

**DISEÑO DE LA MEJOR ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN PARA LA
POTABILIZACIÓN DEL AGUA DE ABASTECIMIENTO DOMESTICO DEL
MUNICIPIO DE MANÍ-CASANARE**

Estudiante

DUVAN ARLEY SEGOVIA

C.C. 1118532164

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnológicas y de Ingeniería
Ingeniería Ambiental

2015

**DISEÑO DE LA MEJOR ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN PARA LA
POTABILIZACIÓN DEL AGUA DE ABASTECIMIENTO DOMESTICO DEL
MUNICIPIO DE MANÍ-CASANARE**

Estudiante

DUVAN ARLEY SEGOVIA

C.C. 1118532164

Trabajo de grado presentado para optar por el título de Ingeniero Ambiental

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnológicas y de Ingeniería

Ingeniería Ambiental

2015

RESUMEN

En este trabajo se realizó un diagnóstico de las condiciones actuales del sistema de suministro de agua de abastecimiento en el municipio de Maní (Casanare), para posteriormente proponer la mejor alternativa de suministro, la cual permite satisfacer la demanda de recurso hídrico por parte de la población de este municipio, además de esto se diseñó un manual de operación de la planta cuyo propósito es garantizar una óptima calidad y prestación del servicio. Para realizar lo anteriormente propuesto y expuesto se desarrolló una metodología de investigación y formulación de propuestas basadas en datos tomados de la literatura y de pruebas de campo. El sistema de tratamiento elegido cumple con las políticas nacionales y a la demanda del municipio, diseñado a partir de los parámetros evaluados, las unidades necesarias involucradas en el proceso y finalmente realizando los ajustes necesarios a todo lo propuesto. Después de realizar todos los cálculos y evaluar todos los parámetros se planteó la mejor alternativa tomando como base aspectos económicos y ambientales y se procedió a realizar el manual de operación de la planta.

ABSTRACT

This paper presents a diagnosis of the current conditions of the supply system of water supply in the municipality of Maní (Casanare) to subsequently propose the best alternative supply, which can meet the demand of water resources by the performed population of the municipality, in addition to this manual operation of the plant whose purpose is to ensure optimum quality and the service is designed. To perform the above proposed and discussed a research methodology and formulation of proposals based on data taken from literature and field tests was developed. The treatment chosen system meets national policies and to demand the municipality, designed from the evaluated parameters, the necessary units involved in the process and finally making the necessary adjustments to everything proposed. After performing all calculations and evaluate all parameters raised the best alternative based on economic and environmental aspects and proceeded to perform the manual operation of the plant.

Palabras claves: Planta, Agua potable, parámetros, Manual y fisicoquímicos.

GLOSARIO

Aireador: Dispositivo o equipo que genera una mezcla, o hace circular el aire en el agua.

Análisis físico-químico del agua: Pruebas de laboratorio realizadas a una muestra, cuyo análisis y muestreo, se basa en cada sustancia según su estructura y naturaleza.

Bocatoma: Estructura hidráulica que capta, toma o deriva el agua desde una fuente determinada y la conduce al sistema de acueducto.

Caudal de diseño: Caudal que se estima con el propósito de diseñar la capacidad de los equipos, dispositivos y estructuras del sistema que se va a diseñar.

Coagulantes: Sustancias químicas que reaccionan con la alcalinidad del agua y ocasionan la formación de otras sustancias que contienen partículas coloidales.

Desarenador: Estructura cuya principal función es retener las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, principalmente por sedimentación.

Desinfección: Proceso físico o químico mediante el cual se elimina los contaminantes y patógenos.

Filtración: Proceso de separación mecánica entre un sólido y líquido que se da por la utilización de un material poroso.

Flocs: Conjunto de partículas coloidales formada en el proceso de floculación y que sirve como parámetro para medir la eficiencia de este proceso.

Floculación: Proceso químico que se genera al adicionar floculantes que permiten la aglutinación de partículas en suspensión.

Lodo: Mezcla de partículas líquidas y sólidas.

pH: Permite la medida de la acidez o basicidad de una solución acuosa.

Planta de tratamiento de agua potable PTAP: Obras y equipos integrados sistemáticamente cuyo principal objetivo es servir agua que cumpla con la normativa vigente.

1 TABLA DE CONTENIDO

2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3	JUSTIFICACIÓN	10
4	OBJETIVOS	11
4.1	OBJETIVO GENERAL	11
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
5	MARCO DE REFERENCIA	12
5.1	MARCO TEÓRICO.....	12
5.2	MARCO CONCEPTUAL	13
5.2.1	Plantas de Tratamiento Convencional	13
5.2.2	Plantas de Tratamiento Compactas.....	13
5.2.3	Plantas de Tratamiento Modular.....	13
5.2.4	Bocatoma	13
5.2.5	Desarenador	13
5.2.6	Filtros rápidos	13
5.2.7	Sedimentadores laminares	14
5.2.8	Turbiedad	14
5.2.9	Color	14
5.2.10	Olor y Sabor	14
5.2.11	Temperatura.....	14
5.3	MARCO LEGAL	14
5.3.1	Constitución política.....	14
5.3.2	Recurso agua	15
5.3.3	Servicios públicos	16
6	PROPUESTA METODOLÓGICA.....	17
6.1	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES.....	17
6.1.1	Recopilación de Información	17
6.1.2	Fuentes secundarias	17
6.1.3	Diagnóstico.....	17
6.1.4	Inspección de la PTAP (Planta de Tratamiento de Agua Potable) 17	
6.1.5	Recopilación de información técnica de la PTAP	18
6.1.6	Pruebas hidráulicas	18

6.1.7	Muestreos.....	18
6.1.8	Caracterizaciones fisicoquímicas y microbiológicas	18
6.1.9	Diseño y análisis de alternativas.....	18
7	RESULTADOS.....	19
7.1	FASE I: DIAGNÓSTICO:.....	19
7.1.1	Usuarios, servicio y cobertura del sistema actual de acueducto: .	19
7.1.2	Esquema general de la PTAP:.....	19
7.1.3	Componentes de la planta:.....	20
7.1.4	Caracterización del Afluente:.....	20
7.1.5	Caracterizaciones fisicoquímicas y microbiológicas del Afluente:	21
7.1.6	Inspección de la planta de tratamiento:	23
7.1.7	ASPECTOS OPERATIVOS:.....	23
7.1.8	ASPECTOS TECNICOS: UNIDADES Y DISPOSITIVOS:.....	23
7.1.9	EMPLAZAMIENTO DE UNIDADES:.....	24
7.1.10	OPERACIÓN DE LA PLANTA:.....	24
7.1.11	Recopilación de información técnica de la Planta de Tratamiento de Agua Potable:.....	24
7.1.12	Caracterización del efluente:	24
7.2	FASE II: DISEÑO DE ALTERNATIVAS	26
7.2.1	Cambio de coagulante:.....	26
7.2.2	Optimizar el proceso de operación hidráulica en el Floculador:....	27
7.2.3	Tanque de contacto con Cloro:.....	27
7.2.4	Cálculo de las unidades y rediseños:	27
7.2.5	DOTACIÓN.....	29
7.2.6	DOTACIÓN NETA MÍNIMA Y MÁXIMA.....	29
7.2.7	Dotación neta (RAS, 2000):.....	30
7.2.8	Dotación bruta (RAS, 2000):.....	31
7.2.9	Estimativo de consumo.....	32
7.2.10	Consumo medio diario (Qmd).	32
7.2.11	Consumo máximo diario (Qmaxd).	33
7.2.12	Consumo máximo horario (Q max h).....	34
7.2.13	Coagulación – mezcla rápida:	35
7.2.14	Dimensiones de la canaleta Parshall:	35
7.2.15	Floculador Alabama (Arboleda, 1977):.....	38

7.2.16	Sedimentador (Arboleda, 1977):	39
7.2.17	Filtros:.....	40
7.2.18	Cloración:	41
7.2.19	Descripción de alternativas:	41
7.3	FASE III: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	42
8	CONCLUSIONES	44
9	RECOMENDACIONES	45
10	BIBLIOGRAFÍA.....	46
11	ANEXOS	47

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. ESQUEMA GENERAL DE LA PTAP DE MANÍ – CASANARE	20
FIGURA 2. IMAGEN POZO DE CAPTACIÓN DE LA PTAP	21
FIGURA 3. PANORÁMICA DE LA PTAP	23

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. RESULTADOS DE PRUEBAS FISICOQUÍMICAS REALIZADAS EN EL AFLUENTE. 22	
TABLA 2. RESULTADOS DE PRUEBAS EN CADA UNA DE LAS UNIDADES. FUENTE.....	25
TABLA 3. PORCENTAJES DE REMOCIÓN PARA CADA UNA DE LAS UNIDADES DE LA PTAP PARA LOS PARÁMETROS CRÍTICOS.	26
TABLA 4. POBLACIÓN CENSADA.	27
TABLA 5. NIVEL DE COMPLEJIDAD.	28
TABLA 6. DOTACIÓN NETA SEGÚN EL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA.....	29
TABLA 7. VARIACIÓN A LA DOTACIÓN NETA SEGÚN EL CLIMA Y EL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA.	30
TABLA 8. DOTACIÓN NETA.	31
TABLA 9. DOTACIÓN BRUTA.	32
TABLA 10. CONSUMO MEDIO DIARIO.	32
TABLA 11. TABLA 9. CONSUMO MÁXIMO DIARIO.	33
TABLA 12. TABLA 10. NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA	33
TABLA 13. TABLA 11. CONSUMO MÁXIMO DIARIO	34
TABLA 14. TABLA 12. COEFICIENTE K2.....	34
TABLA 15. TABLA 13. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	43

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad en el municipio de Maní se presenta una situación no deseada en cuanto a la cobertura, calidad y continuidad del servicio de agua potable esto debido a que solo se alcanza un porcentaje de cobertura del 65%. En el área rural se encuentran algunos sistemas de acueductos veredales pero no están operando lo que hace que las personas se tengan que abastecer de fuentes inadecuadas y no aptas para el consumo humano. Además la planta de tratamiento de agua potable no cuenta con la infraestructura, ni tecnología para garantizar a la población agua de buena calidad.

