



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

**DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
DEL MUNICIPIO DE MASATEPE.**

Para optar al título de ingeniero civil

**Elaborado por**

Br. María José Flores Espinoza  
Br. José Daniel Obando Hernández  
Br. Bessy José Urbina García

**Tutor**

Ing. Rolando Benito Castillo

**Asesor**

Ing. Daniel Pérez

Managua, Abril 2017

## INDICE

1.- INTRODUCCION .....	1
2.- OBJETIVOS .....	2
2.1.- Objetivo General:.....	2
2.2.- Objetivos Específicos:.....	2
3.- ANTECEDENTES .....	3
4.- JUSTIFICACION .....	3
5. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL .....	5
5.1.- Localización .....	5
Figura 2: Ubicación de pozos Municipio de Masatepe. ....	6
5.2.- Potencial del Suelo.....	7
5.3.- Clima.....	7
5.4.- Hidrología.....	8
5.5.- Amenazas Naturales.....	9
5.6.- CONTEXTO POBLACIONAL.....	10
5.6.1.- Población y Vivienda.....	10
5.6.2.- Actividad Económica.....	10
5.6.3.- Agricultura.....	11
5.6.4.- Ganadería.....	11
5.6.5.- Servicios Básicos .....	11
<b>5.6.5.1.- Alcantarillado Sanitario</b> .....	11
<b>5.6.5.2.- Manejo de Desechos Sólidos</b> .....	12
<b>5.6.5.3.- Telecomunicaciones</b> .....	13
<b>5.6.5.4.- Energía Eléctrica</b> .....	13
7.- CÁLCULO Y RESULTADOS.....	14
7.1.- DIAGNOSTICO TÉCNICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EXISTENTE .....	14
<b>7.1.1.1.- Pozos.</b> .....	16
<b>7.1.1.2.- Estaciones de bombeo.</b> .....	18
<b>7.1.1.3.- Obras de tratamiento.</b> .....	25
<b>7.1.1.4.- Tanques de almacenamiento</b> .....	26
• <b>Tanques de almacenamiento.</b> .....	26

Tanque de almacenamiento compensador o combinado – ‘Pozo El Tanque’ .....	26
<b>7.1.1.5.- Líneas de conducción y red de distribución.</b> .....	28
<b>7.1.1.6.- Conexiones domiciliarias.</b> .....	29
7.1.2.- Características administración y comercialización. ....	30
<b>7.1.2.1.- Organización Administrativa.</b> .....	30
<b>7.1.2.2.- Estructura Comercial.</b> .....	30
<b>7.1.2.3.- Diagnóstico técnico comercial e Indicadores de operación.</b> .....	31
• <b>Producción y consumo de agua. Agua no facturada.</b> .....	31
<b>7.1.2.4.- Condiciones actuales de funcionamiento del sistema.</b> .....	32
7.2.- MODELO HIDRÁULICO DEL SISTEMA ACTUAL DE AGUA POTABLE .....	33
7.2.1.- Estructura física del modelo hidráulico del sistema actual. ....	33
7.2.2.- POBLACIÓN ACTUAL. ....	34
<b>7.2.2.2.- Demanda de agua en el sistema.</b> .....	35
• <b>Dotación de agua.</b> .....	35
• <b>Consumo promedio diario total.</b> .....	36
• <b>Consumo máximo día.</b> .....	36
• <b>Consumo máxima hora.</b> .....	36
• <b>Demanda por elemento del sistema-requerimientos 2013</b> .....	37
• <b>Fuente</b> .....	37
• <b>Almacenamiento:</b> .....	37
<b>7.2.2.3.- Balance oferta-demanda por elemento del sistema</b> .....	38
7.2.3.- Modelaje hidráulico del sistema actual .....	40
Figura 3: Curvas de Isopresión .....	40
<b>7.2.3.2.- Modelación hidráulica del sistema de abastecimiento de agua potable actual</b> .....	44
7.3.- MODELO HIDRAULICO DEL SISTEMA PROPUESTO DE AGUA POTABLE .....	48
7.3.1.- Estructura física del modelo hidráulico del sistema propuesto. ....	48
7.3.2. Cambios propuestos en la red de distribución de agua potable por sector. ....	50
<b>7.3.2.1 Sector “A”</b> .....	50
<b>7.3.2.2 Sector “B”</b> .....	50
<b>7.3.2.3 Sector “C”</b> .....	51
<b>7.3.2.4 Sector “D”</b> .....	51

<b>7.3.2.5 Sector “E”</b> .....	51
<b>7.3.2.6 Sector “F”</b> .....	51
<b>7.3.2.7 Sector “G”</b> .....	52
<b>7.3.2.8 Sector “H”</b> .....	52
7.3.3.- Resultados de la modelación hidráulica del sistema propuesto. ....	54
7.4.- PRESUPUESTO .....	56
Conclusión .....	58
Recomendaciones .....	59
BIBLIOGRAFIA .....	61
ANEXOS .....	62



## 1.- INTRODUCCION

El agua tiene un papel fundamental en la vida, como motor de la actividad biológica en el planeta. Desde tiempos remotos, se ha tenido la necesidad de este vital líquido para su aprovechamiento en la sobrevivencia del hombre. Los pueblos antiguos, cazadores y nómadas acampaban cerca de fuentes naturales de agua fresca; pero, estos estaban tan dispersos que la contaminación del agua no constituía un serio problema.

El incremento poblacional en el casco urbano y rural de las grandes ciudades, el uso incontrolado de plaguicidas y otros químicos para el desarrollo de las actividades agrícolas, y la contaminación en general, han sido las principales causas, que limitan el suministro de agua potable en algunas zonas.

En Nicaragua, las aguas subterráneas constituyen la principal fuente de abastecimiento de agua potable, siendo estas, sobre - explotadas debido al poco aprovechamiento de las aguas superficiales. Los sistemas de abastecimientos de agua potable, hacen posible aprovechar este recurso hídrico subterráneo, mediante la construcción de una serie de obras hidráulicas, cuyo beneficio social es requerido por la población carente de este vital líquido. Además, la falta de un mantenimiento adecuado a estos sistemas de abastecimiento de agua potable, sobre una infraestructura desfasada, incide en un servicio limitado a la población.

**“Diagnóstico del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en el Municipio de Masatepe”**, nos permitirá tener un conocimiento preciso de la problemática del municipio, lo que ayudará a dar una mayor cobertura del servicio de agua potable, en mejoras de sus niveles de vida. Para ello se programaron visitas de campo, el reconocimiento de los planos ya existentes y la aplicación del programa EPANET, (programa de ordenador que realiza simulaciones en periodos extendidos del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución a

presión) modelando así el funcionamiento de la red existente con los pozos activos de la zona.

## **2.- OBJETIVOS**

### **2.1.- OBJETIVO GENERAL:**

Realizar un diagnóstico del sistema actual de agua potable en el casco urbano del municipio de Masatepe, tomando en cuenta el estado técnico de la infraestructura existente y sus proyecciones económicas para el desarrollo del mismo.

### **2.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Elaborar un inventario técnico de cada uno de los elementos que conforman el sistema de agua potable actual.
- Precisar a través de un análisis hidráulico, la eficiencia en el sistema de abastecimiento de agua potable.
- Aplicar las normas técnicas y sus parámetros para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable del INAA.
- Presentar una propuesta económica para la superación de las deficiencias del sistema actual.

### **3.- ANTECEDENTES**

La Unión Europea, en 1997, apoyó con el programa “Agua”, al municipio de Masatepe, departamento de Masaya, acerca de los requerimientos necesarios, para ello se crearon las oficinas de “El Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados”(INAA), lo que posteriormente sería una filial de Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL). Gracias a este programa, todo el acueducto existente se reconstruyó, al igual que las casetas en cada pozo y la instalación de las maquinarias correspondientes. Además, se construyó el sistema de alcantarillado sanitario en los principales barrios y se dio asistencia técnica a todo el personal que asumiría esa tarea.

Actualmente, se abastecen a 14 barrios del casco urbano por medio de cuatro pozos: El Tanque, Equipo 1A, El Mondongo y equipo 3B actualmente inactivo.

Este sistema de abastecimiento de agua potable fue diseñado para un período de diseño de quince años (1997-2012). Actualmente su infraestructura actual recibe un mantenimiento mínimo.

### **4.- JUSTIFICACION**

Durante muchos años, el casco urbano que incluye los catorce barrios de Masatepe, ha carecido del vital líquido, dado su crecimiento poblacional. Consideramos que es vital, llevar a cabo este diagnóstico en la búsqueda de mejores soluciones a esta problemática.

El presente trabajo tiene como finalidad el mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable de Masatepe, que contemple un estudio hidráulico detallado, adaptado a los criterios de ingeniería, a las normas de abastecimiento de agua potable de Nicaragua y a las características demográficas del sitio. El estudio presentará sus resultados con los diámetros, trayectorias, materiales y



accesorios que van a caracterizar los tramos de tubería, con su respectivo presupuesto para la obra, y de esta manera concebir un proyecto completo con una propuesta confiable; proporcionando a los habitantes un servicio de agua potable al que todos los seres humanos tienen derecho.

## 5. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

### 5.1.- LOCALIZACIÓN

El Municipio de Masatepe, se encuentra localizado en la jurisdicción del municipio de su mismo nombre, perteneciente al departamento de Masaya. Está a 22 Km al sur de Masaya y a 50 km de Managua. Limita al norte con los municipios de la Concepción y Nindirí, al sur con el municipio del Rosario (Dpto. Carazo), al este con la Laguna de Masaya y los municipios de Niquinohomo y Nandasmo, al oeste con el municipio de la Concepción, San Marcos y Jinotepe. Ubicado entre las coordenadas kilométricas 1,316.5-1318 N y 592.5-593.5 E, de la hoja cartográfica No. 2951-I a escala 1:50,000.

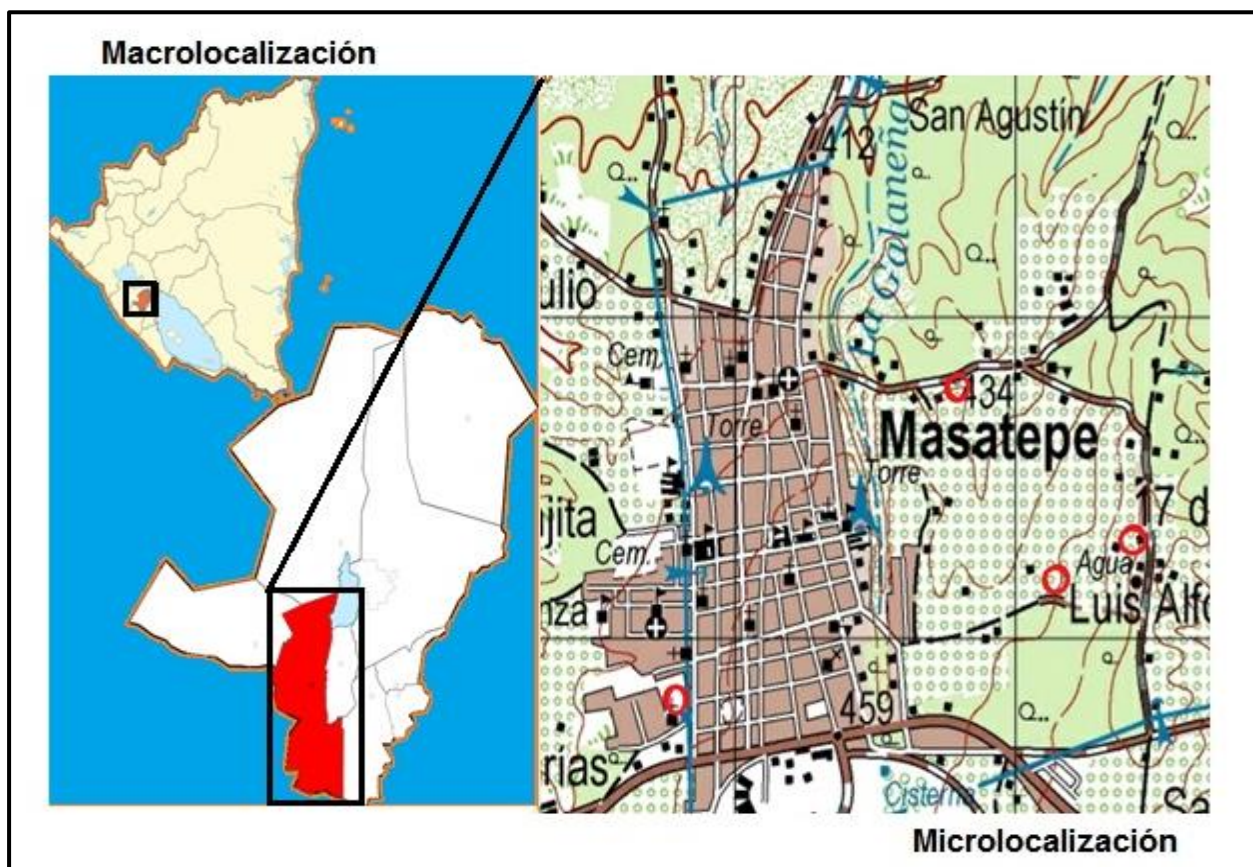


Figura 1: Macrolocalización y Microlocalización Municipio de Masatepe.

