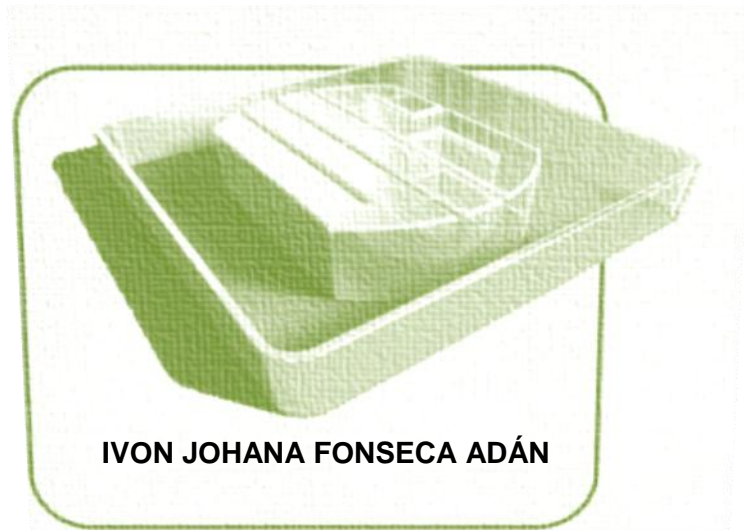


**APOYO TÉCNICO EN EL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DE LA
OPTIMIZACIÓN HIDRÁULICA, SECTORIZACIÓN Y AMPLIACIÓN DE
COBERTURA REDES DE ACUEDUCTO URBANO DEL MUNICIPIO DE
TRINIDAD DEPARTAMENTO DE CASANARE”**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

2011



**APOYO TÉCNICO EN EL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DE LA
OPTIMIZACIÓN HIDRÁULICA, SECTORIZACIÓN Y AMPLIACIÓN DE
COBERTURA REDES DE ACUEDUCTO URBANO DEL MUNICIPIO DE
TRINIDAD DEPARTAMENTO DE CASANARE”**

IVON JOHANA FONSECA ADÁN

Trabajo de grado modalidad Práctica Empresarial

Para optar al título de:

Ingeniera Civil

Director:

MARIO GARCÍA SOLANO

Ingeniero Civil, M. Sc.

Docente de la Escuela de Ingeniería Civil - UIS

Tutor:

JHON ALEXANDER RIVEROS AFRICANO

Ingeniero Civil

Representante Legal UNIÓN TEMPORAL TRINIDAD 2010

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

2011



AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarme en cada uno de los pasos que di hasta alcanzar este punto, y por darme la sabiduría necesaria para enfrentar con responsabilidad las dificultades.

Al ingeniero Mario García Solano por contribuir con su conocimiento en mi proceso de formación como persona y como profesional y por brindarme su ayuda y comprensión en todo momento.

A la Empresa Emcallanos S.A.S. de Yopal por permitir el intercambio interinstitucional a través del cual se desarrolló este proyecto, en especial al Doctor Helver Martínez por brindarme su apoyo y confianza en la realización de este proyecto. Por ultimo al tutor del proyecto Ingeniero Jhon Riveros.

Al equipo de la Empresa Municipal de Servicios Públicos y comunidad en general del Municipio de Trinidad por su recepción, colaboración y participación en el desarrollo de este proyecto.



DEDICATORIA

A Dios por permitirme culminar este ciclo con sabiduría y fortaleza. Sin él nada hubiese sido posible.

*A la memoria de la persona más importante y que le debo todo en mi vida, quien con su amor, dedicación, esfuerzo y confianza, ha hecho de mí, la persona que hoy soy.
Luz Mila Adán Peranquive, “mamá”.
Q. E. P. D.*

A mis hermanas Maye y Ana, las quiero mucho.

A José Julián, que ha vivido conmigo las experiencias y aventuras de la universidad, compartiendo grandes momentos y especiales recuerdos.

A Edgar por su confianza y colaboración incondicional en este logro.

A mis amigos y compañeros por compartir sus experiencias y conocimientos, por los momentos felices y recuerdos que llevo en mi mente y corazón.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron o participaron en la realización de este proyecto, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	18
OBJETIVOS	19
CAPITULO I	20
1 GENERALIDADES	20
1.1 CARACTERÍSTICAS DEL MUNICIPIO DE TRINIDAD CASANARE	20
1.1.1 Localización	20
1.1.2 Historia.....	22
1.1.3 Datos Generales	23
1.1.4 Meteorología y Clima	25
1.1.5 Hidrografía	26
1.1.5.1 Cuenca del río Pauto.	27
1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA	28
1.2.1 Misión.....	28
1.2.2 Visión	28
1.3 CONTRATO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN HIDRÁULICA, SECTORIZACIÓN Y AMPLIACIÓN DE COBERTURA REDES DE ACUEDUCTO URBANO DEL MUNICIPIO DE TRINIDAD DEPARTAMENTO DE CASANARE.....	29
1.4 ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA PRACTICA EMPRESARIAL	30
CAPITULO II	32
2 CRITERIOS UTILIZADOS PARA EL DISEÑO	32
2.1 ASPECTOS GENERALES	32
2.1.1 Determinación Del Nivel De Complejidad Del Sistema	33
2.1.2 Descripción del Problema	33
2.2 POBLACIÓN, DOTACIONES, DEMANDA	34
2.2.1 Estimación De La Población	34
2.2.1.1 Método de Cálculo	35
2.2.1.2 Periodo de Diseño	37
2.2.1.3 Población Futura.....	38
2.2.2 Evaluación De Las Dotaciones	40
2.2.2.1 Dotación Neta Máxima.....	40



2.2.2.2 Pérdidas.....	41
2.2.2.3 Dotación Bruta	42
2.2.3 Demanda	42
2.2.3.1 Caudal Medio Diario (Qmd)	42
2.2.3.2 Caudal Máximo Diario (Qmd).....	43
2.2.3.3 Caudal Máximo Horario (Qmh)	44
2.3 FUENTE DE ABASTECIMIENTO.....	46
2.3.1 Inventario De Pozo.....	47
2.4 REDES DE DISTRIBUCIÓN.....	49
2.4.1 Caudal De Diseño.....	49
2.4.1.1 Demandas mínimas contra incendios para el Nivel Medio Alto	49
2.4.2 Presiones En La Red De Distribución.....	49
2.4.3 Diámetros De Las Tuberías En La Red De Distribución	50
2.4.4 Profundidades De Las Tuberías	50
2.4.5 Material de las Tuberías.....	51
2.4.6 Catastro De Redes.....	51
2.5 ESTACIÓN DE BOMBEO.....	52
2.6 TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y COMPENSACIÓN	54
CAPITULO III.....	57
3 APORTE.....	57
3.1 EPANET 2.0: SOFTWARE DE MODELACIÓN HIDRÁULICA	57
3.1.1 Capacidades Para La Confección De Modelos Hidráulicos.....	59
3.1.2 Pasos Para Utilizar EPANET 2.0	60
3.2 METODOLOGÍA	61
3.3 RESULTADOS.....	68
CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES.....	84
BIBLIOGRAFÍA	86
ANEXOS.....	88



LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. LOCALIZACIÓN ESPACIAL DEL MUNICIPIO DE TRINIDAD.....	21
ILUSTRACIÓN 2. LÍMITES DEL MUNICIPIO DE TRINIDAD.....	21
ILUSTRACIÓN 3. MAPA HIDROLÓGICO DE TRINIDAD.....	26
ILUSTRACIÓN 4. SECTORIZACIÓN DE LA RED DE SUMINISTRO DE TRINIDAD	29
ILUSTRACIÓN 5. ABASTECIMIENTO POR BOMBEO. DEPÓSITO DE REGULACIÓN EN SERIE. FUENTE: PRÁCTICAS DE INSTALACIONES DE FLUIDOS E.P.S. INGENIERÍA DE GIJÓN- INGENIEROS INDUSTRIALES, CURSO 2005-2006.....	46
ILUSTRACIÓN 6. ABASTECIMIENTO POR BOMBEO. DEPÓSITO DE COMPENSACIÓN EN PARALELO. FUENTE: PRÁCTICAS DE INSTALACIONES DE FLUIDOS E.P.S. INGENIERÍA DE GIJÓN-INGENIEROS INDUSTRIALES, CURSO 2005-2006.....	47



LISTA DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1. VISTA AÉREA DEL MUNICIPIO DE TRINIDAD.	20
FOTOGRAFÍA 2. ANTIGUO MUNICIPIO DE TRINIDAD.....	22
FOTOGRAFÍA 3. ACTUAL MUNICIPIO DE TRINIDAD.	23
FOTOGRAFÍA 4. RÍO PAUTO MUNICIPIO DE TRINIDAD	27
FOTOGRAFÍA 5. PLANTA DE ACPM (OLYMPIAM. CATERPILLAR OVERSEAS S.A, 76 ROUTE DE FRONTENEX BP 456 1211 GENEVA 6 SWITZERLAND) QUE UTILIZA EL MUNICIPIO DE TRINIDAD.	48
FOTOGRAFÍA 6. UNA ELECTROBOMBA TIPO LAPICERO SUMERGIBLE DE 30HP.	48
FOTOGRAFÍA 7. SALA DE BOMBAS DEL ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE TRINIDAD.	52
FOTOGRAFÍA 8. PRIMER TANQUE SUPERFICIAL.	54
FOTOGRAFÍA 9. SEGUNDO TANQUE SUPERFICIAL.	55
FOTOGRAFÍA 10. TANQUES SUBTERRÁNEOS CAPACIDAD 50 m ³	55
FOTOGRAFÍA 11. TANQUES SUBTERRÁNEOS CAPACIDAD 80 m ³	56
FOTOGRAFÍA 12. TANQUES ELEVADOS 1 Y 2, CAPACIDAD 140 Y 120 M3 RESPECTIVAMENTE.....	56