Teniendo en cuenta que el municipio debe acogerse a las normas ambientales impuestas en el país por el ministerio de ambiente y por los retos que implica el desarrollo y crecimiento sostenible de este municipio, se debe planificar la adecuación del tratamiento y capacidad de agua potable que ofrece la planta existente.

3 JUSTIFICACIÓN

Este trabajo se hace partiendo de una realidad manejada por pocos, en contraste con la magnitud del problema que representa que, de las plantas potabilizadoras instaladas en el país, actualmente es evidente que solo pocas están llevando a cabo sus procesos en forma eficiente, a pesar del papel crucial que estas juegan en el desarrollo y la salud de la población. Estas instalaciones de tratamiento, en la gran mayoría de los casos no cumplen con las políticas nacionales (decreto 1575/2007, resolución 2115 y decreto 063 de 2015) y no cubren la demanda requerida.

La actual planta de tratamiento de agua potable del Municipio de Maní no genera el abastecimiento de agua potable en óptimas condiciones para la población, su sistema para la protección y control de la calidad es deficiente. Este sistema de control carece de: monitoreo, prevención, control de los riesgos y estimación de las características fisicoquímicas del agua. Sumado a esto no ofrece una oferta suficiente de agua potable que satisfaga las necesidades del municipio y su población.

Considerando el aspecto técnico y teórico, partiendo de datos reales para el diseño de una planta y el análisis de alternativas para el manejo de la planta de tratamiento de agua potable, se debe presentar un diseño basado en la realidad que existe en campo, en una planta que va a ser diseñada y que deberá ser una alternativa real a los problemas que presenta el municipio para poder contar con este bien tan preciado.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar la mejor alternativa de solución para la potabilización del agua de abastecimiento domestico del municipio de Maní-Casanare

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Realizar un diagnóstico de la planta de tratamiento actual.
- ❖ Elegir el sistema de tratamiento de agua potable acorde a las políticas nacionales y a la demanda del municipio.
- ❖ Dimensionar el sistema para el adecuado tratamiento del agua.
- ❖ Diseñar las unidades involucradas en el proceso de tratamiento de agua potable, las cuales deben garantizar el cumplimiento de calidad de agua para consumo humano de acuerdo con la normatividad vigente y cubrir la demanda del municipio.
- ❖ Elaborar un manual de operación y mantenimiento de la planta que permita una óptima prestación y calidad del servicio.

5 MARCO DE REFERENCIA

5.1 MARCO TEÓRICO

Con el propósito de abastecer a las comunidades de aguas que no contengan patógenos, microorganismos y sustancias que afectan la salud de las personas, estas deben ser tratadas antes de que sean suministradas a las comunidades. Las plantas de tratamiento de agua potable tienen como meta principal cumplir este fin. Esta necesidad de tratar el agua nace al descubrirse que a través de ella podía transmitirse la mortal y altamente contagiosa enfermedad del cólera en 1800 (Gonzales, 2011).

Estas plantas de tratamiento de agua potable se abastecen de fuentes en su gran mayoría naturales, fuentes que pueden ser ríos, quebradas, lagos y lagunas, llamadas fuentes superficiales y siempre son consideradas como contaminadas por parámetros físicos, químicos y biológicos. Estos parámetros permiten deducir el tipo de tratamiento adecuado al tipo de contaminación que tiene el agua, los cuales pueden ser de tipo físico, químico o biológico y permiten la eliminación o reducción de los contaminantes. Estas operaciones tienen como finalidad obtener aguas con características adecuadas a su uso final, por esto se deben combinar procesos en función tanto de las propiedades de las aguas de abastecimiento como de su finalidad. Las plantas de tratamiento centran su aplicación y esfuerzo en las aguas para el consumo humano y animal, organizando y combinando tratamientos de potabilización que permitan obtener altos estándares en la calidad del agua que se va a suministrar.

Desde su establecimiento como localidad el Municipio de Maní nunca ha contado con una planta de tratamiento de agua potable eficiente y con la tecnología, que satisfaga las necesidades de la población y brinde un servicio eficaz (Montoya, 2012), solo cuenta con soluciones individuales para el suministro de agua apta para el consumo humano en sus veredas y casco urbano, soluciones suministradas por las diferentes administraciones locales y por el gobierno nacional.

5.2 MARCO CONCEPTUAL

5.2.1 Plantas de Tratamiento Convencional

Integración de sistemas de tratamiento compuesto por todos los procesos involucrados en la potabilización.

5.2.2 Plantas de Tratamiento Compactas

Plantas que introducen al pre-tratamiento que se le da al agua aspectos físicos y químicos.

5.2.3 Plantas de Tratamiento Modular

Plantas cuya principal característica es la integración de todos los procesos necesarios para llevar a cabo la potabilización, fácil implementación y posibilidad de ampliación.

5.2.4 Bocatoma

Es un mecanismo que se encarga de recolectar agua de una fuente natural. Según la ras (2000) “es una estructura hidráulica que capta el agua desde una fuente superficial y la conduce al sistema de acueducto”.

5.2.5 Desarenador

“Es una estructura diseñada para la remoción de partículas en suplección por la acción de la gravedad” (López, 1997).

5.2.6 Filtros rápidos

Según López (1997) los filtros remueven el material suspendido, debido en la práctica como turbiedad, compuesto con floc, suelos, metales oxidados y microorganismos.

5.2.7 Sedimentadores laminares

Son estructuras poco profundas, formadas por tubos circulares, cuadrados, octagonales o sucesión de láminas paralelas para lograr periodos de retención muy pequeñas.

5.2.8 Turbiedad

Presencia de partículas en suspensión en el agua a tratar.

5.2.9 Color

Presencia de sustancias en solución que hacen cambiar las características químicas y físicas del agua a tratar.

5.2.10 Olor y Sabor

Cambios en las características y propiedades del agua causados por agentes externos (crecimiento bacteriano, tratamientos químicos y actividades industriales).

5.2.11 Temperatura

Parámetro físico para la caracterización de aguas.

5.3 MARCO LEGAL

Las disposiciones legales nacionales aplicables al proyecto son las siguientes:

5.3.1 Constitución política

Artículo 366. El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable.

Artículo 367. La ley fijará las competencias y responsabilidades relativas a la prestación de los servicios públicos domiciliarios, su cobertura, calidad y financiación, y el régimen tarifario que tendrá en cuenta además de los criterios de costos, los de solidaridad y redistribución de ingresos. Los servicios públicos domiciliarios se prestarán directamente por cada municipio cuando las características técnicas y económicas del servicio y las conveniencias generales lo permitan y aconsejen, y los departamentos cumplirán funciones de apoyo y coordinación. La ley determinará las entidades competentes para fijar las tarifas.

Artículo 370. Corresponde al Presidente de la República señalar, con sujeción a la ley, las políticas generales de administración y control de eficiencia de los servicios públicos domiciliarios y ejercer por medio de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, el control, la inspección y vigilancia de las entidades que los presten.

5.3.2 Recurso agua

Decreto 063 de 2015. Por el cual se reglamentan las particularidades para la implementación de Asociaciones Público Privadas en el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

Resolución 2115 de 2007. Resolución del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

Decreto 1575 de 2007. Decreto del Ministerio de Protección Social por el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano. Decreto 1541 de 1978. Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973. Decreto 3930 de 2010. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

Decreto 4742 de 2005. Por el cual se modifica el artículo 12 del Decreto 155 de 2004 mediante el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas.

Decreto 155 de 2004. Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones.

Resolución 240 de 2004. Por la cual se definen las bases para el cálculo de la depreciación y se establece la tarifa mínima de la tasa por utilización de aguas Ley 9 de 1979. Por la cual se dictan Medidas Sanitarias. RAS – 2000.

Ley 373 de 1997. Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Modificada por la Ley 812 de 2003, publicada en el Diario Oficial No. 45.231, de 27 de junio de 2003, "Por la cual se aprueba el Plan Nacional de Desarrollo 2003-2006, hacia un Estado comunitario".

5.3.3 Servicios públicos

Ley 142 de 1994. Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. Ley 715 de 2001. Por la cual se dictan normas orgánicas en materia de recursos y competencias de conformidad con los artículos 151, 288, 356 y 357 (Acto Legislativo 01 de 2001) de la Constitución Política y se dictan otras disposiciones para organizar la prestación de los servicios de educación y salud, entre otros.

Ley 99 de 1993: Creación del ministerio del medio ambiente y reorganización del sector público encargado del manejo del medio ambiente. Resolución 2320 de 2009, Ministerio De Ambiente Vivienda Y Desarrollo Territorial: Por la cual se modifica parcialmente la Resolución número 1096 de 2000 que adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS.