Masatepe presenta una tendencia decreciente orientada de sur a norte, con elevaciones que van desde los 455 a los 420 metros sobre el nivel del mar. La topografía de esta localidad es regular, sin accidentes topográficos de consideración con una pendiente predominante hacia la laguna de Masaya.

Está interconectado con las cabeceras municipales y departamentales aledañas como Masaya, Granada, Jinotepe, San Marcos, Diriamba, Rivas y Managua. El municipio tiene un área de 62 km<sup>2</sup>, con 204 cuadras en el casco urbano, de las cuales 72 son adoquinadas, 108 recubiertas de asfalto y 14 cuadras que no poseen ningún tipo de revestimiento.

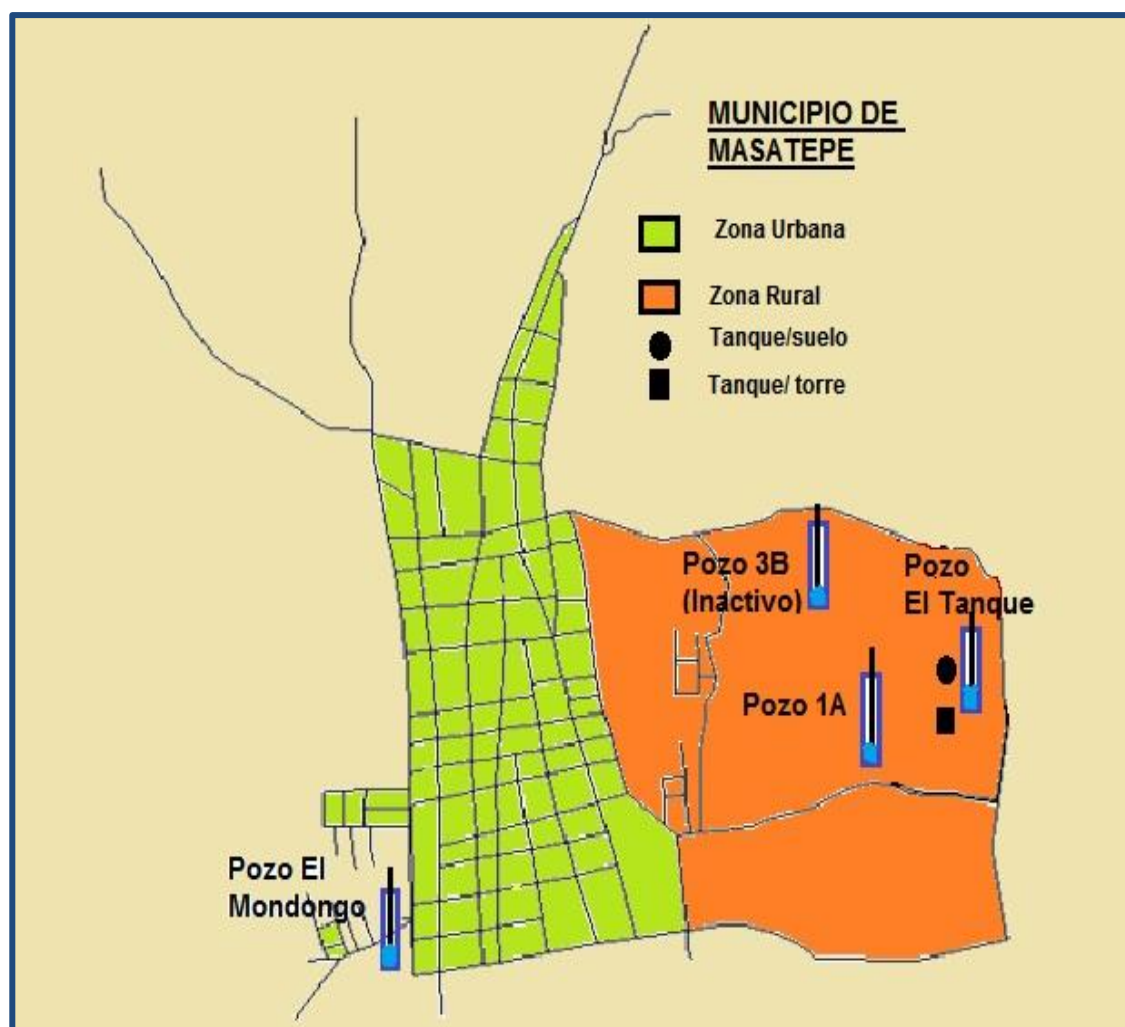


Figura 2: Ubicación de pozos Municipio de Masatepe.

El proyecto está comprendido dentro del área urbana del municipio de Masatepe; los tanques de agua están ubicados en los puntos más altos, lo que corresponde a la zona rural.

## **5.2.- POTENCIAL DEL SUELO**

Masatepe conserva suelos moderadamente profundos, bien drenados de texturas medianas, se derivan de cenizas volcánicas, el contenido de materia orgánica es alto y los suelos están bien provistos con base, pero son deficientes en fósforo, el contenido de potasio es medio.

Los suelos están dentro de la provincia geológica dos, llamada, "Provincia de la depreciación", su formación corresponde al cuaternario y tiene origen de las rocas volcánicas y lavas.

Según datos de INETER, más del 75% de los suelos, son del área forestal (tierras bajas) aproximadamente en un 25%. El uso potencial del suelo refiere a los cultivos perennes intensivos como: café, cítricos, frutales diversos en las tierras más altas.

Estos suelos se usan principalmente para la producción de café, también están adaptados a la mayoría de los cultivos, dominado por cultivos anuales como: maíz, frijoles y sorgo. Ver anexo No.1 pág. b.

## **5.3.- CLIMA**

El clima predominante en la región IV División Político Administrativa que comprende los Dptos. de Masaya, Rivas, Granada y Carazo; es el de sabana tropical. Se caracteriza por presentar una marcada estación seca de entre cuatro a cinco meses de duración, extendiéndose principalmente entre diciembre y abril. La estación lluviosa va de mayo a noviembre con una precipitación que puede alcanzar máximos de 2,000 mm anuales y mínimos de 700 y 800 mm anuales.

Masatepe ubicado en la Meseta de Los Pueblos, donde predomina el clima de sabana tropical modificado por la altura, caracterizado por presentar las temperaturas medias más frescas de la región. A medida que aumenta la altura, el clima se vuelve cálido a lo largo del año.

Las condiciones climáticas son ligeramente diferentes, se emplazan por encima de los 400 metros sobre el nivel del mar, gozan de temperaturas bajas, con mayor humedad y más viento del este que se localizan en las partes bajas y en áreas cercanas a las localidades de lava del Volcán Santiago, que no sobrepasan los 200 metros sobre el nivel del mar, presentan además temperaturas más altas, menos humedad y la intensidad de los vientos es más moderada.

La temperatura promedio anual del municipio oscila entre los 26 y 27 grados centígrados y máxima de hasta 41 grados. El municipio de Masatepe, presenta una humedad relativa del 84.1%.

#### **5.4.- HIDROLOGÍA**

El municipio de Masatepe está conformado por la cuenca del Río San Juan. Está correspondiente a la Cuenca N° 69 del territorio nicaragüense. Comprende el 100 por ciento del departamento de Masaya, el 94.9 por ciento de Granada, un 13.4 por ciento de Carazo y el 55.9 por ciento de Rivas.

La cuenca Río San Juan está conformada por catorce sub cuencas, de las cuales solo tres sub cuencas conforman el municipio de Masatepe, ellas son Buena Vista y Tisma, Laguna de Masaya, Río "El Pital"

La red hidrológica de la zona, se encuentra conformada principalmente por cauces secos por lo que, corre el agua de forma temporal, después de una lluvia fuerte durante el invierno. Los cauces naturales se desplazan de este a oeste, desde las partes más altas del relieve hacia las zonas bajas que conducen a las lagunas, Quebrada Grande, Quebrada "La Galanena" y Río San Marcos.

El único cuerpo de agua es la parte sur de la laguna de Masaya cuyas costas limitan con el municipio de Masatepe y lleva el nombre de Venecia. Esta laguna posee un área de drenaje superficial de 215 km<sup>2</sup>.

### **5.5.- AMENAZAS NATURALES**

Las amenazas del territorio están representadas principalmente por la actividad sísmica, la constante emanación de gases tóxicos del Volcán Santiago, y la contaminación de fuentes de agua y medio ambiente, que se originan en la zona. Se presentan amenazas de incendios, inundaciones y deslizamientos. Además, la deforestación causada principalmente por el corte de leña y, el desarrollo de las actividades agrícolas, ha traído como consecuencias negativas, la degradación caracterizada por prácticas de siembra en suelos volcánicos frágiles, ondulados o pendientes, con texturas arenosa y en otros arcillosa, siendo esto la causa de la erosión y pérdida de los suelos.

Los cauces y el arroyo de Sapasmapa que en invierno se despeña sobre el farallón que circunda la caldera del Volcán Masaya, provoca graves problemas, como: fenómenos erosivos y deforestación de tierras. Esta caldera tiene una elevación es de 635 msnm, mide 6 km de ancho por 11.5 km de largo, conformada por los cráteres Masaya, Nindirí, Santiago, San Pedro, San Fernando, Comalito y otros conos de menor importancia. Tiene en su interior una laguna y un cono cuyo cráter central se mantiene siempre activo.

La parte norte del municipio, específicamente las comunidades El Pochote, La Sabanita, Nimboja, los Arenales, los Caleros, Venecia, y con menos efecto las comunidades de la Cruz de Mayo, la Esperanza, el Guarumo y los Mangos, son zonas expuestas a estos fenómenos naturales.

## **5.6.- CONTEXTO POBLACIONAL**

### **5.6.1.- Población y Vivienda**

Según los resultados del IV Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2005, la población del municipio de Masatepe era de 31,583 habitantes, de ellos 15,482 habitantes residían en el área urbana. El índice poblacional es de 5.4 personas por cada vivienda ocupada. Con un total de 6,850 viviendas en todo el municipio, de las cuales 6,109 viviendas están ocupadas.

Las proyecciones de crecimiento poblacional del INIDE, estiman en 18,863 habitantes del área urbana, a razón de una tasa de crecimiento del 2.05%, este dato se delimitó como población actual para el cálculo de la demanda. Ver anexo No. 2, pág. c.

El municipio presentaba para el 2012, una densidad poblacional promedio, a razón de 586 habitantes por kms<sup>2</sup>. Su casco urbano está dividido en veinte barrios, entre ellos tenemos: Bo. Carlos Fonseca, Reparto José Benito Escobar I, II, III, Bo. Macario Brenes, Bo. Jalata; entre otros. Históricamente, el crecimiento de la localidad ha tenido, una tendencia hacia el norte y este de la ciudad.

### **5.6.2.- Actividad Económica**

La actividad económica fundamental del municipio de Masatepe es la agricultura, los granos básicos, café, cítricos entre otros. En el municipio se cuentan con 1,491 fincas urbanas y 1,403 fincas rurales.

La artesanía juega un buen papel en la economía, con los muebles de mimbres. Las pequeñas industrias se dedican fundamentalmente a la producción de materiales derivados del hule y a la fabricación de materiales. Predomina, el sector terciario dedicado a los servicios, comercio, restaurantes, en la que se incluyen

las actividades de la alcaldía, escuelas y centros de salud. Como parte de la generación de empleos.

### **5.6.3.- Agricultura**

La actividad económica local gira en torno a la agricultura. En el municipio se contabilizan un total de 38 unidades productivas urbanas y 1,659 en el área rural. Del total de las unidades productivas del municipio 1,452 se dedican a cultivos permanentes y semi-permanentes, 749 al cultivo de granos básicos y 134 a otros cultivos temporales.

El municipio aporta el 20% del total de tierras dedicadas a cultivos permanentes y semipermanentes, y el 8%, dedicadas a cultivos anuales o temporales.

### **5.6.4.- Ganadería**

Contabiliza un total de 1,167 cabezas de ganado porcino, 937 cabezas de ganado bovino, 234 cabezas de ganado ovino y caprino y 184 cabezas de ganado equino. El 7.3% de los suelos del municipio están cubiertos de pasto con malezas y el 1.8% con pasto manejado.

El 10.9% de los suelos del municipio son adecuados para ganadería extensiva con manejo silvopastoril en clima cálido. Estos suelos son adecuados para el desarrollo de una ganadería de doble propósito con pastoreo; así como para el establecimiento de cultivos perennes y frutales.

### **5.6.5.- Servicios Básicos**

#### **5.6.5.1.- Alcantarillado Sanitario**

Enacal presta un servicio público de alcantarillado sanitario a través de una planta de tratamiento, ubicada al noroeste del casco urbano en la comunidad Los



Chirinos, a 1.5kms del centro y a 4kms de la Laguna de Masaya, misma que trabaja a un 20% de su capacidad máxima, debido a que solamente existen 190 conexiones a esta red, las cuales abarcan las dos calles principales del municipio (Supermercado Palí y ENACAL).

El sistema de tratamiento funciona totalmente por gravedad y está estructurado en: obras de entrada y pre tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y/o acabado, obras de salida, descarga, disposición final y tratamiento de lodos.