LISTA DE TABLAS

TABLA 1. PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL DE TRINIDAD 1995 – 1997. FUENTE: TABLA 3.1 EOT 1998-2007.....	25
TABLA 2. ASIGNACIÓN DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD. FUENTE: TABLA A.3.1 RAS-2000 .	33
TABLA 3. POBLACIÓN TRINIDAD. FUENTE: DANE CENSO 2005	34
TABLA 4. POBLACIÓN AÑOS ANTERIORES Y VALORES DE LAS TASAS DE CRECIMIENTO (R) TRINIDAD. FUENTE: DANE.....	34
TABLA 5. MÉTODOS DE CÁLCULO PERMITIDOS SEGÚN EL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA. FUENTE: TABLA B.2.1 RAS 2000.	35
TABLA 6. PERIODOS DE DISEÑO MÁXIMOS SEGÚN EL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA. FUENTE: TABLA No.10 RAS 2000.	38
TABLA 7. PROYECCIONES DE LA POBLACIÓN DURANTE EL PERIODO DE DISEÑO SEGÚN MÉTODOS PERMITIDOS.	39
TABLA 8. DOTACIÓN NETA MÁXIMA SEGÚN EL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA.....	41
TABLA 9. PORCENTAJES MÁXIMOS ADMISIBLES DE PÉRDIDAS TÉCNICAS.	41
TABLA 10. COEFICIENTE DE CONSUMO MÁXIMO DIARIO, K1, SEGÚN EL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA. FUENTE: TABLA B.2.5 RAS 2000.	43
TABLA 11. COEFICIENTE DE CONSUMO MÁXIMO HORARIO, K2, SEGÚN EL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA Y EL TIPO DE RED DE DISTRIBUCIÓN. FUENTE: TABLA B.2.6 RAS 2000.	44
TABLA 12. PROYECCIONES DE LA DEMANDA DE AGUA DEL MUNICIPIO DE TRINIDAD.....	45
TABLA 13. PRESIONES MÍNIMAS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN. FUENTE: TABLA B.7.4 RAS 2000.....	49
TABLA 14. DIÁMETROS MÍNIMOS DE LA RED MENOR DE DISTRIBUCIÓN. FUENTE: TABLA B.7.6 RAS 2000.	50
TABLA 15. CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS HIDRÁULICAS DEL ACUEDUCTO DE TRINIDAD.....	53



LISTA DE CUADROS

CUADRO 1. VALORES POR DEFECTO DEL PROGRAMA EPANET.....	65
CUADRO 2. BARRA DE HERRAMIENTAS DEL PROGRAMA EPANET 2.0.....	66
CUADRO 3. ESQUEMA DE LA RED EN EPANET DEL ACUEDUCTO FUTURO DE TRINIDAD.	66
CUADRO 4. EDITOR DE PROPIEDADES DE EPANET 2.0.....	67
CUADRO 5. DEMANDA Y PRESIÓN EN DIVERSOS NODOS.	68
CUADRO 6. CAUDAL Y VELOCIDAD EN DIVERSAS TUBERÍAS.	68
CUADRO 7. ESQUEMA DE LA RED – PRESIONES EN LOS NODOS Y DIÁMETROS DE LA TUBERÍA EN LA PRIMERA CONDICIÓN.	69
CUADRO 8. ESQUEMA DE LA RED – PRESIONES EN LOS NODOS Y DIÁMETROS DE LA TUBERÍA EN LA CONDICIÓN MEJORADA.	72
CUADRO 9. ESQUEMA DE LA RED – PRESIONES EN LOS NODOS Y DIÁMETROS DE LA TUBERÍA EN LA CONDICIÓN MEJORADA SECTORIZADA.	74
CUADRO 10. ESQUEMA DE LA RED – PRESIONES EN LOS NODOS Y DIÁMETROS DE LA TUBERÍA EN LA CONDICIÓN MEJORADA SECTOR N°1.....	75
CUADRO 11. ESQUEMA DE LA RED – PRESIONES EN LOS NODOS Y DIÁMETROS DE LA TUBERÍA EN LA CONDICIÓN MEJORADA SECTOR N°2.....	76
CUADRO 12. ESQUEMA DE LA RED – PRESIONES EN LOS NODOS Y DIÁMETROS DE LA TUBERÍA EN LA CONDICIÓN MEJORADA SECTOR N°3.....	77
CUADRO 13. ESQUEMA DE LA RED – PRESIONES EN LOS NODOS Y DIÁMETROS DE LA TUBERÍA EN LA CONDICIÓN MEJORADA SECTOR N°4.....	78
CUADRO 14. ESQUEMA DE LA RED – PRESIONES EN LOS NODOS Y DIÁMETROS DE LA TUBERÍA EN LA CONDICIÓN MEJORADA A LA HORA CERO.	80
CUADRO 15. ESQUEMA DE LA RED – PRESIONES EN LOS NODOS Y DIÁMETROS DE LA TUBERÍA EN LA CONDICIÓN MEJORADA A LA HORA 9AM.	81
CUADRO 16. ESQUEMA DE LA RED – PRESIONES EN LOS NODOS Y DIÁMETROS DE LA TUBERÍA EN LA CONDICIÓN MEJORADA A LA HORA 12PM.	81



LISTA DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1. MÉTODO ARITMÉTICO.	35
ECUACIÓN 2. MÉTODO GEOMÉTRICO.	36
ECUACIÓN 3. TASA DE CRECIMIENTO PARA EL MÉTODO GEOMÉTRICO.	36
ECUACIÓN 4. MÉTODO EXPONENCIAL.	37
ECUACIÓN 5. TASA DE CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN (K) DEL MÉTODO EXPONENCIAL.	37
ECUACIÓN 6. DOTACIÓN BRUTA.	42
ECUACIÓN 7. CAUDAL MEDIO DIARIO.	42
ECUACIÓN 8. CAUDAL MÁXIMO DIARIO.	43
ECUACIÓN 9. CAUDAL MÁXIMO HORARIO.	44



LISTA DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1. PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL DE TRINIDAD 1995 – 1997. FUENTE: TABLA 3.1 EOT 1998-2007.....	25
GRÁFICA 2. PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN DEL MUNICIPIO DE TRINIDAD	40
GRÁFICA 3. PERFIL LONGITUDINAL TRAMO CRITICO EN CONDICIÓN NIVEL MÁXIMO.	70
GRÁFICA 4. PERFIL LONGITUDINAL TRAMO CRITICO EN CONDICIÓN NIVEL ALTO MEJORADO.	73
GRÁFICA 5. CURVA DE MODULACIÓN ASUMIDA POR LA AUTORA.	79
GRÁFICA 6. PERFILES LONGITUDINALES DE NUDOS CRÍTICOS EN CONDICIÓN NIVEL ALTO MEJORADO.	82



ANEXOS

ANEXO A. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	89
ANEXO B. PRESUPUESTO PRELIMINAR DEL PROYECTO.....	90
ANEXO C. CARTA: LABORES CUMPLIDAS EN LA PRÁCTICA EMPRESARIAL.....	92
ANEXO D. ESPECIFICACIONES LÍNEA DE CONDUCCIÓN EN TUBERÍA DE PE.....	93
ANEXO E. BASE DE DATOS DE LOS NUDOS DEL PROYECTO.....	97
ANEXO F. BASE DE DATOS DE LAS TUBERÍAS DEL PROYECTO.	102
ANEXO G. REGISTRO FOTOGRÁFICO RESUMEN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DURANTE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL	109
ANEXO H. PLANOS GENERALES DEL SISTEMA DE REDES DEL MUNICIPIO DE TRINIDAD INICIAL Y FUTURO.....	114



RESUMEN

TITULO: APOYO TÉCNICO EN EL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN HIDRÁULICA, SECTORIZACIÓN Y AMPLIACIÓN DE COBERTURA REDES DE ACUEDUCTO URBANO DEL MUNICIPIO DE TRINIDAD DEPARTAMENTO DE CASANARE”.*

AUTOR: FONSECA ADÁN, Ivon Johana**

PALABRAS CLAVES: Redes de distribución, Tubería, presiones, Acueducto, Agua Potable, modelación, EPANET.

DESCRIPCIÓN: El proyecto se basó en el apoyo a la Residencia de obra en la Unión Temporal Trinidad 2010, y un aporte de verificación y evaluación en el diseño de las redes de distribución del Acueducto Urbano del Municipio de Trinidad.

Se desarrollaron labores de revisión, formulación, seguimiento de obra del proyecto relacionado con la construcción, reparación o reposición de redes de acueducto de Trinidad. Además, se revisaron los criterios o parámetros de diseño del proyecto original en ejecución con el presente manuscrito basados en la Normatividad del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000, usando un software como herramienta de modelación para el análisis del comportamiento hidráulico.

En el Capítulo I se presentan las características del Municipio de Trinidad en cuanto a localización, historia, datos generales, clima e hidrología; las características de la Empresa contratada para ejecutar el proyecto, breve descripción de contrato y la descripción de las actividades realizadas en el desarrollo de la práctica empresarial. El capítulo II se muestran algunos de los criterios utilizados en el diseño de un Acueducto basados en la Norma RAS 2000 referente al Título B, que hace referencia a las bases mínima de diseño de sistemas de acueductos; el capítulo III presenta el aporte personal - la modelación en el programa de EPANET 2.0, que consigna la descripción del software, la metodología empleada y los resultados obtenidos y por último, las conclusiones, recomendaciones y desde luego anexos.

* Proyecto de Grado.

** Facultad de ingenierías físico-mecánicas, escuela de ingeniería civil, director del proyecto Ing. M. Sc. Mario Garcia Solano.



ABSTRACT

TITLE: TECHNICAL SUPPORT IN THE "CONSTRUCTION OF HYDRAULIC OPTIMIZATION, SECTORIZATION AND EXTENSION OF COVERAGE URBAN WATER SUPPLY NETWORK CITY OF TRINIDAD CASANARE".*

AUTHOR: IVON JOHANA FONSECA ADAN **

KEY WORDS: distribution networks, Pipe, Water Supply, Water, modeling, EPANET.

DESCRIPTION: The project was based on supporting the Residence of the Temporary work in Trinidad, 2010, and a contribution from monitoring and evaluation in the design of distribution networks Aqueduct Township Urban Trinidad.

They developed the Review, formulation, monitoring of project work related to the construction, repair or replacement of water supply networks in Trinidad. In addition, we reviewed the criteria and design parameters of the original project implemented with the present manuscript based on industry standards Water Supply and Sanitation 2000 RAS, using a modeling software as a tool to analyze the hydraulic behavior.

Chapter I presents the characteristics of the municipality of Trinidad in location, history, general information, climate and hydrology, the characteristics of the company contracted to run the project, brief description of contract and a description of the activities in the development of business practice. Chapter II lists some of the criteria used in the design of a pipeline based on the Standard RAS 2000 concerning Title B, which refers to the minimum design basis of water systems; Chapter III presents the personal contribution - the modeling at the program EPANET 2.0, which reflects the description of the software, the methodology and results and finally, conclusions, recommendations and certainly annexes.

* Grade Project.

** Faculty Of Physical And Mechanical Engineering, Civil Engineering School, Director: Mr. M Sc. Mario Solano Garcia.



INTRODUCCIÓN

La modalidad de práctica empresarial como proyecto de grado involucra al estudiante con una experiencia laboral, enriqueciendo el proceso académico adquirido durante la formación universitaria. En esta, se desarrollaron actividades de tipo técnico y administrativo básicamente en un proyecto de acueducto. El presente trabajo muestra las actividades desarrolladas durante el periodo de práctica empresarial en la Empresa Emcallanos S.A.S. de Yopal Casanare desde la Residencia de Obra y presenta una verificación del diseño para la construcción del Sistema de distribución del Municipio de Trinidad - Casanare.