6 PROPUESTA METODOLÓGICA

Para el desarrollo de este proyecto la propuesta metodológica que se empleó fue la investigación cuantitativa. El proyecto tuvo una naturaleza descriptiva y contempló recopilación de datos de campo a través de estudios, laboratorios y/o medición directa de los parámetros de calidad de agua, tales como la turbiedad, color, olor y sabor y temperatura.

6.1 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

Se recopiló la información en planeación y se obtuvieron los documentos de interés para poder llevar a cabo este proyecto.

6.1.1 Recopilación de Información

Fuentes primarias: planta de tratamiento, plan de ordenamiento territorial del municipio de Maní (Casanare), normativa legal nacional vigente, planes de saneamiento y manejo de vertimientos y visita a posibles fuentes de abastecimiento.

6.1.2 Fuentes secundarias

Artículos publicados en revistas científicas y recursos electrónicos.

6.1.3 Diagnóstico

Mediante visita a la planta de tratamiento y desarrollo de las siguientes actividades:

6.1.4 Inspección de la PTAP (Planta de Tratamiento de Agua Potable)

Revisión de dimensiones, materiales, estado de las unidades componentes de la PTAP, observación de eventos no comunes en el agua (turbulencias, elementos flotantes, entre otros), correcto funcionamiento de las unidades, ubicación y demás condiciones que influyan sobre la PTAP.

6.1.5 Recopilación de información técnica de la PTAP

Desarrollo de un estudio del diseño actual de la planta, teniendo en cuenta los planos e información adicional (memorias de cálculo), compilación de datos poblacionales actuales y cálculo de la población futura, además de las instalaciones de seguridad.

6.1.6 Pruebas hidráulicas

Evaluación de las unidades que componen la planta y características de funcionamiento, con el fin de identificar problemas de construcción/operación de las mismas.

6.1.7 Muestras

Recolección de muestras representativas tanto en la fuente superficial de la cual se abastece el municipio como del efluente de la PTAP.

6.1.8 Caracterizaciones fisicoquímicas y microbiológicas

Realización de pruebas de laboratorio a las muestras recolectadas.

6.1.9 Diseño y análisis de alternativas

Se realizaron diseños del sistema de tratamiento para el agua potable del municipio, basados en los resultados de las caracterizaciones realizadas además del cumplimiento de los estándares de calidad mencionados en la normatividad vigente y la determinación de las unidades a implementar. Posteriormente a partir del diseño realizado para el tratamiento de agua potable se elegirá el diseño económicamente viable y ambientalmente sostenible.

7 RESULTADOS

7.1 FASE I: DIAGNÓSTICO:

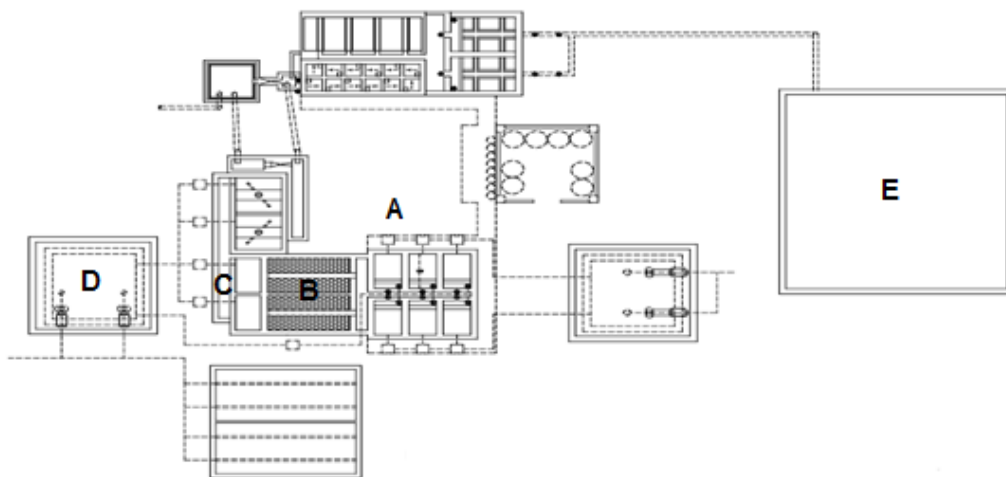
7.1.1 Usuarios, servicio y cobertura del sistema actual de acueducto:

Con una población urbana de 7.461 habitantes y según la Oficina Asesora de Planeación, para el año 2012 existen 2.321 viviendas en el área urbana con una cobertura de acueducto del 51%, es decir 1184 viviendas conectadas¹.

Mediante la realización de visitas periódicas a la planta de tratamiento del municipio se identificaron las falencias de esta, al mismo tiempo que se procedió a realizar las caracterizaciones del afluente y del efluente, y la recopilación e interpretación de información referente a la investigación desarrollada:

- Plan básico de ordenamiento territorial.
- Análisis fisicoquímicos y bacteriológicos.
- Planos de la planta de tratamiento existente.

7.1.2 Esquema general de la PTAP:



¹ Camacho, P (Alcaldesa Municipal). Plan de Desarrollo Municipal de Maní 2012-2015. Colombia. Alcaldía de Maní: Casanare. 2012. 37p.

Figura 1. Esquema general de la PTAP de Maní – Casanare. Fuente: autor

7.1.3 Componentes de la planta:

FLOCULADOR (A)

Tiene una largo de 20,60 y ancho de 7m y 41 placa

SEDIMENTADOR DE ALTA TAZA TIPO COLMENA (B)

Tiene de largo 20,10m y ancho 4,89 m en la entrada y la salida tiene válvulas de 10".

FILTROS RÁPIDOS (C)

Tiene de largo 11,8 m y de ancho 4,55m en la entrada y la salida válvulas de cierre de 10".

VÁLVULAS DE CIERRE (D)

Municipio de Maní tiene válvulas de cierre de 10", instalados a la entrada de la planta de tratamiento de agua potable y a salida de los tanques cuando va a la red de distribución.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO (E)

El Tanque de almacenamiento fue construido alrededor de hace 8 años en concreto reforzado, se encuentra semienterrado en un terreno estable, está en buenas condiciones de servicio.

El tanque tiene capacidad para almacenar 1000 m³ de agua, sus dimensiones son 10 m de ancho por 10 m de largo por 2.50 m de profundidad. El tiempo de vaciado es de alrededor de 8 minutos, mientras que el tiempo de llenado es del orden de una hora. A la salida se encuentran dos tuberías de 4" en PVC, con válvulas de cierre las cuales están reguladas.

7.1.4 Caracterización del Afluente:

Esta caracterización del afluente se llevó a cabo en el pozo que es actualmente la fuente de abastecimiento de la población urbana del municipio de Maní (Casanare). Este Pozo tiene una profundidad de 260 m, es la principal fuente de abastecimiento, autorizado por CORPORINOQUIA por medio de la Concesión de Aguas para abastecimiento de agua del Municipio de Maní - Casanare,

otorgada mediante resolución N° 200.41.10 - 0026 del 13 de Enero de 2010, por un término de 10 años y un caudal permitido de 25 l/s. Esta captación se realiza por medio de una bomba electro sumergible, de 30.0 hp, que impulsa el agua a la PTAP, por medio de una tubería de PVC de 6”.



Figura 2. Imagen pozo de captación de la PTAP. Fuente: autor

7.1.5 Caracterizaciones fisicoquímicas y microbiológicas del Afluente: Protocolo de muestra (Anexo C):

Debido a que el caudal es el parámetro que nos permite conocer el número de muestras a analizar se determinó que como no existe una variación del caudal (debidamente impermeabilizado) que conlleve a cambios de los diferentes parámetros a analizar, solo una muestra es representativa del efluente. Con el fin de confirmar si el agua captada posee las características exigidas por la norma para su tratamiento y posterior consumo, se obtuvieron los resultados de la muestra tomadas que se presentan en la siguiente tabla, además de ello se relacionó con la resolución 2115/07 con el fin de reconocer los tratamientos necesarios para esta agua captada.

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO	TÉCNICA	Valor máximo	Artículo 38 - 39
Cloruros	8,9	Mg Cl/L	SM 4500 CI-B	Tutulometría	250	250
Color real	4,0	UPC	HACH 8025	Espectrofotométrico	75,0	15

Conductividad	5,9	USIEMENS/CM	SM251 OB	Electrométrico	-	15
Dureza total	6,0	mg CaCO ₃ /L	SM 2340 C	Titulación con EDTA	-	300
Alcalinidad total	14	mg CaCO ₃ /L	SM 2340 C	Titulación con EDTA	-	200
Fosfatos	0,57	mg PO ₄ ⁻³ /L	HACH	Espectrofotométrico	-	0,50
Hierro total	0,32	mg Fe/L	HACH 8008	Espectrofotométrico		0,3
Nitratos	1	mg NO ₃ /L	HACH 8192	Espectrofotométrico	10	10
Nitritos	<0,085	mg NO ₂ /L	ZAMBEL LI	Espectrofotométrico	1	0,1
pH	8,21	UNIDADES DE PH	SM 4500-H ⁻ B	Electrométrico	5,0-9,0	6,5-9
Sulfatos	<2,0	mg SO ₄ ²⁻ /L	HACH 8051	Espectrofotométrico	400	250
Calcio	50	mg CaCO ₃ /	SM 2550 B	Directo	-	60
Turbiedad	0,58	N.T.U	SM 2130 B	Nefelométrico	10	2
Coliformes totales	333*10 ¹	UFC/100 MI	SM 9222	Filtración por membrana	20000	0
Coliformes fecales	130*10 ¹	UFC/100 MI	SM 9223	Filtración por membrana	20000	0

Tabla 1. Resultados de pruebas fisicoquímicas realizadas en el afluente. Fuente. Autor.2015

*Aunque el decreto 1594/84 ha sido derogado por el decreto 3930 /2010 y no se han establecido valores máximos permisibles en cuanto a agua superficial, los artículos mencionados del decreto 1594 siguen en vigencia.

