

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	<small>Documento</small>	<small>Código</small>	<small>Fecha</small>	<small>Revisión</small>
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
<small>Dependencia</small>	<small>Aprobado</small>		<small>Pág.</small>	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		i(105)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	MAYERLY PEDRAZA FELIZZOLA STEPHANY PALACIO VILLALBA
FACULTAD	CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA AMBIENTAL
DIRECTOR	LUIS AUGUSTO JÁCOME GÓMEZ
TÍTULO DE LA TESIS	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA SUMINISTRADA POR LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEJORA DE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DEL CARMEN NORTE DE SANTANDER

RESUMEN

(70 palabras aproximadamente)

EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO CARMELITANO SE EFECTUO UNA EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA Y FORMULACION DE ESTRATEGIAS DE MEJORA DE LA PRESTACION DEL SERVICIO, CON EL FIN DE IDENTIFICAR LAS FALENCIAS Y OPORTUNIDADES QUE LA P.T.A.P, PRESENTA.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 105	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM:1
---------------------	----------------	-----------------------	-----------------



VÍA ACOLSURE, SEDE EL ALGODONAL, OCAÑA N. DE S.
Línea Gratuita Nacional 018000 121022 / PBX: 097-5690088
www.ufpso.edu.co



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA SUMINISTRADA POR LA PLANTA DE
TRATAMIENTO Y FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEJORA DE LA
PRESTACIÓN DEL SERVICIO EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DEL
CARMEN NORTE DE SANTANDER

AUTORES:

STEPHANY PALACIO VILLALBA
MAYERLY PEDRAZA FELIZZOLA

Trabajo de grado para Optar el título de Ingeniero ambiental

Director

LUIS AUGUSTO JACOME GOMEZ

Especialista

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

INGENIERÍA AMBIENTAL

Ocaña, Colombia

Febrero, de 2017

Índice

Capítulo 1. Evaluación de la calidad de agua suministrada por la planta de tratamiento y formulación de alternativas de mejora de la prestación del servicio en el casco urbano del municipio del Carmen, Norte de Santander	12
1.1 Planteamiento del problema.....	12
1.2 Formulación del problema.....	13
1.3 Objetivos	13
1.3.1 Objetivo General.....	13
1.3.2 Objetivos específicos.....	14
1.4 Justificación	14
1.5 Delimitaciones	15
1.5.1 delimitación conceptual	15
1.5.2 delimitación operativa.....	16
1.5.3 delimitación temporal	16
1.5.4 delimitación geográfica.....	16
Capítulo 2. Marco referencial	17
2.1 Antecedentes	17
2.2 Marco histórico	20
2.3 Marco contextual.....	23
2.4 Marco conceptual.....	25
2.4.1 Planta de tratamiento.....	25
2.4.2 Calidad del agua.....	25
2.4.3 Planta de tratamiento.....	25
2.4.4 Los parámetros físico-químicos.....	25
2.4.5 Parámetros microbiológicos.....	26
2.4.6 Diagnóstico	26
2.4.7 Evaluación.....	26
2.4.8 Control y vigilancia.....	27
2.4.9 Salud pública.....	27
2.4.10 Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA).....	27
2.4.11 Índice de calidad del agua (ICA).....	28
2.4.12 Muestreo	28
2.4.13 Muestra	29
2.5 Marco teórico	30
2.5.1 Calidad del agua.....	30
2.5.2 Estándares de calidad de agua cruda para seleccionar un sistema de potabilización en Colombia.....	31
2.5.3 Índices de calidad del agua en Colombia.....	33
2.5.4 Agua tratada (agua potable).....	34
2.5.5 Parámetros de calidad del agua potable	37
2.6 Marco legal	42
2.6.1 Decreto 1594 de 1984.....	42

2.6.2 Marco constitucional.....	42
2.6.3 Ley 142 de 1994.....	43
2.6.4 Decreto 1575 de 2007.....	44
2.6.5 Resolución 2115 de 2007.....	45
2.6.6 Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico RAS-2000 título B “sistemas de acueducto”	45
2.6.7 Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico RAS-2000 título C “sistemas de potabilización”	45
2.6.8 Resolución 082 de 2009.....	46
2.6.9 Resolución 811.....	46
Capítulo 3. Diseño metodológico	47
3.1 Tipo de investigación.....	47
3.2 Población.....	47
3.3 Muestras.....	47
3.4 Técnica e instrumentos de recolección de la información	50
3.5 Análisis de información	52
3.5.1 Calculo de los índices de calidad de la fuente hídrica.	53
3.5.2 Calculo del IRCA e IRABApp.	56
Capítulo 4. Resultados	57
4.1 Resultados del primer objetivo	57
4.1.1 Diagnóstico	57
4.1.2 Componentes del sistema.....	58
4.1.3 Mediciones de caudal de la quebrada El Tigre	59
4.2 Resultados del segundo objetivo.....	64
4.2.1 Toma, conservación y transporte de muestras de agua.....	64
4.2.2 Análisis de los parámetros físico- químicos y microbiológicos de las muestras recolectadas durante la ejecución del mismo.....	65
4.2.3 Calculo de los índices de calidad del agua e índice de contaminación.....	66
4.3 Resultados del tercer objetivo.....	79
4.3.1 Factores que influyen en la calidad de la fuente hídrica Quebrada El Tigre	79
4.4 Resultados del cuarto objetivo	80
4.4.1 matriz DOFA	80
4.4.2 Compra de áreas estratégicas en el área de la Quebrada El Tigre	82
4.4.3 Laboratorio.....	83
4.4.4 dosificador gravimétrico	83
4.4.5 Tanques de filtración.....	83
4.4.6 Cloración.....	84
4.4.6 Tratamiento y manejo de lodos.....	84
4.4.7. Adecuación de las instalaciones de la PTAP	85
Capítulo 5. Conclusiones	86
Capítulo 6. Recomendaciones.....	88

Referencias.....	89
Apéndices.....	93
Apéndice A. Resultados de pruebas físico- químicos del municipio de El Carmen N de S.....	94
Apéndice B. Formato de encuesta	102
Apéndice C. Evidencias fotográficas.....	104

Lista de tablas

Tabla 1: requisitos de tratamiento según la USPHS de acuerdo a la calidad bacteriológica	31
Tabla 2: criterios de calidad para destinación del recurso para consumo humano	32
Tabla 3: características físicas	40
Tabla 4: características microbiológicas	40
Tabla 5: características químicas	41
Tabla 6: rotulo para las muestras de agua	49
Tabla 7: clasificación del agua según los valores que tome el ICA	53
Tabla 8: Clasificación del agua según los valores que tome el ICA	53
Tabla 9: escala de color según el valor del ICOMI	54
Tabla 10: escala de color según el valor del ICOMO	55
Tabla 11: escala de color según el valor del ICOSUS	56
Tabla 12: captación	59
Tabla 13: permiso de concesión de aguas	60
Tabla 14: dimensiones de los desarenadores	60
Tabla 15: aducción desarenador - PTAP	63
Tabla 16: red de distribución dividida en sectores	64
Tabla 17: resumen de metodología de la toma de caudales en la quebrada el Tigre	65
Tabla 18: resultados físicoquímicos y microbiológicos de la fuente hídrica	67
Tabla 19: resultados del cálculo del ICA	68
Tabla 20: resultados del cálculo del ICOMO	70
Tabla 21: resultados del cálculo del ICOI	72
Tabla 22: resultado del cálculo del ICOSUS	73
Tabla 23: resultados de las primeras pruebas físicoquímicas y microbiológicas del agua potable (2016)	75
Tabla 24: resultado de las pruebas físicoquímicas y microbiológicas del agua potable (2017) ...	77
Tabla 25: índice de tratamiento	77
Tabla 26: índice de continuidad	80
Tabla 27: matriz DOFA	63

Lista de figuras

Figura 1: Punto de muestreo.	48
Figura 2: Diseño metodológico.....	50
Figura 3: Diseño del sistema de potabilización.	51
Figura 4: Grafica del ICA Quebrada El Tigre.	67
Figura 5: Grafica del ICOMO Quebrada El Tigre	69
Figura 6: Grafica ICOMI Quebrada El Tigre	71
Figura 7: Grafica del ICOSUS Quebrada El Tigre	72

Introducción

El municipio de El Carmen, se encuentra ubicado al noreste del país, específicamente al norte del departamento Norte de Santander. Cuenta con una población aproximada de 3350 habitantes, según datos de la unidad de servicios públicos EMCAGUA APC. Su temperatura promedio es de 28°C.

La elaboración del presente proyecto obedece a la evaluación de la calidad de agua suministrada por la planta de tratamiento y formulación de alternativas de mejora de la prestación del servicio en el casco urbano del municipio de El Carmen.

Esta investigación se desarrolla con el objetivo de conocer la calidad de agua suministrada por la planta de tratamiento y su respectiva fuente hídrica, esto lleva a poder identificar el estado de la microcuenca y la infraestructura de la planta, con lo cual se puedan generar posibles estrategias de mejora de la prestación del servicio. Bajo este orden de ideas, se efectúa la toma de muestras a la fuente de abastecimiento de la planta, con el fin de identificar la calidad del agua captada. De igual manera, se toman cuatro (4) muestras puntuales al líquido tratado. La primera se realiza en el tanque de almacenamiento de la planta, con el objetivo de conocer las condiciones con las que el agua es distribuida en el casco urbano. Los otros dos puntos se toman dentro del casco urbano, esto con el fin, no solo de conocer la calidad del agua tratada sino también para lograr concebir una idea de cómo se encuentra la red de distribución y por último la tomada en la fuente hídrica Quebrada El Tigre para saber más a fondo sus condiciones para abastecimiento.

Posteriormente, luego de haberse tomado las muestras y obtenidos los resultados de laboratorio (según lo estipulado en la resolución 2115 del 2007), se llevan a cabo los cálculos de los índices de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCA), índice de riesgo por abastecimiento de agua de la persona prestadora (IRABApp), índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO), índice de contaminación por mineralización (ICOMI), índice de calidad del agua ICA e índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS). El IRCA nos muestra el estado de la calidad del agua que está suministrando la unidad de servicios públicos y según la clasificación en que se encuentre dependerá el nivel riesgo para la salud humana. Por otra parte, el cálculo del IRABApp, representa el estado y la forma como se efectúan los procesos de tratamiento y distribución y además la continuidad de la prestación del servicio; los demás índices mencionados anteriormente nos da clara visión de cómo se encuentra la calidad de la fuente abastecedora para la planta de tratamiento y su posterior consumo al casco urbano del el municipio de El Carmen, Norte de Santander.

Capítulo 1

Evaluación de la calidad de agua suministrada por la planta de tratamiento y formulación de alternativas de mejora de la prestación del servicio en el casco urbano del municipio del Carmen, Norte de Santander

1.1 Planteamiento del problema

Dada la importancia del recurso hídrico en el desarrollo de la vida y el abastecimiento en cuanto a las necesidades diarias de cada ser humano; es prioridad del municipio y de los ciudadanos velar por el bienestar de los demás, teniendo en cuenta que el Municipio como máxima autoridad debe brindar un recurso que cuente con las condiciones mínimas de calidad, sustento y conservación del preciado líquido (MADS, 2012).

El agua hace parte de todos los procesos naturales de la tierra, por lo que tiene un impacto en todos los aspectos de la vida. Debido a que cada organismo depende de este líquido apreciado, ésta se ha convertido en el eje primordial del desarrollo de la sociedad a través de los tiempos. Pero también el agua es un recurso limitado, muy vulnerable y escaso, y no existe una conciencia globalizada sobre el manejo adecuado que se debe ejercer sobre el mismo (Mejia, 2005).

En el Municipio El Carmen no se conoce la calidad del agua potable, dado que no han realizado estudios confiables de los parámetros físico-químicos y microbiológicos que permitan determinar si el agua cumple con las condiciones y requisitos establecidos por la normatividad vigente.

Así mismo es preocupante el proceso de potabilización del agua que viene desde varios años atrás y esto sumado a la falta de cultura ante el manejo de residuos sólidos, y en su defecto la no presencia de estudios a la calidad del agua que permitan determinar qué tan adecuada es para el suministro de los habitantes, se requiere de una revisión oportuna. El agua potable es una necesidad primordial para el municipio, que requiere de estudios pertinentes y a tiempo para determinar sus posibles falencias y tomar medidas correctivas para el óptimo servicio del agua potable.

1.2 Formulación del problema

¿Qué factores influyen en la calidad de la fuente hídrica y el agua potable suministrada por el acueducto del municipio del Carmen, Norte de Santander?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General.

Evaluar la calidad de agua suministrada por la planta de tratamiento y formular alternativas de mejora del sistema de potabilización en el casco urbano del municipio del Carmen, Norte de Santander.

1.3.2 Objetivos específicos.

Realizar el diagnóstico de las condiciones físico-operativas del sistema de tratamiento de agua potable, en el casco urbano del municipio del Carmen.

Analizar la calidad del agua de la fuente de abastecimiento y de consumo humano del municipio del Carmen mediante los parámetros establecidos en la resolución 2115 de 2007 y los ICA.

Identificar factores que pueden influir en la calidad de la fuente de abastecimiento del municipio del Carmen.

Diseñar alternativas de solución frente a los problemas de afectación de la calidad del servicio de agua potable de la unidad de servicios públicos del municipio del Carmen.

1.4 Justificación

El suministro de agua potable para el municipio de El Carmen, debe cumplir con los requisitos establecidos por la normatividad, para evitar posibles afectaciones a la salud pública, donde se establezcan sistemas de control de la calidad que mejore el bienestar social de la comunidad.

El agua es uno de los elementos esenciales para la vida y todos somos conscientes que es necesaria para todos los seres vivos, para la producción de alimentos, electricidad, mantenimiento de la salud. Por ende es requerida en cada uno de los procesos de elaboración de productos industriales, medios de transporte y es esencial para asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas de la tierra. (Paredes, 2016).

Teniendo en cuenta los procesos naturales sumados a las actividades antropogénicas y a la falta de un tratamiento adecuado a las aguas residuales que pueden llegar a limitar o alterar las propiedades físico-químicas y microbiológicas, se hace necesario realizar una toma de muestras que permitan determinar qué tan apta es el agua potable así como el mantenimiento de las actividades económicas. Se requiere de forma rápida la medición y el análisis del agua con la finalidad de evitar y proteger al consumidor ante los posibles agentes patógenos que puedan atender a la salubridad de la población y dada la falta de cultura y de educación ambiental, conlleva a la sobre explotación y degradación de los recursos naturales, sin ninguna medida de precaución afectando la sostenibilidad de estos.

1.5 Delimitaciones

1.5.1 delimitación conceptual. La temática del proyecto se enmarcará en los siguientes conceptos: Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano, contaminación, vertimientos, parámetros, análisis físico y químico del agua, análisis microbiológico del agua, agua potable, muestra, entre otros.

1.5.2 delimitación operativa. Entre las principales dificultades se encuentra la disponibilidad de reactivos para las pruebas a realizar y delimitaciones de transporte.

1.5.3 delimitación temporal. Se proyecta un lapso de tiempo de dos meses (2) para el desarrollo total de los objetivos planteados, debido a que se hace necesaria la toma de muestras de agua cruda y potable, los cuales son la base principal del proyecto. El menor tiempo empleado entre la toma y análisis de laboratorio es un factor indispensable para garantizar resultados confiables y seguros.

1.5.4 delimitación geográfica. El proyecto se realizara en el Municipio de El Carmen, Norte de Santander.

Capítulo 2. Marco referencial

2.1 Antecedentes

La (ONU, 2014), afirma que la calidad del agua se ha convertido en un motivo de preocupación a escala mundial con el crecimiento demográfico, debido a actividades como agrícolas, industriales y el cambio climático, han afectado la disponibilidad y la calidad del recurso agua, a nivel global el principal problema de este recurso está relacionado con la eutrofización, que es el resultado del aumento de los nutrientes (generalmente fosforo y nitrógeno) que afecta considerablemente los usos del agua.

En la actualidad las naciones unidas viene trabajando este tema considerando que el objetivo número 6 de los objetivos de desarrollo sostenible nos habla acerca de garantizar la disponibilidad del agua y sus gestión sostenible y el saneamiento para todos, es decir que se debe garantizar el agua libre de impurezas y accesible para todos con el fin de lograr una mejor calidad de vida de la población mundial.

De acuerdo a (Miralles-Wilhelm, 2014) en América Latina y el Caribe la mayoría de los países presentan un acceso restringido al recurso hídrico, relacionado con problemas de escasez que es originado por la mala gestión y/o distribución del recurso y los efectos del cambio climático que soportamos hoy día y también afirma que todos los países de la región sufre los bajos niveles de calidad del agua, que se origina en problemas como la contaminación causada principalmente por los sistemas de disposición de aguas residuales, contaminación de aguas superficiales y subterráneas, ocasionadas por prácticas agrícolas e industriales y la salinización

de los acuíferos cercanos a la costa. De acuerdo a esto y otros factores que afectan a la región latinoamericana, desde el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) se han venido desarrollando una serie de documentos que dan respuesta a una necesidad del BID de tener estrategias articuladas para incrementar las actividades de recursos hídricos en los países de la región de Latinoamérica y el Caribe.

En el caso particular del territorio colombiano según Campuzano, Roldan, Guhl y Sandoval (2012) la inapropiada planificación del uso y la ocupación de los suelos han llegado a contribuir al deterioro de las cuencas, y por ende a la cantidad y calidad de la oferta del recurso agua; por ello muchos de los municipios de baja densidad poblacional presentan vulnerabilidad en lo referente a la disponibilidad del agua, teniendo en claro que las fuentes de suministro actuales son quebradas, cuyas aguas se han convertido en estacionales por la degradación de las cuencas, lo dicho anteriormente da claros indicios de que los pequeños sistemas de acueductos se están viendo afectados en lo que concierne a su diseño, operación y mantenimiento por exceso o déficit de agua.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente han sido diversos los estudios que se han realizado entorno a evaluar la calidad del agua de pequeños municipios y formular alternativas que permitan la mejora de la prestación del servicio. (Rojas, 2012), evaluaron la calidad del agua en la planta de tratamiento del municipio del Hato, Santander, donde las muestras de agua fueron caracterizadas fisicoquímica y microbiológicamente por el IDEAM y de acuerdo a los resultados obtenidos, calcularon el IRCA y dependiendo a esto, dicha planta se clasificaba en un nivel de riesgo alto, evidenciando la necesidad de cambiar el proceso y por lo mismo la calidad del agua a

ser consumida, por tal motivo optaron en desarrollar un manual de operaciones para cumplir con las regulaciones ambientales vigentes, calcularon la cantidad de dosis optima de coagulante, el diseño del filtrador y los sistemas de coagulación y filtración.