El agua siempre ha sido un recurso imprescindible para el desarrollo y bienestar de toda la humanidad. Como principio básico, el agua es un elemento clave en la cadena biológica por eso el hombre ha procurado tener cerca una fuente de abastecimiento. Su uso y tratamiento inciden en el entorno en el que se desarrolla la vida humana. Pero el agua es un recurso escaso. Por ello su correcto reaprovechamiento y reutilización son vitales para conjugar el proceso y el desarrollo sostenible.

Por esta razón el enfoque del aporte se centró en la evaluación de la red de distribución del Municipio Trinidad, ya que presentan dificultades con el suministro de agua tratada en cuanto a continuidad por las BAJAS PRESIONES EN LA RED, para ello se requiere la modelación y la representación matemática del comportamiento de los elementos que forman el sistema de distribución. El programa escogido es EPANET desarrollado por la Environmental Protection Agency (USA) formula el problema basándose en el método del gradiente.



OBJETIVOS

✿ OBJETIVO GENERAL

Realizar actividades de apoyo a la Residencia de Obra del Proyecto “CONSTRUCCIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN HIDRÁULICA, SECTORIZACIÓN Y AMPLIACIÓN DE COBERTURA REDES DE ACUEDUCTO URBANO DEL MUNICIPIO DE TRINIDAD DEPARTAMENTO DE CASANARE”, como auxiliar de ingeniería.

✿ OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Realizar las charlas de seguridad industrial al personal vinculado al inicio de las actividades diarias.
- ❖ Llevar el control del personal diariamente.
- ❖ Distribuir los trabajos y coordinar los elementos y materiales a necesitar en cada una de las actividades.
- ❖ Verificar cantidades de obra en la ejecución del trabajo, así como también revisar y comparar los planos y diseños del proyecto.
- ❖ Estar en continua comunicación con el Director de Obra y el Ingeniero residente sobre modificaciones o incrementos de cantidades de obra.
- ❖ Tomar los registros fotográficos necesarios para la elaboración de informes.
- ❖ Calcular cálculos referentes a cantidades y determinar necesidades a pruebas de control de calidad.
- ❖ Revisar condiciones y parámetros de las actividades a realizar diariamente.

APORTE PERSONAL: Verificar y evaluar el diseño de las redes de distribución que contempla el proyecto Construcción De La Optimización Hidráulica, Sectorización Y Ampliación De Cobertura Redes De Acueducto Urbano Del Municipio De Trinidad Departamento De Casanare en el Programa de EPANET versión 2.0.



CAPITULO I 1 GENERALIDADES

1.1 CARACTERÍSTICAS DEL MUNICIPIO DE TRINIDAD CASANARE



Fotografía 1.Vista Aérea del Municipio de Trinidad. ¹

1.1.1 Localización

El municipio de Trinidad se encuentra ubicado al norte del Departamento de Casanare. **Límites del municipio:** **Norte:** Municipio de Paz de Ariporo, **Oriente:** Departamento del Vichada y Río Meta, **Sur:** Municipio de San Luis de Palenque, **Occidente:** Municipio de Pore.

Gentilicio: Triniteños

Extensión total: 2947 Km², **Extensión área urbana:** 10 Km²

¹La fotografía fue extraída de la presentación que se encuentra en el siguiente link <http://www.slideshare.net/criollitoque/principales-caracteristicas-de-trinidad-casanare-2453745>.



Extensión área rural: 2937 Km²

Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 187

Temperatura media: 26° C

Distancia de referencia: YOPAL A 120 Km aproximadamente

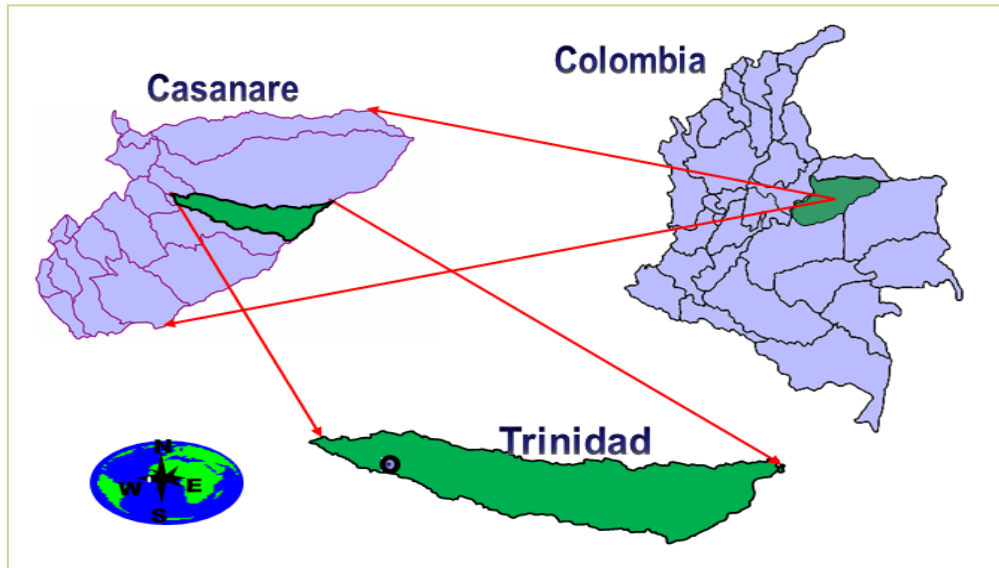


Ilustración 1. Localización Espacial del Municipio de Trinidad²



Ilustración 2. Límites del Municipio de Trinidad.³

² y

³ Son ilustraciones extraídas de la presentación que se encuentra en el siguiente link <http://www.slideshare.net/criollitoque/principales-caracteristicas-de-trinidad-casanare-2453745> y fueron modificadas por la Autora.



1.1.2 Historia



Fotografía 2. Antiguo Municipio de Trinidad.⁴

“Trinidad-Casanare, pueblo llanero de antepasados ancestros, conserva su gallardía y tradición de pueblo criollo que ama, respeta, valora y fomenta el sentir más auténtico de sus culturas tanto musicales, de la literatura, las artes plásticas y cineastas sobre todo llevando en lo más alto el folklore llanero que es lo que nos identifica donde quiera que algunos de sus habitantes vayan.

Está anclado en la margen izquierda del río Pauto; fue fundado por el párroco jesuita Juan de Rivera, en el año 1724 primeramente en el paso real de la Palestina para posteriormente pasar al lugar que ocupa actualmente.

Hemos sido cuna de grandes hombres como Ramón Nonato Pérez, héroe de la independencia, mano de derecha del Libertador Simón Bolívar. Era el mejor lancero del ejército patriota, comandaba a los lanceros que posteriormente le dieran la victoria a nuestro ejército en el puente de Boyacá; por razones de enfermedad se le dio esta responsabilidad a Juan José Rondón.

⁴ Las fotografías fueron extraídas de la presentación que se encuentra en el siguiente link <http://www.slideshare.net/criollitoque/principales-caracteristicas-de-trinidad-casanare-2453745>.



Durante estos casi doscientos ochenta (280) años de existencia Trinidad ha sido quemado en tres (3) oportunidades, la última en la guerra bipartidista 1948-1953 donde quedó completamente en ruinas, solo sobrevivieron a la devastación las casas de Rosalino Corredor, Matilde Castro, Filomena Girón y Luis Amarillo. Una vez terminada la guerra del 48-53, sus habitantes reconstruyeron a Trinidad. Dicen que somos “El Corazón del Llano” por la ubicación en pura llanura, estamos a más de cincuenta kilómetros de la cordillera oriental”.⁵



Fotografía 3. Actual Municipio de Trinidad.⁶

1.1.3 Datos Generales

☀ Población

Según DANE en censo general 2005, el total de los habitantes son de 11.478 en el Municipio de Trinidad.

☀ Economía

El municipio de Trinidad basa su economía en la Ganadería Vacuna, siendo el cuarto municipio ganadero del departamento. El segundo renglón en importancia es la agricultura predominando productos como el arroz, el maíz y el plátano.

⁵ La reseña histórica y,

⁶ Las fotografías fueron extraídas de la presentación que se encuentra en el siguiente link <http://www.slideshare.net/criollitoque/principales-caracteristicas-de-trinidad-casanare-2453745>.



✿ Salud

En Trinidad no se ha producido aún la descentralización del sector de la salud, por lo tanto, depende de la Secretaría de Salud de Casanare. El 2% de la población está afiliada al régimen contributivo del sistema de seguridad social y el 30% al subsidiado, el restante 68% en calidad de “vinculados” (nivel 1 y 2 del SISBEN). El régimen subsidiado es financiado por el Municipio, el Departamento y la Nación y está contratado con la ARS Mutuopalenque. La Secretaría de Salud Departamental cuenta con dos Centros de Salud, uno ubicado en el casco urbano, y otro en El Corregimiento de Bocas del Pauto. El Municipio con cinco puestos de salud en las veredas Santa Marta, El Palmar, Santa Irene, Guamal y San Pedro. Estos puestos e salud existen con el objeto de realizar actividades de promoción de la salud y prevención de la enfermedad básicamente, pero se tiene el problema de la falta de dotación y escasa preparación de los promotores asignados.

✿ Vías De Comunicación

Aéreas: Aeropuerto de Trinidad

Terrestres: Trinidad - Pore - Yopal Trinidad - San Luis de Palenque - Yopal Trinidad - Centro Poblado de Bocas del Pauto.

Fluviales: Río Pauto comunicando la cabecera municipal con el centro poblado de Bocas del Pauto a orillas del Río Meta.

✿ Educación

La mayoría de la población analfabeta se ubica en las edades entre los 5 y 11 años y entre los 35 y 64 años. Dos colegios de la zona urbana son los únicos que ofrecen hasta el nivel de la media vocacional; el Instituto Agrícola ofrece la modalidad de bachillerato agrícola y el Colegio de Bocas del Pauto la modalidad de informática. El Colegio San José (ubicado en el casco urbano) ofrece hasta el nivel de la educación básica secundaria y las escuelas rurales Santa Irene y Pozo Petrolero también ofrecen cupos hasta ese nivel. Las demás escuelas rurales solo ofrecen hasta la básica primaria.