De los valores obtenidos se puede reconocer que uno de los parámetros críticos a disminuir son fosfatos, Coliformes totales y E.Coli ya que sus valores son mayores a los permisibles, además de esto se pudo observar que los valores de pH, turbiedad, alcalinidad, dureza y nitratos aumentaron en condiciones de precipitación continua. Con los datos mencionados se identifica la buena calidad que tiene esta fuente de agua, por lo cual requiere un tratamiento que incluya desinfección (cloración) ya que los coliformes totales se disminuyen en mayor medida a través de este procedimiento.

7.1.6 Inspección de la planta de tratamiento:

Mediante la inspección a la planta se definieron los siguientes hallazgos a mejorar:



Figura 3. Panorámica de la PTAP. Fuente: autor

7.1.7 ASPECTOS OPERATIVOS:

- Falta de un operario de tiempo completo (permanente) en la planta de tratamiento de agua potable, lo que puede estar generando problemas en los procesos operativos de la planta.

7.1.8 ASPECTOS TECNICOS: UNIDADES Y DISPOSITIVOS:

- Los dosificadores funcionan por temporadas ya que la mayoría del tiempo de operación de la planta permanecen taponados por el coagulante.
- No se encuentran en funcionamiento las unidades de filtración adicional.

7.1.9 EMPLAZAMIENTO DE UNIDADES:

- En la canaleta de entrada a la planta se dosifican: Sulfato de Aluminio tipo B, hipoclorito de calcio y Cal.
- El punto de aplicación del coagulante no es el correcto, debido que en esta zona no se presenta una mezcla rápida del mismo, además de esto la mezcla con los demás químicos (hipocloritos y cal clorada) que se aplican puede influir en la eficiencia del coagulante.
- Turbulencias en las cámaras de floculación que indican posibles conexiones entre ellas.
- La cámara anterior al sedimentador no cumple una función dentro del tratamiento y puede generar rompimiento de los flocs.

7.1.10 OPERACIÓN DE LA PLANTA:

- Por observación directa no se evidenció la formación de flocs durante el tratamiento.
- Únicamente se cuenta con un operario para la planta y su permanencia en la planta no es constante durante los procesos operativos de esta.

7.1.11 Recopilación de información técnica de la Planta de Tratamiento de Agua Potable:

Con la ayuda del personal de la empresa de servicios públicos del municipio se pudo realizar un compendio de la información referente al rediseño de la PTAP del municipio, con base en ello se apreció que aunque se contó con los datos básicos, algunos de ellos no son confiables tales como: la tasa de crecimiento poblacional, los porcentajes de remoción y el diseño de las unidades en función de los parámetros más críticos a disminuir, la velocidad con la que trabajan los codos del floculador no se encuentra dentro del rango establecido según el RAS 2000.

7.1.12 Caracterización del efluente:

Realizando aforos al caudal de entrada y salida de la planta, se tiene que esta recibe en la canaleta Parshall 22,5 L/s y en el tanque de almacenamiento 20 L/s,

estos datos representan una pérdida de caudal general del 5,9% dentro de la PTAP. Se analizaron 3 muestras (3 réplicas a la entrada/salida de cada una de las unidades) obteniendo de esto 3 resultados que se promediaron, con base en esta información se generaron los siguientes resultados:

Muestra	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Turbiedad (N.T.U)	Fosfatos (mg PO ₄ ⁻³ /L)	Alcalinidad (mg CaCO ₃ /L)
Entrada a la PTAP	6	0,58	0,57	14
Entrada al Floculador	6,12	0,58	0,57	14
Salida del Floculador	6,12	0,58	0,57	13,8
Salida del Sedimentador	5,3	0,35	0,57	13,3
Salida del Filtro I	5,3	0,25	0,57	13,3
Salida del Filtro II	5,3	0,08	0,57	13,3

Tabla 2. Resultados de pruebas en cada una de las unidades. Fuente. Autor.2015

Para E. Coli (método de sustrato definido) se obtuvieron valores de 15UFC/100cm³ para los coliformes totales y 0 UFC/100cm³ para E.Coli, con estos resultados se encuentra que la PTAP no cumple con el parámetro coliformes totales. Además la alcalinidad y la dureza aumentan al llegar a la salida de la canaleta Parshall, esto debido a la adición de CAL que se hace al inicio del tratamiento. A continuación se muestra la eficiencia en la operación de las unidades de la PTAP:

Porcentaje de remoción en	Floculador	Sedimentador	Filtro I	Filtro II
Dureza	0%	11,8%	0%	0%
Turbiedad	0%	0%	0%	0%
Fosfatos	12%	0%	0%	0%
Alcalinidad	7.8%	2.3%	0%	0%
REMOCIÓN PTAP GENERAL DE				

E.Coli	100%
Coliformes totales	93.5%

Tabla 3. Porcentajes de remoción para cada una de las unidades de la PTAP para los parámetros críticos. Fuente. Autor.2015

La planta en general cumple con la remoción o disminución de los parámetros críticos (E. coli y coliformes totales), aunque los parámetros de remoción no son altos. La PTAP realiza un tratamiento que satisface la mayoría de parámetros exigidos por la normatividad (20.000 UFC/100ml de la Resolución 2115/07).

7.2 FASE II: DISEÑO DE ALTERNATIVAS

Tomando como base las pruebas hidráulicas, fisicoquímicas y microbiológicas, además de la revisión bibliográfica realizada; se proponen las siguientes alternativas las cuales van a ser analizadas posteriormente y se escogerá la más viable para el Municipio:

7.2.1 Cambio de coagulante:

Con las pruebas realizadas se evidenció que el pH de la fuente varía en el rango de las 8 unidades. Resultados obtenidos con el uso del sulfato férrico demuestran una mayor formación de flocs y disminución de fosfatos lo que lleva a un aumento en la eficiencia de este proceso. Para esto se realizaron 3 pruebas de jarras, una cada 8 días, para el coagulante sulfato de Aluminio Tipo B, los flocs formados con este coagulante no son tan grandes y toman más tiempo en formarse que los flocs formados con el sulfato férrico. Unido a esto se encontró que, según el rango de pH, para que el sulfato de aluminio genere una óptima coagulación debe estar entre 6.5 a 7.5 unidades aproximadamente y el agua a tratar en la planta tiene un pH alrededor de las 8 unidades. Posterior a las pruebas realizadas y análisis de las mismas se plantea y sugiere cambiar el coagulante por Sulfato férrico, utilizando una concentración de 5,0mg/l; debido a que el rango de pH para una óptima coagulación está en un rango más amplio, de 5.5 a 9 unidades.

7.2.2 Optimizar el proceso de operación hidráulica en el Floculador:

Estos problemas operativos se deben a la conexión errada en las cámaras del floculador (primera y última), se logró identificar una conexión errónea en las tuberías de desfogue de lodos, lo que genera el paso de material tratado entre cámaras reduciendo la efectividad de este proceso, por lo anteriormente expuesto se propone interrumpir el paso de agua en la tubería de desfogue durante la operación del Floculador.

7.2.3 Tanque de contacto con Cloro:

Actualmente al iniciar en el proceso en la PTAP se está dosificando el desinfectante, esta dosificación inadecuada está generando ineficacia en este proceso y falencias en los procesos reactivos debido a la cal que se le aplica al mismo tiempo que el desinfectante. Esta unidad es indispensable en la PTAP y su ausencia genera los problemas ya mencionados.

7.2.4 Cálculo de las unidades y rediseños:

A continuación se muestran los cálculos para cada una de las unidades y se verifican los diseños actuales de la PTAP, todo esto tomando como población de diseño la población del Municipio de Maní (Montoya, 2009):

Año del censo poblacional	1993	2005
Población urbana	3892	6838
Población rural	4830	3655
Población total	8722	10493

Tabla 4. Población censada. Fuente: Datos censo DANE 2003-2005.

Proyección de población:

Población inicial: 6838 habitantes (2005)

Año proyectado: 2030

Teniendo en cuenta lo especificado en el numeral B.2.2. Del Reglamento de Agua Y Saneamiento Básico, versión 2000, (RAS/00), "ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN", se Utilizará el método aritmético porque este se ajusta al comportamiento histórico de la población y supone un crecimiento anual de la

población, además de que no requiere tantos censos poblacionales para valorar la población futura en este municipio, además de ser recomendado para poblaciones de nivel bajo, medio y medio alto.

Población futura a 25 años por el método de Crecimiento Aritmético. A partir de la siguiente fórmula, Donde,

P_f = Población del año que se quiere proyectar (hab)

P_{uc} = Población del último año censado (hab)

P_{ci} = Población del censo inicial (hab)

T_{uc} = Año del último censo

T_{ci} = Año del censo inicial

T_f = Año al cual se quiere proyectar la información

Reemplazando,

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} (T_f - T_{uc})$$

Análisis del caudal de diseño (Arboleda, 1977):

Nivel de complejidad del casco urbano del municipio de Maní – Casanare:

Nivel de Complejidad	Población en la Zona Urbana ^[1] [habitantes]	Capacidad Económica de los Usuarios ^[2]
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

Tabla 5. Nivel de complejidad. Fuente: RAS 2000

Notas: ^[1] Proyectado al período de diseño, incluida la población flotante.