Los dos tanques sépticos que recolectan las aguas grises están ubicados en el reparto Venecia, y las nuevas viviendas de residencial Altos de Masatepe hacen uso del sistema de tratamiento de las aguas grises. El resto de la población utiliza sumideros.

#### **5.6.5.2.- Manejo de Desechos Sólidos**

El sistema de limpieza pública consiste en la recolección de desechos sólidos no peligroso de carácter domiciliario y la limpieza de calles. Esta se realiza de forma escalonada, el área urbana está dividida en siete rutas con un servicio de dos veces por semana. La cobertura del tren de aseo es del 100% en los barrios urbanos y en un 10% en las zonas rurales.

El servicio de barrido de calles se brinda al 98% de los barrios del casco urbano, debido a la falta de infraestructura vial en algunas calles.

El municipio cuenta con un vertedero municipal a cielo abierto con una área de 5 Mnz, ubicado a 2 Kms., al este del municipio. Los desechos sólidos no peligrosos municipales no son sometidos a ningún tipo de tratamiento.

### **5.6.5.3.- Telecomunicaciones**

Tanto en el casco urbano como en el área rural del municipio se tiene acceso a la radio y a la televisión. La distribución de la prensa escrita está limitada al casco urbano.

Masatepe cuenta con los servicios de telefonía (convencional y celular) y correos, el área rural no cuenta con el servicio de telefonía convencional.

### **5.6.5.4.- Energía Eléctrica**

El municipio de Masatepe cuenta con circuitos independientes para el servicio domiciliar y para el alumbrado público, y con circuitos especiales para riesgos e industrias. Según registros existen 2,134 conexiones domiciliarias en el área urbana y 1,650 conexiones domiciliarias en el área rural.

En cuanto a cobertura, el casco urbano presenta un 90% para el servicio energía y en la parte rural un 80%. En el caso de la cobertura del alumbrado público en casco urbano es aproximadamente un 80% y en el caso rural la cobertura disminuye a un 30%.

## **7.- CÁLCULO Y RESULTADOS**

### **7.1.- DIAGNOSTICO TÉCNICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EXISTENTE**

En el casco urbano del municipio de Masatepe existen zonas que no gozan del servicio de abastecimiento de agua potable desde hace más de dos años, debido al crecimiento poblacional y al desorden territorial; además el equipo 3B está fuera de servicio por problemas eléctricos en la bomba; está en proceso de restablecimiento para brindarle una mayor cobertura a la población. El Pozo “El Mondongo” se encuentra dentro del casco urbano en el Reparto José Benito Escobar, activado en mayo del 2014.

De cinco pozos que posee Masatepe, cuatro de ellos están funcionando. El pozo San José de Masatepe el cual se ubica en la zona sur del municipio (zona rural) solo abastece a la comarca San José de Masatepe con un total de 6,650 habitantes.

Este diagnóstico abarca los pozos que abastecen únicamente al casco urbano, que a continuación se describen:

- El equipo El Tanque (tanque sobre suelo de 500,000 galones) abastece a la zona norte y casco urbano del municipio, y el agua excedente es almacenada en el tanque elevado con capacidad de 5,000 galones.
- El pozo 1A brinda su caudal al equipo El Tanque, y se abastece a cierta población de la zona rural.
- El pozo El Mondongo inyecta su caudal directamente a la red, y de esta manera brinda mayor presión al Equipo El Tanque, y hace que el nivel del agua se mantenga.
- El pozo 3B está actualmente inactivo por daños en la bomba, esto se verificó en campo y se validó según las indicaciones de Enacal, a como se muestra en la siguiente imagen.



Imagen 1: Fotografía de Pozo 3B actualmente inactivo.

En la siguiente tabla se muestra la descripción de cada pozo:

No.	Nombre de la estación	Tarifa	Potencia HP	Tipo de CLOR.	Ubicación
1	El Tanque	T7	200	G	R
2	El Mondongo	T7	125	L	U
3	1-A	T7	150	G	R

Tabla No.1: Características de los pozos en el municipio de Masatepe.

Fuente: ENACAL de Masatepe.

S: sumergible, U = urbano, R = rural, T7B: 5-6 horas, T7: 16-19 horas, L = líquido, G = gaseoso

El sistema funciona bajo un esquema operativo del tipo Fuente – Tanque – Red, esta sectorizado en dos zonas y un sub-sistema independiente. Las dos zonas son: zona alta y zona baja. El abastecimiento de agua potable de la zona alta lo cubre el Equipo ‘El Tanque’ (tanque de acero sobre suelo de 500,000 GLN y un

tanque de acero elevado de 5,000 GLN) el cual recibe caudal del pozo 'El Tanque' y del pozo '1A'; y la zona baja lo cubre el pozo 'El Mondongo'.

El pozo El Mondongo abastece a barrios como: Macario Brenes, Villa Progreso, Villa Habitación, Jardín Botánico (estas comunidades eran atendidas una vez cada 8 días, y ahora tienen el abastecimiento 3 veces a la semana) y a cierta población del casco urbano que recibe 16 horas de servicio. El pozo 'El Mondongo' sirve como reserva estratégica durante situaciones de emergencia.

La red de distribución tiene una longitud de 32,595.46 metros, elaborada con tuberías P.V.C. SDR- 26, el tramo del barrio Nimboja está elaborado con tubería de hierro galvanizado; los diámetros varían desde 2" hasta 8", o sea, desde 50 mm hasta 200 mm.

### **7.1.1.- Componentes del Sistema de abastecimiento de Agua Potable**

#### **7.1.1.1.- Pozos.**

La fuente de abastecimiento del acueducto de Masatepe, es de tipo subterránea, el agua es extraída del acuífero contenido en los depósitos volcánicos, mediante cuatro pozos perforados los cuales son clasificados como pozos profundos y se localizan de la siguiente manera: El Tanque ubicado a 1 km al este del municipio, 'El Mondongo' se localiza al suroeste cerca de la carretera hacia San Marcos, el equipo 1A se ubica en el sector sur de la localidad 'El Tanque', y 500 m al este del municipio en el barrio Los Velázquez se ubica el pozo 3B.

La profundidad de los pozos oscila entre los 396 m (1,300 pies) y los 341 m (1,120 pies). El pozo El Tanque fue construido en 1980 y desde entonces funciona, el pozo el Mondongo se construyó desde 1988, fue puesto en activación pero no duró mucho, por lo que hasta en mayo del 2014 fue re-activado.

El pozo 'El Mondongo' tiene diez años de servicio, el pozo 1A tiene quince años de servicio, por tanto, se prevé continuar utilizándolos, hasta que alcancen veinticinco años de vida útil.

El pozo 'El Tanque', con aproximadamente treinta años de servicio, ya cumplió su vida útil, y debe salir de operación.

La infraestructura y el potencial productivo de los tres pozos en operación se encuentran en buenas condiciones, a excepción del pozo 3B, ya que carece de bomba y motor.

En la tabla, se muestran las principales características hidrogeológicas de los pozos activos:

<b>Descripción</b>	<b>Pozo El Mondongo</b>	<b>Pozo El Tanque</b>	<b>Pozo 1A</b>
<b>Año de construcción</b>	1988	1981	1993
<b>Años de operación</b>	10	<b>30</b>	15
<b>Profundidad (pies)</b>	1,120	1,300	1,300
<b>Ademe (plg)</b>	12	14	14
<b>Diámetro de perforación (plg)</b>	20	20	20
<b>Método de perforación</b>	Percusión	Percusión	
<b>Nivel Estático del agua (pies)</b>	811	920	876
<b>Descenso (pies)</b>	--	11	10
<b>Capacidad específica calculada (gpm/pie)</b>	--	--	26.5
<b>Producción (gpm)</b>	132.93	299	265
<b>Horas promedio de servicio diario</b>	19	19	19

Tabla No.2: Características hidrogeológicas de los pozos existentes.

Fuente: ENACAL de Masatepe.

Nota: Hasta la fecha de esta investigación el pozo 3B se encuentra inactivo.

### **7.1.1.2.- Estaciones de bombeo.**

Los cuatro pozos están dotados con bomba sumergible y motor, la potencia de los motores es de 200 HP el mayor y 125 HP los menores, la capacidad de bombeo varía de 18.92 l/s (300 gpm) a 8.20 l/s (130 gpm) en los equipos de menor potencia. Según el informe de producción de ENACAL Masatepe, reportado a diciembre del 2013, la producción total que brindan actualmente los pozos es de 16.78 l/s (266.13 gpm), operando un promedio de 16 horas/día. Ver anexo No. 3, pág. f. De acuerdo con la información levantada en campo y los datos suministrados por ENACAL, se identificaron las siguientes características de cada estación de bombeo:

**Pozo 'El Mondongo'**: está equipado con una bomba sumergible-motor, la marca de la bomba es SAER y la marca del motor es Franklin Electric, con una capacidad de 300 gpm y potencia de 125 Hp. El equipo de bombeo está acoplado a una columna de H<sup>o</sup>G<sup>o</sup> de 6" de diámetro y descarga a través de una sarta de H<sup>o</sup>F<sup>o</sup> Ø6", conformada por válvula anti-retorno, válvula de cierre, válvula de limpieza y macro-medidor, todos de H<sup>o</sup>F<sup>o</sup> Ø6", además de Válvula Aliviadora de Presión de H<sup>o</sup>F<sup>o</sup> Ø6" y manómetro de 0 a 160 psi. El banco de transformación de la energía eléctrica que alimenta a la estación de bombeo consta de tres Transformadores con una capacidad aparente de 75 KVA cada uno.

Aunque los pozos tienen marcas diferentes, tienen la capacidad suficiente para el desarrollo del bombeo de agua. Igual sucede con los motores y los bancos de transformación de 75 KVA.

#### **Predio y casetas**

- Caseta de controles eléctricos: piso, paredes y techo en regular estado, requiere pintura, puertas en regular estado, no tiene cielo raso, no tiene iluminación interior y exterior, con poca ventilación, no tiene ventanas,

lavamanos e inodoro en regular estado, necesita cambio de grifería y accesorios de inodoro.

- Caseta de cloración: piso, paredes y techo en regular estado, requiere pintura, tiene puerta, no tiene iluminación interior y exterior.
- Caseta de operador: no existe caseta independiente para operador.
- Cerca y portón de predio: Construido de malla ciclón y tubo galvanizado, en buen estado, requiere pintura.
- Iluminación de predio: hay una luminaria en todo el predio.

### **Equipo de bombeo y sarta**

- Equipo de bomba y motor: en buen estado de funcionamiento mecánico.
- Sarta de la bomba: cuenta con todos los accesorios hidráulicos, existe una fuga de agua que es producida por la válvula de limpieza o descarga que está en mal estado.
- Controles eléctricos: Cuenta con Panel arrancador marca Siemens en buen estado, cuenta con medidor de voltaje y amperaje en buen.

### **Equipo de cloración (líquido)**

En este pozo el servicio de cloración no es continuo, puesto que cada 2-3 semanas no se clora el agua, por falta cloro líquido.

- Dosificador: En buen estado. La dosificación se realiza a través de cloro líquido, y el vertido de la mezcla la realiza el operador (en 1 barril se mezclan 1 cubeta de cloro y el resto en agua, esta mezcla se consume en un período de una semana aproximadamente)
- Elementos de seguridad del operador: No existe ducha, ni pileta con agua para enjuague en caso de emergencia, no cuentan con equipos de seguridad como máscaras con filtro para protegerse en caso de fugas de cloro, no cuentan con medios de comunicación para informar, ni tienen adiestramiento sobre los procedimientos en caso de emergencias.



**Pozo '3B':** Este pozo actualmente está inactivo. El equipamiento de la sarta está incompleto. El banco de transformación de la energía eléctrica que alimenta a la estación de bombeo consta de tres Transformadores con una capacidad de 75 KVA cada uno.

### **Predio y casetas**

- Caseta de controles eléctricos: piso, paredes y techo en regular estado, requiere pintura, no tiene puerta, no tiene cielo raso, no tiene iluminación interior y exterior, con poca ventilación, no tiene ventanas, lavamanos e inodoro en regular estado, necesita cambio de grifería y accesorios de inodoro.
- Caseta de cloración: piso, paredes y techo en regular estado, requiere pintura, tiene puerta en regular estado, no tiene iluminación interior y exterior.
- Caseta de operador: no existe caseta independiente para operador.
- Cerca y portón de predio: Construido de malla ciclón y tubo galvanizado, en buen estado, requiere pintura.
- Iluminación de predio: existe la infraestructura pero no están instaladas las iluminarias.

### **Equipo de bombeo y sarta**

- Equipo de bomba y motor: no hay en existencia.
- Sarta de la bomba: cuenta con algunos accesorios hidráulicos.
- Controles eléctricos: Cuenta con Panel arrancador marca Siemens en regular estado.

## **Equipo de cloración**

- No existe equipo de cloración, aunque las tuberías están instaladas, y en regular estado.
- Elementos de seguridad del operador: No existe ducha, ni pileta con agua para enjuague en caso de emergencia, no cuentan con equipos de seguridad como mascararas con filtro para protegerse en caso de fugas de cloro, no cuentan con medios de comunicación para informar, ni tienen adiestramiento sobre los procedimientos en caso de emergencias.