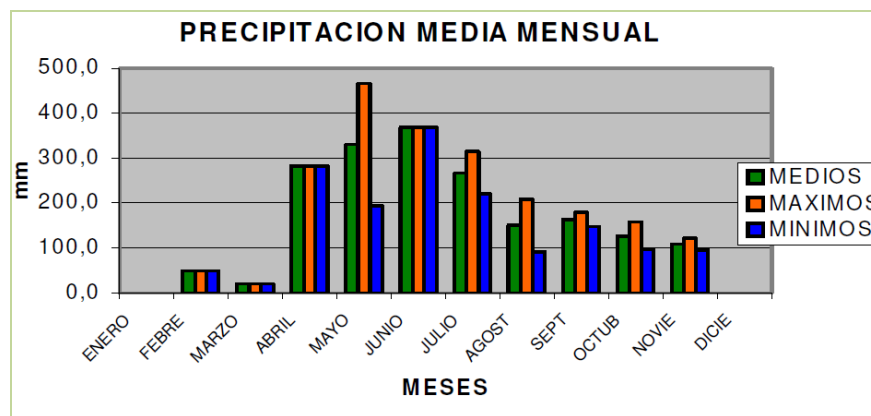
1.1.4 Meteorología y Clima

Trinidad presenta un clima de cálido Húmedo Tropical, se encuentra en una franja altitudinal de los 0 a 200 msnm.⁷

La temperatura registrada para el municipio de Trinidad es de 26°C promedio, con un máximo de 27,5 °C en el mes de marzo, el valor mínimo registrado es de 24,6 °C en el mes de julio. La precipitación media multianual presentada en el Municipio de Trinidad es de 1871 mm, registrando una precipitación máxima mensual de 466 mm presentada en el mes de mayo. Los meses con menor intensidad de lluvias corresponde a los meses de diciembre y enero, siendo enero el mes más seco con 0,0 mm de precipitación media mensual.⁸

DESCRIPCIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MEDIOS	0,0	49,6	21,5	282,9	330,6	368,6	267,3	150,5	163,4	127,5	109,2	0,0
MÁXIMOS	0,0	49,6	21,5	282,9	465,5	368,6	314,8	209,5	179,2	157,5	121,8	0,0
MÍNIMOS	0,0	49,6	21,5	282,9	195,5	368,6	219,8	91,4	147,6	97,4	96,6	0,0

Tabla 1. Precipitación Media Mensual de Trinidad 1995 – 1997. Fuente: Tabla 3.1 EOT 1998-2007



Gráfica 1. Precipitación Media Mensual de Trinidad 1995 – 1997. Fuente: Tabla 3.1 EOT 1998-2007

⁷ Información tomada del Plan de Desarrollo Municipio de trinidad, 2008-2011.

⁸ Información extraída del EOT Municipio de trinidad, 1998-2007.



La humedad relativa expresada en porcentaje de vapor presente en comparación con la saturación en condiciones de presión y temperatura; El valor medio anual de humedad relativa es del 82%, con variaciones máximas entre el 87 y el 90 %, registrados en los meses de junio, mayo y julio respectivamente, el valor mínimo de humedad es del 65% presentado en el mes de marzo.

La evaporación promedio multianual para el municipio de Trinidad es de 1449 mm, con un valor máximo mensual de 227 mm, presentado en el mes de marzo y un mínimo de 88 mm presentado en el mes de mayo.

1.1.5 Hidrografía

Hidrográficamente el municipio de Trinidad se ubica en la vertiente del río Meta, parte media-alta de la cuenca del río Pauto (*se destaca a continuación*), el cual sirve de límite natural con el Municipio de San Luis de Palenque al sur. Su cauce pasa por el sur del casco urbano el cual se encuentra sobre una llanura aluvial de desborde a la cual difícilmente tiene acceso el río, que es navegable la mayor parte del año. De manera general, área del municipio se encuentra formando parte de las Cuencas de los ríos Pauto al sur y Guachiría al norte, ambos afluentes del río Meta, límite occidental del mismo.

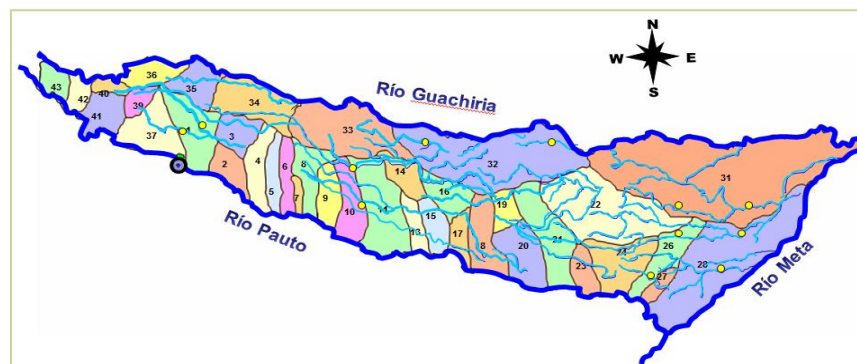


Ilustración 3. Mapa Hidrológico de Trinidad⁹

⁹ La ilustración fue extraída de la presentación que se encuentra en el siguiente link <http://www.slideshare.net/criollitoque/principales-caracteristicas-de-trinidad-casanare-2453745>.



1.1.5.1 Cuenca del río Pauto.

La Cuenca del Río Pauto se extiende desde la Cordillera Oriental hasta la región de los Llanos Orientales, formando parte de los departamentos de Boyacá y Casanare. Posee una extensión total de 1838 Km. cuadrados y parte de ella se ubica al sur del municipio drenando las veredas de: Matapalo, El Milagro, La Isla, El Caimán, El Palito, El Bucare, Chaparrito, San Joaquín, Guasimal, El Calvario, Bélgica, La Esperanza, San Vicente, la Morita, Corozal, El Convento, El Palmar, La Reforma, La Unión de Cojomu, Cardoncito, Santa Irene, Arrayanes, Los Patos, Zambranero, Cafifi, y Bocas del Pauto, con una extensión de 91.442,1 Ha, representando el 30.6% del área del municipio. El río Pauto nace en el cerro de Romeral o alto de los Romeros a 3700 m.s.n.m, en el municipio de Socotá del Departamento de Boyacá, desarrollando su cauce por el flanco Este de la Cordillera Oriental, hasta llegar al piedemonte llanero y la planicie, a una cota de 300 m.s.n.m y desembocar en el río Meta a menos de 150 m de altura.



Fotografía 4. Río Pauto Municipio de Trinidad¹⁰

¹⁰ Las fotografías fueron extraídas de la página web www.trinidad-casanare.gov.



1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA

La sociedad Emcallanos S.A.S es una empresa Casanareña conformada en el año 2009 tiene su domicilio principal en la ciudad de Yopal, Departamento de Casanare, República de Colombia. Las operaciones administrativas se localiza en la Calle 28A No. 20 - 70 de Yopal, TEL: (8) 643 27 34, CEL: 313 816 95 13, dirección web: emcallanos.sas@hotmail.com. Su principal objetivo es brindar los mejores estándares de confiabilidad, Responsabilidad, calidad y compromiso en cuanto al desarrollo de actividades relacionadas con la Construcción de obras civiles. Eléctricas y pozos profundos de agua, distribución de redes de gas, acueductos y alcantarillados, Remoción y adecuación de terrenos, Suministros en general, así como también los estudios técnicos y diseños en general entre otros.

1.2.1 Misión

Prestar los servicios de ingeniería en el desarrollo de actividades de diseño, consultoría y construcción de obras civiles, Redes eléctricas y gasoductos entre otras, bajo esquemas de organización, planeación y cumplimiento en todas las zonas del territorio Colombiano.

1.2.2 Visión

Ser una empresa dinámica, competitiva y reconocida en todo el territorio Colombiano teniendo como referencia el cumplimiento de los estándares de calidad y las políticas de seguridad Industrial.



1.3 CONTRATO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN HIDRÁULICA, SECTORIZACIÓN Y AMPLIACIÓN DE COBERTURA REDES DE ACUEDUCTO URBANO DEL MUNICIPIO DE TRINIDAD DEPARTAMENTO DE CASANARE

La Gobernación de Casanare pretende satisfacer las necesidades de la comunidad tratando de ofrecer una correcta prestación del servicio del acueducto; contrató a la Unión Temporal Trinidad 2010 para construir o renovar la red de distribución del Municipio dado que el agua suministrada no cumple con los requisitos por la normatividad vigente (Ras – 2000).

El estudio realizado propone dividir la red de distribución en CUATRO (4) SECTORES, así: **SECTOR 1: CENTRO**. Comprende un bloque semirectangular de 36 manzanas que va desde la CALLE 9 HASTA LA CALLE 4 y desde la KRA 1 HASTA LA KRA 8. **SECTOR 2: SUR**. Son 19 manzanas de los barrios Santo Domingo y las 12 manzanas del barrio Villa Polita. Va desde la CALLE 4 HASTA LA CALLE 3 SUR y desde la KRA 3 (VÍA BUCARE) HASTA LA KRA 7. **SECTOR 3: NORORIENTAL**. Es la urbanización Villas de San Juan, barrio Cristo Rey, San Jorge y parte del barrio Las Palmeras. Los límites del sector están dados por la Vía Circunvalar, LA KRA 5 Y LA CALLE 9. **SECTOR 4: NOROCCIDENTE**. Son los barrios Panorama, Donaire y Alfonso López. Los límites los definen la KRA 5, El Rio Pauto Y La Vía A San Luis De Palenque.



Ilustración 4. Sectorización de la Red de Suministro de Trinidad¹¹

¹¹ La ilustración fue extraída del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado Municipio de Trinidad-Casanare.



1.4 ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA PRACTICA EMPRESARIAL

La responsabilidad adquirida en la Empresa consistió en realizar diariamente las actividades de: charlas de seguridad industrial, control del personal, distribuir los trabajos y coordinar los elementos y materiales a utilizar, tomar registros fotográficos, verificar cantidades de obra y realizar los informes del avance de obra en la construcción o renovación de los tramos de tubería de acueducto del Municipio de Trinidad Casanare¹². Para cumplir con los objetivos propuestos se han definido las siguientes etapas:

Etap 1. Recopilación de información e inventario: Se realizó un reconocimiento de los lugares de estudio y se recopila toda la información necesaria, la misma que nos ayudará a desarrollar el tema propuesto como: población, índices de crecimiento, datos topográficos, dotaciones, presiones en la distribución de agua potable, diámetros y longitudes de tuberías existentes, ubicación de toda la red de agua potable, etc.

Etap 2. Base de datos: Con la información recopilada se puede establecer los criterios de diseños según la normatividad RAS 2000 y los cálculos respectivos para los datos de entrada en el software; lo cual, sirve para la actualización de datos existentes en las redes de agua potable.