[2] Incluye la capacidad económica de población flotante. Debe ser evaluada según metodología del DNP. Tomado del RAS 2000.

La población en la zona urbana proyectada al período de diseño, incluida la población flotante [Población de Diseño = 15658 habitantes], el proyecto se clasifica en el Nivel de Complejidad Medio Alto.

7.2.5 DOTACIÓN

La Resolución 2320 del 27 de noviembre del 2009, establece las dotaciones mínimas y máximas para los climas cálidos, templados y fríos. La dotación residencial para el sistema de acueducto del Municipio de Maní es del orden de 87L/s hab-día. Este es ajustado a lo establecido por la resolución anteriormente nombrada a la máxima permitida la cual es de 135 L/s hab- día para poblaciones con clima cálido.

7.2.6 DOTACIÓN NETA MÍNIMA Y MÁXIMA

La dotación neta depende del nivel de complejidad del sistema y sus valores mínimo y máximo se establecen de acuerdo con la tabla B.2.2 (RAS, 2000).

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta mínima (L/hab-día)	Dotación neta máxima (L/hab-día)
Bajo	100	150
Medio	120	175
Medio alto	130	-
Alto	150	-

Tabla 6. Dotación neta según el Nivel de Complejidad del Sistema. Fuente: RAS 2000

7.2.6.1 Efecto del clima en la dotación neta

7.2.6.2 El clima predominante en el municipio variaría, por lo tanto el diseñador puede variar la dotación neta establecida anteriormente teniendo en cuenta la tabla 11 B.2.3 (RAS, 2000).

Nivel de complejidad del sistema	Clima cálido (Más de 28°C)	Clima templado (Entre 20°C y 28°C)	Clima frío (Menos de 20°C)
Bajo	+ 15 %	+ 10%	No se admite Corrección por clima
Medio	+ 15 %	+ 10 %	
Medio alto	+ 20 %	+ 15 %	
Alto	+ 20 %	+ 15 %	

Tabla 7. Variación a la dotación neta según el clima y el nivel de complejidad del sistema. Fuente: RAS 2000

7.2.7 Dotación neta (RAS, 2000):

Uso residencial se tomó de número de personas que se encuentran inscritas en la empresa de servicios públicos de Maní (Casanare).

Uso comercial e industrial se determinó de encuestas realizadas en el municipio

Uso institucional y público se determinó del número de colegios y hospitales que actualmente usan el servicio de agua potable.

Los resultados obtenidos en la dotación neta se tomaron de las encuestas realizadas en el municipio de Maní (Casanare).

Dotación Neta	
Uso	Cantidad (L/hab-día)
Residencial	87 (L/hab-día)

Comercial e Industrial	28 (L/hab-día)
Institucional y Publico	35 (L/hab-día)
Total:	150 (L/hab-día)

Tabla 8. Dotación neta. Fuente: Autor

Se determinó una dotación neta de 150 (L/hab-día).

7.2.8 Dotación bruta (RAS, 2000):

- Pérdidas en la aducción (agua cruda): El nivel de pérdidas en la aducción debe ser inferior al 5%.
- Necesidades de la planta de tratamiento: Debe considerarse entre 3% y 5% del caudal medio diario para atender las necesidades de lavado de la planta de tratamiento.
- Pérdidas en la conducción (agua tratada): El nivel de pérdidas en la conducción debe estar después de la planta de tratamiento y antes del comienzo de la red de distribución. Esta total debe ser un porcentaje del caudal medio diario y el cual debe ser inferior al 5%.
- Pérdidas técnicas en el sistema de acueducto: Es la diferencia entre el volumen de agua tratada y medida a la salida de la planta de tratamiento de agua potable y el volumen entregado a la población del municipio de Maní.

Población de diseño	15658	Hab.	(casco urbano)
Nivel de complejidad	Medio alto		
Dotación neta	150	Lt-Hab.-día	

Temperatura media del ambiente	25	°C	
Porcentaje de pérdidas técnicas	25	%	(adoptado)
Porcentaje de pérdidas por aducción	5	%	(adoptado)
Porcentaje consumo necesidades PTAP	5	%	(adoptado)
Porcentaje de pérdidas por conducción	3	%	(adoptado)
Dotación bruta	42	Lt-Hab.-día	

Tabla 9. Dotación bruta. Fuente: Autor

La dotación bruta es de 242 (L/hab-día).

7.2.9 Estimativo de consumo

El municipio no cuenta con micro medidor. Por esta razón no se puede obtener información contundente de la tendencia de consumo de agua. El consumo varía de un punto a otro ya que depende de factores importantes como el clima, el nivel de vida, calidad y recurso del agua, presión del sistema de distribución promedio de suscriptores etc.

7.2.10 Consumo medio diario (Q_{md}).

Es el caudal promedio registrado durante un año y permite la estimación del caudal máximo diario (RAS, 2000).

Dotación Neta	150 L/hab-dia
Población	17806habitantes
Q_{md}	27.17L/S

Tabla 10. Consumo medio diario. Fuente: Autor

Consumo medio diario = 27,17 L/s

7.2.11 Consumo máximo diario ($Q_{\max d}$).

Según la norma del Ministerio de Obras Públicas (MOP) en la división de agua potable y saneamiento básico se asume un $k_1=1.2$ para poblaciones mayores de 12.500 habitantes.

El municipio no cuenta con datos fijos ni registros de consumo medios diarios porque no hay medidores (Montoya, 2009).

K_1	1.2 asumido
$Q_{\max diario}$	27,17L/s

Tabla 11. Tabla 9. Consumo máximo diario. Fuente: Autor

El coeficiente de consumo máximo diario, $k_1= 1.20$, se obtiene de la relación entre el mayor consumo diario y el consumo medio diario, utilizando los datos registrados en un período mínimo de un año (RAS, 2000).

Nivel de complejidad del sistema	Coeficiente de consumo máximo diario - k_1
Bajo	1.30
Medio	1.30
Medio alto	1.20
Alto	1.20

Tabla 12. Tabla 10. Nivel de complejidad del sistema. Fuente: RAS 2000

El coeficiente de consumo, $k_1=1.20$, depende del nivel de complejidad del sistema como se establece en la tabla B.2.5. Con el k_1 se procedió a calcular el consumo máximo diario y se obtuvo un 27,17L/s

7.2.12 Consumo máximo horario (Q max h)

Es la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo (López, 2011).

Caudal medio diario:	30,9	L/s
Coeficiente de consumo máximo diario:	1,20	-
Coeficiente de consumo máximo horario:	1,50	-
Caudal máximo horario:	55,6	L/s

Tabla 13. Tabla 11. Consumo máximo diario. Fuente: Autor

El coeficiente consumo máximo horario se calcula con relación al consumo máximo diario, $k_2=1.50$, para el caso de ampliaciones de sistema de acueducto.

En acueductos nuevos, el coeficiente de consumo máximo horario con relación al consumo máximo diario, k_2 , es función del nivel de complejidad del sistema y el tipo de red de distribución, según se establece en la tabla B.2.6 (RAS, 2000).

Nivel de complejidad del sistema	Red menor de distribución	Red secundaria	Red matriz
Bajo	1.60	-	-
Medio	1.60	1.50	-
Medio alto	1.50	1.45	1.40
Alto	1.50	1.45	1.40

Tabla 14. Tabla 12. Coeficiente K2. Fuente: RAS 2000

Se realizó el cálculo para el caudal máximo horario multiplicando el caudal máximo diario por el $k_1=1.20$ y $k_2=1.50$ y el resultado obtenido es 55,6 L/s.

Caudal de diseño = 27,2 L/s

El cálculo que se realizó para el diseño de la planta de tratamiento arroja el resultado de un caudal de diseño de 27,2 L/s (año 2005), si se compara con el cálculo actual 22,5L/s, se observa una diferencia de 4,7 L/s, esto causado por las modificaciones en el RAS 2000 y la Resolución 2320/09. Al manejar un caudal mayor (27,2L/s) al caudal diseñado (22.5L/s) no existe ningún inconveniente con las dimensiones de las unidades propuestas aquí, ya que se podría tomar un porcentaje de sobredimensionamiento del 40%, pero es necesario disminuir el caudal captado ya que no se estaría cumpliendo con la resolución 2320/09.

A continuación se realiza el cálculo para cada de las unidades teniendo en cuenta el caudal de 27,2 L/s:

7.2.13 Coagulación – mezcla rápida:

Se identificó que los cálculos realizados para el diseño actual de la canaleta Parshall no cumplen con el número de Froude ni con la velocidad establecida en el RAS 2000, a continuación se describen las modificaciones que se deben realizar:

- Resalto hidráulico (RAS, 2000): Deben tenerse en cuenta los siguientes parámetros:
- La velocidad mínima en la garganta debe ser mayor de 2 m/s.
- La velocidad mínima del efluente debe ser aproximadamente 0.75 m/s.
- El resalto no debe ser oscilante; es decir que el número de Froude (Fr) no debe estar entre 2.5 y 4.5.
- El número de Froude debe estar entre 1.7 y 2.5 o entre 4.5 y 9.0.
- H_a/w debe estar entre 0.4 y 0.8. Donde H_a es la altura del agua y w es el ancho de la canaleta.

Debe disponerse de un dispositivo aguas abajo con el fin de controlar la posición del resalto hidráulico.