(Ojeda Cuadros , 2012), Realizo una caracterización fisicoquímica y de parámetros de calidad del agua en la planta de tratamiento de agua potable de Barrancabermeja en el cual muestra los procedimientos para el análisis de muestras de agua potable basadas en estándares internacionales y realizando seguimientos a aquellos parámetros que se encuentran por fuera de los limites reportándolos previamente al personal operativo para luego iniciar con su respectiva acción correctiva.

Por consiguiente podemos evidenciar que también se han realizado trabajos encaminados a los sistemas de abastecimiento veredales como fue expuesto por (Gonzalez Barajas & Goyeneche Mejia , 2011), quienes realizaron una evaluación a la calidad del agua de cuatro acueductos veredales las cuales fueron Agua buena (municipio de Confines), San Isidro (municipio de Gambita), Poazoque (municipio de Oiba) y Josef Sector (municipio de Suaita) donde tomaron muestras de la bocatoma de cada uno de los acueducto y luego fueron llevados para sus correspondientes análisis en el laboratorio del IDEAM, a partir de esos resultados obtenidos se calculó el IRCA donde se evidencio que la calidad de dichos sistemas de abastecimientos se encontraban en un nivel de riesgo sanitariamente inviable.

Según lo reportado por servicios públicos y de salud en el municipio de El Carmen Norte de Santander, se han reportado 70 casos de enfermedades diarreicas en los meses entre febrero y

diciembre de 2015 y 2016 causados directamente por el consumo de agua potable, que se refleja en la baja calidad que esta presenta.

2.2 Marco histórico

“El recurso agua constituye un bien público, representa un elemento fundamental en la carta de los derechos humanos y es el área de actuación de las agendas gubernamentales a fin de cumplir con los objetivos del milenio” (Tuesca et al., p.5) de igual manera para la (OMS, 2006) “el agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un óptimo suministro del mismo (suficiente, inocuo y accesible) (p.11). Por consiguiente los recursos hídricos son de vital importancia para el desarrollo sostenible y social de las comunidades.

Sin embargo, de acuerdo a la ONU (2010) la calidad del recurso hídricos cada día son más amenazadas por la contaminación, esto se reflejado porque en los últimos 50 años los procesos de producción han generado gran cantidad de desechos que afectan directamente la calidad del recurso así como el aumento de la población mundial, y según datos de la misma organización 2.500 millones de personas en el mundo atienden su necesidades básicas sin un sistema adecuado sistema de saneamiento.

A través de la historia la calidad del agua potable ha sido un elemento importante en el bienestar humano, teniendo en cuenta que las enfermedades causadas por el agua potable contaminada han invadido poblaciones enteras, y de igual manera el agua de fuentes naturales contaminadas que son utilizadas para irrigaciones han tenido graves consecuencias (Cabildo et al., 2013, p.402).

Tal es el punto que según (Solsona, 2002); en un reporte de la organización mundial de la salud al final del siglo XX las enfermedades diarreicas provocadas por la mala calidad del agua se ubicaba en el puesto número siete como las principales causas de muertes en el mundo por tanto como ocurre en los países desarrollados, el tratamiento adecuado y la entrega en condiciones favorables de agua segura, representan uno de los caminos más idóneos para reducir en gran medida las tasas expuestas por la OMS.

Las primeras publicaciones sobre estándares de calidad del agua fueron hechas por la OMS la cual se publicó en el año 1958 bajo el título de Normas Internacionales Para el Agua Potable y posteriormente se realizaron publicaciones con una periodicidad de 10 a 12 años, para el año 1984 las guías de la OMS para la calidad del agua potable reemplazaron las normas internacionales de la OMS para el agua potable, el cambio de normas a guías se hizo para reflejar con mayor exactitud el carácter de recomendaciones de la OMS a fin que no se interpretara como normas legales y entre el año 1993 a 1996 se publicó una segunda edición de las guías de la OMS (Solsona, 2002); estas guías (primera y segunda edición) fueron utilizadas por países de todo el mundo, en desarrollo y desarrollados, como base para la elaboración de reglamentos y normas orientadas a garantizar la inocuidad del agua potable, con el fin de garantizar una actualización y mejor información se elaboró por parte de la OMS una tercera edición de la guía en el año 2006 llamada “guías para la calidad del agua potable” (Organización Mundial de la Salud, 2008).

América latina y el caribe son regiones relativamente ricas en recursos hídricos, pero enfrentan serios problemas de contaminación localizada y desigual distribución espacial y

temporal del agua; con solo un 8% de la población mundial, contamos con el 31% de las reservas de agua dulce mundiales, peor que se ha visto alterada por factores como el cambio climático, lo cual genera problemas de suministros de estas; siendo el problema de la urbanización en la región uno de los principales factores que generan presión sobre el recurso (Tuesca et al., 2015).

Para el caso de Colombia ha sido muy afortunado, pues hasta hoy es uno de los países ricos lo cual es un privilegio en el ámbito internacional, sin embargo, en el país la mayoría de la población se ubica en las vertientes de los ríos Magdalena y Cauca y por tanto están recibiendo directa e indirectamente todas las aguas residuales, prácticamente sin tratar, de 15 millones de personas y sumado a ello gran parte de las aguas residuales de la industria (Sierra Ramirez , 2011).

Colombia depende en gran medida de las aguas superficiales para abastecer a la población que en la actualidad están amenazadas pues de acuerdo a (Beleño, 2011); en un estudio realizado por la comisión económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la asociación mundial del agua existen diferentes factores de contaminación como el sector agropecuario, industrial y doméstico los principales responsables generando alrededor de 9 mil toneladas de materia orgánica contaminante, y que de acuerdo al ENA (2010) la mayor parte del sistema hídrico andino colombiano se ha alterado debido al transporte de sedimentos y sustancias tóxicas afectando gravemente a los ríos Magdalena, Medellín, Bogotá y Cauca.

En Colombia en la actual legislación en materia de agua potable se planteó por primera vez la creación de mapas de riesgo para la potabilización, suministro y distribución del agua para

consumo humano; este nuevo instrumento permitirá contar con una herramienta de análisis para la adopción de medidas de preparación y mitigación por el conocimiento de los riesgos y amenazas a los cuales se encuentra expuesta la población (Tuesca et al., 2015).

El departamento del Norte de Santander, que cuenta con 40 municipios en su jurisdicción, de acuerdo al ministerio de salud y protección social (MINSALUD) en su “informe nacional de la calidad del agua para consumo humano año 2013 con base en el IRCA” se evidencio que de acuerdo a los datos reportados por cada municipio en el SIVICAP se obtuvo que el 47,8% de la población consumió agua con un nivel de sin riesgo el 18,1% agua con riesgo bajo, el 19,7% agua con riesgo medio, el 14,0% agua con riesgo alto y el 0,4% de la población no reporto información (MINSALUD, 2014), evidenciando así que no siquiera la mitad de población del departamento consume agua en un nivel sin riesgo.

2.3 Marco contextual

El Carmen es un municipio de Colombia, situado en el noreste del país, en el departamento de Norte de Santander. Se sitúa en las estribaciones de la Cordillera Oriental a 313 km al norte de la capital del departamento, Cúcuta, y uno de los 14 municipios que conforman la Provincia de Ocaña. Las coordenadas geográficas de la cabecera Municipal son: a los 8°30’46’N de latitud Norte y 73°27’03’O longitud Oeste.

El municipio limita por el norte con la República de Venezuela, al Sur con los departamentos del Cesar y con el Municipio de Ocaña, al Oriente con el Municipio de Convención y al Occidente con el Departamento del Cesar. El Carmen hace parte de los Municipios que cubre la Transversal Panamericana, la cual va desde Tibú (allí se une a la red

vial del Lago de Maracaibo) a Palo de Letras (frontera con Panamá), y pasa por algunos puntos como El Tarra, La Mata, La Gloria, Caucasia y El Tigre (S, 2016).

Este cuenta con un sistema de fuente hídrica ubicada en la parte alta del sistema montañoso, las cuales han sido intervenidas por los habitantes del lugar. Cuenta con reservas forestales protegidas tanto para microcuencas como para protección del bosque nativo de las áreas anteriormente mencionadas. Dentro de las principales microcuencas se encuentra la quebrada El Tigre que surte la planta de tratamiento de agua potable EMCAGUA APC, que es de tipo convencional con una capacidad de tratamiento de 10.0 l/s y su operación es intermitente: 8 horas al día, 7 días a la semana y su estado es regular en cada uno de sus componentes y dispone de los siguientes procesos: La captación se obtiene por gravedad, Aducción captación- Desarenador de tipo convencional, Aducción de Desarenador – P.T.A.P, la línea de interconexión desde los desarenadores hasta la planta funcionan por gravedad y la línea de conducción tiene válvulas de control de tipo compuerta a la salida del desarenador y estas presentan fugas por falta de mantenimiento de los sellos y por la topografía de la zona los recorridos de las aducciones no hace necesaria la instalación de ventosas ni purgas, Dosificación se hace mediante un dosificador gravimétrico aplicando el Sulfato de Aluminio, mezcla rápida, la floculación se lleva a cabo en un módulo de tipo mecánico vertical, Sedimentador es de tipo convencional, dos filtrados uno de tipo de filtración rápido y otra filtración lenta, desinfección y almacenamiento. Cuenta con 670 usuarios facturados (APC, 2006).

2.4 Marco conceptual

2.4.1 Planta de tratamiento. El decreto 1575 de 2007 define planta de tratamiento o potabilización como “el conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable”.

2.4.2 Calidad del agua. De acuerdo a (Sierra Ramirez , 2011); “la complejidad de los factores que determinan la calidad del agua y la gran cantidad de variables utilizadas para describir el estado de los cuerpos de agua en términos cuantitativos es difícil dar una definición simple de calidad del agua” esta depende el uso final que se le quiera dar al recurso, pues las condiciones de calidad del agua, por ejemplo, para consumo humano son muy diferentes a las requeridas para uso industrial. En términos de potabilización el decreto 1575 de 2007 la define la calidad del agua como “el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia”.

2.4.3 Planta de tratamiento. El decreto 1575 de 2007 define planta de tratamiento o potabilización como “el conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable”.

2.4.4 Los parámetros físico-químicos. Están definidos por la presencia de sustancias químicas disueltas e insolubles en el agua, la cual define su composición química y física; algunos de estos procesos fisicoquímicos que ocurren en el agua pueden ser evaluados si se recurre a los principios de equilibrio químico, incluida la ley de acción de masas, o al

conocimiento de los mecanismos de reacción y de las proporciones para los procesos irreversibles (Barrenechea, 2004, p. 4).

2.4.5 Parámetros microbiológicos. Estos parámetros son los más importantes para determinar la potabilidad del agua, por ejemplo: coliformes fecales, huevos de helmintos, *Vibrio cholera*, vibrios, etc., las normas se basan esencialmente en la necesidad de asegurar la ausencia de bacterias indicadoras de contaminación por desechos humanos, es decir, ausencia de coliformes fecales (Jimenez, 2001).

De igual forma (Sierra Ramirez , 2011) afirma que las fuentes de agua pueden contener gran cantidad de microorganismos y que pueden ser patógenas o no; en este sentido es necesario conocer qué tipo de microorganismos presenta el cuerpo de agua y así determinar el método de desinfección más eficiente.

2.4.6 Diagnóstico. Es un estudio previo a toda planificación o proyecto y que consiste en la recopilación de información, su ordenamiento, su interpretación y la obtención de conclusiones e hipótesis; consiste en analizar un sistema y comprender su funcionamiento, de tal manera de poder proponer cambios en el mismo y cuyos resultados sean previsibles (Rodríguez , 2007).

2.4.7 Evaluación. “la palabra evaluación designa el conjunto de actividades que sirven para dar un juicio, hacer una valoración, medir “algo” (objeto, situación, proceso) de acuerdo con determinados criterios de valor con que se emite dicho juicio” (Cano Ramirez, 2005)

2.4.8 Control y vigilancia. La (OPS, 2002) define la vigilancia como el conjunto de acciones adoptadas por la autoridad competente para evaluar el riesgo que representa a la salud pública la calidad del agua suministrada por los sistemas públicos y privados de abastecimiento de agua, así como para valorar el grado de cumplimiento de la legislación vinculada con la calidad del agua (p. 9).

En síntesis la vigilancia se encarga de verificar la calidad física, química y microbiológica del agua con las enfermedades de origen hídrico a fin de determinar el impacto en la salud y por otra parte realizar un examen permanente y sistemático de la información sobre la calidad del agua para confirmar que la fuente, el tratamiento y la distribución respondan a los reglamentos establecido (OPS, 2002).

2.4.9 Salud pública. (Anonimo, 2010); Lo define como “la ciencia y arte de organizar y dirigir los esfuerzos colectivos destinados a promover y restaurar la salud de los habitantes de una comunidad” (p. 40). Figueroa (sf) establece que el concepto de salud pública ha cambiado a lo largo de la historia de la humanidad de acuerdo con la comprensión de la realidad y de los instrumentos de intervención disponibles, este abarca un gran conjunto de actividades entre las cuales se encuentran la protección de la salud, la promoción de la salud, prevención de la enfermedad y restauración de la salud.

2.4.10 Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA). El ministerio nacional de salud define el IRCA como,

El grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano. Este indicador es el resultado de asignar el puntaje de riesgo contemplado en el cuadro número 6 de la resolución 2115 de 2007 a las características contempladas allí por no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en dicha resolución (Ministerio de Salud y Protección Social, 2014).

De acuerdo a la resolución 2115 de 2007 cuando se obtiene un IRCA entre el rango de 0 a 5 % el agua distribuida es apta para consumo humano y se califica en nivel sin riesgo, cuando esta entre 5,1 y 14% ya no es apta para consumo humano, pero se califica con nivel de riesgo bajo, entre 14,1 y 35% se califica con nivel de riesgo medio y no es apta para consumo humano cuando esta entre 35,1 y 80% es un nivel de riesgo alto y del 80,1 y 100 % es un agua inviable sanitariamente y obviamente no es apta para consumo humano.

2.4.11 Índice de calidad del agua (ICA). De acuerdo a al (IDEAM, Estudio Nacional del Agua, 2010); el índice de calidad del agua es un indicador que me determina las condiciones fisicoquímicas generales de la calidad de un cuerpo de agua y en alguna medida permite reconocer problemas de contaminación en un punto determinado, para un intervalo de tiempo específico.

2.4.12 Muestreo. El (INS I. , 2011) define el muestreo como “proceso de toma de muestras que son analizadas en los laboratorios para obtener la información sobre la calidad del agua del sitio concertado en que fueron tomados” (p. 9). Para realizar un muestreo hay que tener

en cuenta como serán tomadas las muestras, revisar el presupuesto con el que se cuenta, el personal que realizara el muestreo el transporte, los costos de operación y los insumos requeridos (IDEAM, Estudio Nacional del Agua, 2010). Los muestreos pueden ser manuales o automáticos:

2.4.12.1 Muestreo manual. Este muestreo se realiza cuando existen fáciles condiciones de acceso al sitio de la toma de muestra o cuando por medio de ciertas adaptaciones se puede facilitar la toma de las muestras, este muestreo tiene la ventaja que le permite al encargado observar los cambios en las características del agua en cuanto a sustancias flotantes, color, olor o aumento o disminución del caudal (IDEAM, Estudio Nacional del Agua, 2010).

2.4.12.2 Muestreo automático. Este se recomienda cuando existen condiciones de difícil acceso a la toma de la muestra o cuando se justifica o se cuenta con los recursos necesarios para llevar a cabo este tipo de muestreo, tiene como ventaja una mayor precisión de los datos y como desventaja la calibración y complejidad de su montaje (IDEAM).

2.4.13 Muestra. Existen tres tipos de muestras, la cuales dependen de los recursos disponibles, tipo de fuente, facilidad de acceso, entre otras, estas son:

2.4.13.1 Muestra simple o puntual. Son aquellas “que se toman en un momento determinado y resultan apropiadas para garantizar la calidad del agua en un momento dado, generalmente se usan para el análisis de la calidad del agua” (INS I. , 2011).

2.4.13.2 Muestras compuestas. “es la mezcla de varias muestras puntuales de una misma fuente, tomada a intervalos programados y por periodos determinados, las cuales pueden tener volúmenes iguales a ser proporcionales al caudal durante el periodo de muestras” (IDEAM).

2.4.13.3 Muestras integradas. Es aquella que se forma por la mezcla de muestras puntuales tomadas de diferentes puntos simultáneamente, o lo más cerca posible, por ejemplo, un río que varía o corriente que varía en composición de acuerdo con el ancho y la profundidad (IDEAM).

2.5 Marco teórico

2.5.1 Calidad del agua. De acuerdo a Romero (1999) la purificación del agua es uno de los principales desafíos que afrontan los profesionales de la ingeniería civil y ambiental, teniendo en cuenta que el primordial objetivo es proveer a la comunidad de agua potable para satisfacer su bienestar y comodidad. La definición de “calidad del agua” tiene un empleo muy generalizado según Pérez (1981) este varía teniendo en cuenta el uso que cada persona requiere entre los que se encuentran uso domiciliario, comercial, industrial, recreativa, etc. por tanto este término debe considerarse desde el punto de vista al cual el agua es destinada. Para fines de esta investigación tomaremos la definición del decreto 1575 de 2007 el cual establece que: la calidad del agua es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia.

Romero (1999) afirma que la calidad del agua de las fuentes varía ampliamente de un lugar a otro, y por consiguiente el tratamiento requerido para su potabilización también varía, por

tanto para el diseño de una planta de tratamiento eficiente y económica se debe basar en un buen estudio de la calidad de la fuente y selección de los procesos y operaciones de tratamiento más adecuados y al menor costo posible; en base a esto y teniendo en cuenta que no existe una fórmula que permita seleccionar cual es el método de tratamiento más eficiente de acuerdo a las características de la fuente de agua, se han desarrollado algunos criterios generales de tratamiento de agua cruda que sirve como referente, un ejemplo de este es los requisitos de tratamiento de los servicios de salud pública de los Estados Unidos (USPHS por sus siglas en ingles) en relación con la calidad bacteriológica del agua cruda expuestos en la tabla 1.

Tabla 1

Requisitos de tratamiento según la USPHS de acuerdo a la calidad bacteriológica

Grupo	Tipo de tratamiento	Contenido de bacterias coliformes
I	Ninguno	Limitado a aguas subterráneas no sujetas a ningún tipo de contaminación
II	Cloración	Promedio en cualquier mes 50/100mL
III	Completo con filtración rápida en arena y pos cloración	Promedio en cualquier mes 5000/100 mL sin exceder este valor en más del 20% de las muestras examinadas en cualquier mes
IV	Tratamiento adicional pre sedimentación y pre cloración	Promedio en cualquier mes 5000/100 mL pero excediendo este valor en más del 20% de las muestras analizadas en cualquier mes, y sin exceder de 20.000/100 mL en más del 5% de las muestras examinadas en cualquier mes

Fuente: Romero (1999)

2.5.2 Estándares de calidad de agua cruda para seleccionar un sistema de potabilización en Colombia. Para el caso particular de Colombia el decreto 1594 de 1984 en su capítulo IV, artículo 38, establece unos criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y uso doméstico e indican que para su potabilización se requiere

solamente tratamiento convencional siempre y cuando este bajo los rangos allí establecidos y el artículo 39 del mismo decreto establece otra serie de criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico cuando la potabilización solo requiere de desinfección, estos se resumen en la tabla 2.