Etap 3. Rediseño y optimización de la redes de agua potable: Se comparan los datos del diseño original con los datos obtenidos en este proyecto y se toman los más aceptables técnicamente.

Etap 4. Aplicación del software: La modelación del sistema de redes de agua potable del Municipio de Trinidad será simulada con la ayuda del software: EPANET Versión 2.0.

¹² Se anexa carta de la Empresa Emcallanos S.A.S. donde certifica que las actividades en mención son cumplidas a satisfacción.



Etapa 5. Elaboración del Informe: Elaboración de los informes parciales para las Entidades competentes, teniendo en cuenta el REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RAS – 2000, Sección II Título B.

Etapa 6. Revisión final y entrega del proyecto: Dentro de esta etapa se realizarán las correcciones pertinentes, impresión y entrega del proyecto final.



CAPITULO II

2 CRITERIOS UTILIZADOS PARA EL DISEÑO

En Colombia actualmente para los diseños de los sistemas de acueductos y cada una de sus partes se está utilizando el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS-2000) ya que este es el que determina la ley para estos casos.

2.1 ASPECTOS GENERALES

Con el fin de garantizar la calidad, eficiencia, sostenibilidad en los procesos tanto de diseño, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de acueducto, se hace necesario establecer unos criterios básicos y requisitos mínimos con que debe cumplir el diseño desde que inicia el proceso de su formulación hasta su puesta en marcha. Se hace necesario tener en cuenta una serie de componentes, los cuales se enuncian a continuación:

Aspectos Generales,
Población, dotación y demanda,
Fuentes de abastecimiento,
Captaciones de agua subterránea,
Aducciones y conducciones,
Redes de distribución y
Tanques de compensación.



2.1.1 Determinación Del Nivel De Complejidad Del Sistema

De acuerdo con lo establecido en la tabla A.3.1 del Capítulo A.3 del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable, se establecen diferentes niveles de complejidad dentro de todo el territorio Nacional, el cual se asigna dependiendo del número de habitantes que intervienen en el proyecto, su capacidad económica y el grado de exigencia técnica que se requiera para adelantar el mismo.

Se asignara el Nivel de Complejidad cuando se haya calculado la población proyectada.

Nivel de Complejidad	Población en la zona urbana ⁽¹⁾ (habitantes)	Complejidad de los usuarios ⁽²⁾
Bajo	<2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio alto	12501 a 60000	Media
Alto	60000	Alta

Nota: (1) Proyectado al periodo de diseño, incluida la población flotante.
 (2) Incluye la capacidad económica de población flotante. Debe ser evaluada según metodología del DPN.

Tabla 2. Asignación Del Nivel de Complejidad. Fuente: Tabla A.3.1 RAS-2000

2.1.2 Descripción del Problema

El problema se expresa en términos de las siguientes condiciones:

- * Se hace necesario evaluar las condiciones hidráulicas bajo las cuales está funcionando el sistema de acueducto.
- * Verificar el Diseño de toda la infraestructura existente necesaria para que garantice la potabilidad, distribución, manejo y buen uso del agua que se utiliza para el consumo de los habitantes de la zona.



2.2 POBLACIÓN, DOTACIONES, DEMANDA

2.2.1 Estimación De La Población

En la misma página del DANE, www.dane.gov.co, es posible obtener los datos de población de censos anteriores y la población actual para el año 2005 del Municipio de Trinidad para el casco urbano:

Total Población	Población Cabecera	Población Resto
11478	6003	5475

Tabla 3. Población Trinidad. Fuente: DANE censo 2005

AÑO	POBLACIÓN	r	%CRECIMIENTO ANUAL
1973	757		
		0,048	4,8
1985	1323		
		0,068	6,8
1993	2842		
		0,063	6,3
2001	4162		
		0,067	6,7
2005	6003		

Tabla 4. Población Años Anteriores y Valores de las Tasas de Crecimiento (r) Trinidad. Fuente: DANE

De acuerdo con las estadísticas censales, se observa que las tasas de crecimiento poblacional no presentan una variación notable la cual permite adoptar un único valor de r , que sirva como base para las proyecciones de población.



2.2.1.1 Método de Cálculo

El método de cálculo para la proyección de la población depende del nivel de complejidad del sistema según se muestra en la Tabla B.2.1. del RAS-2000. Se calculará la población utilizando por lo menos los siguientes modelos matemáticos: Aritmético, geométrico y exponencial y se seleccionara el modelo que mejor se ajuste al comportamiento histórico de la población. Los datos de población deben estar ajustados con la población flotante y la población migratoria.

Método por emplear	Nivel de Complejidad del Sistema			
	Bajo	Medio	Medio alto	Alto
Aritmético, Geométrico y exponencial	x	x		
Aritmético + Geométrico + exponencial + otros			x	x
Por componentes (demográfico)			x	x
Detallar por zonas y detallar densidades			x	x

Tabla 5. Métodos de cálculo permitidos según el Nivel de Complejidad del Sistema. Fuente: Tabla B.2.1 RAS 2000.

✿ Método Aritmético

Supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La ecuación para calcular la población proyectada es la siguiente:

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

Ecuación 1. Método Aritmético.¹³

Donde,

- * P_f es la población (hab.) correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población.
- * P_{uc} es la población (hab.) correspondiente al último año censado con información.

¹³ Ecuación tomada del RAS-2000, sección II, título B, página B.30.



- * P_{ci} es la población (hab.) correspondiente al censo inicial con información.
- * T_{uc} es el año correspondiente al último año censado con información.
- * T_{ci} es el año correspondiente al censo inicial con información.
- * T_f es el año al cual se quiere proyectar la información.

✿ Método Geométrico.

Es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades. La ecuación que se emplea es:

$$P_f = P_{uc} (1 + r)^{T_f - T_{uc}}$$

Ecuación 2. Método Geométrico.¹⁴

Donde,

r es la tasa de crecimiento anual en forma decimal y las demás variables se definen igual que para el método anterior. La tasa de crecimiento anual se calcula de la siguiente manera:

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{T_{uc} - T_{ci}}} - 1$$

Ecuación 3. Tasa de crecimiento para el Método Geométrico.¹⁵

✿ Método Exponencial

La utilización de este método requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y

¹⁴ Ecuación tomada del RAS-2000, sección II, título B, página B.30.

¹⁵ Ecuación tomada del RAS-2000, sección II, título B, página B.31.



poseen abundantes áreas de expansión. La ecuación empleada por este método es la siguiente:

$$P_f = P_{ci} \times e^{k \times (T_f - T_{ci})}$$

Ecuación 4. Método Exponencial.¹⁶

Donde,

k es la tasa de crecimiento de la población la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos, así:

$$k = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$$

Ecuación 5. Tasa de Crecimiento de la Población (k) del Método Exponencial.¹⁷

Donde,

- * Pcp es la población del censo posterior
- * Pca es la población del censo anterior
- * Tcp es el año correspondiente al censo posterior
- * Tca es el año correspondiente al censo anterior
- * Ln el logaritmo natural o neperiano.

2.2.1.2 Período de Diseño

Según el RAS-2000, el período de diseño debe fijar tanto las condiciones básicas del proyecto, como la capacidad de la obra para atender la demanda futura. El período de diseño también depende de la curva de demanda y de la programación de las inversiones, así como de la factibilidad de ampliación, de la tasa de crecimiento de la población y de la tasa de crecimiento del comercio y la industria.

¹⁶ y,

¹⁷ Ecuaciones tomadas del RAS-2000, sección II, título B, página B.31.



El 27 de Noviembre de 2009, El Ministerio de Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial, expidió la Resolución N° 2320 “*Por la cual se modifica parcialmente la Resolución No. 1096 de 2000 que adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico — RAS*”.

“ARTÍCULO 69,- PERIODO DE DISEÑO: Para todos los componentes del sistema de acueducto y alcantarillado se adoptan los periodos de diseño máximos establecidos en la Tabla No.10, según el Nivel de Complejidad del sistema:

Nivel de Complejidad del Sistema	Periodo de Diseño Máximo
Bajo, Medio y Medio Alto	25 años
Alto	30 años

Tabla 6. Periodos de Diseño Máximos según el Nivel de Complejidad del sistema. Fuente: Tabla No.10 RAS 2000.

Se realizaran los cálculos de las poblaciones proyectadas con un periodo de diseño de 25 años y se corroborara o cambiara la suposición cuando se haya asignado el Nivel de Complejidad.

2.2.1.3 Población Futura

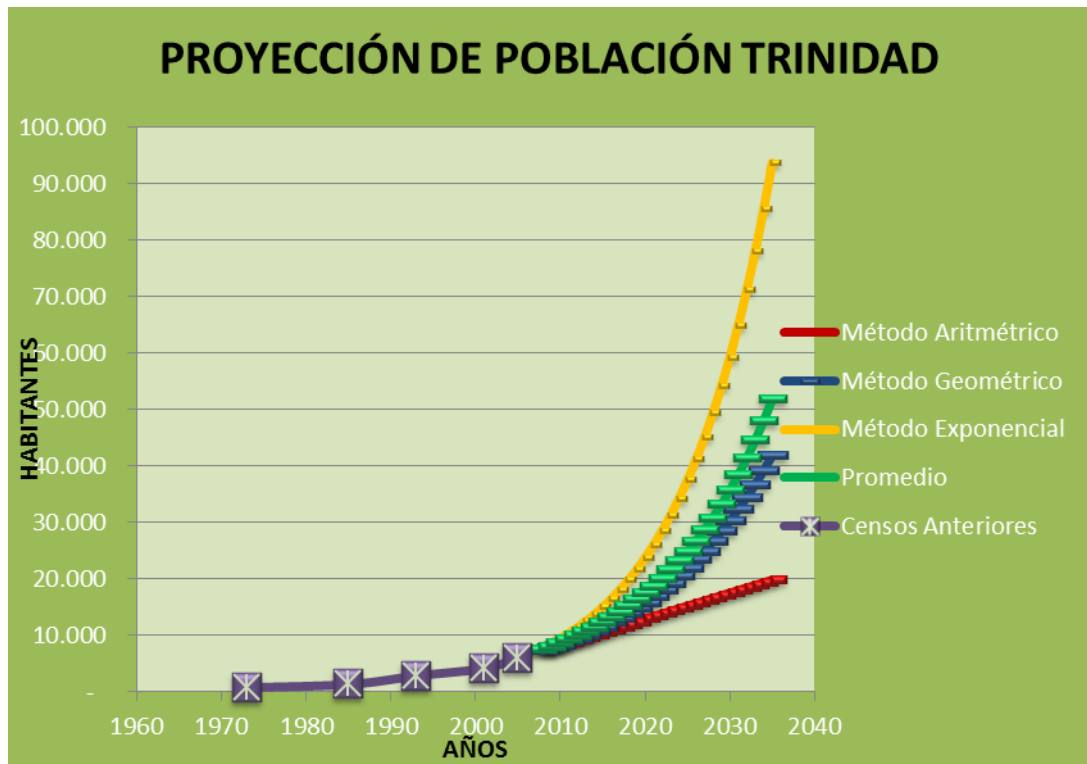
Los resultados de dichas proyecciones se muestran en la siguiente tabla y gráfica, donde se puede apreciar que los valores por el MÉTODO GEOMÉTRICO tienden a comportarse como los valores de los censos anteriores; por lo cual se tomaran estos valores de referencia para definir que:

- La población proyectada se encuentra en el rango 12501 a 60000, lo que establece que para este proyecto el Nivel de Complejidad es **MEDIO ALTO**.
- Por consiguiente se afirma que el Periodo de Diseño es **25 años**.
- Y para los respectivos cálculos se tomara la población actual de **8296** y la futura de **41825** habitantes.