**Pozo 'El Tanque':** Está equipado con una bomba sumergible marca Franklin Electric con una potencia de 200 Hp. El motor marca Siemens tiene una capacidad para bombear el agua en 270 gpm. El equipo de bombeo está acoplado a una columna de 4" (100mm) de diámetro y descarga a través de una sarta de 4" de diámetro (100mm), conformada por válvula anti-retorno, válvula de cierre, válvula de limpieza y macro-medidor de 4" (100) de diametro, además de Válvula Aliviadora de Presión Ø4" y manómetro de 0 a 140 psi todo esto de hierro galvanizado. El banco de transformación de la energía eléctrica que alimenta a la estación de bombeo consta de tres Transformadores con una capacidad aparente de 75 KVA cada uno.

## **Predio y casetas**

- Caseta de controles eléctricos: piso, paredes y techo en regular estado, requiere pintura, puertas en regular estado, no tiene cielo raso, no tiene iluminación interior y exterior, con poca ventilación, no tiene ventanas, lavamanos e inodoro en regular estado, necesita cambio de grifería y accesorios de inodoro.
- Caseta de cloración: piso, paredes y techo en regular estado, requiere pintura, tiene puerta, no tiene iluminación interior y exterior.

- Caseta de operador: existe caseta independiente para operador en regular estado.
- Cerca y portón de predio: Construido de malla ciclón y tubo galvanizado, en buen estado, requiere pintura.
- Iluminación de predio: hay una luminaria en todo el predio.

### **Equipo de bombeo y sarta**

- Equipo de bomba y motor: en buen estado de funcionamiento mecánico, existe una fuga de agua que es producida por la bomba impulsadora.
- Sarta de la bomba: cuenta con todos los accesorios hidráulicos.
- Controles eléctricos: Cuenta con Panel arrancador marca Siemens en buen estado, cuenta con medidor de voltaje en buen estado y amperaje en mal estado.

### **Equipo de cloración (gaseoso)**

En este pozo el servicio de cloración no es continuo, puesto que pasan meses sin clorar el agua. Cabe mencionar que un cilindro de cloro-gas tiene una duración de un mes, según datos del operador.

- Equipo de bomba y motor: en buen estado de funcionamiento mecánico, requiere pintura, al igual que la tubería de succión y descarga.
- Dosificador y báscula: en buen estado, cuenta con dos cilindros.
- Elementos de seguridad del operador: No existe ducha, ni pileta con agua para enjuague en caso de emergencia, no cuentan con equipos de seguridad como mascarar con filtro para protegerse en caso de fugas de cloro, no cuentan con medios de comunicación para informar, ni tienen adiestramiento sobre los procedimientos en caso de emergencias.

**Pozo '1A':** Está equipado con una bomba sumergible marca Franklin Electric con una potencia de 150 Hp y capacidad para bombear el agua de 250 gpm. El equipo de bombeo está acoplado a una columna de 6" (150mm) de diámetro, descarga a través de una sarta de 8" (200mm), conformada por válvula anti-retorno, válvula de cierre, válvula de limpieza y macro-medidor de 8" (200mm), además de Válvula Aliviadora de Presión de 6" (150mm) y manómetro de 0 a 160 psi todo esto de hierro galvanizado (H°G°). El banco de transformación de la energía eléctrica que alimenta a la estación de bombeo consta de tres transformadores con una capacidad aparente de 75 KVA cada uno.

### **Predio y casetas**

- Caseta de controles eléctricos: piso, paredes y techo en regular estado, requiere pintura, tiene puerta en regular estado, no tiene cielo raso, no tiene iluminación interior y exterior, con poca ventilación, no tiene ventanas, lavamanos e inodoro en regular estado, necesita cambio de grifería y accesorios de inodoro.
- Caseta de cloración: piso, paredes y techo en regular estado, requiere pintura, tiene puerta en mal estado, no tiene iluminación interior y exterior, con poca ventilación.
- Caseta de operador: no existe caseta independiente para operador.
- Cerca y portón de predio: Construido de malla ciclón y tubo galvanizado, en buen estado, requiere pintura.
- Iluminación de predio: hay una luminaria en todo el predio.

### **Equipo de bombeo y sarta**

- Equipo de bomba y motor: en buen estado de funcionamiento mecánico, a excepción de la válvula de presión que está en mal estado.
- Sarta de la bomba: cuenta con todos los accesorios hidráulicos.

- Controles eléctricos: Cuenta con Panel arrancador marca Siemens en buen estado, cuenta con medidor de voltaje y amperaje, ambos en buen estado.

### Equipo de cloración

En este pozo no se clora el agua, puesto que no existe equipo de cloración.

- Elementos de seguridad del operador: No existe ducha, ni pileta con agua para enjuague en caso de emergencia, no cuentan con equipos de seguridad como mascarar con filtro para protegerse en caso de fugas de cloro, no cuentan con medios de comunicación para informar, ni tienen adiestramiento sobre los procedimientos en caso de emergencias.

La tabla siguiente nos presenta estas características:

Estaciones de Bombeo	Marca Bomba	Potencia (Hp)	Marca Motor	Capacidad de bombeo (gpm)	Banco de Transformadores (KVA)
El Mondongo	SAER	125	Franklin Electric	300	3x75
3B	-	-	-	-	3X75
El Tanque	Franklin Electric	200	Siemens	270	Transformador seco de 250KVA 1,440 Voltios
1 <sup>a</sup>	Franklin Electric	150	Franklin Electric	270	3x75

Tabla No.3: Características físicas de las estaciones de bombeo.

Fuente: Elaboración Propia.

### **7.1.1.3.- Obras de tratamiento.**

El agua suministrada por el acueducto es extraída mediante pozos profundos y por su calidad es apta para el consumo humano requiriendo solamente tratamiento de desinfección por método de cloración gas y líquido antes de inyectarla a la red. Tanto El Pozo 'El Mondongo' cuenta con un sistema de cloración líquida como El Pozo 'El Tanque' está equipado con un sistema funcional para inyección de cloro gas, que consiste en bomba inyectora, regulador con rotámetro y balanza, para el pesaje de los cilindros de cloro gas. En el pozo 1A no existe un sistema de cloración ya que es utilizado solamente para llenar el tanque de 500,000 Glns.

Todos los componentes del sistema de cloración están alojados en una caseta construida de paredes de concreto, independiente de la caseta del operador y de la caseta de panel de control.

La calidad de las aguas subterráneas de Masatepe, se corroboró mediante la comparación de los valores recomendados por las Normas CAPRE con los resultados de los análisis físico-químicos y de metales pesados, realizados por el laboratorio de ENACAL en el año 1998, efectuados en los pozos 'El Mondongo' y 'El Tanque'.

Desde el punto de vista físico – químico, las aguas de los dos pozos activos, son de buena calidad; los valores de los parámetros analizados se encuentran dentro de los rangos aceptables para aguas de consumo humano.

En general, las aguas subterráneas utilizadas actualmente para proveer el acueducto del municipio de Masatepe, cumplen con las normas para aguas de consumo humano, por lo tanto, pueden continuar utilizándose como fuente de abastecimiento.

#### **7.1.1.4.- Tanques de almacenamiento.**

El sistema de almacenamiento del acueducto de Masatepe lo conforman dos tanques de almacenamiento. Ver anexo No. 3, pág. f. En el predio del pozo El Tanque existe un sistema de almacenamiento compensador o combinado, es decir, un tanque sobre suelo cisterna y el otro elevado sobre torre a 13.80 m del nivel del terreno natural, ambos de acero, el primero con capacidad de 500,000 GLN (1,890 m<sup>3</sup>), y el segundo presenta una capacidad de 5,000 GLN (18.92m<sup>3</sup>), este tiene la función de almacenar el agua excedente; ambos fueron construidos en el 2001.

- **Tanques de almacenamiento.**

Tanque de almacenamiento compensador o combinado – ‘Pozo El Tanque’

#### **Tanque de acero sobre suelo 500,000 GLN**

Es de forma cilíndrica, 19.33 m de diámetro, 6.45 m de altura, con fondo plano apoyado sobre cimiento continuo de viga circular de concreto reforzado.

#### **Cuerpo y estructura del tanque**

- Fondo: No presenta humedecimiento en la viga perimetral de cimentación, requiere de limpieza y pintura.
- Cuerpo: no presenta láminas oxidadas.

#### **Sarta y elementos hidráulicos**

- Sarta del tanque: tubería y válvulas de cierre para la alimentación, descarga y limpieza del tanque, todas en buen estado, solamente requieren pintura.
- Elementos accesorios: el rebosadero, regleta de niveles, rotulo de identificación, manjoles de inspección, respiradero, escaleras y jaula de

protección, todo en buen estado, la flecha indicadora de niveles, la boya y el cable guía, en regular estado.

### **Tanque de acero elevado 5,000 GLN**

De forma cilíndrica, 2.73 m de diámetro, 3.225 m de altura, con fondo cónico apoyado sobre torre fabricada con tubos de 3" de acero, la cual está apoyada sobre cimiento cuadrado y plano con viga de concreto reforzada.

#### **Cuerpo y estructura del tanque**

- Fondo: requiere limpieza y pintura.
- Cuerpo: presenta algunas láminas oxidadas en un rango permisible, debe darse mantenimiento (limpieza general y capas de pintura anticorrosivas).
- Torre y sistema de fijación: la torre en buen estado y las placas de anclaje con bajo grado de corrosión, requiere mantenimiento preventivo.

#### **Sarta y elementos hidráulicos**

- Sarta del tanque: tubería y válvulas de cierre para la alimentación, descarga y limpieza del tanque, todas en buen estado, solamente requieren pintura.

Elementos accesorios: el rebosadero, rotulo de identificación, respiradero todo en buen estado. Cabe mencionar que no cuenta con: regleta de niveles, jaula de protección, flecha indicadora de niveles, boya, cable guía; y las escaleras están incompletas.

En la tabla se muestran las características de cada tanque de almacenamiento, datos que se obtuvieron del inventario realizado en campo:



Identificación	Ubicación	Material/ Tipo	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Dimensión (m)		Elevación (msnm)	
				Ø	Altura útil	Fondo	Rebose
<b>El Tanque</b>	Predio pozo El Tanque	acero/ suelo	1,890	19.73	6.40	478	484.4
<b>El Tanque</b>	Predio pozo El Tanque	acero/ elevado	18.92	2.73	3.225	479	492.8

Tabla No.4: Características físicas de los tanques de almacenamiento.

Fuente: Elaboración Propia.

#### 7.1.1.5.- Líneas de conducción y red de distribución.

Los datos de la infraestructura existente, fueron obtenidos mediante el inventario de redes realizado en la ciudad de Masatepe, apoyados en los registros de planos existentes y la información referencial suministrada por el personal local a cargo de la operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de Masatepe.

Los datos indican que la red de distribución tiene una longitud de 32.39 km de tuberías, clasificadas por diámetro, material y longitud, según se muestra en la siguiente tabla: (Ver anexo 5, pág. t.)

Diámetro (plg)	Zona Alta Km	Zona Baja Km	TOTAL Km	% del total
2"	11.73	8.28	20.09	61.7601
3"	0.08	0.24	0.32	0.9891
4"	4.52	1.83	6.43	19.5997
6"	3.79	0.24	4.03	12.4570
8"	0.33		0.33	1.0204
10"	0.19		0.19	0.5852
12"	1.16		1.16	3.5885
<b>TOTAL</b>	<b>21.80</b>	<b>10.59</b>	<b>32.39</b>	<b>100</b>

Tabla No.5: Características físicas de la línea de conducción y la red de distribución.

Fuente: Inventario de ENACAL Masatepe.

La totalidad de las tuberías instaladas que conforman la red de distribución y línea de conducción son de pvc, a excepción de la tubería ubicada en el sector de Nimboja (rural) que es galvanizada. En general la red se encuentra en buen estado físico, la mayor parte fue construida en el año 1997 con el Proyecto del Programa Agua auspiciado por la Unión Europea. En los años siguientes se realizó el cambio de una considerable longitud de tubería galvanizada a tubería pvc reflejado aproximadamente en un 85% de la longitud total.

#### 7.1.1.6.- Conexiones domiciliarias.

El sistema de abastecimiento de Masatepe, tiene 3,539 conexiones activas, 96 inactivas y 123 conexiones suspendidas. Las conexiones domiciliarias se representan en un 97% de las conexiones activas. Por lo que, tan solo en un 3% se representan las conexiones públicas, comerciales e industriales.

## 7.1.2.- CARACTERÍSTICAS ADMINISTRACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN.

### 7.1.2.1.- Organización Administrativa.

La filial de Masatepe cuenta con 34 trabajadores donde incluyen, operadores de pozos que se encargan del cuidado y operación de los pozos, lectores-distribuidores (que se encargan del levantamiento de las lecturas de los medidores mensualmente, así como de la distribución de la factura), y un encargado de la planta de tratamiento de aguas residuales, un analista, además de una cajera, un conserje, fontaneros y vigilantes.