Tabla 2

Criterios de calidad para destinación del recurso para consumo humano

Parámetro	Requiere tratamiento convencional (mg/L)	Requiere solo desinfección (mg/L)
Amoniaco	1,0	1,0
Arsénico	0,05	0,05
Bario	1,0	1,0
Cadmio	0,01	0,01
Cianuro	0,2	0,2
Cinc	15,0	15,0
Cloruros	250,0	250,0
Cobre	1,0	1,0
Color	75 unidades platino-cobalto	20 unidades platino-cobalto
Fenoles	0,002	0,002
Cromo hexavalente	0,05	0,05
Difenil policlorados	No detectable	No detectable
Mercurio	0,002	0,002
Nitratos	10,0	10,0
Nitritos	1,0	1,0
pH	5,0-9,0 unidades	6,5-8,5 unidades
Plata	0,05	0,05
Plomo	0,05	0,05
Selenio	0,01	0,01
Sulfatos	400,0	400,0
Tensoactivos	0,5	0,5
Turbiedad	---	10
Coliformes totales NMP/100mL	20000	1000
Coliformes fecales NMP/100mL	2000	---

Fuente: decreto 1594 de 1984

2.5.3 Índices de calidad del agua en Colombia. El índice de calidad del agua es el valor numérico que califica en una de cinco categorías la calidad del agua de una corriente superficial, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco o seis variables, registradas en una estación de monitoreo j en el tiempo t (Castro et al., 2014, p.121).

Entre estos índices de calidad encontramos los establecidos por el (IDEAM) como el índice de calidad del agua (ICA) definido como la ponderación de seis variables (oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, sólidos totales en suspensión, pH y la relación NT/PT) el cual tiene un rango entre 0 y 1 que señala el grado de calidad de un cuerpo de agua en términos de bienestar humano independientemente de su uso.

De igual manera de acuerdo a Ramírez, Restrepo y Viña (1997) existen otros tipos de índices que ayudan a determinar el grado de contaminación que una fuente hídrica tiene, los cuales permiten calificar las diferentes cualidades de los cuerpos de agua y por tanto permiten tener un panorama mucho más amplio en cuanto a la calidad de una fuente hídrica; entre estos se encuentran el índice de contaminación por mineralización (ICOMI), índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO), índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) y el índice de contaminación trófico (ICOTRO). Estos índices hacen referencia a la calidad de las fuentes de agua, ya que en la legislación colombiana (para calidad de agua para consumo humano) se establecen otros índices que detallaremos a continuación.

La resolución 2115 de 2007 establece un índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA) en el cual se asignan unos puntajes de riesgo a ciertos parámetros

físico-químicos y microbiológicos con el fin de determinar el valor de riesgo al cual están expuestos la población en cuanto al consumo de agua, y por otra parte la misma resolución establece un índice de riesgo municipal por abastecimiento de agua para consumo humano (IRABAm) relacionados con las condiciones de tratamiento, distribución y continuidad del servicio.

2.5.4 Agua tratada (agua potable). Como plantea (Sierra Ramirez , 2011); para el caso de los sistemas de abasteciendo de agua municipal se debe tener claro la diferencia entre la calidad de la fuente de abastecimiento (calidad del agua cruda) y la calidad para el suministro humano (calidad del agua tratada). Para el primero nos basamos en los índices de calidad anteriormente expuestos denominados índices de calidad en Colombia y para el segundo es necesario regirse por los parámetros establecidos en la legislación colombiana específicamente la resolución 2115 de 2007.

El sistema de tratamiento más común es el convencional que de acuerdo (Rojas, 2012)este se compone básicamente de seis etapas donde el agua cruda sufre cambios físicos, químicos y biológicos” (p.18) las cuales son:

2.5.4.1 Captación. El RAS (2000) define la captación como el “conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de una fuente de abastecimiento” (p.22). De acuerdo a (Benavides et al., 2006) la captación deben estar diseñadas para que el flujo requerido pueda ser usado, teniendo en cuenta que en las captaciones de agua superficial el caudal de las mismas se

encuentra sometido a fluctuaciones naturales, es decir, hay variación en la cantidad de agua que pasa por el cauce en determinadas épocas del año, principalmente en épocas de estiaje.

2.5.4.2 Coagulación. “es el proceso más importante en el tratamiento del agua, mediante el cual, al agregar productos químicos, (coagulantes) se logra desestabilizar las cargas eléctricas de las partículas coloidales que causan el color y la turbiedad” (Mendoza, 2006, p. 40). Este procesos se lleva a cabo teniendo en cuenta que según Kemmer y McKallion (1989) el agua cruda contiene material suspendido, solidos los suficientemente grandes para sedimentarse en reposo y partículas que no se asientan con facilidad, como el caso de los coloides, por lo general cada partícula de estas se encuentra estabilizada con cargas eléctricas negativas en su superficie, haciendo que se repelan mutuamente con sus partículas vecinas impidiendo que se formen masas mayores (flóculos) para su posterior sedimentación; por tanto la coagulación se encarga de desestabilizar estos solidos neutralizando las fuerzas que los mantienen separados.

2.5.4.3 Floculación. “el termino floculación se refiere a la aglomeración de partículas coaguladas en partículas floculentas” (Romero, 1999, p.79). Este es el proceso siguiente a la coagulación que permite la aglomeración de partículas de menor tamaño a otras de mayor, con el fin de lograr una sedimentación en el menor tiempo posible; de igual manera se debe tener en cuenta un mezclado lento que permita que las partículas se unan poco a poco, pues un mezclado demasiado intenso rompe los puentes formados por las partículas (Gómez, 2005).

2.5.4.4 Sedimentación. “se designa por sedimentación la operación por la cual se remueven las partículas sólidas de una suspensión mediante la fuerza de gravedad; en algunos

casos se denominan clarificación o espesamiento” (Romero, 1999, p.119). De acuerdo a la OPS (2004) para que se dé la sedimentación por gravedad las partículas deberán tener un peso específico mayor al del fluido removiendo las partículas de mayor densidad; este proceso es netamente físico y constituye un proceso en el tratamiento de agua para conseguir su clarificación.

2.5.4.5 Filtración. Es la operación final de la clarificación del proceso de potabilización, este consiste en remover las partículas sólidas suspendidas y coloidales presentes en el agua que pasan a través de un medio poroso (OPS, 2014). Aunque la mayoría de los sólidos son removidos en el proceso de coagulación y de sedimentación cierta cantidad de sólidos pasan del tanque de sedimentación por tanto requieren ser removidos para evitar problemas en la desinfección, generalmente el arena de filtración remueve lo conocido como turbiedad, compuestos de floculo, suelo, metales oxidados y microorganismos; los materiales de mayor uso para este proceso son la arena o arena y antracita los cuales adsorben las partículas sólidas (Romero, 1999).

2.5.4.6 Desinfección. Es el “método que permite la destrucción de los agentes capaces de producir infección, mediante la aplicación directa de medios físicos o químicos. La desinfección no implica la destrucción total de la flora acuática y por eso se distingue de la esterilización” (Pérez, 1981, p. 167). El método más usado para este proceso es la cloración teniendo en cuenta que según Pérez y Espigares (1995) esta sustancia química reúne la mayoría de las propiedades del “desinfectante ideal”; siendo su principal objetivo la destrucción de los microorganismo, gracias a la acción germicida del mismo.

2.5.5 Parámetros de calidad del agua potable. En los criterios de potabilización del agua se deben tener en cuenta parámetros físico, químicos y microbiológicos para saber qué tan pura o contaminada se encuentra el agua, teniendo en cuenta que existe una gran cantidad de parámetros y métodos sobre los cuales se puede realizar análisis, se han estandarizado a nivel mundial criterios y métodos para realizar análisis de agua en los laboratorios, estos se recopilan en la metodología Standard Methods for Water and Wastewater Examination conocida comúnmente como “métodos estándar” (Sierra Ramirez , 2011). Los parámetros que se tienen en cuenta son:

2.5.5.1 Parámetros físicos. “los parámetros físicos son aquellos parámetros del agua que responden a los sentidos del tacto, olor y sabor” (Campos, 2003, p. 49) y como afirma Sierra (2011) estos parámetros son aquellos que tiene incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua. Como los son:

- **Turbiedad:** es la resistencia que presenta un cuerpo de agua al paso de la luz, que generalmente se asocian a partículas que van desde el tamaño coloidal hasta partículas de arena gruesa, las cuales dependen del grado de turbulencia del agua y su origen puede ser mineral (limos, arcillas, etc.) u orgánicos (residuos vegetales, microorganismos, etc.) (Pérez, 1982). Su importancia para la potabilización del agua radica en que por razones estéticas puede causar rechazo por parte de los consumidores y de igual forma puede incidir de manera directa en el proceso de tratamiento del agua como la filtración y desinfección pues hace más difícil el proceso de filtración y que se requieran mayores dosis de cloro para la desinfección (Sierra Ramirez , 2011).

- **Color:** la organización mundial de la salud OMS 2004) plantea que el agua para consumo humano no debe tener ningún color apreciable, teniendo en cuenta que generalmente esto se debe a la presencia de materia orgánica (ácidos húmicos y fulvicos) asociados al humus del suelo y por otra parte un nivel de color alto puede indicar una gran propensión a la generación de subproductos en los procesos de desinfección.
- **Olor y sabor:** se toman estos dos términos en conjunto por estar íntimamente ligados, generalmente se deben a la presencia de del plancton, compuestos orgánicos generados por la actividad de las bacterias y algas, desechos de industria y descomposición de materia orgánica; la importancia de controlar este aspecto se encuentra en que esto puede causar rechazo en la población pues en el desarrollo de la vida humana tiene más importancia por la tensión psicológica que genera que el daño que puede producir al organismo (Sierra Ramirez , 2011).
- **Solidos:** “este término se refiere a las partículas orgánicas e inorgánicas así como líquidos inmiscibles (líquidos que no pueden mezclarse con otra sustancia) que se encuentran en el agua” (Campos, 2003, p.49) de igual forma pueden generar los siguientes problemas (Campos, 2003): Son desagradables a la vista, (poco estéticos), proveen superficies de adsorción para agentes químicos y biológicos, pueden degradarse, lo que causaría productos secundarios perjudiciales y aquellos elementos biológicamente activos pueden ser agentes tóxicos o causantes de enfermedades.

2.5.5.2 Parámetros químicos. “por razones didácticas los parámetros químicos del agua se dividen en dos clases: i. indicadores (pH, acidez, alcalinidad) y ii. Sustancias químicas” (Sierra Ramirez , 2011).

• **Indicadores:** “se definen como indicadores, los parámetros cuyas concentraciones en el agua se deben a la presencia o interacción de varias sustancias” (Sierra Ramirez , 2011). Entre las cuales se encuentran: pH, alcalinidad, conductividad y dureza.

• **Sustancias químicas:** el agua es considerada el solvente universal y por tanto tiene una gran cantidad de elementos y sustancias que pueden estar presentes en ella de acuerdo a las condiciones de su entorno (suelos, vertimientos, etc.), por tanto se enumeraran solo aquellas sustancias que de acuerdo al autor considera tiene mayor incidencia sobre la calidad del agua (Sierra Ramirez , 2011). Estas sustancias son: hierro y manganeso, nitrógeno, demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO).

2.5.5.3 Parámetros microbiológicos. Las aguas crudas contienen gran cantidad de microorganismos que pueden ser tanto patógenos como no patógenos, entendiendo que los primeros son aquellos que pueden causar enfermedades en los seres vivos mientras que los no patógenos se entiende lo contrario; dentro de los microorganismos más importantes que se encuentran en el agua y que pueden causar enfermedades se encuentran las bacterias, virus, algas, hongos y algunos protozoos (Sierra Ramirez , 2011). Estos microorganismos como lo afirma la OMS (2004) pueden ser el foco de grandes epidemias de enfermedades, como el cólera,

la disentería y la criptosporidiosis por lo cual se hace necesario realizar una remoción total o parcial principalmente de los microorganismos patógenos.

Teniendo en cuenta todo los parámetros físicos, químicos y microbiológicos anteriormente expuestos y el daño que pueden causar a la salud humana sino se realiza un tratamiento previo al consumo, se expidió la resolución 2115 de 2007 donde se establecen unos estándares máximos permisibles de algunas sustancias, que se exponen a continuación.

En la tabla 3 encontramos las características físicas así como los valores máximos aceptables con sus correspondientes unidades de medida de acuerdo a la resolución 2115 de 2007.

Tabla 3

Características físicas

Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades platino cobalto (UPC)	15
Olor y sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Fuente: resolución 2115 de 2007.

En la tabla número 4 están representadas las características microbiológicas, en las diferentes técnicas utilizadas para determinarlos así como los límites permisibles.

Tabla 4

Características microbiológicas

Técnicas utilizadas	Coliformes totales	Escherichia coli
Filtración por membrana	0 UFC/100cm ³	0 UFC/100cm ³
Enzima sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm ³	< de 1 microorganismo en 100 cm ³
Sustrato definido	0 microorganismos en 100cm ³	0 microorganismos en 100cm ³
Presencia-ausencia	Ausencia en 100 cm ³	Ausencia en 100 cm ³

Fuente: resolución 2115 de 2007.

Por último la tabla número 5 se encuentran las características químicas con su respectivo valor máximo aceptable, en estas se analizan una gran cantidad de variables las cuales dependen del mapa de riesgo y de las condiciones de la fuente de abastecimiento.

Tabla 5

Características químicas

Características químicas	Expresado como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y disociable	CN ⁻	0,05
Cobre	Cu	1,0
Cromo total	Cr	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02
Plomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01
Trihalometanos totales	THMs	0,2
Hidrocarburos aromáticos poli cíclicos	HAP	0,01
Carbón orgánico total	COT	5,0
Nitritos	NO ₂	0,1
Nitratos	NO ₃	10
Fluoruros	F ⁻	1,0
Calcio	Ca	60
Alcalinidad total	CaCO ₃	200
Cloruros	Cl ⁻	250
Aluminio	Al ³⁺	0,2
Dureza total	CaCO ₃	300
Hierro total	Fe	0,3
Magnesio	Mg	36
Manganeso	Mn	0,1
Molibdeno	Mo	0,07
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	250
Zinc	Zn	3
Fosfatos	PO ₄ ³⁻	0,5

Fuente: autor adaptado de la resolución 2115 de 2007.

2.6 Marco legal

2.6.1 Decreto 1594 de 1984.

Esta norma declara las condiciones y los compuestos permitidos de los vertimientos líquidos y en sus artículos 38 y 39 expresa lo relacionado con los tratamientos de potabilización del agua para consumo humano, de acuerdo a las características físico-químicas y microbiológicas.

2.6.2 Marco constitucional.

Artículo 1: Colombia es un Estado social de derecho, organizado en forma de república unitaria descentralizada, con una autonomía de sus entidades territoriales, democrática, participativa y pluralista fundada en el reposo de la dignidad humana, en el trabajo y la solidaridad de las personas que la integran y en la prevalencia del interés general.

Artículo 2: son fines esenciales del Estado: servir a la comunidad, promover la prosperidad general, y garantizar la efectividad de los principios derechos y deberes consagrados en la constitución; facilitar la participación de todos en las decisiones que afecten y en la vida económica, política, administrativa y cultural de la nación; defender la independencia nacional, mantener la integridad territorial y asegurar la convivencia pacífica y la vigencia de un orden justo.

Las autoridades de la República están instituidas para proteger a todas las personas residentes en Colombia, en su vida, honra, bienes, creencias y demás derechos y libertades, y para asegurar el cumplimiento de los deberes sociales del Estado y de los particulares.

Artículo 49: la atención en salud y el saneamiento ambiental son servicios públicos a cargo del Estado. Se garantizará a todas las personas el acceso a los servicios de promoción y recuperación en salud.

2.6.3 Ley 142 de 1994.

Artículo 2: El Estado intervendrá en los servicios públicos, conforme a las reglas de competencia de que trata esta Ley, en el marco de lo dispuesto en los artículos 334, 336, y 365 a 370 de la Constitución Política, para los siguientes fines:

Garantizar la calidad del bien objeto del servicio público y su disposición final para asegurar el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios.

- Ampliación permanente de la cobertura mediante sistemas que compensen la insuficiencia de la capacidad de pago de los usuarios.
- Atención prioritaria de las necesidades básicas insatisfechas en materia de agua potable y saneamiento básico.
- Prestación continua e ininterrumpida, sin excepción alguna, salvo cuando existan razones de fuerza mayor o caso fortuito o de orden técnico o económico que así lo exijan.
- Prestación eficiente.

- Libertad de competencia y no utilización abusiva de la posición dominante.
- Obtención de economías de escala comprobables.
- Mecanismos que garanticen a los usuarios el acceso a los servicios y su participación en la gestión y fiscalización de su prestación.
- Establecer un régimen tarifario proporcional para los sectores de bajos ingresos de acuerdo con los preceptos de equidad y solidaridad.

Artículo 5: Es competencia de los municipios en relación con los servicios públicos, que ejercerán en los términos de la ley, y de los reglamentos que con sujeción a ella expidan los concejos:

- Asegurar que se presten a sus habitantes, de manera eficiente, los servicios domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, y telefonía pública básica conmutada, por empresas de servicios públicos de carácter oficial, privado o mixto, o directamente por la administración central del respectivo municipio en los casos previstos en el artículo siguiente.

2.6.4 Decreto 1575 de 2007.

Por el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano.

2.6.5 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.

2.6.6 Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico RAS-2000 título B “sistemas de acueducto”.

El cual tiene como propósito fijar los criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la puesta en marcha, la operación, y mantenimientos de los sistemas de acueducto que se desarrollen en la república de Colombia con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia, sostenibilidad, y redundancia dentro de un nivel de complejidad determinado.

2.6.7 Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico RAS-2000 título C “sistemas de potabilización”.

Este título está dirigido al desarrollo de estudios y diseños de todos los componentes de un sistema de potabilización de agua, en sus etapas de conceptualización, diseño, puesta en marcha, operación y mantenimiento que se desarrolle en la república de Colombia, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia, sostenibilidad, y redundancia dentro de un nivel de complejidad determinado.