AÑO	ARITMÉTICA	GEOMÉTRICA	EXPONENCIAL	PROMEDIO
2008	7.384	7.289	7.901	7.525
2009	7.844	7.776	8.658	8.093
2010	8.304	8.296	9.489	8.696
2011	8.765	8.851	10.398	9.338
2012	9.225	9.442	11.396	10.021
2013	9.685	10.074	12.488	10.749
2014	10.145	10.747	13.686	11.526
2015	10.606	11.465	14.998	12.356
2016	11.066	12.232	16.436	13.245
2017	11.526	13.050	18.012	14.196
2018	11.986	13.922	19.739	15.216
2019	12.447	14.853	21.632	16.310
2020	12.907	15.845	23.706	17.486
2021	13.367	16.905	25.980	18.750
2022	13.827	18.035	28.471	20.111
2023	14.288	19.240	31.201	21.576
2024	14.748	20.526	34.193	23.156
2025	15.208	21.898	37.471	24.859
2026	15.668	23.362	41.064	26.698
2027	16.129	24.924	45.002	28.685
2028	16.589	26.590	49.317	30.832
2029	17.049	28.368	54.046	33.154
2030	17.509	30.264	59.229	35.667
2031	17.970	32.287	64.908	38.388
2032	18.430	34.445	71.132	41.336
2033	18.890	36.748	77.953	44.530
2034	19.350	39.204	85.428	47.994
2035	19.811	41.825	93.619	51.752

Tabla 7. Proyecciones de la población durante el Periodo de Diseño según Métodos Permitidos.



Gráfica 2. Proyección de la Población del Municipio de Trinidad

2.2.2 Evaluación De Las Dotaciones

2.2.2.1 Dotación Neta Máxima¹⁸

Es la cantidad máxima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto. La dotación neta máxima calculada no deberá superar los valores establecidos en la tabla No.7, dependiendo del nivel de complejidad del sistema.

¹⁸ Artículo 1. de la Resolución N° 2320 del 27 de Noviembre de 2009 “Por la cual se modifica parcialmente la Resolución No. 1096 de 2000 que adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico — RAS”



Nivel de Complejidad del Sistema	Dotación neta máxima para poblaciones con Clima Frio o Templado (L/hab-día)	Dotación neta máxima para poblaciones con Clima Cálido (L/hab-día)
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio alto	125	135
Alto	140	150

Tabla 8. Dotación Neta Máxima Según el Nivel de Complejidad del Sistema.
Fuente: Tabla No.9 RAS 2000.

2.2.2.2 Pérdidas

✿ Pérdidas técnicas

Las pérdidas técnicas hacen referencia al volumen de agua captada, el volumen que se tratara y el volumen de aquella que llegara al tanque, el que sale de este y el cual se dirige por cada uno de los ramales.

Para los municipios que no tengan registros sobre las pérdidas de agua en el sistema de acueducto, el porcentaje de pérdidas técnicas admisible depende del nivel de complejidad del sistema, como se establece en la tabla B.2.4.

Nivel de Complejidad del Sistema	Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas para el cálculo de la dotación bruta
Bajo	40%
Medio	30%
Medio Alto	25%
Alto	20%

Tabla 9. Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas.

Fuente: Tabla B.2.4 RAS 2000.

El porcentaje de pérdidas técnicas para determinar la dotación bruta no deberá superar el **25%**.



2.2.2.3 Dotación Bruta

De acuerdo con el RAS – 2000, la dotación bruta debe calcularse mediante la siguiente expresión:

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%p}$$

Ecuación 6. Dotación Bruta.

Donde,

Dotación bruta (D_{bruta})= Incógnita

Dotación neta (D_{neta}) = 135 Lt/Hab. día

Porcentaje de Pérdidas Técnicas (p):=25%

Luego:

$$D \text{ bruta} = 135 / (1 - 0.25)$$

$$\mathbf{D \text{ BRUTA} = 180 \text{ LT/ HAB. DÍA}}$$

2.2.3 Demanda

2.2.3.1 Caudal Medio Diario (Q_{md})

Es el caudal medio calculado para la población proyectada con sus ajustes teniendo en cuenta la dotación asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = \frac{p \times d_{bruta}}{86400}$$

Ecuación 7. Caudal Medio Diario.



PA = Población Actual = 8296 Habitantes (para el año 2010 por el Método Geométrico)¹⁹.

D = Dotación Bruta = 180 Lt./ Hab. – día

Luego: $qmd = (8296 * 180)/86400$
 $qmd = 17,28 \text{ LPS}$

2.2.3.2 Caudal Máximo Diario (Qmd)

El caudal máximo diario (QMD), corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, K1. El caudal máximo diario se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$QDM = Q_{md} \times k_1$$

Ecuación 8. Caudal Máximo Diario.

Nivel de Complejidad del Sistema	Coeficiente de Consumo Máximo Diario - k1
Bajo	1.30
Medio	1.30
Medio alto	1.20
Alto	1.20

Tabla 10. Coeficiente de consumo máximo diario, k1, según el Nivel de Complejidad del Sistema. Fuente: Tabla B.2.5 RAS 2000.

De acuerdo con el RAS – 2000, para el nivel MEDIO ALTO de complejidad, el valor de K1 = 1.2. Luego:

$$QMD = 17,28 * 1.2$$

$$QMD = 20,74 \text{ LPS}$$

¹⁹ Los cálculos de las demandas se realizarán para el año actual 2010 como modelo y luego, en una tabla se presentará los resultados totales de cada uno de los 25 años (2010 a 2035).



2.2.3.3 Caudal Máximo Horario (Qmh)

El caudal máximo horario (QMH), corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario K2, según la siguiente ecuación:

$$QMH = QMD \times k_2$$

Ecuación 9. Caudal Máximo Horario.

De acuerdo con el RAS – 2000, para el nivel MEDIO ALTO de complejidad, el valor de K2 = 1.5. Luego:

Nivel de Complejidad del Sistema	Red menor de distribución	Red secundaria	Red matriz
Bajo	1,6	-	-
Medio	1,60	1,50	-
Medio alto	1,5	1,45	1,4
Alto	1,50	1,45	1,40

Tabla 11. Coeficiente de consumo máximo horario, k2, según el Nivel de Complejidad del Sistema y el tipo de red de distribución. Fuente: Tabla B.2.6 RAS 2000.

Entonces,

$$QMH = 20,74 * 1.5$$

$$QMH = 31,11 \text{ LPS}$$

Los valores de las demandas se observan en la siguiente tabla para cada año dentro de los 25 años de proyección. Los valores a tomar se resaltan en color rojo.



DEMANDA DE AGUA						
AÑO	POBLACION	qmd	QMD	QMH		
				Red menor	Red secundaria	Red matriz
	(Hab)	LPS	LPS	LPS	LPS	LPS
2010	8296	17	21	31	30	29
2011	8851	18	22	33	32	31
2012	9442	20	24	35	34	33
2013	10074	21	25	38	37	35
2014	10747	22	27	40	39	38
2015	11465	24	29	43	42	40
2016	12232	25	31	46	44	43
2017	13050	27	33	49	47	46
2018	13922	29	35	52	50	49
2019	14853	31	37	56	54	52
2020	15845	33	40	59	57	55
2021	16905	35	42	63	61	59
2022	18035	38	45	68	65	63
2023	19240	40	48	72	70	67
2024	20526	43	51	77	74	72
2025	21898	46	55	82	79	77
2026	23362	49	58	88	85	82
2027	24924	52	62	93	90	87
2028	26590	55	66	100	96	93
2029	28368	59	71	106	103	99
2030	30264	63	76	113	110	106
2031	32287	67	81	121	117	113
2032	34445	72	86	129	125	121
2033	36748	77	92	138	133	129
2034	39204	82	98	147	142	137
2035	41825	87	105	157	152	146

Tabla 12. Proyecciones de La Demanda de Agua del Municipio de Trinidad.



2.3 FUENTE DE ABASTECIMIENTO

En general hay dos grandes tipos de abastecimientos: por gravedad y por bombeo. El Municipio de Trinidad cuenta con el tipo de abastecimiento por bombeo. En general, un abastecimiento por bombeo debe disponer de la instalación que tenga la elevación suficiente para cubrir las necesidades de presión de la red. El depósito puede ser de *regulación* (Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) o de *compensación* (Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Si se resolviera el abastecimiento sin ningún tipo de depósito intermedio, las bombas tendrían que cubrir los consumos de punta, suministrar un caudal variable y funcionar en horas punta, justo cuando la energía es más cara. Al emplear los depósitos, las bombas sólo deben cubrir el caudal máximo diario, suministrado de forma constante (o al menos más regular) y trabajando en horas de llano y valle en las que la energía eléctrica es más barata.

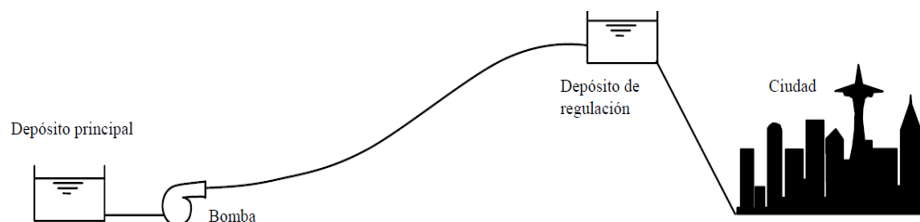


Ilustración 5. Abastecimiento por bombeo. Depósito de regulación en serie. Fuente: Prácticas De Instalaciones De Fluidos E.P.S. Ingeniería De Gijón-Ingenieros Industriales, Curso 2005-2006.