### 7.1.2.2.- Estructura Comercial.

Se brinda el servicio a 3,539 usuarios activos, cuya población se distribuye en 20 rutas de recaudación, a lo largo y ancho del municipio, las que son atendidas con frecuencias y continuidades diferentes. Donde se destacan las conexiones activas e inactivas, y otras cantidades con sus respectivos medidores, tal como se plantea en la tabla siguiente:

DESCRIPCION	CANTIDAD	ESTRUCTURA PORCENTUAL
<b>Conexiones Totales</b>	<b>3758</b>	<b>100%</b>
<b>Conexiones activas</b>	3539	94.17%
<b>Conexiones suspendidas</b>	123	3.27%
<b>Conexiones inactivas</b>	96	2.56%
<b>Conexiones activas Totales</b>	<b>3539</b>	<b>100%</b>
<b>Conexiones con medidor</b>	3520	99.46%
<b>Conexiones directas</b>	<b>19</b>	<b>0.54%</b>

Tabla No.6: Conexiones domiciliarias del año 2013

Fuente: Enacal de Masatepe

**Facturación:**

De acuerdo a datos proporcionado por ENACAL, el volumen de agua facturado durante el año 2013 alcanzó un total de 775,141 m<sup>3</sup>, lo que corresponde al 73.24% de la producción total. El 99.46% de la facturación corresponde al volumen medido y 0.54% corresponde al consumo estimado de las conexiones directas.

**7.1.2.3.- Diagnóstico técnico comercial e Indicadores de operación.**

- **Producción y consumo de agua. Agua no facturada.**

La producción de agua durante el año 2013, según registros de macro medidores ubicados en los 3 sistemas de bombeos del municipio de Masatepe, es del orden de los 1, 058,406 m<sup>3</sup>, mientras que el consumo facturado corresponde a los 775,141m<sup>3</sup>; por las condiciones de la red, las pérdidas comerciales y la falta de un catastro actualizado de usuarios, solo se logra facturar el 73.24% del total de agua que se produce.

Por otra parte, la relación producción versus consumo, genera un porcentaje de agua no facturada (ANF) del 26.76%, incluyendo pérdidas técnicas y comerciales.

En consecuencia, el consumo per cápita medido durante el año 2013 resulta de 111.28 lppd\*, calculado con un índice de hacinamiento de 5.4 habitantes por casa. Comparando el consumo per cápita con respecto a la dotación establecida en la norma, existe una diferencia de 20.72 lppd, esto indica que se presta un servicio con baja continuidad y a pesar de la producción de agua que según los datos, es suficiente para abastecer a la población.

\* lppd: litros personas por día

DESCRIPCION	UNIDAD	VALORES 2012	VALORES 2013
Producción	M <sup>3</sup>	1,032,695	1,058,406
Consumo	M <sup>3</sup>	735,910	775,141
Consumo medido	M <sup>3</sup>	723,333	770,957
Consumo no medido	M <sup>3</sup>	12,577	4,184
Índice de agua no facturada (ANF)	% del agua	29%	26.76%
Índice de producción /mes/conexión	M <sup>3</sup> /mes/conexión	23.90	25.09
Índice de consumo/mes/conexión	M <sup>3</sup> /mes/conexión	17.03	18.38
Índice de habitantes por casa	hab/ casa	5.4	5.4
Índice de consumo/ persona	lppd	103.71	111.88
Consumo medido	lppd	101.94	111.28
Consumo no medido	lppd	1.77	0.60

Tabla No.7: Producción y consumo de agua de Masatepe.

Fuente: Enacal de Masatepe.

#### **7.1.2.4.- Condiciones actuales de funcionamiento del sistema.**

La población urbana percibe el servicio de 16 a 19 horas diarias de abastecimiento de agua potable, mientras que en los sectores rurales como Villa Hábitat I y II, El corozo, El crucero, Campos azules y Mirazul del llano; reciben el servicio de 3 a 7 días con un promedio de 7 a 8 horas diarias de abastecimiento.

Cabe mencionar que en época de verano, el servicio de abastecimiento de agua potable tiene sus limitaciones, puesto que en el casco urbano se brinda únicamente de 7 a 8 horas diarias y en la zona rural se abastece deficientemente dos veces cada 8 días, cuyo promedio oscila de 5 a 6 horas de abastecimiento.

La siguiente tabla nos muestra el número de conexiones y las horas de servicio diario que reciben:

<b>NUMERO DE CONEXIONES Y HORAS DIARIAS DE SERVICIO</b>				
<b>RESTO DEL AÑO</b>			<b>VERANO</b>	
<b>Urbano</b>	<b>Rural</b>		<b>Urbano</b>	<b>Rural</b>
<b>16-19 horas</b>	<b>3-7 días (7-8 horas diarias)</b>	<b>Total</b>	<b>7-8 horas</b>	<b>2 veces cada 8 días</b>
<b>85.37%</b>	14.63%	100%	-	-
<b>3001</b>	514	3,515	-	-

Tabla No.8: Conexiones activas y horas diarias de servicio.

Fuente: Enacal de Masatepe.

El índice de agua no facturada (26.76%), al igual que el tipo de servicio, la antigüedad y las fugas del sistema, son factores que impide proporcionar un servicio apropiado en términos de cantidad y continuidad a la población.

## **7.2.- MODELO HIDRÁULICO DEL SISTEMA ACTUAL DE AGUA POTABLE**

### **7.2.1.- ESTRUCTURA FÍSICA DEL MODELO HIDRÁULICO DEL SISTEMA ACTUAL.**

Se hizo uso del programa de computo EPANET, para el análisis del funcionamiento de la estructura física del sistema de abastecimiento de agua potable de Masatepe, además se tomó en cuenta el inventario técnico del sistema de agua potable, las características de los elementos que constituyen cada componente del sistema, las fuentes de producción, la cotas del terreno y capacidad de los tanques de almacenamiento; y los nodos de la red de distribución con su respectiva elevación y demanda aplicada en ellos, así como las longitudes, diámetros y material de los tramos de tubería entre nodos. La distribución de caudales se llevó a cabo con la ubicación y cantidad de las viviendas, y a través del método de las áreas tributarias. De igual manera, se tomaron en cuenta las

normas de INAA y las especificaciones dadas por ENACAL para el desarrollo de este proyecto

### 7.2.2.- POBLACIÓN ACTUAL.

La población actual del municipio de Masatepe, se definió a través de las consultas varias de las instituciones como: ENACAL, MINSA e INIDE, para los datos censales de población y vivienda. Con estos datos, se obtuvieron distintos valores para el factor de hacinamiento; ya que para Enacal este factor es del 4.8 hab/ vivienda y para el INIDE es del 5.4 hab/ vivienda (2005). En la siguiente tabla se muestra los diferentes valores obtenidos de población total de Masatepe:

FUENTE	CALCULO	VALORES 2013
ENACAL de Masatepe	Total de conexiones*índice poblacional	18,981
MINSA de Masatepe	Censo poblacional	14,059
INIDE	Cálculo de población a través del método geométrico, utilizando tasa de crecimiento según norma INAA 2.5%.	<b><u>18,863</u></b>

Tabla No.9: Población actual de Masatepe según fuente de información.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de población que resultan a partir de las conexiones de ENACAL y el censo del MINSA difieren ampliamente, y no muestran consistencia con la proyección del INIDE. Por lo que, se utilizará como población actual (año 2013), la que resulta del cálculo de las proyecciones del INIDE contadas en el marco del presente proyecto, lo que corresponde a un valor de población de 18,863

habitantes, con una tasa de crecimiento del 2.50% y un índice de hacinamiento de 5.4 hab/ vivienda. Ver anexo No. 2, pág. c.

### 7.2.2.2.- Demanda de agua en el sistema.

- **Dotación de agua.**

Para localidades como Masatepe, con población actual en el rango de los 15,000 a 20,000 habitantes, la Normas de diseño de sistemas de abastecimiento y potabilización de agua del INAA, establece una dotación domiciliar de 132 lppd. Al valor anterior se le debe agregar el 7% por consumo comercial, 7% por consumo institucional y 2% por consumo industrial; la dotación promedio per cápita resulta de 153.12 lppd.

De conformidad con estos resultados, la aplicación de las normas establecidas y las especificaciones de ENACAL, se deduce utilizar como dotación los 132 lppd.

La demanda actual, nos permite calcular la dotación en base al consumo anual 2013 y la población, en base al número de conexiones del casco urbano de Masatepe:

Población = No. Conexiones\* índice poblacional = 3,515\*5.4hab/vivienda

Población = 18,981 hab

Dotación domiciliar = consumo anual /12 meses/ 30 días/ población \*1000 litros

Dotación domiciliar = 775,141m<sup>3</sup> /12 /30 /18,981 hab \* 1000 = **113 lppd**

Dotación promedio per cápita = 113 lppd \* 1.16 = 131.08 lppd

Para modelar el sistema de abastecimiento de agua potable actual, se utilizó la dotación domiciliar de 113 lppd, este valor es menor a la dotación establecida en la norma, puesto que las horas de abastecimiento del servicio de agua potable en



el casco urbano del municipio de Masatepe, son racionadas de 16-19 horas diarias.

- **Consumo promedio diario total.**

Considerando que en municipios como Masatepe, la población total tiene acceso de forma directa, o indirecta, al servicio de agua que provee el sistema.

La demanda para el consumo promedio diario del año 2013, se determinó sobre la base de la población y la dotación antes definidas, incrementada por un factor de 1.16, correspondiente al 7% de consumo comercial y público; y un 2% para el consumo industrial, incrementado por el factor del 20% que corresponde al porcentaje de pérdidas establecido por la norma, y a los criterios de ENACAL. En consecuencia el consumo promedio diario total resultante es:

$$\text{CPDT} = 18,863 \text{ Habitantes} \times 113 \text{ lppd} \times 1.16 \times 1.20 / 86400 \approx 34.34 \text{ lps}$$

- **Consumo máximo día.**

La estimación del consumo máximo día (cmd) se utiliza el factor de 1.5 aplicado al CPDT, tomado de la norma:

$$\text{CMD} = 1.5 \times 34.34 \text{ lps} \approx 51.51 \text{ lps.}$$

- **Consumo máxima hora.**

La estimación del consumo de máxima hora (cmh), lo que utilizó un factor de CMH igual a 2.5, lo que resulta:

$$\text{CMH} = 2.5 \times 34.34 \text{ lps} \approx 85.85 \text{ lps}$$

- **Demanda por elemento del sistema-requerimientos 2013**

Utilizando los datos de demanda estimados y los factores especificados por ENACAL expresamente para el presente estudio, se calculó la demanda por cada elemento del sistema, como se describe a continuación:

- **Fuente**

El sistema de agua potable de Masatepe se abastece de las aguas subterráneas extraídas del acuífero local mediante pozos profundos (El tanque, 1A) recibe estas aguas que son impulsadas hacia el tanque de almacenamiento, donde otro tanque (como sistema combinado), el agua se conduce por gravedad hasta la red de distribución de la zona alta y baja. El pozo “El Mondongo”, inyecta directamente su caudal a la red de distribución de ese sector.

Según lo establece la Norma INAA, en el acápite 5.2.5 Pozos: “El rendimiento total debe ser mayor que el consumo diario máximo”, por lo tanto, la producción promedio diaria de los tres pozos debería ser al menos 51.51 litros por segundo (816.80 galones por minutos) considerando la producción promedio en 24 horas continuas.

- **Almacenamiento:**

La norma establece que el volumen de almacenamiento disponible en el sistema debe tener las siguientes características:

- Volumen compensador: Es el agua necesaria para compensar las variaciones horarias del consumo. Se debe almacenar: “Para poblaciones menores de 20.000 habitantes, el 25% del consumo promedio diario.”
- Reserva para eventualidades y/o emergencias: Este volumen será igual al 15% del consumo promedio diario.

- Reserva para combatir incendios: La reserva para incendio se hará con un almacenamiento de 2 horas de acuerdo a la demanda de agua para incendio.

El volumen de almacenamiento requerido es:

$$\text{Vol. compensador} = 25\% \text{ del CPDT} = 0.25 \times 2,967.12 \text{ m}^3 \approx 741.78 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Eventualidades} = 15 \% \text{ del CPDT} = 0.15 \times 2,967.12 \text{ m}^3 \approx 445.07 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Incendio: } 2 \text{ tomas de } 250 \text{ gpm} \times 2 \text{ hrs} = (2 \times 250 \text{ gpm} \times 2 \text{ hr} \times 60 \text{ min}) / 264.20 \approx 227.10 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de Almacenamiento} = 741.78 + 445.07 + 227.10 = \mathbf{1,413.95 \text{ m}^3}$$

El caudal debe ser el equivalente al consumo de máxima hora (CMH), es decir, 85.85 litros por segundo, abastecidos desde los tanques con fuente sin operar.

### **7.2.2.3.- Balance oferta-demanda por elemento del sistema**

Observando, los datos mostrados en la siguiente tabla, la fuente no tiene la capacidad suficiente para abastecer los requerimientos del consumo máximo día. El rendimiento total de los pozos es de 34.03 litros por segundo, no cubre ninguna de las demandas, es por ello que el servicio de agua potable en el casco urbano del municipio de Masatepe es racionado de 16-19 horas diarias de abastecimiento. Aquí la tabla:

CONCEPTO	DEMANDA ACTUAL		CAPACIDAD ESTIMADA		DEFICIT/ EXCEDENTE
Fuente	51.51 LPS	816.80 GPM	<b>34.03 LPS</b>	539.59 GPM	<b>- 17.48 LPS</b>
Almacenamiento	1,413.95 m <sup>3</sup>	373,665.43 GLN	1,908.92 m <sup>3</sup>	504,471.46 GLN	+ 494.97 m <sup>3</sup>
Red de distribución	85.85 LPS	1,361.33 GPM	-----	-----	-----

Tabla No.10: Balance Oferta - Demanda Actual 2013

Fuente: Elaboración propia.