2.6.8 Resolución 082 de 2009.

Por medio de la cual se adoptan unos formularios para la práctica de visitas de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano.

2.6.9 Resolución 811.

Por medio de la cual se definen los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las persona 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.

Capítulo 3. Diseño metodológico

3.1 Tipo de investigación

El proyecto se desarrollará con un tipo de investigación descriptivo, debido a que se persigue la descripción de las variables técnicas y operativas de un sistema de tratamiento de agua potable, así como la caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua tanto de la fuente hídrica que surte la planta de tratamiento como la dotada por el sistema de acueducto municipal. Por otra parte, se llevara a cabo una investigación aplicada, ya que busca obtener resultados concretos con los que se generaran alternativas de mejora en el sistema de tratamiento de agua potable de la población Carmelitana. Posee un enfoque de tipo cuantitativo teniendo en cuenta que se pretende analizar un conjunto de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que pueden representarse en valores numéricos. Por último tendrá un diseño de investigación de campo transversal ya que se recolectarán los datos en un punto en el tiempo.

3.2 Población

Se contara con una población de 670 usuarios, correspondientes al número de suscriptores dotados por el sistema de acueducto municipal, cuenta aproximadamente con 3350 habitantes en el casco urbano.

3.3 Muestras

Para la evaluación de la calidad del agua se tomaran cuatro puntos de muestreo los cuales se realizaran de la siguiente manera, el primer punto será tomado en la bocatoma del sistema de

acueducto con el propósito de analizar la calidad de la fuente hídrica; los otros puntos de muestreo que ya han sido acordados por la persona prestadora del servicio, fueron de la siguiente manera: uno a la salida de la plana de tratamiento, otro ubicado en el barrio El Centro y el ultimo en el barrio El Puente, esto con el fin de analizar la calidad del agua de consumo humano de dicha población, como lo muestra la figura; cabe aclarar que la técnica de muestreo será de forma manual, con muestras de tipo simple o puntual.

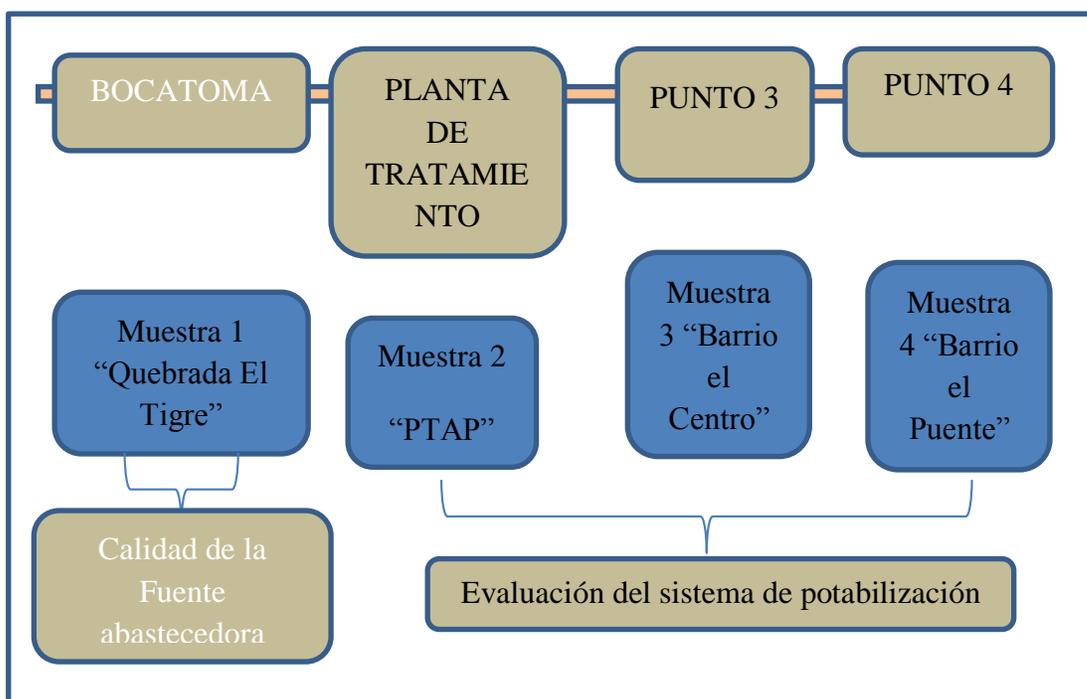


Figura 1: Punto de muestreo. Fuente: Autores

Teniendo en cuenta que se analizaran varias muestras, se recomienda el uso de rótulos que permitan brindar de la mejor manera la información, tanto al investigador como al encargado del laboratorio a cerca de las muestras de agua; sobre las cuales se realizara la caracterización. Para ello se tendrá en cuenta las etiquetas para muestras de agua expuestas en la tabla 6.

Tabla 6*Rotulo para las muestras de agua*

ETIQUETAS PARA MUESTRA DE AGUA

Nombre empresa servicio público:**Municipio:****Localidad:****Fecha:****Hora:****Tipo de muestra:****Punto de toma:****Tipo de agua:****Realizado por:****Firma:**

Fuente: autores proyecto, adaptado del INS (2014)

3.5 Técnica e instrumentos de recolección de la información

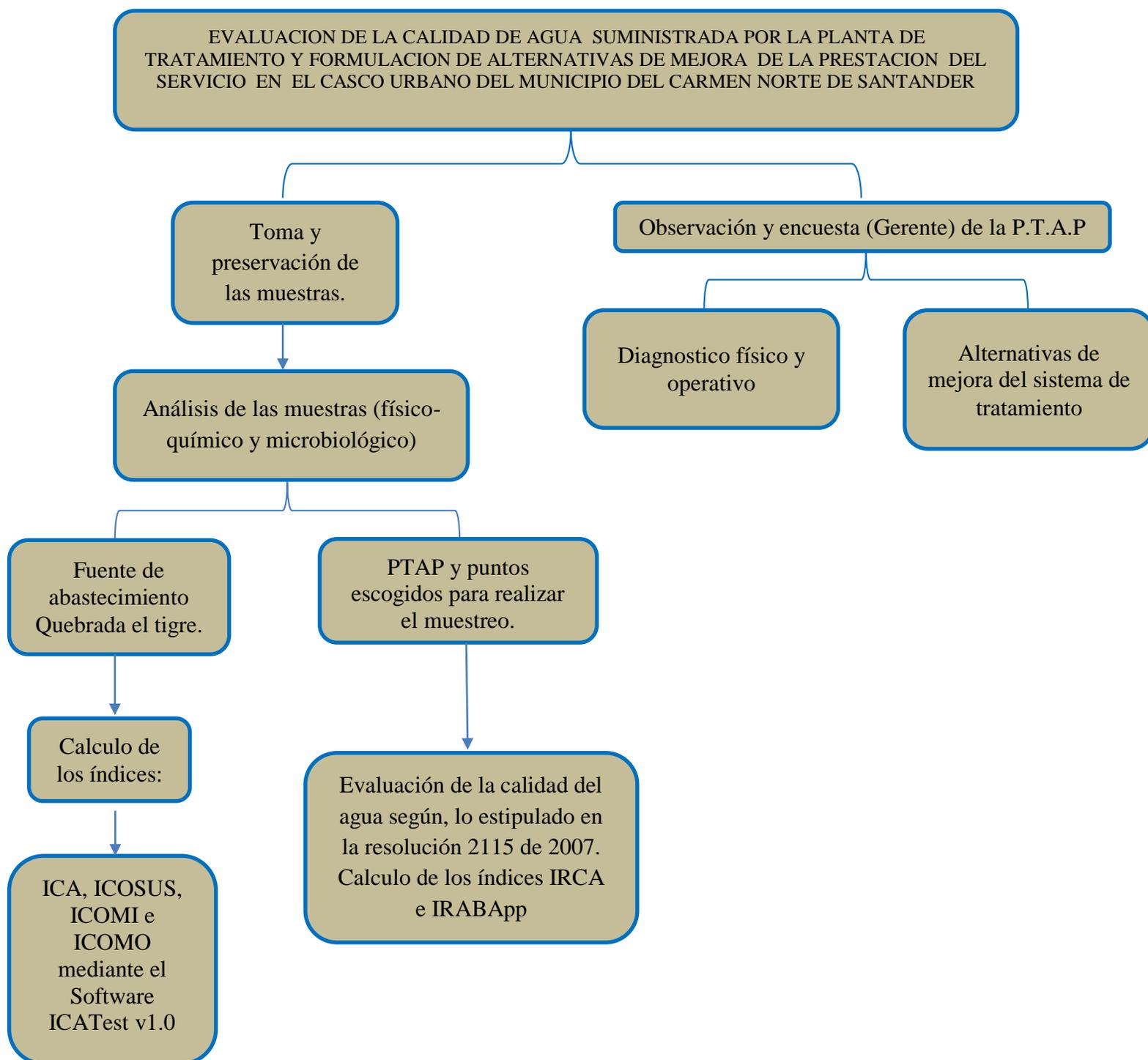


Figura 2: Diseño metodológico. Fuente: Autores proyecto

Lo anterior se efectuara en tres fases, las cuales serán descritas a continuación de manera detallada:

Fases 1. Esta comprende la toma, preservación y transporte de las muestras de agua para su respectivo análisis fisicoquímico y microbiológico, se tendrá en cuenta su correspondiente cuidado para el transporte hacia el laboratorio de aguas de ServiAnalitica Profesionales SAS NIT.900 476 024 -4.

Para determinar la calidad de la fuente hídrica abastecedora y el agua de consumo humano se tendrán en cuenta los siguientes parámetros y el Software ICATest v 1.0, para El ICA: oxígeno disuelto, solidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno, conductividad y pH.

ICOMO la demanda bioquímica de oxígeno, coliformes totales.

ICOSUS los sólidos suspendidos.

El ICOMI la conductividad, dureza y alcalinidad estos en cuanto a calidad de la fuente hídrica.

Para el agua de consumo humano se calculara el IRCA en el cual contempla los siguientes parámetros turbiedad, color aparente y cloro residual libre o residual del desinfectante utilizado, coliformes totales y Escherichia coli; para la realización de las pruebas se tendrá en cuenta los expuesto en el *Standard Methods for Water and Wastewater Examination*.

Fase 2: Para la elaboración del diagnóstico físico y operativo de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de El Carmen a cargo de la unidad de servicios públicos domiciliarios se utilizara la técnica de encuesta con el instrumento de cuestionario donde se pretende tener conocimiento de los siguientes factores: usuarios, componentes (descripción), tiempo de operación, mantenimiento, continuidad, cobertura (población servida, población municipal), operación, frecuencia monitoreo, macromedidores y estado de la microcuenca aguas arriba de la bocatoma.

Fase 3. Para la realización de esta fase se requiere conocer previamente los resultados de la calidad fisicoquímica y microbiológica tanto de la fuente hídrica como del sistema de potabilización y el diagnóstico físico y operativo de la planta de tratamiento para la generación de una matriz DOFA que nos permita identificar las alternativas de mejora del sistema de tratamiento.

3.6 Análisis de información

Para los cálculos y análisis de la información se tendrá en cuenta la resolución 2115 de 2007 y el Software ICATest v 1.0, los criterios emitidos por el IDEAM para el cálculo de los índices de calidad del agua de las fuentes hídricas y el reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico (RAS 2000); este se realizara de la siguiente manera:

3.6.1 Cálculo de los índices de calidad de la fuente hídrica.

- **Índice de calidad del agua (ICA)**

$$ICA = \sum_{i=1}^n W_i * I_i$$

Dónde:

I= cada uno de los cinco parámetros que requiere el cálculo del ICA

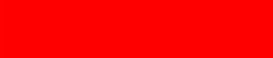
I= subíndices correspondientes a cada variable

W= peso asignado a cada variable.

El valor obtenido del índice de calidad del agua, ICA, se clasificara de acuerdo a la tabla 6.

Tabla 7

Clasificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA.

Escala de color contacto primario		
Excelente	75,1 - 100	
Buena	50,1 - 75	
Mala	25,1 - 50	
Regular	0 - 25	

Fuente: ICATest v 1.0 (2016).

Tabla 8

Clasificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA

Escala de color contacto Secundario		
Excelente	4,1 - 100	
Mala	0 - 4	

Fuente: ICATest v 1.0 (2016).

- **Índice de contaminación por mineralización (ICOMI).** Integra la conductividad, dureza y alcalinidad.

$$ICOMI = \frac{1}{3}(I_{conductividad} + I_{dureza} + I_{alcalinidad})$$

Tabla 9

Escala de color según el valor del ICOMI.

Escala de color		
Ninguno	0 - 0,2	
Bajo	0,2 - 0,4	
Medio	0,4 - 0,6	
Alto	0,6 - 0,8	
Muy Alto	0,8 - 1	

Fuente. ICATest v 1.0 (2016).

3.5.1.3 Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO)

Se obtienen a través de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno (%).

Se define entre un rango de 0 a 1 donde el aumento desde el valor más bajo se relaciona con el aumento de contaminación en el cuerpo de agua.

$$ICOMO = \frac{1}{3}(I_{DBO} + I_{coliformes} + I_{oxígeno\%})$$

Tabla 10*Escala de color según el valor del ICOMO.*

Escala de color		
Ninguno	0 - 0,2	
Bajo	0,2 - 0,4	
Medio	0,4 - 0,6	
Alto	0,6 - 0,8	
Muy Alto	0,8 - 1	

Fuente. ICATest v 1.0 (2016).

- **Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS)**

Este índice (ICOSUS) trabaja con la concentración de sólidos suspendidos que se definen como partículas sólidas orgánicas e inorgánicas que se mantienen en suspensión en una solución.

$$ICOSUS = -0,02 + 0,0003 \text{ sólidos suspendidos (mg/L)}$$

Sólidos suspendidos mayores a 340 mg/L tienen un ICOSUS igual a 1.

Sólido suspendido menor a 10 mg/L tiene un ICOSUS igual a 0.

Tabla 11*Escala de color según el valor del ICOSUS.*

Escala de color		
Ninguno	0 - 0,2	
Bajo	0,2 - 0,4	
Medio	0,4 - 0,6	
Alto	0,6 - 0,8	
Muy Alto	0,8 - 1	

Fuente. ICATest v 1.0 (2016).

3.6.2 Calculo del IRCA e IRABApp.

- *Calculo del IRCA.*

El cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano se realizara utilizando la siguiente formula:

$$IRCA (\%) = \frac{\sum \text{puntuajes de riesgo asignados a las caraterísticas no aceptadas}}{\sum \text{puntuajes de riesgo asignadas a todas las características analizadas}}$$

- **Calculo del IRABApp.**

Para el cálculo del índice de riesgo por abastecimiento de agua de la persona prestadora (IRABApp), se procederá mediante la siguiente fórmula.

$$IRABApp = 100 - (IT - IC)$$

Dónde:

IRABApp: Índice de riesgo por abastecimiento de agua de la persona prestadora

IT: Índice de tratamiento

IC: Índice de continuidad

Capítulo 4. Resultados

4.1 Resultados del primer objetivo

4.1.1 Diagnóstico. Para el cumplimiento de esta fase se realizaron visitas periódicas al municipio, con el fin de identificar las falencias y oportunidades de la planta de tratamiento de agua potable y realizar así su respectiva caracterización para luego formular las alternativas de mejora de la misma.

La unidad de servicios públicos no siempre contó con una planta de tratamiento. Hace 33 años el servicio era prestado sin ningún tipo de tratamiento, es decir el agua cruda era conducida a través de una red de distribución conformada por hierro, asbesto, PVC y eternit. Esta situación generaba grandes problemas de salud pública ya que eran frecuentes los casos de diarrea y demás enfermedades asociadas al agua. Por esta razón se vio la necesidad de construir una PTAP que contara con todos los elementos necesarios para transformar agua cruda en un líquido apto para el consumo humano.

La planta de tratamiento de agua potable está situada en el sector del El Líbano al sur del casco urbano, en las coordenadas 8° 30' 26'' de latitud norte y 73° 26' 53'' de longitud oeste. La planta es tipo compacta y en ella se trata el agua proveniente de la captación de la quebrada El Tigre.

Hidráulicamente la P.T.A.P opera con una capacidad de 10 L/S y su operación es intermitente: 8 horas al día, siete días a la semana, su estado en general de conservación y operación

presenta inconvenientes en cada uno de sus procesos, presentando así problemas para su funcionamiento óptimo.

La P.T.A.P está a cargo de un operario, quien no se encuentra certificado para manejar todos los procesos, incluyendo el mantenimiento de los componentes del sistema y las diferentes fallas que se presenten durante la operación de la misma, como en la red de distribución.

Todas las instalaciones de la planta están encerradas en malla eslabonada con murete inferior en ladrillo prensado a la vista.

4.1.2 Componentes del sistema. El servicio lo opera y administra la Empresa de Servicios Públicos de El Carmen y Guamalito – EMCAGUA creada por Acuerdo 0011 del 014 de marzo de 2005 para el proceso de transformación empresarial establecido en la Ley 142 de 1994, el cual se efectuó con el apoyo y acompañamiento del MAVDT.

La planta está operando desde hace 10 años (22 de mayo de 2006), desde su construcción.

4.1.2.1 Fuente de abastecimiento. La planta de tratamiento del municipio El Carmen n Norte de Santander se abastece de la quebrada el tigre para brindar el servicio a 670 usuarios diariamente. Esta fuente hídrica se encuentra ubicada al suroeste del casco urbano, cuenta con las condiciones microbiológicas y fisicoquímicas aptas para su posterior tratamiento y suministro a la población. Posee un caudal de 29,7 l/s bajo condiciones históricas normales para época invierno y de 26,7 l/s en época de verano, según datos suministrados por la unidad de servicios públicos EMCAGUA APC.

4.1.2.2 Bocatoma. Está ubicada a 9 km del casco urbano, con las siguientes coordenadas: latitud: 8° 30' 55'', longitud 73° 26' 28'' y una altitud de 792 msnm. Presenta las siguientes características.

Tabla 12

Captación

Captación	Estructura	Tipo	Caudal		Continuidad	Estado
			Diseño	Real		
El Tigre	Concreto	Rejilla Fondo	10.0 l/s	5.0 l/s	Intermitente	Bueno
	Reforzado					

Nota: la tabla presenta la estructura de la captación de la quebrada el tigre. Fuente: EMCAGUA APC.

La unidad de servicios públicos cuenta con una concesión de aguas, expedida por la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR así:

Tabla 13

Permiso de concesión de agua.

Fuente	Resolución	Fecha Concesión	Vigencia Concesión	Caudal Concesión
El Tigre	0068	26 -Sep-2007	5 años	25 l/s

Nota: la tabla presenta las características del permiso de concesión de agua. Fuente: EMCAGUA APC.

