectrofotométrico / SM 2120 B
Conductividad (µS/cm)	309	<1000	Conductivimétrico / SM 2510
Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /L)	17,9	250	Espectrofotométrico / SM 4500 E
Cloruros (mg Cl ⁻ /L)	9,4	250	Argentométrico / SM 4500-Cl ⁻ B
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	149,9	300	Titrimétrico-EDTA / SM 2340 C
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	156,9	200	Titrimétrico / SM 2320 B

2.1 ANALISIS FISICOQUIMICO TRATADA

PARAMETRO	RESULTADO	Decreto 1575/2007; Resolución 2115/2007	MÉTODO/NORMA
pH (Unidades de pH)	8,26	6,5 – 9,0	Potenciométrico / SM 4500-H ⁺ B
Temperatura (°C)	24,0	-----	Termométrico / SM 2550 B
Turbiedad (NTU)	2,05	<2	Nefelométrico / SM 2130 B
Color (UPC)	8	<15	Espectrofotométrico / SM 2120 B
Conductividad (µS/cm)	346	<1000	Conductivimétrico / SM 2510
Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /L)	21,3	250	Espectrofotométrico / SM 4500 E
Cloruros (mg Cl ⁻ /L)	9,4	250	Argentométrico / SM 4500-Cl ⁻ B
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	153,1	300	Titrimétrico-EDTA / SM 2340 C
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	145,4	200	Titrimétrico / SM 2320 B

DOSIS : 10 ppm de Sulfato Tipo B Sedimentado

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 4 de 5	

Informe de resultados No. 12-233 Solicitud de servicio No. 12-239

3. ANALISIS FISICOQUIMICO SIN TRATAR

Codificación de la Muestra:	12-239-03	Tipo de muestra:	Puntual
Identificación de la muestra:	No 3 Quebrada El Loquetal Invierno		
Matriz de la muestra:	Agua Cruda		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	San José de Miranda / Quebrada El Loquetal Invierno		
Fecha del muestreo:	Mayo 08 de 2012		

PARAMETRO	RESULTADO	Decreto 1575/2007; Resolución 2115/2007	MÉTODO/NORMA
pH (Unidades de pH)	8,69	6,5 – 9,0	Potenciométrico / SM 4500-H ⁺ B
Temperatura (°C)	24,0	-----	Termométrico / SM 2550 B
Turbiedad (NTU)	1,52	<2	Nefelométrico / SM 2130 B
Color (UPC)	13	<15	Espectrofotométrico / SM 2120 B
Conductividad (µS/cm)	322	<1000	Conductivimétrico / SM 2510
Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /L)	20,4	250	Espectrofotométrico / SM 4500 E
Cloruros (mg Cl ⁻ /L)	9,4	250	Argentométrico / SM 4500-Cl ⁻ B
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	165,5	300	Titrimétrico-EDTA / SM 2340 C
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	172,3	200	Titrimétrico / SM 2320 B

3.1 ANALISIS FISICOQUIMICO TRATADA

PARAMETRO	RESULTADO	Decreto 1575/2007; Resolución 2115/2007	MÉTODO/NORMA
pH (Unidades de pH)	8,19	6,5 – 9,0	Potenciométrico / SM 4500-H ⁺ B
Temperatura (°C)	24,0	-----	Termométrico / SM 2550 B
Turbiedad (NTU)	1,50	<2	Nefelométrico / SM 2130 B
Color (UPC)	9	<15	Espectrofotométrico / SM 2120 B
Conductividad (µS/cm)	405	<1000	Conductivimétrico / SM 2510
Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /L)	22,3	250	Espectrofotométrico / SM 4500 E
Cloruros (mg Cl ⁻ /L)	11,3	250	Argentométrico / SM 4500-Cl ⁻ B
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	168,3	300	Titrimétrico-EDTA / SM 2340 C
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	153	200	Titrimétrico / SM 2320 B

DOSIS : 10 ppm de Sulfato Tipo B Sedimentado

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 5 de 5	

Informe de resultados No. 12-233 Solicitud de servicio No. 12-239

Observaciones: *Ninguna*

Nota 1: Estos resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas y reportadas por el laboratorio.

Nota 2: En caso de ser copia del resultado original se realizará la siguiente aclaración: Copia del resultado original.

Estimado cliente: Para nosotros es muy importante conocer sus inquietudes, sugerencias, felicitaciones, quejas y/o reclamos en los servicios prestados por el laboratorio, con el propósito de mejorar nuestros servicios. Le agradecemos que se comunique con el laboratorio, donde un miembro del personal amablemente recibirá su solicitud y pronto estaremos en comunicación con usted para aclarar y/o resolver su requerimiento.

Revisó y aprobó:

Luz Yolanda Vargas Fiallo
 Directora del Laboratorio
 Química. Msc Química UIS
 MP PQ 1144

Elaboró: *Johanna Riveros*