### 7.2.3.- MODELAJE HIDRÁULICO DEL SISTEMA ACTUAL

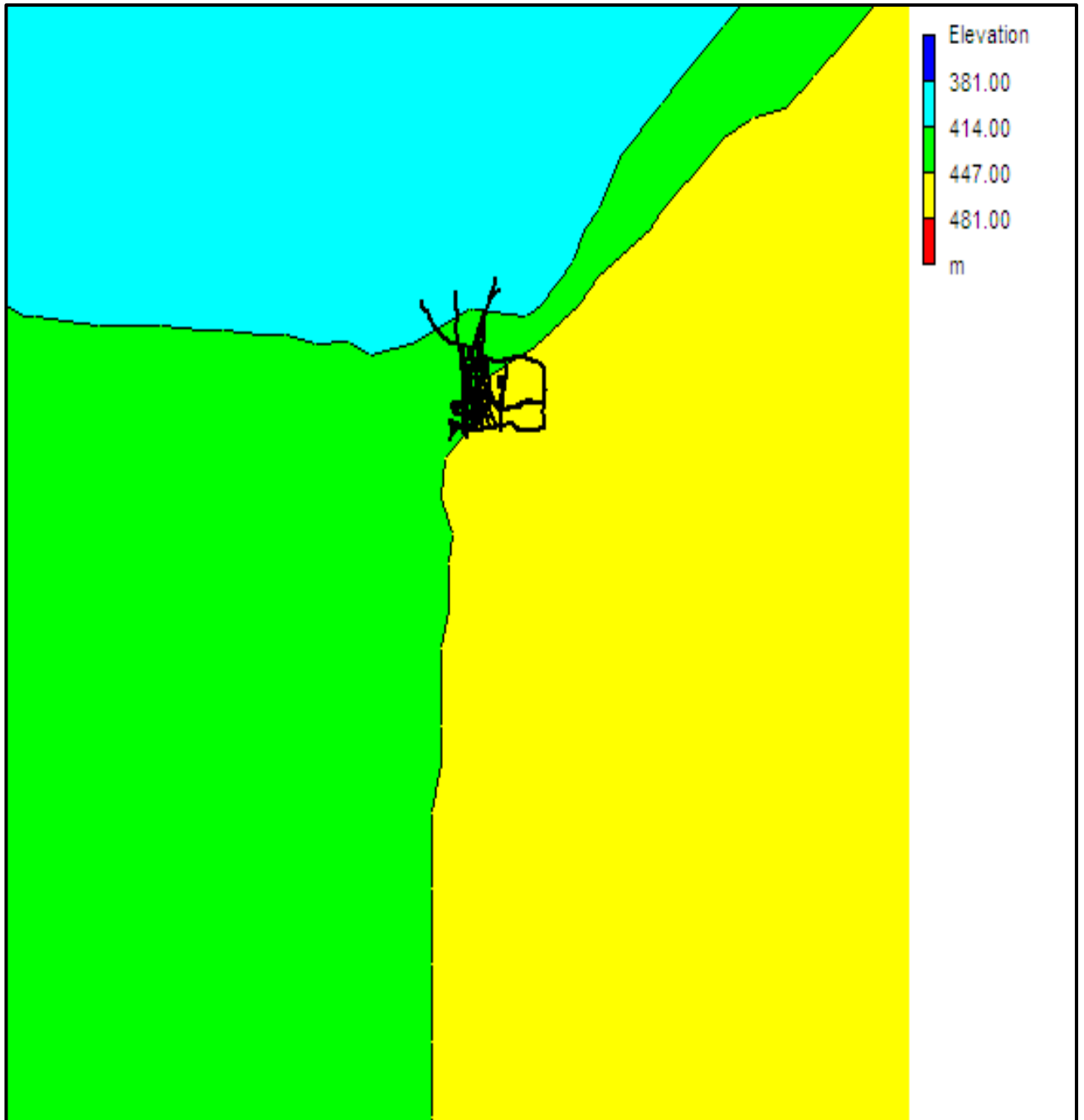


Figura 3: Curvas de Isopresión

En el estudio del modelaje hidráulico del sistema actual, basado en el modelo EPANET, se aplicaron los datos siguientes:

A continuación se definen los datos utilizados en esta aplicación y la fuente de los mismos:

- Demanda en los nodos. Caudal estimado a partir del consumo de las viviendas que contribuyen al nodo, bajo el concepto de área tributaria.
- Elevación de los nodos. Elevación de las esquinas o donde se establecen los nodos, obtenida de los planos topográficos de la localidad, a través del conjunto de coordenadas (MED) emitidas por INETER. Ver anexo No. 4, pág. r.
- Patrón de Demanda. Patrón de consumo en un régimen permanente, puesto que el municipio de Masatepe no cuenta con ningún estudio que detalle el histograma de consumo del agua.
- Longitud de Tubería. Longitud de tubería en un tramo entre dos nodos consecutivos; se obtuvo de los planos del inventario de la red de distribución.
- Diámetro de la Tubería. Diámetro de la tubería en un tramo entre dos nodos consecutivos; se obtuvo de los planos del inventario de la red de distribución.
- Rugosidad de la tubería. Coeficiente de rugosidad de la tubería antes definida, correspondiente a la fórmula de cálculo utilizada para estimar las pérdidas por fricción; para el caso se seleccionó la ecuación de Hazen-Williams, con un valor de 150 para tubería PVC.

- Estatus inicial de la tubería. Condición de inicio para definir si la tubería está abierta para conducir flujo o cerrada.
- Elevación de tanque. Elevación del fondo del tanque; se supone que corresponde al nivel de salida del tanque. Se tomó de los datos obtenidos del inventario de la red de distribución.
- Nivel máximo en el tanque. Altura del nivel de rebose respecto al fondo del tanque.
- Diámetro del tanque. Para tanques cilíndricos, corresponde a sus diámetros internos; para otras formas se adoptan los diámetros equivalentes, estimados en base a las capacidades netas y los niveles máximos.
- Nivel mínimo en el tanque. Nivel arbitrario seleccionado para la operación del tanque; normalmente se utiliza 1.0 m para permitir esta altura de carga sobre la salida.
- Nivel inicial en el tanque. Nivel arbitrario seleccionado para el inicio de la simulación de la operación del tanque en el sistema de distribución.
- Reservorios. Utilizados para simular los pozos de donde extraen e impulsan los equipos de bombeo. Cabe mencionar que en el pozo El Mondongo, no se detalló como reservorio sino como nodo.
- Caudal y presión manométrica de bombeo. Los datos de caudal y presión manométrica de operación de cada equipo de bombeo, fueron suministrados por ENACAL, de acuerdo a la siguiente tabla:

DESCRIPCIÓN	CAUDAL DE OPERACIÓN		PRESIÓN MANOMÉTRICA	POTENCIA DEL MOTOR
	GPM	LPS	PSI/MCA	Hp
Pozo El Mondongo	200	12.61	-----	125
Pozo El Tanque	299	18.86	-----	200
Pozo 1 <sup>a</sup>	250	15.77	-----	150

Tabla No.11: Caudal y presión manométrica de los pozos de Masatepe 2013.

Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos del inventario de la red de distribución son teóricos y no se logró obtener datos reales o que confirmaran los datos recopilados. No existe un estudio de histograma de consumo de agua del municipio de Masatepe, por esto no se logró modelar la situación actual en periodos extendidos.

El modelo hidráulico de la red actual se modeló sin bombas en los tres pozos y bajo un régimen permanente, puesto que, el modelo EPANET no contempla datos referentes a presión manométrica de bombeo.



### 7.2.3.2.- Modelación hidráulica del sistema de abastecimiento de agua potable actual

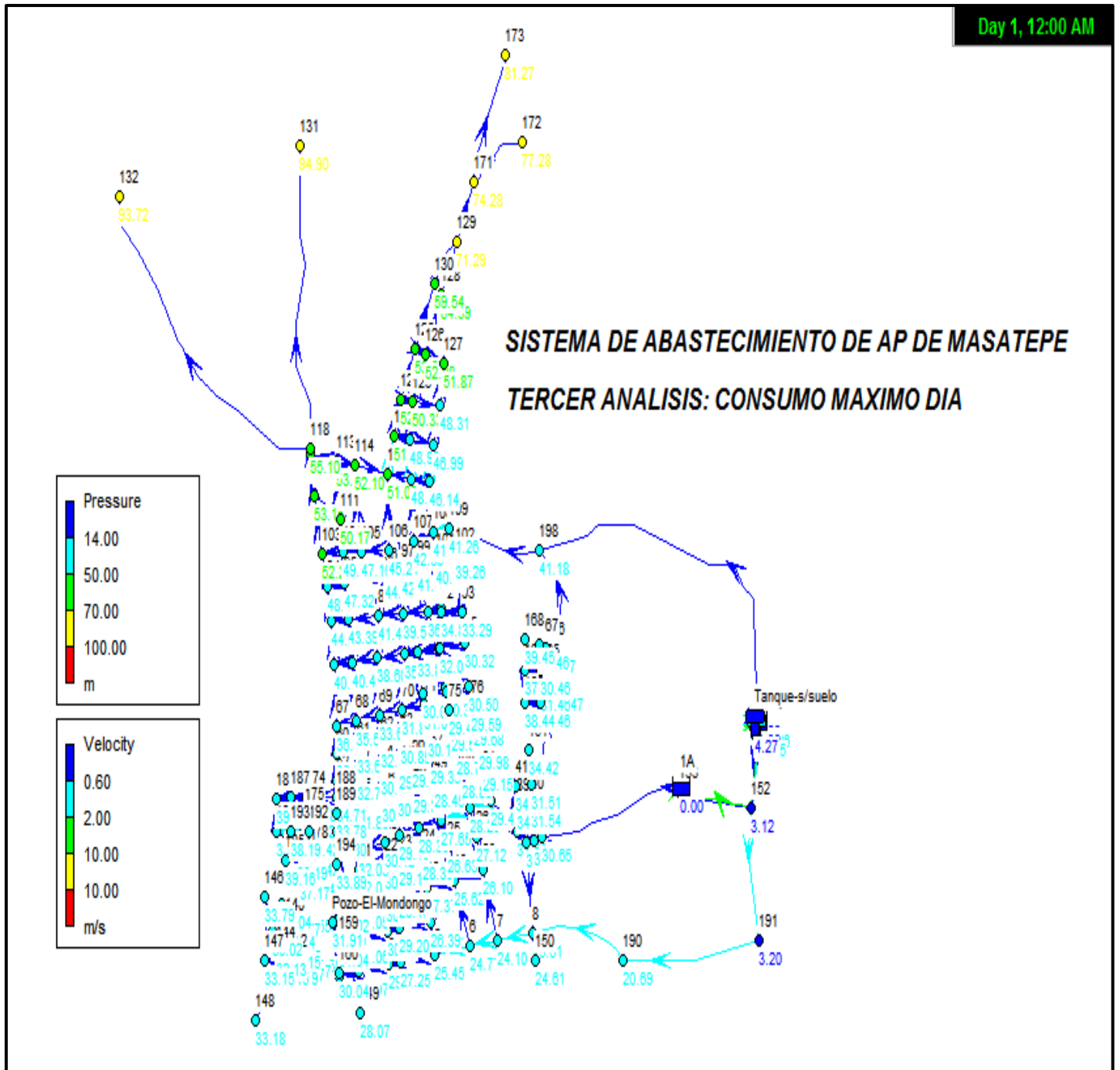


Figura 4: Modelo EPANET condición consumo máximo día (Sistema actual)

Se modeló hidráulicamente de acuerdo con las condiciones de operación actuales. El modelo hidráulico analizado contiene las dos zonas de presión (alta y baja). Las fuentes de alimentación del sistema son los pozos 'El tanque', '1A' y 'El Mondongo'; tal y como ocurre en la realidad.

Los resultados que se presentan en éste reporte corresponden a las cuatro condiciones más críticas de funcionamiento del sistema, descritas a continuación: Ver anexo No. 6, pág. v.

- **Condición sin consumo en la red**

Esta modelación tiene el propósito de evaluar las condiciones de presión más extremas que se presentan en toda la red, cuando hay oferta y no hay demanda, tomando en cuenta el suministro de agua producida por la capacidad instalada y los tanques a su máximo nivel.

Los resultados indican que para la situación sin consumo en la red, las presiones residuales en los nodos con mayores elevaciones topográficas, son de 25 mca, mientras que los valores máximos alcanzan registros cercanos a los 50 mca. Por supuesto, las mayores presiones (97 mca) se registran en las zonas con cotas topográficas más bajas, caso de la Comarca 6 de Julio; mientras que las presiones menores ocurren en la parte central del municipio en barrios como "Carlos Fonseca", "Macario Brenes", "Reperto Venecia", y "Reperto José Benito Escobar", donde se presentan las cotas topográficas más elevadas de Masatepe. En términos generales los resultados bajo esta condición, muestran que el 91.88% de los nodos cumplen con la norma establecida por INAA, la cual establece un rango permisible de presiones entre los 14-50 mca.