7.2.14 Dimensiones de la canaleta Parshall:

A: Longitud diagonal convergente, 45,7cm

B: Longitud sección convergente, 45,7cm

C: Ancho divergente, 17,8cm

D: Ancho convergente, 25,9cm

E: Altura convergente, 38,1cm

F: Longitud garganta, 15,2cm

G': Longitud verdadera divergente, 30,5cm

K: Diferencia de altura entre la entrada y la salida, 2,5cm

N: Diferencia de altura entre entrada y punto más bajo resalto, 5,7cm

Teniendo en cuenta las dimensiones, la ecuación es:

1,547 1765 1 Q 0. h Donde: Q = caudal = 0.0035 m³ /seg

W = ancho de la garganta = 0.152m

h_1 = altura de la lamina del agua a la entrada de la canaleta = 0,08m

Ancho de la canaleta en la sección de medida (D''):

$$D'' = \frac{2}{3}(D - W) + W = \frac{2}{3}(0,403m - 0,152m) + 0,152m = 0,319m$$

Velocidad en la sección D'':

$$V_1 = \frac{Q}{D'' * h_1} = \frac{27,2 * 10^{-3} m^3/s}{0,319m * 0,08m} = 1,07 m/s$$

Carga hidráulica disponible o energía específica (E1) en la sección de medición:

$$E_1 = \frac{v_1^2}{2g} * h_1 + N = \frac{\left(1,07 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * \frac{9,8m}{s^2}} * 0,08m + 0,114m = 0,12m$$

Velocidad del agua antes del resalto $E_2 = E_1$ donde de Bernoulli:

$$E_2 = \frac{v_2^2}{2g} * h_2 + N; \text{ Donde: } \frac{v_2^2}{2g} * h_2 + \frac{Q}{W * v_2} = 0,12m$$

$$V_2^3 - 2,4V_2 = -3,5$$

$$V_2 = 2,03m/s$$

Altura del agua antes del resalto:

$$h_2 = \frac{Q}{W * V_2} = 0,09m$$

Numero de Froude:

$$F = \frac{V_2}{\sqrt{h_2 * g}} = 2,2$$

Altura conjugada:

$$h_3 = \frac{h_2}{2} (\sqrt{1 + 8F^2} - 1) = 0,24m$$

Tirante a la salida o altura del agua al comienzo de la sección divergente:

$$h_4 = h_3 - (N - K) = 0,2m$$

Extensión del resalto (L):

$$L = h_3 - h_2 = 0,11m$$

Velocidad de salida del resalto (V_3):

$$V_3 = \frac{Q}{W * h_3} = \frac{1,6m}{s}$$

Energía específica o carga hidráulica disponible a la salida (E_3):

$$E_3 = \frac{V_3^2}{2g} * h_3 = 0,03m$$

Pérdida de carga (h_f):

$$h_f = h_1 + N - h_3 = 0,046m$$

Grado de sumergencia (S)

$$s = (h_3 - N)/h_1 = 1,6$$

Velocidad en la sección de salida (V_4):

$$V_4 = \frac{Q}{C * h_4} = \frac{0,35m}{s}$$

7.2.15 Floculador Alabama (Arboleda, 1977):

Parámetros de diseño (RAS, 2000):

Número de cámaras: Se recomienda un número mínimo de 8 cámaras.

Velocidad en el codo: En los codos la velocidad debe estar entre 0.4 m/s y 0.2 m/s.

El gradiente de velocidad debe estar entre 20 s^{-1} y 70 s^{-1} de acuerdo con la obtenida en la prueba de jarras y el tiempo de detención entre 20 y 40 minutos, debe determinarse de acuerdo con las pérdidas hidráulicas.

Tiempo de retención: Teniendo en cuenta que las dimensiones actuales de las cámaras son: Ancho: 0,65m, Largo: 0,65 y Altura de la lámina del agua: 1,9m

$$V_{camara} = L * A * H_{lamina} = 0,65m * 0,65m * 1,9m = 0,802m^3$$

$$t_{retención} = \frac{V_{camara}}{Q/numero_{camaras}} = 30,5min$$

Área del orificio de paso, teniendo en cuenta que aproximadamente el diámetro del orificio es de 3" (0,076208m)

$$A_0 = \pi r^2 = 0,005m^2$$

Área del tubo de paso, cabe aclarar que el diámetro actual de los codos, de 3" (0,07675m/s) no cumple con la velocidad establecida por ello es necesario modificarlo por una tubería de 4" (0,1016m), a continuación se muestran los

cálculos realizados teniendo en cuenta que el diámetro interno de 4 "es de 0,1143m:

$$A_c = \pi r^2 = 0,013m^2$$

Gradiente medio de velocidad para una temperatura del agua de 15°C:

$$G = \sqrt{\frac{g * h_t}{v * t_0}} = 55,26s^{-1}$$

7.2.16 Sedimentador (Arboleda, 1977):

Parámetros de diseño (RAS, 2000):

- La unidad debe diseñarse de manera que el tiempo de detención esté entre 10 min y 15 min.
- La profundidad del tanque debe estar entre 4 m y 5.5 m.
- La carga superficial de la unidad debe estar entre 120 y 185 m³ / (m² .día) para placas angostas y de 200 a 300 m³ / (m² .día) para placas profundas.
- El número de Reynolds (Re) debe ser menor a 500, se recomienda un Reynolds menor a 250.

Los cálculos que se muestran a continuación son tomados del diseño realizado en el año 2004 (Montoya, 2009) para la PTAP ya que los cálculos y dimensiones actuales cumplen con los parámetros establecidos en el RAS 2000 o Carga superficial [m³ /m² -día]:

$$CS = \frac{Q}{A} = 1572,3 \frac{m^3}{m^2} - \text{día}$$

Velocidad de flujo:

$$V_0 = \frac{Q}{A_{sen60}} = 0,014 \frac{m}{s}$$

Número de Reynolds:

$$N_{RE} = \frac{d * V_0}{\mu} = 202,4$$

Longitud relativa [m]:

$$L = \frac{l}{d} = 3,9m$$

Longitud de transición [m]:

$$L' = 0,013N_{RE} = 2,6$$

Longitud relativa en flujo laminar, corregida en la long. De transición [m]:

$$L' < L \rightarrow L_0 = L - L' = 15,68m$$

Velocidad crítica de asentamiento (según Yao) [m/s]:

$$V_{sc} = \frac{V_0 * S_0}{\text{sen}\phi + L_0 * \text{cos}\phi} = \frac{0,002m}{s}$$

Tiempo de detención total en las celdas [min]:

$$t = \frac{l}{V_0} = 17min$$

Tiempo de retención en el tanque de sedimentación [min]:

$$T = \frac{Q}{V} , \quad \text{con } H = 5 \text{ m (RAS; } 4 \leq 5,5\text{m) y volumen de } 9,2\text{m}^3$$

$$\text{Luego } T = 44 \text{ min}$$

7.2.17 Filtros:

Se determinó que existen 2 unidades de filtración (cada uno con lecho de 0,9m de antracita y 0,3 de falso fondo), luego de ello se realizó el cálculo adecuado sobre la tasa de filtración para cada unidad de filtración, arrojando el siguiente valor:

$$T_{filtración} = \frac{Q}{A} = \frac{171\text{m}^3/\text{día}}{0,85\text{m}^2} = 201,12\text{m}^3/\text{m}^2 - \text{día}$$

Donde,

$$Q = 342 \text{ (m}^3/\text{día) } / 2 = 171 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$A = 0,9 \text{ (m)} \times 0,95 \text{ (m)} = 0,72 \text{ m}^2$$

Según RAS (2000). “Para lechos de antracita sobre arena y profundidad estándar, la tasa máxima es de $300 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{día})$, siempre y cuando la calidad del floc lo permita”

Tomando como base los cálculos realizados se puede concluir que los filtros cumplen con la tasa de filtración (máx. $300 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{día})$), siempre y cuando se asegure una repartición del caudal equitativa, es decir que a cada unidad ingresen 2,5 L/s. Se sugiere que se realicen carreras de filtración verificando la capacidad de carga de los filtros verificando que no se colmaten o la generación de turbiedad en el agua.

7.2.18 Cloración:

Es indispensable contar con un tanque que asegure el contacto con el agua, se deben realizar los siguientes cálculos con base en la tabla C.8.2.B (Valores de $Ct = K$ en mg-min/l para inactivación de quiste Giardia por Cloro libre para log) del RAS 2000 del título c:

Datos:

Temperatura del agua 18° C

Dosis de cloro a aplicar: mg/L (Dosis promedio aplicada)

pH = 7.5 o Valor de K determinado = mg-min/L Cálculos:

Tiempo de Detección = $t = K/C = \text{min.}$

Volumen del tanque de cloración = Caudal * tiempo

Material de construcción: polietileno de óptima calidad que garantizan ser un material liviano y resistente.

7.2.19 Descripción de alternativas:

- Alternativa I: Cambiar el coagulante por Sulfato férrico, utilizando una concentración de 5,0mg/l; debido a que el rango de pH para una óptima coagulación está en un rango más amplio, de 5.5 a 9 unidades.