4.1.2.3 Desarenadores. El agua Captada se conduce hasta los desarenadores por tubería de PVC, con un diámetro de 8'', una longitud de 24 metros y su estado actualmente se califica como bueno, la remoción de partículas mayores se hace inmediatamente después de la captación y antes de la aducción de la planta de tratamiento mediante desarenadores de tipo convencional así:

Tabla 14*Dimensiones de los desarenadores.*

Captación	Tipo	Material	Dimensiones				Estado
			Largo	Ancho	Prof.	Volumen	
		Concreto					
El Tigre	Convencional.	reforzado	3.00 m	1.50 m	1.50 m	6.75 m ³	Bueno

Nota: la tabla muestra las dimensiones, el tipo y material de los desarenadores. Fuente: EMCAGUA APC.

Los desarenadores tienen un caudal de diseño de 8 L/S pero operan con 4 L/S.

4.1.2.4 Aducción desarenador – P.T.A.P. Existe una línea de aducción desarenador -

P.T.A.P, esta línea de interconexión funciona por gravedad y presenta las siguientes características:

Tabla 15*Aducción desarenador – P.T.A.P*

Desde Desarenador	Material	Diámetro	Longitud	Tiempo de uso	Estado
El Tigre	PVC - UM	8 “	795.50 m	30 años	Bueno
	PVC - UM	4 “	400.00 m	30 años	Bueno

Nota: la tabla presenta las características de la aducción desarenador - PTAP. Fuente: EMCAGUA APC.

Además de esto el caudal de diseño de estas aducciones es de 10 L/S, pero operan con el 50% de su capacidad aproximadamente, a pesar que cada línea de conducción tiene una válvula de control de tipo compuerta a la salida del desarenador, estas presentan fugas por falta de mantenimiento de los sellos y asientos.

4.1.2.5 Medición de caudal. A la llegada de la planta la primera estructura con la que se encuentra el flujo de agua es un vertedero de tipo triangular, ubicado dentro de una estructura de

concreto reforzado, esta no se usa, porque no cuenta con las mínimas condiciones necesarias para realizar las respectivas mediciones del caudal entrante.

4.1.2.6 Dosificación. En esta etapa se realiza la medición y aplicación del coagulante (sulfato de Aluminio) manualmente, La mezcla del coagulante se hace a la entrada del sedimentador aprovechando la turbulencia de la descarga de la aducción a la llegada de la planta. Cabe aclarar que la planta no cuenta con un dosificador mecánico que controle la cantidad de sulfato de aluminio a aplicar.

4.1.2.7 Floculación. La instalación consiste en un tanque con una capacidad de 10.0 m³ y está en regular estado especialmente en lo referente al mecanismo de mezcla: motor, control y protecciones eléctricas, reductoras y paletas. En este proceso, la planta de tratamiento trabaja a su mayor capacidad de diseño.

4.1.2.8 Sedimentación. Este proceso se efectúa en una unidad convencional de sedimentación acelerada estructuralmente conformada por un tanque que contiene un volumen de 10m³. Este proceso no funciona en un 100% debido a que presenta desgaste de elementos en su estructura y por lo tanto la sedimentación no es óptima para el siguiente proceso.

4.1.2.9 Filtración. La etapa de filtración se surte de dos fases: una lenta y una rápida de tipo dinámico en material grueso, para cada una de ellas se cuenta con dos unidades en paralelo.

- Filtración rápida: se efectúa en un tanque cilíndrico construido en concreto reforzado, tiene 4.m de diámetro, el lecho filtrante está conformado por una capa de arena de 1.50

m de espesor y una capa de antracita de 0,30 m de espesor soportadas en un falso fondo en plaquetas de concreto.

- Filtración lenta: su estructura está construida por un tanque cilíndrico en concreto reforzado tiene 4 m de diámetro, el lecho filtrante está conformado por una capa de arena de 1,50 m de espesor, soportada por un falso fondo en plaquetas de concreto.

El estado del lecho filtrante de la estructura es obsoleto, ocasionando con esto que el tiempo que se requiere para realizar el proceso según el caudal que ingresa es mayor al que la estructura está capacitada, ocasionando que el servicio de agua potable no se pueda suministrar constantemente.

4.1.2.10 Desinfección. Se realiza en un recipiente no convencional con una capacidad de 150 L. A este proceso se le adiciona cloro granulado, una cantidad aproximada de dos kilos y medio, se hace manualmente y se hace difícil controlar la dosificación del desinfectante y mantener la regularidad de la mezcla, ya que no se cuenta con los instrumentos necesarios para llevar a cabo la actividad, se realiza dos veces al día (una en horas de la mañana y la otra en horas de la tarde); haciéndose la desinfección a 450 L/s.

4.1.2.11 Tanque de almacenamiento. La planta de tratamiento cuenta con dos tanques para el almacenamiento del agua anteriormente potabilizada. El primero de ellos, es un tanque elaborado en concreto reforzado que se encuentra semienterrado dotado con una capacidad útil de 400m³ (13.60 m x 10.70 m x 2.90 m). Este primer tanque se ubica dentro de las instalaciones de la planta, en donde se logran evidenciar serios problemas en la infraestructura visible. Estas afectaciones se traducen a fisuras largas y profundas ubicadas a lo largo y ancho de la

superficie del tanque, repartidas de manera homogénea, por donde se logra filtrar una cantidad de agua considerable.

4.1.2.12 Red de distribución. El proceso de distribución del agua potable a la población servida se realiza por gravedad, la totalidad del casco urbano presenta redes de distribución en tubería de PVC con diámetros de 2”, 3”, 4” y 6”, con una longitud de 7.998,30 m.

La red está dividida en cinco subredes así:

Tabla 16

Red de distribución dividida en sectores.

SECTOR	NOMBRE	USUARIOS
Sector 1	El Hoyito	111
Sector 2	El Líbano	90
Sector 3	Puente	175
Sector 4	El Centro	192
Sector 5	Pique tierra	102
TOTAL		670

Fuente: autores del proyecto

Figura 3: Diseño del sistema de potabilización. Fuente: autores del proyecto

La red de distribución presenta varias implicaciones debido a las frecuentes fugas que se presentan a lo largo de la tubería por posibles rompimientos a la constante presión que se ejerce, teniendo en cuenta que las calles del municipio se constituyen empedradas, elemento que fortalece la condición de tradición y patrimonio del mismo.

Existen instaladas 670 conexiones domiciliarias, en total en el casco urbano, ninguna de las conexiones cuenta con micro medidores que permitan cuantificar el consumo diario de cada usuario.

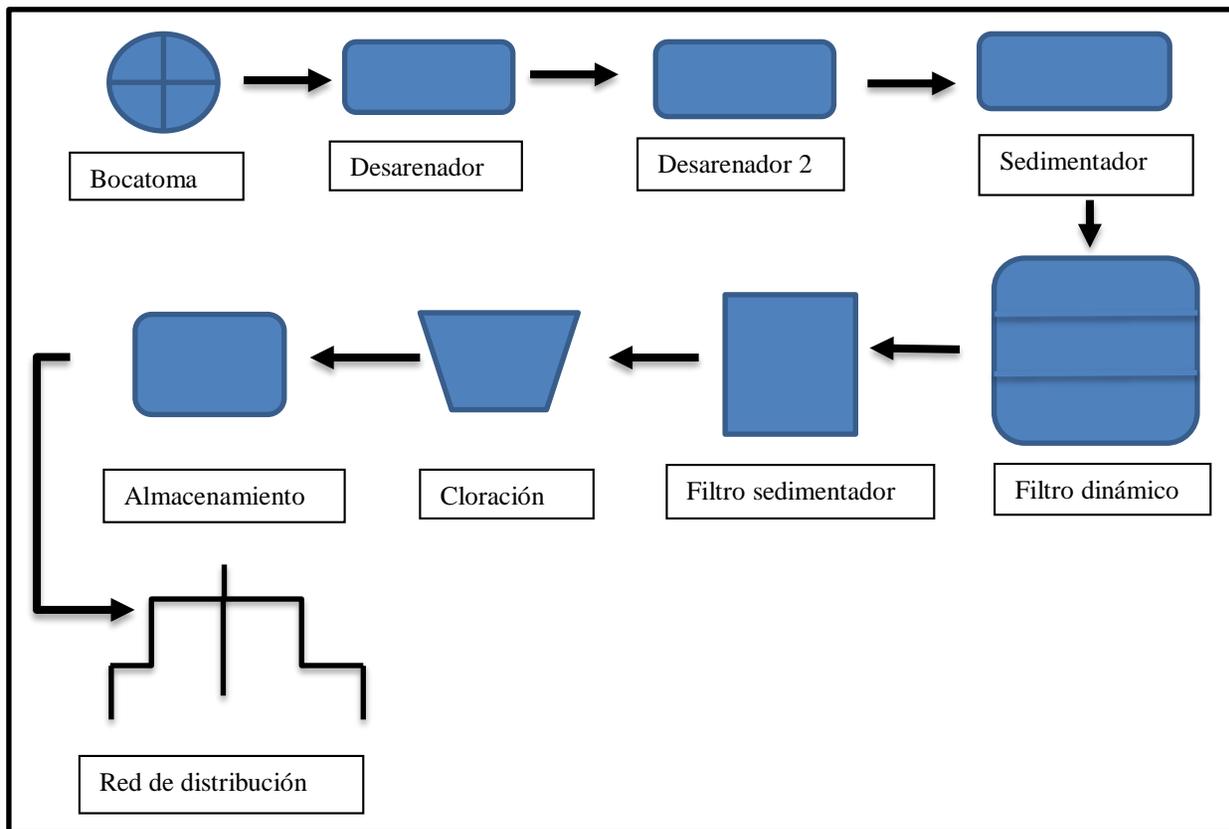


Figura 3. Esquema del sistema de potabilización. Fuente: autores

4.2 Resultados del segundo objetivo

4.2.1 Toma, conservación y transporte de muestras de agua. Se llevaron a cabo dos (2) muestreos detallados de la siguiente manera, el primer muestreo se realizó el día 13 de Diciembre de 2016 y el segundo muestreo se llevó a cabo el día 16 de enero de 2017, logrando en cada salida obtener las muestras, lo más rápido posible, debido a las condiciones de las vías del municipio, El Carmen Norte de Santander, para luego ser transportadas y analizadas por el laboratorio ServiAnalitica Profesional SAS, lo anterior se efectuó, con el fin de confirmar si el agua servida posee las características exigidas por la norma, para su tratamiento y posterior consumo.

Los resultados se muestran en las siguientes gráficas obtenidas con el Software ICATest v 1.0, tomando como referencia la resolución 2115/07.

4.2.2 Análisis de los parámetros físico- químicos y microbiológicos de las muestras recolectadas durante la ejecución del mismo. El presente objetivo pretende determinar si la fuente de abastecimiento Quebrada El Tigre y el agua para consumo humano, del municipio El Carmen Norte de Santander, cumplen con los parámetros físico- químicos y microbiológicos establecido por la Res. 2115/07. Para ello, se realizó una serie de muestreos en cada punto establecido.

El análisis de los resultados de las muestras obtenidas de la Quebrada El Tigre, en el municipio de El Carmen, nos permitió conocer a fondo en qué condiciones se encontraban los valores de la calidad del agua en cada uno de los puntos seleccionados y así mismo obtener resultados del estado actual de la P.T.A.P y fuente hídrica del lugar que satisface las necesidades de agua potable alrededor de 670 usuarios del área de estudio.

A continuación, se detallan cada uno de los resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto y evidenciados en el Apéndice A:

Tabla 17

Resultados físico-químicos y microbiológicos de la fuente hídrica.

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
potencial de H	pH	7,08
Turbiedad	UNT	3,75
Color	UPC	28
Alcalinidad	mg/L	125
Dureza Total	mg/L	120

Nitrógeno	mg/L	0,1
Conductividad	mS/cm	178
Hierro Total	mg/L	0,07
Sulfatos	mg/L	9
Nitratos	mg/L	8,8
Manganeso	mg/L	0,2
DBO5	mg/L	13
DQO	mg/L	28
Oxígeno Disuelto	mg/L	7,7
SST	mg/L	90

Fuente. Autores del proyecto

4.2.3 Cálculo de los índices de calidad del agua e índice de contaminación. Para el cálculo de los índices de calidad del agua e índices de contaminación, se utilizó el Software ICATest v 1.0 la cual es una herramienta de tipo informática para facilitar los análisis y valoración de la calidad de la fuente hídrica, elaborado por la universidad de Pamplona.

Este programa de computación facilita el cálculo de gran variedad y cantidad de índices de calidad del agua e índices de contaminación, los cuales se presentan seleccionados por país y/o autor, de igual forma este formato ha sido aprobado por entidades como el IDEAM, ECOPETROL regional norte, EMPOPAMPLONA, CORPONOR, entre otras (Fernandez , Ramos, Solano , & Universidad Pamplona, 2004).

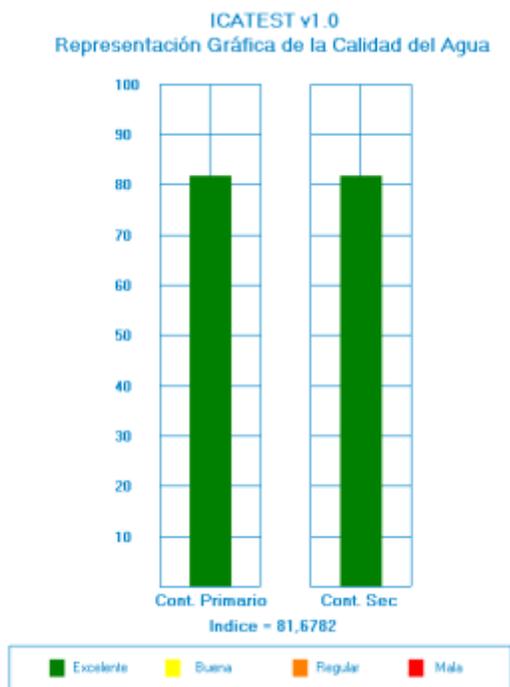
4.2.3.1 Cálculos del Índice de calidad del agua (ICA). A continuación encontraremos el índice de calidad del agua de la corriente superficial de la Quebrada El Tigre, mediante dicho índice se podrá clasificar en una de las categorías establecidas por el IDEAM.

Tabla 18*Resultados del cálculo del ICA.*

Resultados	
Valor del Índice	81,6782
Contacto Primario	
Rango	75,1 - 100
Escala de Color	verde
Contacto Secundario	
Rango	4,1 - 100
Escala de Color	verde

Nota: En la tabla 7 y 8 se puede evidenciar los resultados obtenidos por el Software ICATest v 1.0 relacionado con el índice de calidad ambiental del agua de la Quebrada El Tigre (fuente hídrica que abastece a la PTAP del municipio de El Carmen Norte de Santander). Fuente. Autores del proyecto.

A continuación, se observa la representación gráfica del valor del índice que tiene la fuente hídrica Quebrada El Tigre.

**Figura 4:** Grafica del ICA Quebrada El Tigre.

Según el resultado reflejado por la gráfica del ICA, el valor obtenido se sitúa en la escala de color verde lo cual evidencia un grado excelente de calidad del agua comparándolo con la clasificación en la tabla 6, esto quiere decir que la fuente hídrica es apta para proporcionar y abastecer a la planta de tratamiento del Municipio El Carmen, ya que cumple con los rangos e índices que exige dicho índice.

En este caso Martínez de Bascaran, plantea que desde varias décadas se ha expuesto y empleado los índices de calidad del agua, los cuales tienen como fin simplificar numéricamente las características positivas y/o negativas de cualquier fuente hídrica, que está entre (0 a 100) y a su vez definen el grado de calidad de la misma. (Ramirez, Restrepo, & Viña).

4.2.3.2 Cálculo del Índice de contaminación por materia orgánica ICOMO. Los valores obtenidos en el cálculo del ICOMO mediante el Software ICATest v 1.0 se reflejan a continuación.

Tabla 19

Resultados del cálculo del ICOMO.

Resultados	
Valor de Índice	0,687
Grado de Contaminación	Alto
Rango	0,6 - 0,8
Escala de Color	Naranja

Nota. Los valores anteriormente reflejados representan el índice de contaminación por materia orgánica de la fuente hídrica Quebrada El Tigre que abastece la PTAP del municipio de El Carmen Norte de Santander. Fuente. Autores del Proyecto.

El análisis e interpretación de estos parámetros y de su respectivo índice se puede realizar mediante la siguiente figura.

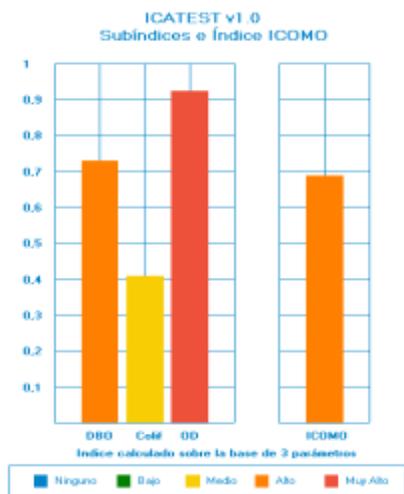


Figura 5: Grafica del ICOMO Quebrada El Tigre

Este índice presenta un grado de contaminación bastante Alto, esto quiere decir que cuando se incrementan los valores de la DBO se evidencia una fuerte carga de contaminantes orgánicos que pueden tener como origen desechos domésticos, agrícolas, industriales y de erosión en su suelo (MinAmbiente, Prosperidad para todos , & Fundacion Cardiovascular de Colombia, 2012) y a su vez se le introduce a la fuente hídrica aguas arriba, (Quebrada El Tigre), microorganismos como coliformes, provenientes de descomposición de material vegetal lo que ocasiona un aumento en la escala; arrojando un valor medio lo cual indica el desmejoramiento que dichos vertimientos ocasionan a la fuente hídrica y si relacionamos los niveles arrojados por el oxígeno disuelto que son en este caso muy altos, esto hace que microorganismos ya mencionados anteriormente sobrevivan a las condiciones del lugar y generen enfermedades (G, s.f.).

Teniendo como base lo anterior, se argumenta que se deben tomar medidas de control y mejoramiento en cuanto a las actividades que se presentan, para así disminuir el alto nivel que arrojó el índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

4.2.3.3 Cálculo del Índice de contaminación por mineralización ICOMI. Este tipo de índice tiene en cuenta tres (3) parámetros fundamentales como lo son la Conductividad, Dureza y Alcalinidad, los resultados que a continuación se evidencian se realizaron mediante el Software ICATest v 1.0.

Tabla 20

Resultados del cálculo del ICOMI.

Resultados	
Valor de Índice	0,648
Grado de Contaminación	Alto
Rango	0,6 - 0,8
Escala de Color	Naranja

Nota. Los resultados reflejados en la tabla 21 indican el grado de contaminación por mineralización de la Quebrada El Tigre, este valor fue obtenido por el Software ICATest v 1.0. Fuente. Autores del proyecto.