Este caso el depósito de compensación presenta ventajas respecto al depósito de regulación como son que el depósito es menos voluminoso que el de regulación o que el suministro directo no sube hasta el depósito. La opción del depósito de compensación exige desde luego un mayor cuidado en la selección de los grupos de bombeo, a causa de la variación del caudal suministrado a lo largo del día.

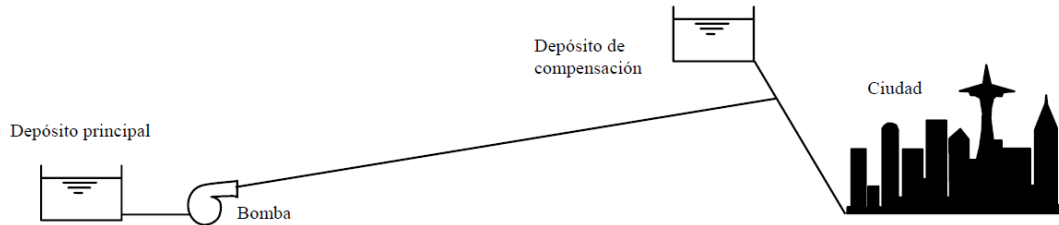


Ilustración 6. Abastecimiento por bombeo. Depósito de compensación en paralelo. Fuente: Prácticas De Instalaciones De Fluidos E.P.S. Ingeniería De Gijón-Ingenieros Industriales, Curso 2005-2006.

2.3.1 Inventario De Pozo

La población del casco urbano se abastece de aguas subterráneas a través de un pozo profundo, el cual se encuentra ubicado en el barrio SAN JOSÉ, en la carrera 5 N° 7 – 58, dentro la empresa AGUA VITAL TRINIDAD S.A. ESP. Este pozo se construyó en el 2004, tiene una profundidad de 120 metros, el diámetro de la tubería de succión 4" y aducción 6". Además cuenta con:

- * Planta de ACPM Tipo Compacta, con las siguientes características:

OLYMPIAM. CATERPILLAR OVERSEAS S.A, 76 ROUTE DE FRONTENEX BP 456 1211 GENEVA 6 SWITZERLAND.	
Modelo	GEO150
Número de Serie	OLY00000ARTG02046
Año de construcción	2004
Potencia	165.00 KVA
	132 KW
	0.80 COSØ
Tensión	220/127 V
Fase	3
Frecuencia	60 Hz
Corriente	4330 A
RPM	1800
Altura Max	152.4 m
Max. Temperatura Ambiente	27 °C
Peso	1497 Kg



Spanish	125032/10
Conexiones del Alternador	P-STAR
Potencia ISO 8528-3	PR 500H TL0-878
Cuerpo Alternador	LP23
Clase de Aislamiento	H
Voltaje de Excitación	45V
Corriente de Excitación	2 A
Regulador Automático de Voltaje	R 230/A A



Fotografía 5. Planta de ACPM (OLYMPIAM. CATERPILLAR OVERSEAS S.A, 76 ROUTE DE FRONTENEX BP 456 1211 GENEVA 6 SWITZERLAND) que utiliza el Municipio de Trinidad.

- * Una Electrobomba tipo lapicero sumergible de 30hp y capacidad de succión 24lps. La profundidad de la bomba se encuentra a 36m, electrobomba tiene una cabeza dinámica de 42m y una potencia del motor de 30 HP con una velocidad de 3450 rpm.





Fotografía 6. Una Electrobomba tipo lapicero sumergible de 30hp.

2.4 REDES DE DISTRIBUCIÓN

El diseño de la red de distribución para el Municipio de Trinidad se basó en los Parámetro de diseño²⁰ que se encuentra en la Norma:

2.4.1 Caudal De Diseño

El caudal de diseño depende del nivel de complejidad del sistema, para el proyecto el nivel es MEDIO ALTO. Entonces debe ser el caudal máximo horario (QMH) o el caudal medio diario (QMD) más el caudal de incendio, el que resulte mayor de cualquiera de los dos. En este caso el mayor es QMH=157 L/S.

2.4.1.1 Demandas mínimas contra incendios para el Nivel Medio Alto

Para zonas residenciales densamente pobladas o zonas con edificios multifamiliares, comerciales e industriales de municipios con poblaciones entre 20.000 y 60.000 habitantes, un incendio debe ser servido por tres hidrantes y las zonas residenciales unifamiliares deben ser servidas por un hidrante en uso simultáneo con una descarga mínima de 5 L/s.

2.4.2 Presiones En La Red De Distribución

Presiones mínimas en la red

De acuerdo con el Nivel Medio Alto la presión mínima en la red es de 147,2 kpa o 15m, tal como se especifica a continuación:

Nivel de Complejidad	Presión mínima (kPa)	Presión mínima (metros)
Bajo	98,1	10
Medio	98,10	10
Medio alto	147,2	15

²⁰ Título B, Numeral B.7.4. RAS – 2000.



Alto	147,2	15
------	-------	----

Tabla 13. Presiones mínimas en la red de distribución. Fuente: Tabla B.7.4 RAS 2000.

Presiones máximas en la red menor de distribución:

El valor de la presión máxima debe ser de 588.6 kPa (60 mca).

2.4.3 Diámetros De Las Tuberías En La Red De Distribución

Diámetros internos mínimos en las redes menores de distribución

El valor del diámetro mínimo de las redes menores de distribución depende del nivel de complejidad del sistema y de los usos del agua, tal como se muestra en la tabla. Los cálculos hidráulicos de la red de distribución deben hacerse con los diámetros reales internos de las tuberías y materiales escogidos.

Nivel de Complejidad	Diámetro mínimo
Bajo	38,1 mm (1,5 pulgadas)
Medio	50,0 mm (2,0 pulgadas)
Medio alto	100 mm (4 pulgadas) Zona comercial e industrial 63,5 mm (2 1/2 Zona residencial)
Alto	150 mm (6 pulgadas) Zona comercial e industrial 75 mm (3 pulgadas) Zona residencial

Tabla 14. Diámetros mínimos de la red menor de distribución. Fuente: Tabla B.7.6 RAS 2000.

2.4.4 Profundidades De Las Tuberías

Profundidad mínima

La profundidad mínima a la cual deben colocarse las tuberías de la red de distribución no debe ser menor que 1.0 m medidos desde la clave de la tubería hasta la superficie del terreno. Para los casos críticos de construcción donde sea necesario colocar la clave de la tubería entre 0.60 m y 1.0m de profundidad debe hacerse un análisis estructural teniendo en cuenta las cargas exteriores debidas al



peso de tierras, cargas vivas, impacto y otras que puedan presentarse durante el proceso de construcción.

2.4.5 Material de las Tuberías

El diseño se realizó con Polietileno de Alta Densidad (PE), con la naturaleza de las paredes del tubo © Polietileno de Alta Densidad C = 150, con un RDE de 17, Las especificaciones de la línea de conducción pretenden dar a conocer la manera como debe realizarse el proceso constructivo, y además presentan una descripción de los materiales que se deben instalar en la obra y como se manejan, almacenan y ponen en el sitio. *Ver Anexo D*

2.4.6 Catastro De Redes

El presente análisis se basó enteramente en la información suministrada por la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo Agua Vital Trinidad S.A. y especialmente en los planos record y documentos en desarrollo del Catastro de Redes de Acueducto para el Municipio de Trinidad. Se alimentó el software EPANET 2.0, con la información topológica disponible en los planos suministrados, sumada a la información obtenida durante el trabajo de campo.

El modelo de simulación hidráulica, permitirá tener una aproximación a las condiciones reales de funcionamiento de la red de distribución y se constituye en una poderosa herramienta operativa y técnica. No obstante, la calidad de los resultados, dependerá en gran medida de la calidad y veracidad de la información con que se alimenta el modelo.



2.5 ESTACIÓN DE BOMBEO

El Municipio de Trinidad cuenta con una sala de bombas situada en la Empresa de Servicios Públicos, cuenta con cuatro (4) de dos clase o modelo de la marca KOHLBACH BRASIL. A continuación se relacionan:

Las bombas 2 y 3 cuentan con una válvula de pie de 8", una válvula de 8" y una de 6", un cheque de 6". La tubería de salida de la planta es de Acero al Carbón de 6", tienen un registro de purga de $\frac{3}{4}$ " de diámetro.

Las bombas 4 y 5 cuentan con una válvula de pie de 8", una válvula de 8" y una de 6", un cheque de 6". La tubería de salida de la planta es de Acero al Carbón de 6".



Fotografía 7. Sala de Bombas del Acueducto del Municipio de Trinidad.



CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS			
KOHLBACH BRASIL, HIDROMAC. TRIFÁSICO DE INDUCCION			
BOMBAS 2 Y 3		BOMBAS 4 Y 5	
Modelo	GB 5*6*11A	Modelo	ETBLOCE 100-400/75
S.N	060727	S.N	060727
Potencia	40 HP	Potencia	75 HP
RPM	1770	RPM	1800
Diámetro	273	Diámetro	390
MOD	200 M/L 3403	MOD	225 S/M 0404
CV	40	CV	75
IP	54	IP	54
Hz	60	Hz	60
IP/IN	80	IP/IN	96
FS	1.15	FS	1.15
Peso	270	CosØ	0.87
CosØ	0.84	REND	91.5%
REND	88.4%	ROL LA	6313
ROL LA	6312	ROL LOA	6213
ROL LOA	6310	FEG	A. 182
FEG	A. 105	CAT	A. 105
CAT	A. 60.3	ISOLF	A. 91
ISOLF	A. 52.5		

Tabla 15. Características de las Bombas Hidráulicas del Acueducto de Trinidad.



2.6 TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y COMPENSACIÓN

El Acueducto del Municipio de Trinidad cuenta con dos tanques superficiales de forma cilíndrica con capacidad de 80 m³ cada uno, los tanques se encuentran enchapados en baldosa y están conectados paralelamente. La tubería que conecta el filtro con el primer tanque es en acero al carbón de 6" y la tubería que une a los dos tanques. Es de 8" en el mismo material.

El primer tanque, cuenta con una tubería de rebose de 4" y está conectada al canal de aguas lluvias, cuenta con tres orificios de ventilación de 4" en PVC el cual termina con un codo al final, una válvula de purga de 4" que vierte a una caja que se encuentra conectada al canal de aguas lluvias, una escalera en la parte exterior para lograr subir a la superficie del tanque y otras para ingresar internamente al mismo. Es este tanque se le agrega el cloro gaseoso en tubería de ½" en PVC.



Fotografía 8. Primer Tanque Superficial.