- Alternativa II: Tanque de contacto con Cloro para aumentar la eficacia en los procesos con electroválvula con vástago, que evite el intercambio de agua en las cámaras del Floculador y remoción de las piedras de la cámara previa al Sedimentador.
- Alternativa III: Interrumpir el paso de agua en la tubería de desfogue del floculador durante la operación del mismo

7.3 FASE III: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Identificación de aspectos ambientales y económicos de cada alternativa:

ALTERNATIVA	COSTO DE IMPLEMENTACIÓN (Diseño, Materiales para la construcción, personal y equipos involucrados en esta etapa)	ASPECTO AMBIENTAL	ASPECTOS DE CALIDAD
I	\$ 20.300.165,36	Se generarían impactos al recurso aire y suelo por las obras que tendrían que realizarse para la modificación y reconstrucción de las unidades implicadas	-Eliminación eficaz de microorganismos. - Disminución de fosfatos, nitritos, turbiedad y material sedimentable - Disminución del impacto del agua con piedras que destruyan el floc.
II	\$ 16.520.235,34	Consumo regular de energía	-Eliminación eficaz de microorganismos. - Disminución de fosfatos, nitritos,

			turbiedad y material sedimentable.
III	\$ 17.223.1345,12	Impacto al recurso aire y al suelo por rediseño del Floculador	-Eliminación eficaz de microorganismos. - Disminución de fosfatos, turbiedad, nitritos y material sedimentable. - Disminución del impacto del agua con piedras que destruyan el floc.

Tabla 15. Evaluación de alternativas. Fuente: Autor

Con base en el análisis hecho se eligió la alternativa II: Adquisición de un tanque para el contacto con cloro, electroválvula con vástago para evitar el intercambio de agua de la primera a la última cámara del floculador y remoción de las piedras de la cámara previa al sedimentador, como la alternativa más viable para implementar en la PTAP.

8 CONCLUSIONES

- ❖ Tomando como base las caracterizaciones, pruebas hidráulicas y eficiencias de las unidades se diseñaron alternativas para el mejoramiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable del municipio.
- ❖ Se analizó, evaluó y recomendó la alternativa de mejoramiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable más viable en teniendo como referencia criterios económicos y ambientales del municipio de Maní - Casanare.
- ❖ Con la implementación del tanque de contacto de cloro se disminuye de manera significativa los microorganismos presentes en el agua: Bacterias, Protozoarios, Virus, Tremátodos.
- ❖ La utilización del sulfato férrico genera beneficios económicos al minimizar costos de inversión en sustancias adicionales para una correcta floculación.
- ❖ Los análisis de laboratorio realizados en la fuente de abastecimiento mostraron la necesidad de un tratamiento para remover fosfatos, coliformes totales y coliformes fecal.
- ❖ Con la formulación y desarrollo del manual operativo de la PTAP, se buscó facilitar y hacer más efectiva las actividades realizadas por el personal que labora en la PTAP, lo que garantizará la obtención de los resultados esperados y la prolongación de la vida útil de las estructuras y unidades involucradas en estos procesos.
- ❖ Se encontró mediante pruebas realizadas que para una óptima coagulación ($5.5 < \text{pH} < 9$) se debe cambiar el coagulante por Sulfato Férrico con una concentración de 5,0mg/l.

9 RECOMENDACIONES

- ❖ Realizar periódicamente carreras de filtración con el objetivo de verificar la capacidad de carga de los filtros cerciorándose que no se colmaten o que generen turbiedad en el agua.
- ❖ Se recomienda implementar el tanque de contacto con Cloro.
- ❖ Capacitar al personal que labora en la PTAP para que pueda llevar un control de la calidad de agua captada y tratada.
- ❖ Implementar sistema de gestión de la calidad en la PTAP.
- ❖ Implementar un plan de mantenimiento detallado y exhaustivo de las unidades de la PTAP.

10 BIBLIOGRAFÍA

1. Ministerio de desarrollo económico. (2000). Dirección de agua potable y saneamiento básico. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-2000.
2. López Cualla, Ricardo A. (1997). Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados, segunda edición, Escuela colombiana de ingeniería. Bogotá.
3. Arboleda J. (1977). Teoría diseño y control de los procesos de clarificación del agua. Departamento de ingeniería y ciencias del ambiente, serie técnica 13. Lima, CEPIS. 558 p.
4. Arboleda, Luis Fernando (2006). *Breve descripción del sector acueducto y alcantarillado en Colombia*.
5. Banco Interamericano de Desarrollo (2005). Disponible en: «Buenas Prácticas para la Creación, Mejoramiento y Operación Sostenible de Organismos y Organizaciones de Cuenca - Colombia». Consultado el 20 de abril de 2015.
6. Gonzales, L., Casanova M., & Pérez, J. (2011). Cólera: historia y actualidad. Revista de ciencias médicas de Pilar del Rio, vol. 15, no. 4. Pinar del Rio, Cuba. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1561-31942011000400025&script=sci_arttext. Consultado el 20 de abril de 2015.
7. Camacho, P (Alcaldesa Municipal). (2012). Plan de Desarrollo Municipal de Maní 2012-2015. Colombia. Alcaldía de Maní: Casanare.
8. Pérez, J. (1986). Tratamiento de aguas. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas. Bogotá-Colombia. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/70/3/45 - 2 Capi 1.pdf>.
9. Sharma, S. (1996). Applied multivariate techniques. Jhon Waley and sons, US
10. Chow, V. T. (1994). et al. Hidrología Aplicada. Mc GRAW-HILL. Santafé de Bogotá.
11. Corcho F y Duque J. (2000). Acueductos Teoría y diseño. Universidad de Medellín.
12. Romero, R. J. (2004). Purificación del Agua, Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá.

11 ANEXOS

ANEXO A

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS Y COMPONENTES DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE MANÍ - CASANARE

La elaboración del siguiente manual tiene como objetivo principal dar una guía a los encargados de la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable de Maní - Casanare para mejorar el funcionamiento.

COMPONENTE FÍSICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Está compuesta por las siguientes estructuras:

- Tanque de alivio.
- Cono de mezcla.
- Floculador.
- Sedimentador.
- Filtros.
- Tanque de almacenamiento.

PERSONAL ENCARGADO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para lograr el correcto funcionamiento de todos los procesos de purificación del agua de consumo se hace necesario la destinación de un personal exclusivo que elabore las funciones de operación y mantenimiento en las instalaciones de la planta de tratamiento. Este personal a su vez debe ser coordinado por una persona capacitada y experta en el manejo de los recursos hídricos.

Se sugiere un ingeniero sanitario cuyas funciones serán velar por el cumplimiento de las normas legales, tanto en el tratamiento de aguas para consumo humano; coordinar actividades de reparación y mantenimiento en las

unidades de muestreo y control de parámetros en la planta para que se realicen con la frecuencia programada; tomar decisiones sobre el cambio o modificación de equipos, unidades o procesos del tratamiento cuando sea necesario, mantener informado al jefe de mantenimiento de los requisitos y condiciones que se necesiten para evitar problemas en el tratamiento de las aguas que se utilizan para los diferentes actividades de consumo.

Además el ingeniero de contar con un asistente permanente el cual pueda asumir las funciones de este en caso de ausencia.

Bajo el mando del ingeniero o el asistente de ingeniería se encontraran los operarios encargados del trabajo directo en las instalaciones de la planta de tratamiento.

Se recomienda como mínimo tres (3) operarios que se distribuyan en turnos de 8 horas cada uno (si fuera necesario) y que cumplan las siguientes funciones:

Realizar una inspección visual general a la planta de tratamiento para identificar anomalías en el funcionamiento de la misma.

Preparar cuando sean necesario las soluciones de químicos utilizados durante el tratamiento, e informar con anticipación al departamento de ingeniería y mantenimiento la falta y necesidades de los mismos.

Hacer los análisis físicos-químicos y bacteriológicos a muestras en el efluente de la planta de tratamiento con la frecuencia estipulada por el departamento de ingeniería, llevando a cabo las correcciones y alteraciones en los procesos de clarificación del agua de consumo necesario.

Cuando haya variación considerable en los valores de turbiedad y color afluentes en la planta, hacer ensayos de trazabilidad para determinar las dosis y concentraciones exactas de químicos.

Consignar diariamente en la bitácora de control los resultados de los análisis y observaciones realizadas durante la jornada de trabajo.

Realizar actividades de reparación y mantenimiento a las unidades de tratamiento cuando se presente alguna anomalía o con la frecuencia que normalmente se efectúa.

Mantener contacto permanente con el jefe o coordinador de ingeniería e informarle la presencia de cualquier factor que este fuera de lo común y / o que entorpezca el funcionamiento normal de la planta de tratamiento.

ACTIVIDAD DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO

A continuación se describen las actividades de operación y mantenimiento a seguir para cada unidad de la planta de tratamiento de agua potable.

Afluente:

El tanque que recibe el agua captada debe ser lavado trimestralmente, procurando retirar todo sedimento y cuerpo extraño se recomienda detectar fugas o fisuras que se puedan presentar y repararlas rápidamente para evitar su deterioro.

El material y equipo necesario para hacer el mantenimiento a esta unidad está compuesta por:

- Red
- Cepillo de mango largo y cerdas gruesas.
- Cepillo de cerdas metálicas.
- Recipiente para residuos sólidos generados en la limpieza de la captación.

Línea de conducción:

Se recomienda realizar un recorrido trimestral en la línea de conducción para identificar fugas o avería que de presentarse de ser reparadas inmediatamente o si es el caso cambiar el tramo de la tubería afectado.

Dentro del tramo de la tubería de conducción deben ubicarse las válvulas de ventosas y las válvulas de purga que sirvan para la evacuación de aire y sedimentos acumulados. Deben estar bien identificadas para facilitar su mantenimiento y protección y a la vez protegerlas por medio de cajas para que no sean manipuladas por personal ajeno a la empresa de servicios públicos.

Dosificadores:

Se deben tener en cuenta los siguientes aspectos en la operación de los dosificadores.