Cada uno de los valores evidenciados en la tabla 21 se podrá visualizar en la figura 6

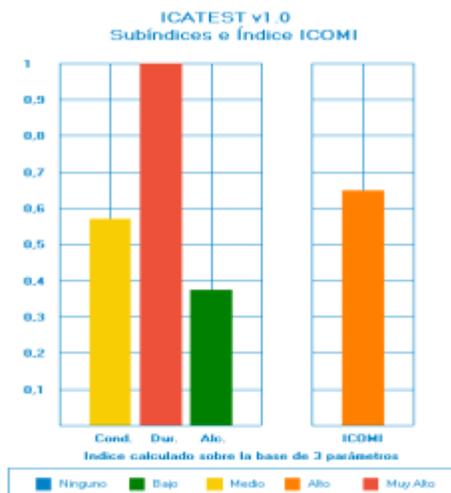


Figura 6: Grafica ICOMI Quebrada El Tigre

Este índice tiene como principales parámetros de evaluación la Conductividad, Dureza y Alcalinidad, la mayoría de ellos evidencia grados elevados, esto se debe a la geología del lugar de estudio ya que se observa desprendimiento o erosión ocasionado por rozamiento del material rocoso del lecho y el agua a su paso; y a su vez altera las propiedades del agua.

Según los elevados resultados de la conductividad y dureza para la determinación del índice (ICOMI), se pudo determinar que esto se debe a las altas cantidades de iones, calcio, magnesio y carbonatos, que son introducidos en el agua por el tipo de roca del lecho de la Quebrada El Tigre.

4.2.3.4 Cálculo del índice de contaminación por sólidos suspendidos ICOSUS.

Tabla 21

Resultados del cálculo del ICOSUS.

Resultados	
Valor de Índice	0,25
clasificación	Bajo
Rango	0,2 – 0,4
Escala de Color	Verde

Nota: En la tabla se puede evidenciar el índice de contaminación por sólidos suspendidos, para su fácil interpretación se ha clasificado en cinco niveles las cuales se ajustan de acuerdo a un rango definido. Fuente. Autores del proyecto.

Se puede evidenciar de manera detallada en la figura 7



Figura 7: Grafica del ICOSUS Quebrada El Tigre

Con los valores establecidos en la tabla 22 y los resultados arrojados en la figura 7 se puede evidenciar que existe bajos contenidos de solidos suspendidos en la fuente hídrica Quebrada El Tigre, esto se debe a la baja intervención antrópica que posee el área, ya que el lugar no sufre por actividades como tala de árboles, explotación minera o cualquier otra que perjudique la fuente. Esto se ve reflejado en la amplia cobertura vegetal que rodea el área de estudio.

Lo antes mencionado nos da valiosa información para establecer y probar los resultados arrojados por el ICA según el decreto 1594/ 1984 y cualquier otro artículo que lo haya modificado. Donde nos indica que la calidad del agua es óptima para cualquier tipo de uso.

4.2.3.5 cálculos del índice de riesgo de la calidad del agua potable (IRCA).

Utilizando el IRCA se determina el nivel de riesgo del agua que distribuye la PTAP

Tabla 22

Resultados de las primeras pruebas físico-químicas y microbiológicas de agua potable (2016).

Calidad del agua suministrada por EMCAGUA. APC						
Parámetros	Unidad	Norma exigida por el ministro de la protección social Res. 2115/07	Puntaje de riesgo asignado por la Res. 2115/07	Calidad suministrada por la EMCAGUA.APC		
				Centro	Puente	PTAP
Potencial de hidrogeno	pH	6,5 - 9	1,5	7,72	7,79	7,57
Turbiedad	UNT	2	15	3,17	3,12	2,9
Color	UPC	15	6	14	15	10
Alcalinidad	Mg/L	200	1	152	125	128
Dureza total	Mg/L	300	1	120	122	124
Hierro total	Mg/L	0,3	1,5	0,03	0,03	0,03
Sulfatos	Mg/L	250	1	9	10	9
Cloro libre	Mg/L	0,3 - 2	15	0	0	0
Nitratos	Mg/L	10	1	8,8	7,9	8,4
Manganeso	Mg/L	0,1	1	0,1	0,2	0,4

Coliformes totales	UFC/100 ml	0	15	0	0	0
Coliformes fecales	UFC/100 ml	0	25	0	0	0
IRCA (%)				35,71	36,90	36,90
Nivel de riesgo					Alto	

Nota: los valores mostrados en la tabla corresponden a los datos obtenidos en el primer muestreo del día 13 de diciembre de 2016, en dos puntos de la red de distribución de agua potable y el otro en el tanque de almacenamiento de la P. T. A. P del municipio el Carmen.

Fuente. Autores del proyecto.

Con los resultados del primer muestreo se calculó el IRCA, y se pudo determinar según lo estipulado en la resolución 2115 del 2007, que los puntos muestreados presentan un nivel de riesgo alto para la salud y por lo tanto se recomienda informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, gobernador y a la SSPD.

Estos resultados obedecen a que los parámetros que no cumplen con los límites permisibles presentan un puntaje de riesgo que elevan el valor del IRCA y esto sumado al hecho de que solo se tiene en cuenta una muestra para la determinación de dicho índice, incrementa su valor.

En cuanto a la ausencia del cloro residual se debe a que no se lleva a cabo el proceso de desinfección correctamente y no se cuenta con dosificadores para saber la cantidad exacta a aplicar según el volumen de agua a tratar, además el tiempo transcurrido desde la toma de la muestra hasta el momento del análisis, puede ocasionar la desaparición del cloro residual libre presente en la muestra.

Tabla 23

Resultados de las segundas pruebas físico-químicas y microbiológicas de agua potable (2017).

Calidad del agua suministrada por EMCAGUA. APC						
Parámetros	Unidad	Norma exigida por el ministro de la protección social Res. 2115/07	Puntaje de riesgo asignado por la Res. 2115/07	Calidad suministrada por la EMCAGUA.APC		
				Centro	Puente	PTAP
Potencial de hidrogeno	pH	6,5 – 9	1,5	7,27	7,56	7,47
Turbiedad	UNT	2	15	2,45	2,38	2,05
Color	UPC	15	6	15	13	10
Alcalinidad	Mg/L	200	1	155	135	158
Dureza total	Mg/L	300	1	122	125	123
Hierro total	Mg/L	0,3	1,5	0,02	0,01	0,01
Sulfatos	Mg/L	250	1	10	10	10
Cloro libre	Mg/L	0,3 - 2	15	0	0	0
Nitratos	Mg/L	10	1	8,4	7,9	7,5
Manganeso	Mg/L	0,1	1	0,1	0,1	0,02
Coliformes totales	UFC/100 ml	0	15	1	2	0
Coliformes fecales	UFC/100 ml	0	25	1	2	0
IRCA (%)				83,33	83,33	35,71
Nivel de riesgo				Inviabile sanitariamente		

Nota: los valores mostrados en la tabla corresponden a los datos obtenidos en el segundo muestreo del día 16 de enero, en dos puntos de la red de distribución de agua potable y el otro del tanque de almacenamiento de la P. T. A. P. Del municipio de el Carmen.

Fuente. Autores del Proyecto.

Según los resultados del IRCA para el segundo muestreo el nivel de riesgo es inviable sanitariamente según lo estipulado en la resolución 2115 de 2007.

Este valor se debe a que los parámetros turbiedad, cloro residual libre, coliformes totales y fecales, no cumplen con lo estipulado en la resolución y al igual que en el mes anterior la falta de un monitoreo constante o periódico hace que dicho valor de IRCA se incremente.

Podemos deducir que los niveles tan altos de riesgo, se deben a que la planta de tratamiento no cumple con las condiciones óptimas para operar cada uno de sus procesos.

4.2.3.6 Historial de número de muestras y puntajes de riesgo por año (IRCAS)

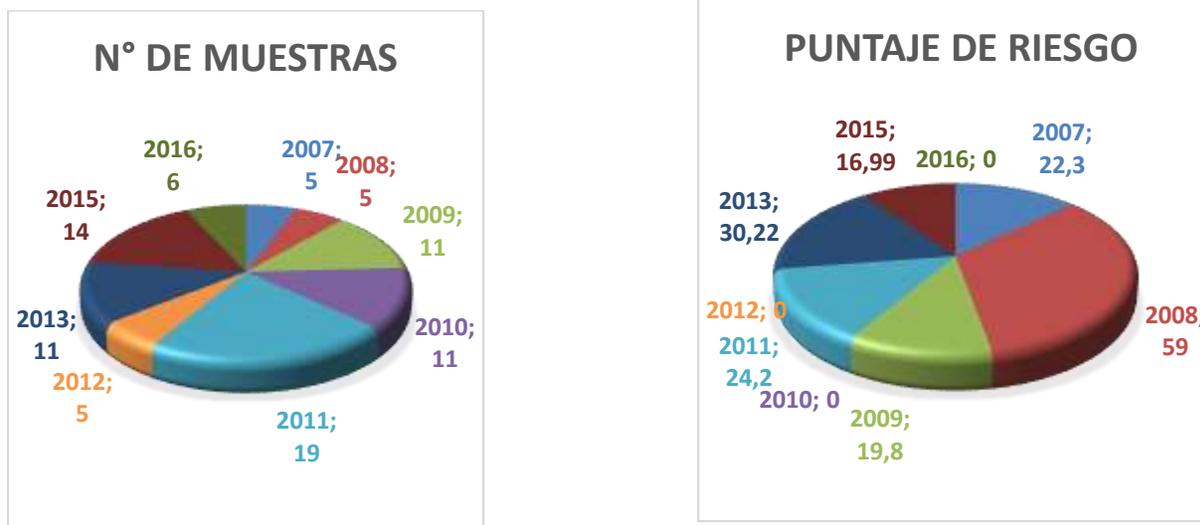


Figura: 8 puntajes de riesgo por año

Figura 9: número de muestras por año.

Fuente: Subsistema De Información Para Vigilancia De Calidad De Agua Potable –SIVICAP Instituto Nacional de Salud.

El anterior historial corresponde al número de muestras y puntajes de riesgo por año (IRCAS), realizados en el municipio del Carmen. Con esto se obtienen las evidencias, que la calidad del agua suministrada desde el inicio del funcionamiento de la P.T.A.P, ha estado entre los niveles medio y alto, lo que ha traído como resultado afectaciones a la salud de los habitantes carmelitanos.

4.2.3.6 cálculos del índice de riesgo por abastecimiento de agua de la persona prestadora

(IRABApp). En este índice se tendrán en cuenta los criterios de tratamiento, distribución y continuidad del servicio por parte de la persona prestadora.

A continuación se detalla el riesgo de abastecimiento por la persona prestadora del servicio.

Tabla 24*Índice de tratamiento*

Índice de tratamiento	
Descripción del tratamiento	puntaje
Si se realizan todos los procesos requeridos según las características del agua cruda y su tratamiento es intermitente.	25
Dotación básica de laboratorio en la planta de tratamiento.	puntaje
pH, cloro residual	6
Trabajadores certificados	puntaje
Menos del 50% de los trabajadores que son operadores de la planta están certificados.	0
Sumatoria total del índice de tratamiento.	$\Sigma=31$

Nota: en la tabla se observa el cálculo del índice de tratamiento según lo establecido en la resolución 2115 de 2007, el cual consiste en un conjunto de parámetros que son: descripción del tratamiento, dotación básica del laboratorio, y el número de trabajadores certificados.

Fuente: autores del proyecto

Tabla 25*Índice de continuidad*

Índice de continuidad	
$IC = \frac{243 \text{ horas} * 3350 \text{ habitantes}}{730 \text{ horas} * 3350 \text{ habitantes}} * 24 \frac{\text{horas}}{\text{dia}} = 7,9 \frac{\text{horas}}{\text{dia}}$	
Continuidad del servicio – IC	Puntaje
0-10 horas/día (insuficiente)	0

Nota: el cálculo del índice de continuidad, está diseñado a partir del número de horas y el número de habitantes servidas a la población por parte de la persona prestadora, para saber si el servicio satisface o no a la población.

Fuente: autores del proyecto. Fuente: Autores del proyecto

A partir de los datos anteriores se procede a aplicar la siguiente formula:

$$IRABApp = 100 - (IT + IC)$$

$$IRABApp = 100 - (31 + 0) = 69$$

Según este resultado el IRABApp se encuentra en un nivel de riesgo alto para la salud humana lo cual se requiere según la resolución 2115 del 2017, formulación e implementación de un plan de acción a corto, mediano y largo plazo, bajo la verificación de la SSPD.

4.2.3.7 Reporte de enfermedades diarreicas.

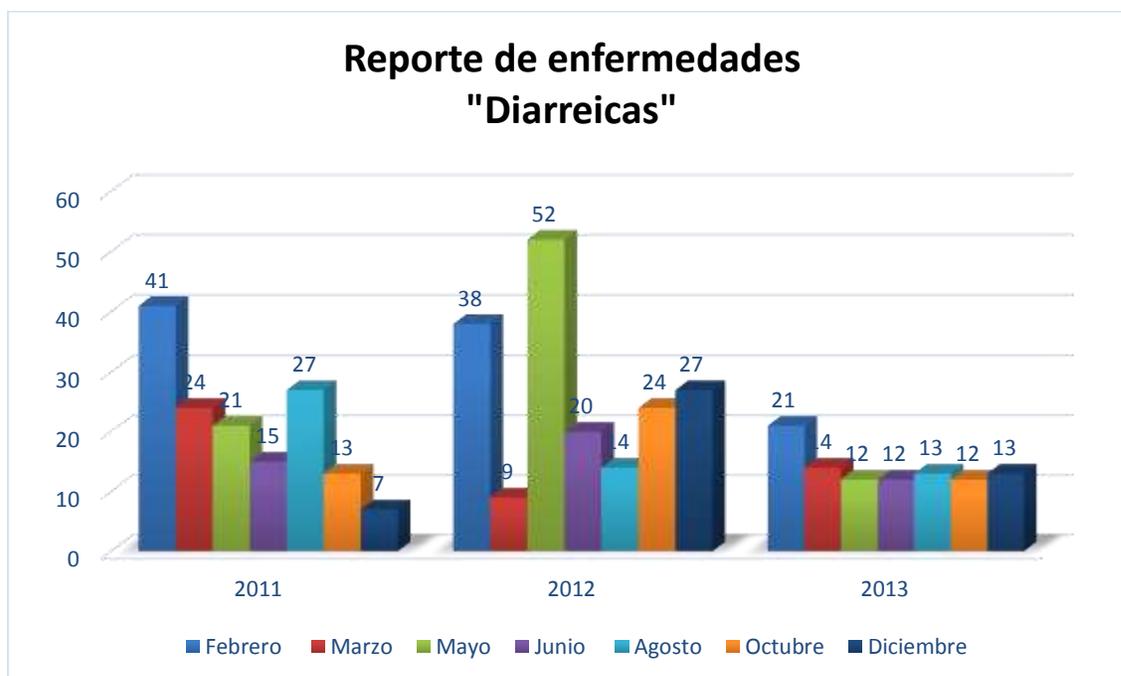


Figura 10 enfermedades diarreicas por año (2011, 2012, 2013).

Nota: la figura 10 representa las enfermedades diarreicas presentadas en el municipio del Carmen entre los años 2011 y 2013 Fuente: EMCAGUA APC.

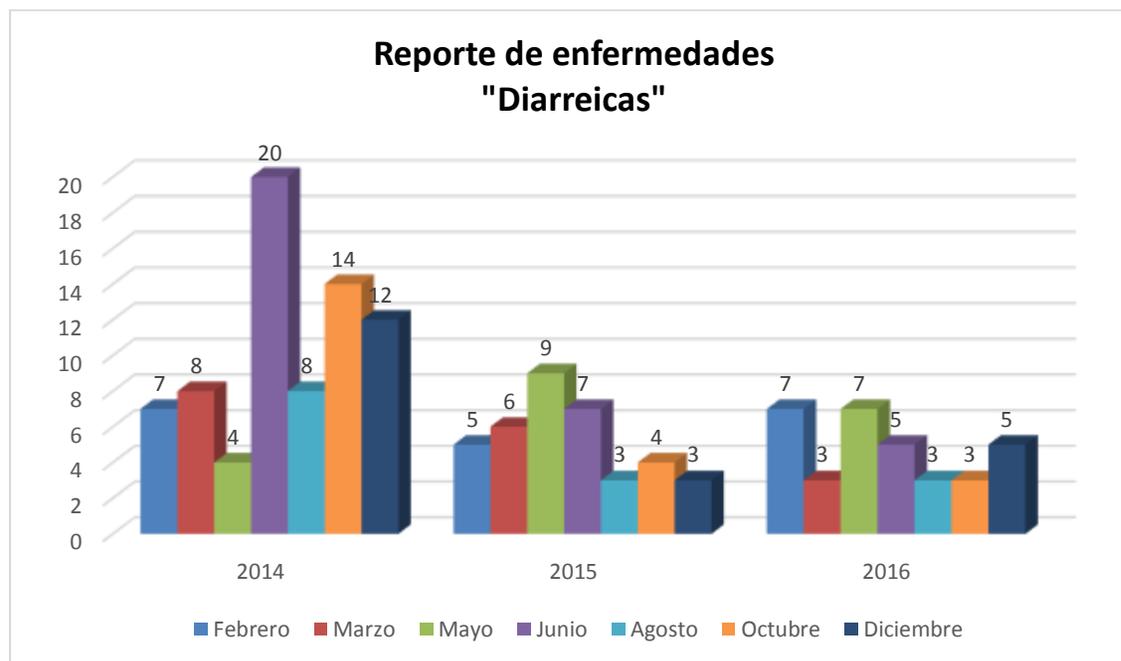


Figura 11: enfermedades diarreicas por año (2014, 2015, 2016).

Nota: El grafico 11 representan las enfermedades diarreicas presentadas en el municipio entre los años 2014 y 2016.

Fuente: EMCAGUA APC.

Las figuras 3 y 4 representan las enfermedades diarreicas presentadas en el casco urbano del municipio del Carmen entre los años 2011 y 2016. Esta recopilación nos demuestra que en los últimos dos años (2015, 2016) las enfermedades diarreicas disminuyeron drásticamente si se comparan con los años anteriores en los cuales se vieron implicados un mayor número de carmelitanos, más exactamente un pico de 52 pacientes para el mes de mayo en el 2012 y de 41 en el mes de febrero en el año 2011.

4.3 Resultados del tercer objetivo

4.3.1 Factores que influyen en la calidad de la fuente hídrica Quebrada El Tigre.

Según los resultados arrojados por el Software ICATest v1.0, relacionado con el ICOMO, demuestra que parte de la problemática es debida al alto contenido de material vegetal en

descomposición proveniente de cultivos cercanos a la fuente y la vegetación frondosa presente en la ronda hídrica, lo que altera las propiedades de la misma reflejados a su vez en los parámetros relacionados con el Índice de Contaminación por materia orgánica.