- **Condición de consumo de máxima hora**

Con el suministro de agua producida por la capacidad instalada y los tanques al 50% de su capacidad. Esta modelación tiene el propósito de evaluar las condiciones de déficit más extremas que se presentan entre la oferta y la demanda, desde el punto de vista de suministro, como de solvencia de presiones.

El modelo hidráulico para la condición de consumo máxima hora, reporta valores de presión menores y se presentan en las zonas de mayor cotas topográficas, valores que oscilan entre los 20-40 mca, y en las zonas con elevaciones bajas las presiones se presentan con valores mínimos de 40 mca y valores máximos de 86 mca. El 93.91% de los nodos refleja valores de presión permisibles entre el rango de 14-50 mca. En un 5.08% las presiones presentan valores menores a 14 mca y en un 1.02% las presiones se presentan con valores mayores a los 50 mca.

Desde el punto de vista de la capacidad de conducción de la red de distribución, bajo su actual configuración, los resultados que se obtienen de la modelación hidráulica para la condición de consumo de máxima hora, indican que el 68.92% de las tuberías de la red operan con velocidades menores a 0.6 m/seg (no cumplen con el valor mínimo requerido) y que, además, se registran cinco (5) tramos de tubería con velocidades que superan los 2 m/seg, y únicamente solo el 29.39% de las tuberías presentan velocidades permisibles entre el rango 0.6-2 m/seg.

- **Condición de consumo máximo día**

Con el suministro de agua producida por medio de la capacidad instalada y los tanques al 50% de su capacidad. Esta modelación tiene el propósito de evaluar las condiciones de presión bajo las cuales opera la red de distribución, cuando la oferta supera a la demanda.

Los resultados para la condición de consumo máximo día, reflejan que 183 nodos presentan valores de presión entre el rango de 14-50 mca, lo que equivale al 92.89% del total de nodos; los cuales según la norma son valores permisibles, mientras que un 4.57% los nodos presentan valores de presión menores a los 14 mca, y un 2.54% representa los nodos con valores de presión mayores a los 50 mca. Por otra parte solo el 9.12% de las tuberías cumplen con valores de velocidad permisible de 0.6-2 m/s, y el 89.53% de las tuberías muestran velocidades menores a los 0.6 m/s.

- **Condición de consumo máximo Diario incluyendo dotación de incendio:**

Bajo la condición de consumo máximo día incluyendo la dotación de incendio, el caudal que se distribuyó en los nodos 61 y 107, para una demanda base de 5.46 y 5.61 litros por segundo, respectivamente. Cercano al nodo 61 se ubica el Colegio María Auxiliadora, y cercano al nodo 107 se ubica el Centro de Salud.

Los resultados muestran que el 26.69% de las tuberías presentan velocidades entre 0.6-2 m/s (rango permisible) y que el 71.96% de las tuberías presentan velocidades menores a los 0.6 m/s y en un 1.35% muestran valores por encima de los 2 m/s. El 93.40% de los nodos de la red de distribución presentan valores de presión permisibles de 14-50 mca.

Esto confirma que la red posee capacidad hidráulica para las condiciones operativas impuesta por la demanda actual y que el resto requiere reforzamiento de diámetros de las tuberías para poder conducir la demanda requerida.

## 7.3.- MODELO HIDRAULICO DEL SISTEMA PROPUESTO DE AGUA POTABLE

### 7.3.1.- ESTRUCTURA FÍSICA DEL MODELO HIDRÁULICO DEL SISTEMA PROPUESTO.

Se consideró el análisis obtenido del modelo hidráulico del sistema actual del municipio, en base a estos datos se realizaron las recomendaciones generales para mejorar el funcionamiento de la red de distribución de agua potable en estudio. El modelo se ejecutó con la configuración del sistema Fuente-Red-Tanque, manteniendo el volumen de almacenamiento compensador.

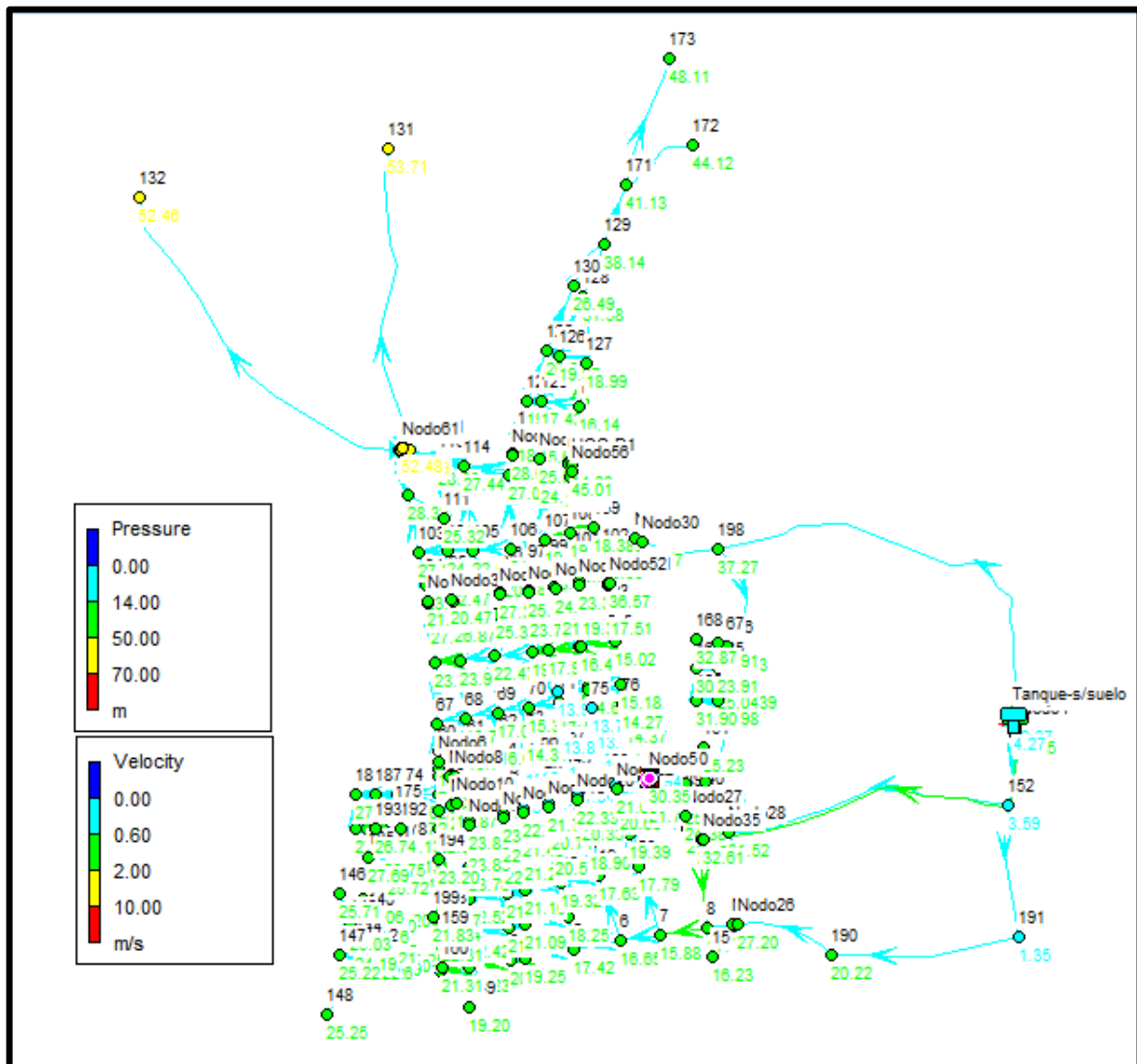


Figura 5: Modelo EPANET condición consumo máxima hora (Sistema propuesto)

La estructura física del sistema se introdujo en la aplicación de EPANET, alimentada con todos los datos, ya expuestos anteriormente.

La distribución de caudales se realizó en base a la sectorización del municipio, donde se obtuvieron 8 zonas, denominadas respectivamente A, B, C, D, E, F, G, y H.

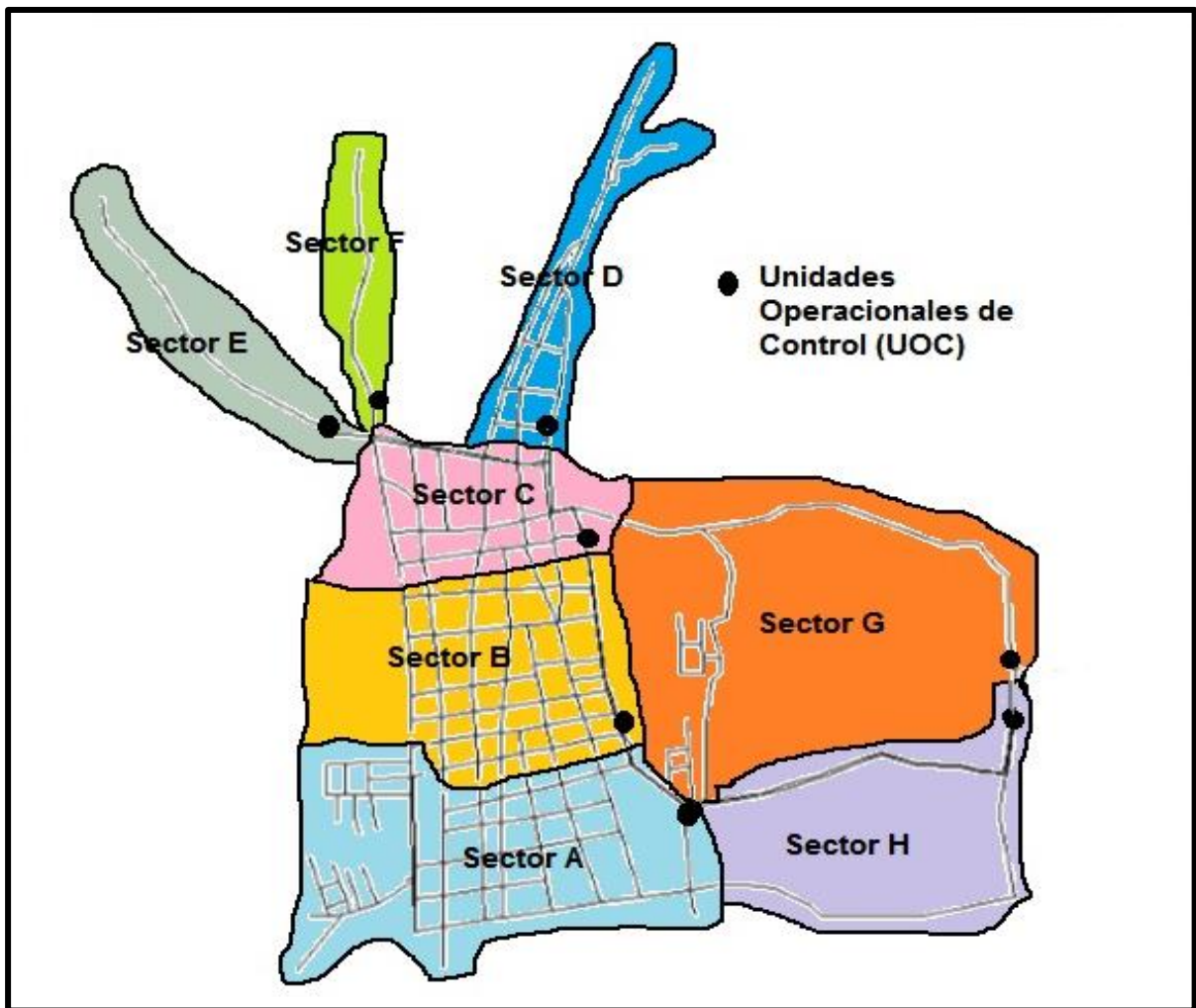


Figura 6: Sectorización Red de Agua Potable - Masatepe.

En las zonas se introdujeron ocho unidades operacionales de control (UOC), con el objetivo de controlar el caudal consumido por la población, evaluando a la vez las presiones, y determinando aquellos usuarios del sistema, que consumen agua potable ilegalmente. Ver anexo 7. Pág. mm.

### **7.3.2. CAMBIOS PROPUESTOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE POR SECTOR.**

La red de distribución propuesta consta de 333 tramos de tuberías con un total de 34,668.31 m equivalente a 34.67 km. Se incorporó a la red una línea de tubería principal de 2.79 km, con diámetros de 2, 4, 6, 10 y 12 pulgadas; a través de la cual se alimenta cada sector por medio de una unidad operacional de control (UOC). Los diámetros de las tuberías de la línea principal y de conducción, se incrementaron para fortalecer el funcionamiento de la red de distribución. Se redefinieron los diámetros de los tramos de tuberías que estaban deficientes, con el fin de incrementar la capacidad hidráulica de los elementos del sistema. Ver anexo 8, pág. pp y ver anexo 9, pág. uu.

#### **7.3.2.1 Sector “A”**

Este sector posee un área de consumo de 50 hectáreas, pertenece a la zona alta del municipio y lo conforman los barrios: ‘Reparto Venecia’, ‘Carlos Fonseca’, ‘Macario Brenes’ y ‘Reparto José Benito Escobar’. La unidad operacional de control de este sector se denomina UOC-A1, y se ubica cerca del nodo 35.