- Fijar la cantidad de sustancias químicas a dosificar.
- Obtener la concentración óptima para la dosis a aplicar.
- Dar la velocidad requerida al agitador.
- Mezcla rápida (canaleta parshall, vertedero rectangular)

Es una unidad pequeña y por lo tanto de fácil mantenimiento; debe comprobarse que la dosificación del coagulante este realizándose por el eyector, se Debe verificar que la solución se esté aplicando uniformemente en el punto de máxima turbulencia. Las mangueras que aplican los químicos deben estar dirigidos al centro del cono, evitando el escurrimiento de las soluciones por las paredes; Se debe verificar que la estructura de control de entrada permita el acceso del agua a la estructura.

Debe determinarse el gradiente de velocidad por medio de la evacuación de la pérdida de carga es importante evitarse que se produzcan grandes turbulencias, caídas y restricciones luego del punto de aplicación de la sustancia química.

Debe tenerse en cuenta que la concentración de iones hidrógenos de la mezcla final de agua y el coagulante es de fundamental importancia en la forma de flocs, por tanto debe medirse el pH antes y después de la coagulación.

Diariamente se le debe hacer lavado utilizando para ello un cepillo de cerdas gruesas y agua opresión.

Floculador (hidráulico):

- Una correcta operación de un mezclador hidráulico requiere de las siguientes condiciones:
- Debe verificarse que la dosificación y la mezcla rápida estén operando satisfactoriamente. Es necesario constatar que el nivel del agua en la cámaras no varié más del 10% por arriba o por debajo del nivel de diseño.
- Debe mantenerse el gradiente medio de velocidad en el floculador por medio de la diferencia del nivel entre la entrada y salida del floculador. En caso de no ser así debe ajustarse a los óptimos obtenidos en la prueba de jarras.
- Garantizar que el tiempo de contacto en la unidad sea lo suficiente, para permitir que los flocs alcancen el tamaño y peso adecuado, lo cual es función de la dosis, el gradiente de velocidad y el tiempo que se mantengan la funciones en concordancia con la prueba de jarras.
- Observar en la salida del floculador el tamaño del floculo y determinarse la turbiedad residual después de decantada y compararla con la obtenida bajo los mismos parámetros en la prueba de jarras.
- El agua permanece un tiempo teórico de determinación a criterio del operario (aproximadamente 15 minutos). Para obtener un correcto funcionamiento de este tipo de floculadores es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones.
- Constatar que la dosificación y la mezcla estén operando satisfactoriamente.
- Verificar que el nivel del agua siempre cubra las paletas del agitador.
- Es necesario fijar y mantener la velocidad de rotación que genera el gradiente óptimo de acuerdo con la calidad de agua cruda.
- Garantizar que el tiempo de contacto en la unidad sea suficiente para permitir que los floculos alcancen el tamaño y peso adecuado.
- Evaluar las características de agua cruda a fin de ajustar el gradiente de velocidad si es necesario, e inspeccionar el buen funcionamiento del equipo de mezcla lenta.

- Verificar que el tamaño de flocs formado en la unidad sea el adecuado (aproximadamente 10 mm); en caso de no ser así, debe cambiarse la dosis óptima de coagulante.
- Los polielectrolitos (poliamidas, polisacáridos y celulosa) deben adicionarse en las cámaras donde ya se ha formado el floculo. Evitar que los motores derramen o adiciones aceite al agua.

ANEXO B

Información sobre el pozo

La E.A.A.A.M – S.A – E.S.P cuenta con el Pozo Profundo de 260 m de profundidad, como fuente de abastecimiento principal, autorizado por CORPORINOQUIA por medio de la Concesión de Aguas para abastecimiento de agua del Municipio, otorgada mediante resolución N° 200.41.10 - 0026 del 13 de Enero de 2010, por un término de 10 años y un caudal de 25 l/s. La información de ubicación de la estructura del Pozo Profundo es la siguiente:

COORDENADA NORTE	COORDENADA ESTE
1201391	1023209

El Pozo Profundo se ubica a unos 800 metros de la PTAP, cuya captación se ejecuta a través de una bomba electro sumergible que impulsa el agua a la PTAP, a través de una tubería de PVC de 6". El pozo está conectado a un tablero de mandos eléctricos desde el cual se opera la bomba sumergible ubicada dentro del cerramiento de 10x10m, en mampostería, malla eslabonada y alambre de púas en la parte superior.

ANEXO C

PROTOCOLO DE MUESTREO UTILIZADO EN LA PLANTA

Los análisis que se deben ejecutar en la operación normal de la planta tienen dos (2) objetivos:

- El control de los diferentes procesos.
- El control de la calidad del agua para que cumpla con las normas establecidas por las autoridades sanitarias.

CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA

ANALISIS DE LABORATORIO

Tienen por objeto vigilar la calidad e inocuidad del agua, basándose en normas y procedimientos establecidos. Las investigaciones más corrientes son el análisis bacteriológico y el químico.

ANALISIS BACTERIOLÓGICO

Comprende el recuento total de bacterias y la investigación del grupo coliforme.

La calidad bacteriológica del agua puede conocerse mediante el estudio de una serie de muestras tomadas durante un periodo bien definido, porque con frecuencia la contaminación es intermitente y puede no evidenciarse en una sola muestra. En consecuencia, un resultado satisfactorio no garantiza que esa situación vaya a mantenerse.

El número mínimo de muestras que deben realizarse mensualmente y el intervalo máximo entre dos (2) tomas sucesivas, están en relación con la población servida.

Al respecto se propone el siguiente criterio:

NÚMERO MÍNIMO DE MUESTRAS QUE DEBEN REALIZARSE MENSUALMENTE:

Población atendida por persona prestadora por municipio (habitantes)	Características	Frecuencia Mínima	Número mínimo de muestras a analizar por cada frecuencia
10.001-20.000	Turbiedad, color aparente, pH, cloro residual libre o residual del desinfectante usado.	Día de por medio.	1
	Residual del coagulante utilizado, dureza total, hierro total, cloruros.	Mensual	1
	COT, fluoruros.	Anual.	2

Las muestras para el análisis bacteriológico deben recogerse con toda las precauciones necesarias, a fin de que sea representativa del agua estudiada y que no se produzca una contaminación accidental durante la toma.

Las muestras se recogen en forma estéril, en recipientes (frascos plásticos o de vidrio) de ciento setenta centímetros cúbicos (170 cc) de capacidad. El tapón y el cuello de los frascos se protegen con papel corriente o con una hoja de papel de estaño. Luego se esterilizan en autoclave por veinte o treinta minutos (20 o 30 min) a ciento veinte grados centígrados (120°C) y se mantienen cerrados hasta que se utilicen.

Si el agua que se va a recoger es clorada, debe añadirse al frasco, antes de esterilizarlo, cero con un centímetro cúbico (0.1 cc) de una solución al tres por ciento (3 %) de Tiosulfato Sódico cristalizado (tres miligramos (3 mg) de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3, 5\text{H}_2\text{O}$). Si la muestra de agua se va a tomar de un grifo de la red de distribución, hay que elegir uno que esté en buenas condiciones, es decir, sin escurrimientos. El grifo se limpia y se flamea: se abre al máximo y se deja correr agua durante dos a tres minutos (2 a 3 min). A continuación, se reduce el caudal hasta que sea posible llenar el frasco sin salpicaduras.

El frasco se sostiene con la mano izquierda, cerca de su base y el tapón, junto con la envoltura, se retira y se sostiene con la mano derecha, utilizando para esto el dedo meñique y el borde de la misma mano.

El frasco se llena aproximadamente hasta sus tres cuartas partes ($\frac{3}{4}$) y después se tapa.

Todas las muestras deben acompañarse de la información completa que permita su identificación (nombre, señas, número de referencia del remitente, naturaleza de la muestra, fecha, hora y lugar exacto del muestreo).

Se recomienda que el análisis bacteriológico se haga lo antes posible y nunca después de veinticuatro (24) horas de recogida la muestra. Durante este intervalo es conveniente mantener la muestra a una temperatura similar a la que existía en el momento de recogerla.

Cada vez que el índice NMP de bacterias coliformes sea superior a ocho (8) en dos (2) muestras consecutivas, convendrá analizar inmediatamente una (1) o varias muestras más tomadas en el mismo punto. Esto es lo menos que cabe hacer. Sería también conveniente analizar muestras tomadas en distintos puntos de la red de distribución, así como de la fuente de captación, de las cisternas y en la propia planta, esto implica, inspeccionar inmediatamente todo el proceso de tratamiento.

ANÁLISIS QUÍMICO

Su objetivo es investigar la presencia de sustancias químicas que pueden afectar la salud de los consumidores o disminuir la aceptabilidad del agua para uso doméstico. Además, dichas sustancias pueden ser indicadores secundarios de contaminación.

Para el análisis químico general se necesita un volumen de dos litros (2 l) mínimo. Las muestras se recogen en frascos químicamente limpios, antes de llenarlo, el frasco se enjuaga por lo menos tres (3) veces con el agua que se vaya a analizar.

Las muestras se enviarán cuanto antes al laboratorio y se mantendrán frescas durante el transporte. Entre la recogida de la muestra y la iniciación del análisis químico debe transcurrir el menor tiempo posible y en ningún caso más de setenta y dos (72) horas.

La toma de muestras en agua tratada y sin tratar debe efectuarse, una (1) vez cada seis (6) meses para un sistema que abastece a un número menor de cincuenta mil (50.000) consumidores, como es este caso.