Como se ha mencionado anteriormente, el ICOMI, se obtiene del análisis de los parámetros dureza, alcalinidad y conductividad. Según los resultados arrojados por el software, se evidencia una contaminación por mineralización debido a altos niveles de dureza encontrados. Estos altos niveles de dureza se presentan debido en su gran mayoría a la geología del sitio, ya que en el lecho del río se encuentran rocas susceptibles a desprendimiento de componentes minerales que son causados por el roce constante con el agua lo que genera una afectación de este tipo. Por otro lado el uso de productos químicos para la producción agrícola ha contribuido a la contaminación por mineralización, ya que parte de estos son arrastrados desde las parcelas a la fuente hídrica a través de las aguas lluvias.

4.4 Resultados del cuarto objetivo

4.4.1 matriz DOFA. Diseño de alternativas de solución para la prestación del servicio de agua potable mediante la interpretación de la matriz DOFA. Identificación de los factores que influyen directa e indirectamente en la PTAP.

Tabla 26

Matriz DOFA

MATRIZ DOFA			
Debilidades	Oportunidades	Fortalezas	Amenazas

Deterioro en la estructura de la PTAP.	Apoyo por parte de la Alcaldía.	Cobertura del 90% a la población del casco urbano.	Cultura ciudadana en lo relacionado al uso y ahorro eficiente del agua.
Tratamiento de agua intermitente.	Capacitaciones al personal de la empresa EMCAGUA.APC por parte del estado.	Estructura de la empresa EMCAGUA APC encargada del manejo administrativo de la planta.	Intervenciones antrópicas en la parte alta de la microcuenca.
Falta de métodos de aplicación exacta de coagulante y cloración.	Entes encargados en el plan maestro de acueducto y alcantarillado.		Tuberías en mal estado.
Ausencia de elementos de protección personal.	Mejor administración de recursos por parte de la empresa EMCAGUA. APC		Hurto de tuberías conectadas a la captación.
Carencia de laboratorio para sus respectivos análisis del agua.	Apoyo por parte de la Alcaldía.		Captaciones ilegales.
Operarios no certificados.	Certificación de parte del SENA.		Deterioro de la planta por formación de zanjas.
Ausencia de programas de uso y ahorro eficiente de agua.	Apoyo por parte de la alcaldía, Corponor y profesionales del área, para su debida capacitación acerca del tema.		
Solo cuentan con un operario en todo lo relacionado con la planta de tratamiento.	Contratación de personal por parte de la junta de asociados.		
No cuenta con macro medidores.	Apoyo por parte de la Alcaldía.		
Carece de tuberías nuevas.	Entes encargados en el plan maestro de acueducto y alcantarillado.		

Inadecuada ubicación de la PTAP en el casco urbano.	EOT
--	-----

Falta de personal de seguridad para la planta.	Junta de asociados de la empresa de servicios públicos.
---	---

Nota. La anterior Matriz DOFA se realizó teniendo como base el diagnóstico de la condiciones físico – operativas de la planta de tratamiento del municipio de El Carmen Norte de Santander. Fuente. Autores del Proyecto.

La anterior Matriz DOFA se realizó con el fin de reflejar específicamente las correcciones que se deben tener en cuenta para optimizar el servicio de suministro de agua potable en el municipio de El Carmen Norte de Santander.

4.4.2 Compra de áreas estratégicas en el área de la Quebrada El Tigre. La Quebrada El Tigre es la fuente hídrica que abastece la planta de tratamiento de agua potable del municipio de El Carmen Norte de Santander, y es una de las fuentes con características de bosques primarios lo cual hace que solo se deba tener en cuenta el tema relacionado con la compra de áreas estratégicas para su posterior conservación y así evitar cualquier alteración de la misma.

Con lo dicho anteriormente y teniendo en cuenta que la unidad de servicios públicos es la misma empresa EMCAGUA.APC encargada de suministrar el agua potable al casco urbano de El Carmen, debe realizar en conjunto con la Alcaldía la inversión a la adquisición de estos predios en la parte alta de la microcuenca para que así permita asegurar la protección total de la misma, para poder evitar la pérdida del ecosistema presente.

Con esta medida se logra a la vez el cumplimiento de la Ley 99/93 Art. 111, el cual establece que “declárese de interés público las áreas de importancia estratégica para la

conservación de los recursos hídricos que surten de agua a los acueductos municipales y distritales” y de igual manera indica que los departamentos y municipios deben dedicar un porcentaje no inferior al 1% de sus ingresos, de tal manera que antes de culminar tal periodo se deben adquirir dichos predios.

4.4.3 Laboratorio. En las instalaciones de la planta de tratamiento de agua potable de El Carmen, está la estructura del laboratorio, pero este no cuenta con los implementos necesarios para llevar a cabo su función. Y actualmente se utiliza como bodega para guardar los insumos de sulfato de Aluminio y cloro granulado.

Es necesaria la adecuación y adquisición de los diferentes instrumentos y materiales para que se realice un óptimo tratamiento y prestación del servicio.

4.4.4 dosificador gravimétrico. Los dosificadores son aquellos capaces de liberar cantidades prefijadas de productos químicos en una unidad de tiempo; dispone de controles que permiten fijar la cantidad que se debe liberar dentro de los límites (BVSDE, s.f.). De esta manera poder adicionar exactamente la dosis que se necesita para el tratamiento del agua, es por esta razón que la planta debe contar con este tipo de instrumentos, para asegurarse que el proceso se esté llevando correctamente y no presentar inconvenientes relacionados a la calidad del agua suministrada.

4.4.5 Tanques de filtración. La filtración cumple un papel importante debido a que el agua después de pasar por el proceso del coagulante, pasa directo a estos tanques y según el

RAS 2000 Titulo C su función es remover las últimas partículas que no hayan sido retenidas por el sedimentador. Actualmente la planta no cuenta con un 100% de funcionamiento de estos filtros y por lo tanto el tratamiento es insuficiente.

4.4.6 Cloración. Según el RAS 2000 Titulo C, es obligatorio en todos los niveles de confiabilidad, desinfectar el agua sin importar el tipo de tratamiento previo que se haya realizado para su potabilización.

Según lo anterior el proceso de cloración es vital, en cualquier tipo de tratamiento debido a que con este, se logra eliminar los microorganismos presentes en el agua y así evitar la generación de problemas de salud pública, atribuidos al suministro de este preciado líquido.

4.4.6.1 Dosificadores de cloro. Por efectividad de los procesos se requiere de una bomba dosificadora de cloro que le permita a la planta una desinfección efectiva del caudal entrante a las instalaciones. En la P.T.A.P el suministro de cloro se realiza manualmente y no se tiene ninguna dosificación al respecto. Incumpliendo lo establecido en la Resolución. 2115/07.

4.4.6 Tratamiento y manejo de lodos. Según el RAS 2000 Titulo C, los lodos se producen en sedimentadores entre un 60 y 70 % de los sólidos totales y en los filtros entre un 30 y 40%. En la P.T.A.P del municipio, no se realiza un manejo y tratamiento de los lodos, estos son vertidos directamente a una microcuenca llamada San Rafael aguas abajo del municipio.

4.4.7. Adecuación de las instalaciones de la PTAP con los elementos de seguridad pertinentes. Es necesaria la instalación de barandas en los pasillos que comunican a los tanques de los diferentes procesos, ya que estos no se encuentran recubiertos y por lo tanto se pueden presentar graves incidentes.

Por otro lado se precisa urgente el mantenimiento periódico de los tanques que se emplean para el desarrollo de la potabilización con el objetivo de evitar fugas y derrames por el mal estado de los mismos.

Capítulo 5. Conclusiones

En el municipio de El Carmen Norte de Santander, siempre se han evidenciado dificultades con lo relacionado a la calidad del agua, debido al inadecuado manejo de los recursos naturales por parte de la población y sus alrededores; en consecuencia a esto y otros problemas como el mal funcionamiento de la planta de tratamiento que se refleja en la baja calidad del suministro de este líquido a la población.

Según los resultados arrojados por la evaluación de la fuente hídrica, nos permite concluir que la calidad del agua es apta para el consumo humano y sus distintos usos, aunque reporta problemas derivados de la misma geología y actividades antrópicas (captaciones ilegales, cultivos, entre otros), pero esto se debe más que todo al ciclo natural que ejerce estos ecosistemas que implican alteración de los distintos parámetros y que al igual alteran los valores mínimos aceptables.

La evaluación del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA) efectuada a la P.T.A.P. Y los dos puntos preestablecidos dentro del casco urbano que se realizó en el mes de diciembre, apuntan a que el agua tratada presenta un nivel de riesgo alto, según los cálculos realizados en la planta y en los otros dos puntos, esto debido a que los niveles de cloro residual libre, manganeso y turbiedad superan los límites establecidos, según la resolución 2115 de 2007.

Por otro lado, la segunda muestra llevada a cabo en el mes de enero, arroja un nivel de riesgo Inviabile sanitariamente para los dos puntos dentro del casco urbano, ya que se encontró

presencia de Coliformes totales y fecales, turbiedad y cloro residual libre lo que muy posiblemente indica que la red de distribución presenta una seria afectación. Así mismo los cálculos para la muestra de la planta arrojaron un nivel de riesgo alto, esto debido a que se encontró niveles de Turbiedad muy altos y cloro residual libre inexistente lo que muy probablemente indica que la cantidad de cloro suministrado está por debajo del requerido, al igual que la cantidad de sulfato empleada para remover los componentes sólidos presentes en el agua cruda.

Los cálculos efectuados para la determinación del Índice de riesgo municipal por abastecimiento de agua para consumo humano indican un nivel de riesgo a la salud alto, esto debido mayormente a que la unidad de servicios públicos no cuenta con la cantidad de operarios necesarios, y tampoco posee personal debidamente capacitado. Por otra parte no cuenta con un laboratorio óptimo y los insumos necesarios para realizar el tratamiento, son escasos.

Capítulo 6. Recomendaciones

Según lo demostrado durante la ejecución del proyecto, el sistema de acueducto del Municipio de El Carmen Norte de Santander, cuenta con una infraestructura física en estado regular y por lo tanto se deben implementar una serie de mejoras que permitan el óptimo rendimiento de la prestación del servicio.

Capacitar y ampliar la planta de personal, con el objetivo de ampliar las horas de abastecimiento del municipio.

Gestionar mecanismos de asignación de recursos económicos que se destinen al aumento y capacitación del recurso humano.

Encerramiento de la planta de tratamiento y de los tanques que la constituyen para evitar accidentes tanto de los trabajadores como del personal ajeno que la visite.

Corregir las fisuras de los tanques de almacenamiento para evitar pérdidas por fugas, ya que si se corrige se puede ampliar la prestación del servicio.

Efectuar muestreos de manera constante para determinar con mayor precisión el nivel de riesgo que presenta el agua tratada.

Programar e Implementar mantenimientos periódicos en cada uno de los procesos de la P.T.A.P para optimizar la calidad del servicio.

Referencias

- Anonimo. (2010). *Salud publica y comunitaria* . Obtenido de Salud publica y comunitaria .
- APC, E. (2006). *Descripcion Planta de Tratamiento de Agua Potable*. El Carmen Norte de Santander.
- Beleño, I. (2011). El 50% de agua en Colombia es de mala calidad. *Un Periódico*.
- BVSDE. (s.f.). *Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org>
- Cano Ramirez, A. (junio de 2005). *Aspectos para una definicion de evaluacion*. Obtenido de Aspectos para una definicion de evaluacion: <http://www2.ulpgc.es/>
- DAES), D. D. (22 de 10 de 2014). *DECENIO INTERNACIONAL PARA LA ACCION "EL AGUA FUENTE DE VIDA"*. Obtenido de DECENIO INTERNACIONAL PARA LA ACCION "EL AGUA FUENTE DE VIDA": <http://www.un.org/>
- Fernandez , N., Ramos, G., Solano , F., & Universidad Pamplona. (2004). *ICATEST V 1.0 Una herramienta Informática para el análisis y valoración de la calidad*. Pamplona.
- G, B. J. (s.f.). *waterboards*. Obtenido de <http://www.waterboards.ca.gov>
- Gonzalez Barajas , L. J., & Goyeneche Mejia , J. M. (2011). *Evaluacion de la calidad del agua de consumo humano para cuatro veredas de la cuenca del Rio Suarez y soluciones a corto y largo plazo para el mejoramiento de la calidad del agua de consumo de la vereda San Isidro. (tesis de pregrado) UIS Colombia* . Obtenido de Evaluacion de la calidad del agua de consumo humano para cuatro veredas de la cuenca del Rio Suarez y soluciones a corto y largo plazo para el mejoramiento de la calidad del agua de consumo de la vereda San Isidro. (tesis de pregrado) UIS Colombia .

IDEAM. (s.f.).

IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del Agua*. Bogota.

INS, I. (2011). *Manual de instrucciones para la Toma, Preservacion y Transporte de Muestras de Agua de Consumo Humano para Análisis de laboratorio*. Bogota D.C.

INS, I. N. (2012). *subsistema de informacion para vigilancia de calidad de agua potable - SIVICAP*.

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD . (2012). *SUBSISTEMA DE INFORMACIÓN PARA VIGILANCIA DE CALIDAD DE AGUA POTABLE –SIVICAP*.

Jimenez, B. E. (2001). *La contaminacion ambiental en México*. México: LIMSA.

MADS. (2012). *Analisis del sector de agua potable y saneamiento en Colombia*. Bogotá: 2011.

Mejia, M. (2005). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. . Costa Rica*.

MinAmbiente, Prosperidad para todos , & Fundacion Cardiovascular de Colombia. (2012).

Republica de Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Diagnostico Nacional de Salud Ambiental. Colombia.

Ministerio de Salud y Proteccion Social. (2014). *Informe Nacional de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. Bogota, D.C. Obtenido de Informe Nacional de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

Miralles-Wilhelm, F. R. (12 de 2014). *Recursos hídricos y adaptación al cambio climático en Latinoamérica y el Caribe (BID)*. Obtenido de Recursos hídricos y adaptación al cambio climático en Latinoamérica y el Caribe.

Ojeda Cuadros , M. O. (2012). *Caracterizacion fisicoquimica y parametros de calidad de la planta de tratamiento de agua potable de Barrancabermeja (tesis de pregrado)* Universidad Industrial de Santander Colombia.

ONU. (22 de 10 de 2014). *DECENIO INTERNACIONAL PARA LA ACCION "EL AGUA FUENTE DE VIDA"*. Obtenido de DECENIO INTERNACIONAL PARA LA ACCION "EL AGUA FUENTE DE VIDA": <http://www.un.org/>

OPS, O. (2002). *Guia para la vigilancia y Control de la Calidad para consumo Humano*. Obtenido de Guia para la vigilancia y Control de la Calidad para consumo Humano.

Organización Mundial de la Salud. (sf de sf de 2008). *organización mundial de la salud*. Recuperado el 15 de 09 de 2016, de organización mundial de la salud: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/

Paredes, J. (26 de Septiembre de 2016).

<http://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info86/articulos/importanciaAgua.html>
. Obtenido de Importancia del agua:
<http://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info86/articulos/importanciaAgua.html>

Ramirez, A., Restrepo, R., & Viña, G. (s.f.). *Cuatro Indices de Contaminacion para Caracterizacion de Aguas Continentales. Formulación y Aplicación*. Santafe de Bogota, Colombia.

RODRIGO JOSE RODRIGUEZ LOPEZ, F. L. (2012). *EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO Y SOLUCIONES PARA MEJORAR EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE HATO SANTANDER (TESIS PREGRADO)*. UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

Rodríguez , J. (mayo de 2007). *Guia de elaboracion de diagnosticos*. Obtenido de Guia de elaboracion de diagnosticos: <http://www.cauqueva.org.ar/>

Rojas, R. R. (2012). *Evaluacion de la calidad del agua de consumo humano y soluciones para mejorar el funcionamiento de la planta de tratamiento de agua potable del municipio del Hato Santander (tesis de grado) Universidad Industrial de Santander*.

S, A. d. (febrero de 2016). *elcarmen-nortedesantander.gov.co/*. Obtenido de elcarmen-nortedesantander.gov.co/: <http://elcarmen-nortedesantander.gov.co/>

Salud, i. N. (2012). *Subsistema de informacion para Vigilancia de Calidad de Agua potable - SIVICAP*.

Sierra Ramirez , C. (2011). *Calidad del agua: evaluacion y diagnostico*. Medellin Colombia: Ediciones de la U.

Solsona, F. (2002). *Guias para elaborar normas de calidad del agua de bebida en los paises en desarrollo.CEPIS/OPS: Lima*.

Apéndices

Apéndice A. Resultados de pruebas físico- químicos del municipio de El Carmen N de S.