Posee 117 tramos de tuberías con un total de longitud de 9,378.81 metros equivalente a 9.38 km. Los tramos de tuberías que se conectaban con el sector “B”, se cortaron y se ubicaron tapones en los extremos de cada corte; de acuerdo a las normas de EPANET se modelaron como nuevos nodos.

#### **7.3.2.2 Sector “B”**

Tiene un área de consumo de 37.59 hectáreas, forma parte de la zona alta del municipio, conformada por los barrios: ‘Carlos Fonseca’, ‘Macario Brenes’, y ‘Evenor Calero’. La unidad operacional de control se ubica entre los nodos 51 y 33, y se nombró UOC-B1. Este sector consta de 96 tramos de tuberías con un total de longitud de 7,494.21 metros equivalentes a 7.49 km, con diámetros que

van desde 2-8 pulgadas. Se modificaron los diámetros de ciertos tramos de tuberías mejorando el funcionamiento del sistema de agua potable.

#### **7.3.2.3 Sector “C”**

Pertenece a la zona baja del municipio, con un área de consumo de 17.92 hectáreas, y está formado por los barrios: ‘Evenor Calero’ y ‘Jalata’. La unidad operacional de control se ubica entre los nodos 102 y 93, y se nombró UOC-C1. La red de este sector consta de 48 tramos de tuberías con una longitud total de 4,036.78 metros equivalentes a 4.04 km, con diámetros que van de 2 a 6 pulgadas. Se modificaron los diámetros de ciertos tramos de tuberías para un buen funcionamiento del sistema de agua potable.

#### **7.3.2.4 Sector “D”**

El barrio Jalata ocupa un área de 11.92 hectáreas, y pertenece a la zona baja del municipio. La unidad operacional de control de la zona se denomina UOC-D1, se ubica entre los nodos 121 y 117. No se hicieron modificaciones en los diámetros de las tuberías. Este sector consta de 25 tramos de tuberías con una longitud total de 3,048.53 metros equivalentes a 3.05 km, con diámetros entre 2 y 4 pulgadas.

#### **7.3.2.5 Sector “E”**

Pertenece a la zona baja del municipio, y lo forma el barrio “6 de julio”, posee dos tramos de tuberías de 2 pulgadas, con un total de 1.08 km de longitud. La unidad operacional de control UOC-E1 está cercana al nodo 118. Posee un área de consumo de 0.65 hectáreas.

#### **7.3.2.6 Sector “F”**

Pertenece a la zona baja del municipio teniendo como área de consumo 0.52 hectáreas, y lo forma el barrio Los Mercados, posee dos tramos de tuberías de 2 pulgadas, con un total de 0.86 km de longitud. La unidad operacional de control UOC-F1 se ubica cerca al nodo 118.



### **7.3.2.7 Sector “G”**

Lo conforman los barrios ‘Los Velázquez’, ‘Reparto Masatepe’ y el sector de ‘El Tanque’. La unidad operacional de control UOC-G1, está cerca al nodo 170. Consta de 23 tramos de tuberías con un total de longitud de 3.38 km, con diámetros que van de dos a tres pulgadas. Se modificaron los diámetros de ciertos tramos de tuberías para incrementar la capacidad hidráulica de los elementos del sistema. Este sector presenta un área de consumo de 6.88 hectáreas.

### **7.3.2.8 Sector “H”**

Abastece los barrios de ‘Nuevo amanecer’ y ciertas zonas del sector ‘El Tanque’, cuya área de consumo es de 1.52 hectáreas. La unidad operacional de control UOC-H1 se ubica entre los nodos Nodo1 y 169, cerca de los tanques de almacenamiento. Formado por 8 tramos de tuberías con un total de 2.55 km de longitud, con diámetro de 2 pulgadas; se modificaron diámetros de ciertos tramos de tuberías que lo ameritaban, para el buen funcionamiento de la red.

La siguiente tabla muestra los sectores con sus respectivas áreas de influencia, población y demanda:

SECTOR	AREA (ha)	POBLACION	CPDT (lps)	CMD (lps)	CMH (lps)
A	50.00	7,426	15.79	23.69	39.48
B	37.59	5,584	11.88	17.81	29.69
C	16.82	2,499	5.66	8.49	14.15
D	13.02	1,933	3.76	5.65	9.41
E	0.65	96	0.20	0.31	0.51
F	0.52	77	0.16	0.25	0.41
G	6.88	1,022	2.17	3.26	5.43
H	1.52	226	0.48	0.71	1.19
<b>TOTAL</b>	<b>126.99</b>	<b>18,863</b>	<b>40.11</b>	<b>60.17</b>	<b>100.28</b>

Tabla No.12: Descripción del sistema de agua potable propuesto.

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla muestra los tramos de tuberías en kilómetros distribuidos por diámetros:

SECTOR	A	B	C	D	E	F	G	H	Princ.	Conduc.	%
<b>No. Tramos</b>	117	96	48	25	2	2	23	8	8	4	
<b>Diámetro (plg)</b>	Kilómetros										
<b>2"</b>	6.78	6.12	3.39	2.83	1.08	0.86	1.70	2.55	0.48	0.02	<b>74.46</b>
<b>3"</b>	0.62	0.10	0.43	0.11	-	-	1.68	-	-	-	<b>8.50</b>
<b>4"</b>	0.74	0.72	0.12	0.11	-	-	-	-	0.36	-	<b>5.89</b>
<b>6"</b>	1.13	0.50	0.09	-	-	-	-	-	0.57	0.01	<b>6.64</b>
<b>8"</b>	0.11	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0.48</b>
<b>10"</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.25	-	<b>0.73</b>
<b>12"</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	1.13	0.02	<b>3.30</b>
SECTOR	A	B	C	D	E	F	G	H	Princ.	Conduc.	%
<b>TOTAL</b>	<b>9.38</b>	<b>7.49</b>	<b>4.04</b>	<b>3.05</b>	<b>1.08</b>	<b>0.86</b>	<b>3.38</b>	<b>2.55</b>	<b>2.79</b>	<b>0.05</b>	<b>100</b>

Tabla No.13: Descripción del sistema propuesto distribuido por sector.

Fuente: Elaboración Propia.

### **7.3.3.- RESULTADOS DE LA MODELACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA PROPUESTO.**

Se modeló hidráulicamente el sistema de abastecimiento de agua potable, tomando en cuenta las zonas de presión del municipio, zona alta y zona baja, al igual que la sectorización, las unidades operacionales de control, en un régimen permanente y con las mismas fuentes de abastecimiento, los pozos El Mondongo, El Tanque y el 1A. A continuación se muestran los resultados para cada condición. Ver anexo 10, pág. ww.

#### **7.3.3.1 Sin consumo:**

En términos generales los resultados bajo esta condición, muestran que el 92.97% de los tramos de tuberías cumplen con la norma establecida por INAA, la cual establece un rango permisible de presiones entre los 14-50 mca; en general se muestran las presiones más altas del sistema.

#### **7.3.3.2 Consumo máxima hora:**

Esta condición reporta valores de presión permisibles de 14-50 mca reflejados en un 86.72% de los nodos de la red de distribución. Puede apreciarse que los valores de presión son los requeridos para el buen funcionamiento de la red.

Desde el punto de vista de la capacidad de conducción de la red de distribución, bajo la propuesta, los resultados que se obtienen de la modelación hidráulica para la condición de consumo de máxima hora, indican que el 44.44% de las tuberías de la red operan con velocidades entre 0.6-2 m/s.

#### **7.3.3.3 Consumo máximo día:**

Los resultados reflejan que el 86.74% de los nodos presentan presiones permisibles (14-50mca) y que únicamente 6 nodos que pertenecen a la parte más

baja del barrio Jalata presentan presiones mayores a los 50 mca; por lo que 12.96% de los nodos representan valores de presión menores a los 14 mca, y en 2.22% presenta nodos con valores de presión mayores a los 50 mca. Las velocidades de las tuberías con valores permisibles 0.6-2 m/s se representan en un 98.50% del total de los tramos.

#### **7.3.3.4 Consumo máximo día + dotación de incendio:**

Para el municipio de Masatepe, la dotación de incendio es de 16 LPS, este caudal se distribuyó en los nodos 61 y 107, con un caudal total de 8.25 LPS y 8.52 LPS, respectivamente. Cercano al nodo 61 se ubica el Colegio María Auxiliadora, y cercano al nodo 107 se encuentra el Centro de Salud.

Los resultados para esta condición reflejan que un 94.53% de los nodos muestran valores de presión permisibles de 14-50 mca. El 32.13% de las tuberías presentan velocidades entre los 0.6-2 m/s.

## 7.4.- PRESUPUESTO



## CONCLUSIÓN

- 1) La cobertura física de la red de distribución, de acuerdo con el número de conexiones activas de servicio y la cantidad de viviendas (Censo INIDE 2005) es del 78.19%. Debido al déficit entre la oferta y la demanda y a las limitaciones hidráulicas de la red de distribución, el servicio es racionado para los usuarios.
- 2) Según la modelación hidráulica, los valores de velocidad en ciertos tramos de tuberías reflejan valores por debajo de la norma (0.6m/s), y en cuanto a presión, la red de abastecimiento presenta condiciones satisfactorias.
- 3) Los Pozos; El Tanque, 1A y El Mondongo, en total tienen una capacidad de producción de 34.03 lps (539.41 GPM) y la demanda actual es de 51.51 lps (816.80 GPM), es decir, que hay un déficit de 17.48 lps (277.17 GPM).
- 4) La capacidad instalada de almacenamiento es 1,908.92 m<sup>3</sup> (504,471.46 GLN) y la demanda actual es de 1,413.95 m<sup>3</sup> (373,665.43 GLN) por lo que se da un excedente de almacenamiento de 494.97 m<sup>3</sup> (130,806 GLN), que beneficia a la comunidad rural 'El Tanque'.
- 5) La red de distribución está constituida en un 100% por tuberías de PVC, el 60.07% es de 50 mm (2") de diámetro, se requiere redefinir los anillos principales y reforzarlos para la solución de las demandas actuales y futuras.

## RECOMENDACIONES

- 1) La realización de un censo catastral de usuario actualizado, el cual nos permitirá identificar el estado actual de las conexiones, el estado de los medidores; al igual que la cantidad total de viviendas del municipio de Masatepe.
- 2) Que futuros egresados de la carrera de Ing. Civil, realicen un estudio de titulado: Histograma de consumo de agua para el municipio de Masatepe, ya que a través de este análisis se puede modelar el sistema de abastecimiento de agua potable bajo factores horarios en régimen de periodos extendidos. Y de esta manera obtener resultados más detallados.
- 3) La activación del pozo 3B, evitando el racionamiento del servicio de abastecimiento de agua potable.
- 4) Reordenar el 100% del funcionamiento del sistema a la configuración Fuente - Red - Tanque, manteniendo como sistema de almacenamiento combinado existente de  $1,908.92 \text{ m}^3$  (504,471.46 galones).
- 5) Incorporar a la red de distribución de agua potable del municipio de Masatepe, ocho (8) unidades operacionales de control (UOC), con el objetivo de llevar un mayor control sobre el caudal consumido, y las presiones de las tuberías, y por supuesto evitar que usuarios se sirvan del servicio de agua potable ilegalmente.
- 6) Integrar a la red de abastecimiento de agua potable del municipio de Masatepe, válvulas de limpieza, a lo largo de los tramos de tuberías donde



los valores de velocidad están por debajo de la norma (0.6m/s), esto con el objetivo de evitar la acumulación de sedimentos en la red de distribución.

- 7) Incorporar a la red de abastecimiento de agua potable válvulas reguladoras de presión a lo largo de los tramos de tubería en donde los nodos presentan presiones ascendentes a los 40mca.
- 8) Recomendamos el mantenimiento, rehabilitación y en algunos casos reemplazo y/o construcción de obras civiles, hidráulicas y electromecánicas en las estaciones de bombeo para cada pozo.
- 9) Reforzar y ampliar los anillos principales de la red de distribución y la línea de conducción, para incrementar la capacidad hidráulica de estos elementos del sistema, a fin de suministrar caudales y presiones satisfactorios en la red.
- 10) Completar al 100% la micro-medición del sistema, instalar medidores en las 19 conexiones directas y sustituir los medidores en mal estado en conexiones activas.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Instituto Nicaragüense de acueductos y alcantarillados (INAA) 1989  
“Normas de diseño de Sistemas de abastecimiento y potabilización del agua potable”. Publicado por: El INAA
- Censos poblacionales del INIDE 1971-2005
- Tabla de cobertura de agua potable del Municipio de Masatepe 2013 – ENACAL
- Datos de consumo y producción de Masatepe 2013 por ENACAL (Managua)
- Alcaldía Municipal de Masatepe. 2012 “Caracterización Municipal 2012”  
Publicado por: Iris Janeth López Téllez.
- Ficha Municipal de Masatepe por INIFOM
- Monografía elaborada por el Ing. Mario Meyer, Diseño de la red de abastecimiento de agua potable de Masatepe. Biblioteca de ENACAL.
- Estudios de Ingeniería Sanitaria I: Método de Áreas Tributarias.

## **ANEXOS**