ServiAnalítica Profesional SAS
 NIT. 900 476 024-4
 Ocaña 16 de Diciembre 2016

RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

MATRIZ DE LA MUESTRA: Agua Cruda

TIPO DE MUESTRA: Puntual **LUGAR:** El Carmen – Norte de Santander

TOMADA POR: Mayerly Pedraza – Stephany Palacio

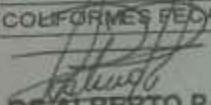
HORA: 10:30 am **FECHA TOMA DE MUESTRA:** 13/12/2016

SITIO DE MUESTREO: Captación

SOLICITANTE: Mayerly Pedraza – Stephany Palacio

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	METODO
POTENCIAL DE H	pH	7,08	Standard Methods 4500 H - B
TURBIEDAD	UNT	3,75	Standard Methods 2210 B
COLOR	UPC	28	Standard Methods 2100 A
ALCALINIDAD	mg/L	125	Standard Methods 2100 A
DUREZA TOTAL	mg/L	120	Standard Methods 2340 C
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	0,1	Standard Methods 4500-NH ₄
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	178	Standard Methods 2510 A
HIERRO TOTAL	mg/L	0,07	Standard Methods 3500 Fe - B
SULFATOS	mg/L	9	Standard Methods 4500 SO ₄ - E
NITRATOS	mg/L	8,8	Standard Methods 4500 NO ₃ - B
MANGANESO	mg/L	0,2	Standard Methods 3500 Mn
DBO ₅	mg/L	13	Standard Methods 5210 B
DQO	mg/L	28	Standard Methods 5220
OXIGENO DISUELTO	mg/L	7,7	Standard Methods 4500 O C
SST	mg/L	90	Standard Methods 2540 D
OLOR Y SABOR	Ausentes	Ausentes	
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 ml	> 2000	Filtración por Membrana
COLIFORMES FECALES	UFC/100 ml	> 2000	Filtración por Membrana

Análisis físicoquímicos y microbiológicos de aguas


CARLOS ALBERTO PATIÑO P.
 Químico

ServiAnalítica Profesional SAS
 NIT 900 476 024-4
 Dirección calle 12 A N° 6 - 30
 Celular 301 656 6273



ServiAnalítica Profesional SAS

NIT. 900 476 024 -4

Ocaña 20 de Enero 2017

RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

MATRIZ DE LA MUESTRA: Agua Cruda

TIPO DE MUESTRA: Puntual **LUGAR:** El Carmen – Norte de Santander

TOMADA POR: Mayerly Pedraza – Stephany Palacio

HORA: 8:30 am

FECHA TOMA DE MUESTRA: 16/01/2017

SITIO DE MUESTREO: Captación

SOLICITANTE: Mayerly Pedraza – Stephany Palacio

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	METODO
POTENCIAL DE H	pH	7,05	Standard Methods 4500 H + B
TURBIEDAD	UNT	3,2	Standard Methods 2100 B
COLOR	UPC	18	Standard Methods 2120 A
ALCALINIDAD	mg/L	93	Standard Methods 2320 A
DUREZA TOTAL	mg/L	88	Standard Methods 2340 C
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	0,1	Standard Methods 4500-NH3
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	153	Standard Methods 2510 A
HIERRO TOTAL	mg/L	0,04	Standard Methods 3500 Fe B
SULFATOS	mg/L	8	Standard Methods 4500 SO4 E
NITRATOS	mg/L	8,4	Standard Methods 4500 NO3 B
MANGANESO	mg/L	0,09	Standard Methods 3500 Mn
DBO ₅	mg/L	8	Standard Methods 5210 B
DQO	mg/L	17	Standard Methods 5220
OXIGENO DISUELTO	mg/L	8,0	Standard Methods 4500 O C
SST	mg/L	70	Standard Methods 2540 D
OLOR Y SABOR	Ausentes	Ausentes	
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 ml	> 2000	Filtración por Membrana
COLIFORMES FECALES	UFC/100 ml	> 2000	Filtración por Membrana

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de aguas

Carlos Alberto Patiño P.
CARLOS ALBERTO PATIÑO P.
 Químico

ServiAnalítica Profesionales SAS
 NIT 900.476.024-4
 Dirección calle 12 A. N° 8 - 30
 Celular 301 656 6273



ServiAnalítica Profesional SAS

NIT. 900 476 024-4

Ocaña 16 de Diciembre 2016

RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

MATRIZ DE LA MUESTRA: Agua Potable

TIPO DE MUESTRA: Puntual **LUGAR:** El Carmen – Norte de Santander

TOMADA POR: Mayerly Pedraza – Stephany Palacio

HORA: 10:15 am

FECHA TOMA DE MUESTRA: 13/12/2016

SITIO DE MUESTREO: PTAP

SOLICITANTE: Mayerly Pedraza – Stephany Palacio

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	METODO
POTENCIAL DE H	pH	7,57	Standard Methods 4500 H - B
TURBIEDAD	UNT	2,9	Standard Methods 2310 B
COLOR	UPC	10	Standard Methods 2120 A
ALCALINIDAD	mg/L	128	Standard Methods 2120 A
DUREZA TOTAL	mg/L	124	Standard Methods 2340 C
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	0,02	Standard Methods 4500-NH3
CONDUCTIVIDAD	$\mu\text{S/cm}$	203	Standard Methods 2510 A
HIERRO TOTAL	mg/L	0,03	Standard Methods 3500 Fe - B
SULFATOS	mg/L	9	Standard Methods 4500 SO4 - E
CLORO LIBRE	mg/L	0	Standard Methods 4500 Cl
NITRATOS	mg/L	8,4	Standard Methods 4500 NO3 - B
MANGANESO	mg/L	0,4	Standard Methods 3500 Mn
DBO ₅	mg/L	0,3	Standard Methods 5210 B
DQO	mg/L	1	Standard Methods 5220
OXIGENO DISUELTO	mg/L	7,7	Standard Methods 4500 O - C
SST	mg/L	60	Standard Methods 2540 D
OLOR Y SABOR	Ausentes	Ausentes	
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 ml	0	Filtración por Membrana
COLIFORMES FECALES	UFC/100 ml	0	Filtración por Membrana

Análisis físicoquímicos y microbiológicos de aguas

CARLOS ALBERTO PATIÑO P.
Químico

ServiAnalítica Profesional SAS
NIT 900 476 024-4
Dirección: calle 12 A N° 8 - 30
Celular 301 656 6273



ServiAnalítica Profesional SAS

NTT. 900 476 024 -4

Fecha 20 de Enero 2017

RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

MATRIZ DE LA MUESTRA: Agua Potable

TIPO DE MUESTRA: Puntual **LUGAR:** El Carmen – Norte de Santander

TOMADA POR: Mayerly Pedraza – Stephany Palacio

HORA: 10:35 am

FECHA TOMA DE MUESTRA: 16/01/2017

SITIO DE MUESTREO: PTAP

SOLICITANTE: Mayerly Pedraza – Stephany Palacio

Análisis físicoquímicos y microbiológicos de aguas

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	METODO
POTENCIAL DE H	pH	7.47	Standard Methods 4500 H + B
TURBIEDAD	UNT	2.05	Standard Methods 2130 B
COLOR	UPC	10	Standard Methods 2120 A
ALCALINIDAD	mg/L	158	Standard Methods 2320 A
DUREZA TOTAL	mg/L	123	Standard Methods 2340 C
NITROGENO AMONIAICAL	mg/L	0.01	Standard Methods 4500-NH3
CONDUCTIVIDAD	μ S/cm	204	Standard Methods 2510 A
HIERRO TOTAL	mg/L	0.01	Standard Methods 3500 Fe B
SULFATOS	mg/L	10	Standard Methods 4500 SO4 E
CLORO LIBRE	mg/L	0	Standard Methods 4500 Cl
NITRATOS	mg/L	7.5	Standard Methods 4500 NO3 B
MANGANESO	mg/L	0.02	Standard Methods 3500 Mn
DBO ₅	mg/L	0.2	Standard Methods 5210 B
DQO	mg/L	1	Standard Methods 5220
OXIGENO DISUELTO	mg/L	7.4	Standard Methods 4500 O C
SST	mg/L	70	Standard Methods 2540 D
OLOR Y SABOR	Ausentes	Ausentes	
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 ml	0	Filtración por Membrana
COLIFORMES FECALES	UFC/100 ml	0	Filtración por Membrana


CARLOS ALBERTO PATIÑO P.
 Químico

ServiAnalítica Profesional SAS
 NTT. 900 476 024-4
 Dirección calle 12 A N° 8 - 30
 Celular 301 656 6273



ServiAnalítica Profesional SAS

NIT. 900 476 024 -4

Ocaña 16 de Diciembre 2016

RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

MATRIZ DE LA MUESTRA: Agua Potable

TIPO DE MUESTRA: Puntual **LUGAR:** El Carmen – Norte de Santander

TOMADA POR: Mayerly Pedraza – Stephany Palacio

HORA: 9:25 am

FECHA TOMA DE MUESTRA: 13/12/2016

SITIO DE MUESTREO: Punto 1

SOLICITANTE: Mayerly Pedraza – Stephany Palacio

Análisis físicoquímicos y microbiológicos de aguas

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	METODO
POTENCIAL DE H	pH	7,72	Standard Methods 4500 H - B
TURBIEDAD	UNT	3,17	Standard Methods 2130 B
COLOR	UPC	14	Standard Methods 2120 A
ALCALINIDAD	mg/L	152	Standard Methods 2520 A
DUREZA TOTAL	mg/L	120	Standard Methods 2340 C
NITROGENO AMONIAICAL	mg/L	0,02	Standard Methods 4500-NH3
CONDUCTIVIDAD	μ S/cm	203	Standard Methods 2510 A
HIERRO TOTAL	mg/L	0,03	Standard Methods 3500 Fe - B
SULFATOS	mg/L	9	Standard Methods 4500 SO4 E
CLORO LIBRE	mg/L	0	Standard Methods 4500 Cl
NITRATOS	mg/L	8,8	Standard Methods 4500 NO3 B
MANGANESO	mg/L	0,1	Standard Methods 3500 Mn
DBO ₅	mg/L	0,2	Standard Methods 5210 B
DQO	mg/L	1	Standard Methods 5220
OXIGENO DISUELTO	mg/L	7,8	Standard Methods 4500 O C
SST	mg/L	70	Standard Methods 2540 D
OLOR Y SABOR	Ausentes	Ausentes	
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 ml	0	Filtración por Membrana
COLIFORMES FECALES	UFC/100 ml	0	Filtración por Membrana


CARLOS ALBERTO PATIÑO P.
 Químico

ServiAnalítica Profesionales SAS
 NIT 900.476.024-4
 Dirección calle 12 A N° 8 - 30
 Celular 301 656 6273



ServiAnalitica Profesional SAS

NIT. 900 476 024 -4

Ocaña 20 de Enero 2017

RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

MATRIZ DE LA MUESTRA: Agua Potable

TIPO DE MUESTRA: Puntual **LUGAR:** El Carmen – Norte de Santander

TOMADA POR: Mayerly Pedraza – Stephany Palacio

HORA: 8:45 am

FECHA TOMA DE MUESTRA: 16/01/2017

SITIO DE MUESTREO: Punto 1

SOLICITANTE: Mayerly Pedraza – Stephany Palacio

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	METODO
POTENCIAL DE H	pH	7,27	Standard Methods 4500 H + B
TURBIEDAD	UNT	2,45	Standard Methods 210 B
COLOR	UFC	15	Standard Methods 210 A
ALCALINIDAD	mg/L	155	Standard Methods 250 A
DUREZA TOTAL	mg/L	122	Standard Methods 2340 C
NITROGENO AMONIAICAL	mg/L	0,01	Standard Methods 4500-NH3
CONDUCTIVIDAD	μ S/cm	207	Standard Methods 2510 A
HIERRO TOTAL	mg/L	0,02	Standard Methods 3500 Fe B
SULFATOS	mg/L	10	Standard Methods 4500 SO4 E
COLOR LIBRE	mg/L	0	Standard Methods 4500 Cl
NITRATOS	mg/L	8,4	Standard Methods 4500 NO3 B
MANGANESO	mg/L	0,1	Standard Methods 3500 Mn
DBO ₅	mg/L	0,3	Standard Methods 5210 B
DQO	mg/L	2	Standard Methods 5220
OXIGENO DISUELTO	mg/L	7,6	Standard Methods 4500 O C
SST	mg/L	60	Standard Methods 2540 D
OLOR Y SABOR	Ausentes	Ausentes	
COLIFORMESTOTALES	UFC/100 ml	1	Filtración por Membrana
COLIFORMES FECALES	UFC/100 ml	1	Filtración por Membrana

Análisis físicoquímicos y microbiológicos de aguas


CARLOS ALBERTO PATIÑO P.
 Químico

ServiAnalitica Profesionales SAS
 NIT 900.476.024-4
 Dirección calle 12 A N° 8 - 30
 Celular 301 656 6273



ServiAnalitica Profesional SAS

NIT. 900 476 024 -4

Ocaña 16 de Diciembre 2016

RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

MATRIZ DE LA MUESTRA: Agua Potable

TIPO DE MUESTRA: Puntual **LUGAR:** El Carmen – Norte de Santander

TOMADA POR: Mayerly Pedraza – Stephany Palacio

HORA: 9:45 am

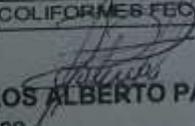
FECHA TOMA DE MUESTRA: 13/12/2016

SITIO DE MUESTREO: Punto 2

SÓLICITANTE: Mayerly Pedraza – Stephany Palacio

Análisis físicoquímicos y microbiológicos de aguas

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	METODO
POTENCIAL DE H	pH	7,79	Standard Methods 4500 H + B
TURBIEDAD	UNT	3,12	Standard Methods 25 D B
COLOR	UPC	15	Standard Methods 250 A
ALCALINIDAD	mg/L	125	Standard Methods 250 A
DUREZA TOTAL	mg/L	122	Standard Methods 2540 C
NITROGENO AMONIAICAL	mg/L	0,03	Standard Methods 4500-NH3
CONDUCTIVIDAD	μ S/cm	201	Standard Methods 25 D A
HIERRO TOTAL	mg/L	0,03	Standard Methods 3500 Fe - B
SULFATOS	mg/L	10	Standard Methods 4500 SO4 E
CLORO LIBRE	mg/L	0	Standard Methods 4500 Cl
NITRATOS	mg/L	7,9	Standard Methods 4500 NO3 B
MANGANESO	mg/L	0,2	Standard Methods 3500 Mn
DBO ₅	mg/L	0,1	Standard Methods 52 D B
DQO	mg/L	2	Standard Methods 5220
OXIGENO DISUELTO	mg/L	7,6	Standard Methods 4500 O C
SST	mg/L	60	Standard Methods 2540 D
OLOR Y SABOR	Ausentes	Ausentes	
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 ml	0	Filtración por Membrana
COLIFORMES FECALES	UFC/100 ml	0	Filtración por Membrana


CARLOS ALBERTO PATIÑO P.
 Químico

ServiAnalitica Profesional SAS
 NIT 900 476 024-4
 Dirección calle 12 A N° 8 - 30
 Celular 301 656 8273



ServiAnalitica Profesional SAS

NIT. 900 476 024 -4

Ocaña 20 de Enero 2017

RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

MATRIZ DE LA MUESTRA: Agua Potable

TIPO DE MUESTRA: Puntual **LUGAR:** El Carmen – Norte de Santander

TOMADA POR: Mayerly Pedraza – Stephany Palacio

HORA: 10:00 am

FECHA TOMA DE MUESTRA: 16/01/2017

SITIO DE MUESTREO: Punto 2

SOLICITANTE: Mayerly Pedraza – Stephany Palacio

Analistas fisicoquimicos y microbiologicos de aguas

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	METODO
POTENCIAL DE H	pH	7,56	Standard Methods 4500 H + B
TURBIEDAD	UNT	2,38	Standard Methods 210 B
COLOR	UPC	13	Standard Methods 210 A
ALCALINIDAD	mg/L	135	Standard Methods 210 A
DUREZA TOTAL	mg/L	125	Standard Methods 2340 C
NITROGENO AMONIAICAL	mg/L	0,01	Standard Methods 4500-NH3
CONDUCTIVIDAD	$\mu\text{S/cm}$	203	Standard Methods 2510 A
HIERRO TOTAL	mg/L	0,01	Standard Methods 3500 Fe B
SULFATOS	mg/L	10	Standard Methods 4500 SO4 E
CLORO LIBRE	mg/L	0	Standard Methods 4500 Cl
NITRATOS	mg/L	7,9	Standard Methods 4500 NO3 B
MANGANESO	mg/L	0,1	Standard Methods 3500 Mn
DBO ₅	mg/L	0,2	Standard Methods 5210 B
DQO	mg/L	1	Standard Methods 5220
OXIGENO DISUELTO	mg/L	7,5	Standard Methods 4500 O C
SST	mg/L	50	Standard Methods 2540 D
OLOR Y SABOR	Ausentes	Ausentes	
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 ml	2	Filtración por Membrana
COLIFORMES FECALES	UFC/100 ml	2	Filtración por Membrana


CARLOS ALBERTO PATIÑO P.
 Químico

ServiAnalitica Profesionales SAS
 NIT 900.476.024-4
 Dirección calle 12 A N° 8 - 30
 Celular 301 658 6273

Apéndice B. Formato de encuesta**ENCUESTA PARA EL CONOCIMIENTO DE LA INFORMACIÓN NECESARIA PARA LLEVAR A CABO EL
DIAGNOSTICO FÍSICO - OPERATIVO DE LA P.T.A.P.**

Fecha _____ Gerente de la empresa _____

- 1) Con cuantos usuarios cuenta actualmente la Unidad de Servicios Públicos?

- 2) En qué estado se encuentra actualmente los componentes de la planta de tratamiento de agua potable. (que se tiene y que hace falta)?

- 3) Cuántos años lleva operando la planta desde su construcción?

- 4) Con que regularidad se efectúan mantenimientos a la red de acueducto y los componentes físicos de la planta?

- 5) Como ha sido a lo largo de los años la continuidad del servicio de agua potable prestado por la Unidad de Servicios?

- 6) Con que cobertura cuenta actualmente el servicio dentro del casco urbano

- 7) Como se realiza la operación de la planta, con cuanto personal se cuenta y que tan aptos son para desempeñar su respectiva labor?

- 8) Con que frecuencia se efectúan monitoreo al caudal de la fuente hidrica, la calidad del agua cruda y la calidad del agua tratada?

ENCUESTA PARA EL CONOCIMIENTO DE LA INFORMACIÓN NECESARIA
PARA LLEVAR A CABO EL DIAGNOSTICO FÍSICO - OPERATIVO DE LA
P.T.A.P.

Fecha 20/01/2017 Gerente de la empresa Diana Patricia Quintero

- 1) Con cuantos usuarios cuenta actualmente la Unidad de Servicios Públicos?
1430 USUARIOS.
- 2) En qué estado se encuentra actualmente los componentes de la planta de tratamiento de agua potable, (que se tiene y que hace falta)?
ade cuados,
- 3) Cuántos años lleva operando la planta desde su construcción?
10 años (22 de Mayo del 2006)
- 4) Con que regularidad se efectúan mantenimientos a la red de acueducto y los componentes físicos de la planta?
En la planta a los filtros dia por medio
- 5) Como ha sido a lo largo de los años la continuidad del servicio de agua potable prestado por la Unidad de Servicios?
Cada 8 horas
- 6) Con que cobertura cuenta actualmente el servicio dentro del casco urbano
90 %
- 7) Como se realiza la operación de la planta, con cuanto personal se cuenta y que tan aptos son para desempeñar su respectiva labor?
cuenta con 1 operario y es apto pa desarrollar su labor
- 8) Con que frecuencia se efectúan monitoreos al caudal de la fuente hídrica, la calidad del agua cruda y la calidad del agua tratada?
El monitoreo se hace de acuerdo al tiempo a las tomas cada 2 o 3 dias, y la calidad es alta para el consumo

Apéndice C. Evidencias fotográficas.



Nota. Las fotos expuestas anteriormente reflejan las condiciones físicas de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de El Carmen Norte de Santander. Fuente. Autores del Proyecto.



Nota. Las fotos evidencian los diferentes puntos de tomas de muestras de agua y su respectivo recipiente. Fuente. Autores del Proyecto.



Nota. La primera foto refleja la captación de la Quebrada El Tigre, dando lugar a la segunda donde se observa la línea de aducción y por último la tercera foto muestra el mecanismo que utilizan para agregar el coagulante y es claro que no es el adecuado y este es proporcionado manualmente. Fuente. Autores del Proyecto (2016).