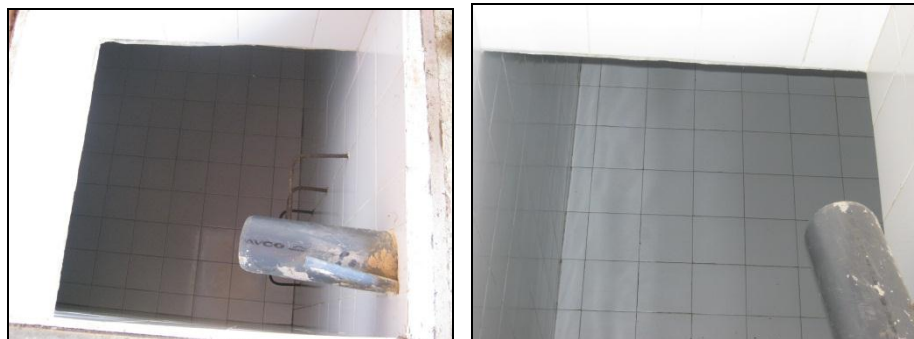


El segundo tanque tiene escaleras tanto en la parte exterior como internamente, cuenta con tres orificios de 4" en PVC que finaliza con un codo, tiene una tubería de rebose con las mismas características anteriores, una válvula de purga de 4" y la tubería de salida es de 6" en AC. La tubería de purga vierte a una caja que está conectada al canal de aguas lluvias. El tanque conecta con los tanques subterráneos que están ubicados en el cuarto de las bombas. El tanque cuenta con una válvula de corte de 6" HF en la tubería de salida.



Fotografía 9. Segundo Tanque Superficial.

Hay tres tanques subterráneos que esta ubicados debajo de las escaleras de las Oficinas de la E.S.P., tienen una capacidad de 50 m³ cada uno, se encuentran conectados en la inferior y estan enchapados en baldosa.



Fotografía 10. Tanques Subterráneos Capacidad 50 m³

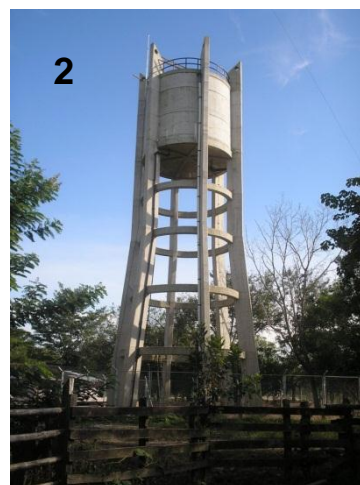
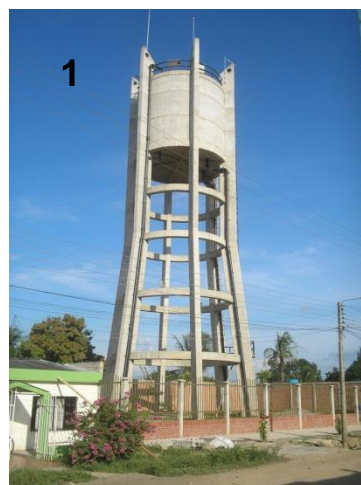


Se encuentran otros tres tanques subterráneos contruidos en concretos con capacidad de 80 m^3 cada uno, estan ubicados en los cuartos de las bombas. En uno de los tanques estan ubicadas las bombas que se encargan de impulsar al agua a los tanques elevados en tuberia de 6" en Acero al Carbon.



Fotografía 11. Tanques Subterráneos Capacidad 80 m^3

Tres tanques elevados, están ubicados en el barrio san José, palmeras y el colegio ITI. Los dos últimos están a una altura 20 metros, construido en concreto y con una capacidad de 140 y 120 m^3 , y el primero a una altura de 12 metros con capacidad de 100 m^3 . Tanque de palmeras abastece a los barrios: Centro, San Jorge, Villa Polita, Villa Solano, Villa Maria. Y el tanque del colegio abastece a Donaire, Cristo rey, Villa Esperanza Alfonso López.





Fotografía 12. Tanques Elevados 1 y 2, Capacidad 140 y 120 m3 respectivamente.

CAPITULO III

3 APOORTE

Por último objetivo se persigue desarrollar las habilidades necesarias para diseñar y modelar una red de distribución de agua y resolverla por medio de un programa informático. Por lo cual, se analizara el sistema de distribución de aguas del Municipio de Trinidad. La información aquí presentada puede ser consultada en la Empresa Municipal de Servicios Públicos AGUA VITAL TRINIDAD S.A. Para definir la red de distribución, se emplearán la información topológica disponible en los planos suministrados, sumada a la información obtenida durante el trabajo de campo. En el mapa general (*Ver Anexo I*) encontraremos las tuberías principales que configuran la red de distribución del Municipio. Junto a cada tubería se informa del valor del diámetro de dichas conducciones y los tanques elevados que conforman el núcleo de la instalación, así como de la fuente de abastecimiento.

3.1 EPANET 2.0: SOFTWARE DE MODELACIÓN HIDRÁULICA

EPANET es un programa informático desarrollado por El Laboratorio de Investigación Nacional Para la Gestión de Riesgos (National Risk Management Research Laboratory) que es un Centro de la Agencia de Protección Medioambiental de los EE.UU. (U.S. Environmental Protection Agency).

EPANET es un programa que realiza simulaciones en periodo prolongado orientado al análisis del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución. Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses.



EPANET efectúa un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos, los niveles en los depósitos, y la concentración de las especies químicas presentes en el agua, a lo largo del periodo de simulación discretizado en múltiples intervalos de tiempo. Además de la concentración de las distintas especies, puede también simular el tiempo de permanencia del agua en la red y su procedencia desde las diversas fuentes de suministro.

Existen traducciones del programa y los documentos de ayuda esto, ha corrido por cuenta del Grupo de Mecánica de Fluidos del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia España. La traducción “*Epanet 2.0 en Español. Análisis Hidráulico y de Calidad en Redes de Distribución de Agua*”, alcanza a todos los componentes que integran EPANET v2.0, a saber:

- El módulo de cálculo (librería .dll y fichero ejecutable en DOS)
- La interfaz gráfica y componentes Delphi
- La ayuda en línea
- El Manual del Usuario
- Los ejemplos de la aplicación
- La herramienta Toolkit para programadores y su ayuda en línea
- El instalador de la aplicación y ficheros auxiliares

El software es de distribución libre, así como los archivos de ayuda se pueden descargar directamente de las páginas:

- * www.redhisp.upv.es (página del Grupo REDHISP de la Univ. Politécnica Valencia).
- * www.aguasdevalencia.es (página principal Grupo Aguas de Valencia) y así como desde otros muchos enlaces ofrecidos por diferentes entidades públicas y privadas, asociaciones de estudiantes, etc.



EPANET proporciona un entorno integrado bajo Windows, para la edición de los datos de entrada a la red, la realización de simulaciones hidráulicas y de la calidad del agua, y la visualización de resultados en una amplia variedad de formatos. Entre éstos se incluyen mapas de la red codificados por colores, tablas numéricas, gráficas de evolución y mapas de isolíneas.²¹

3.1.1 Capacidades Para La Confección De Modelos Hidráulicos

Dos de los requisitos fundamentales para poder construir con garantías un modelo de la calidad del agua son la potencia de cálculo y la precisión del modelo hidráulico utilizado. EPANET contiene un simulador hidráulico muy avanzado que ofrece las siguientes prestaciones:

- No existe límite en cuanto al tamaño de la red que puede procesarse.
- Las pérdidas de carga pueden calcularse mediante las fórmulas de Hazen-Williams, de Darcy-Weisbach o de Chezy-Manning.
- Contempla pérdidas menores en codos, accesorios, etc.
- Admite bombas de velocidad fija o variable.
- Determina el consumo energético y sus costes.
- Permite considerar varios tipos de válvulas, tales como válvulas de corte, de retención, y reguladoras de presión o caudal.
- Admite depósitos de geometría variable (esto es, cuyo diámetro varíe con el nivel)
- Permite considerar diferentes tipos de demanda en los nudos, cada uno con su propia curva de modulación en el tiempo.
- Permite modelar tomas de agua cuyo caudal dependa de la presión (p.ej. rociadores)

²¹ **NOTA:** Para este proyecto solo se trabajará con las Capacidades para la confección de Modelos Hidráulicos. Capítulo 1. Manual de Usuario.



- Admite leyes de control simples, basadas en el valor del nivel en los depósitos o en la hora prefijada por un temporizador, y leyes de control más complejas basadas en reglas lógicas.

3.1.2 Pasos Para Utilizar EPANET 2.0

Los pasos a seguir normalmente para modelar un sistema de distribución de agua con EPANET son los siguientes²²:

1. Dibujar un esquema de la red de distribución (*ver Apartado 6.2*) o importar una descripción básica del mismo desde un fichero de texto (*ver Apartado 11.4*).
2. Editar las propiedades de los objetos que configuran el sistema. (*ver Apartado 6.4*)
3. Describir el modo de operación del sistema. (*ver Apartado 6.5*)
4. Seleccionar las opciones de cálculo. (*ver Apartado 8.1*)
5. Realizar el análisis hidráulico o de calidad del agua. (*ver Apartado 8.2*)
6. Observar los resultados del análisis. (*ver Capítulo 9*).

²² Los apartados y capítulo 9 se encuentran en el Manual del Usuario EPANET 2.0.



3.2 METODOLOGÍA

☀ PASO 1. Base de Datos

Para comenzar a utilizar el programa de EPANET se hace necesario tener los datos de entrada, son:

a. Caudal de Bombeo Pozo Profundo

El Caudal de diseño de la obra de captación es el Caudal máximo diario (Q_{MD}), por lo tanto el pozo profundo deberán suministrar al tanque subterráneo:

$D =$ Dotación = 180 l/hab*día

$P =$ Población Proyectada al año 2035= 41825 hab.

$$V_{md} = \frac{D \times P}{1000} = \frac{180 \frac{l}{hab * dia} \times 41825 hab}{1000 \frac{l}{m^3}} = 7528,5 m^3 / dia$$

El pozo bombea desde las 3:00 am a 12:00m y desde las 2:00 pm a 8:00pm, por lo cual el tiempo de bombeo es: 15 horas = 900 min = 54000 seg.

$$Q_B = \frac{Volumen}{Tiempo de Bombeo} = \frac{5646,4 m^3}{54000 seg} * 1000 \frac{l}{m^3} = 104,6 l/s$$

b. Caudal de Bombeo a los Tanques Elevados



El gasto de las líneas de conducción es el gasto máximo diario, pero para este caso se debe tomar en cuenta el tiempo de bombeo ya que no es continuo las 24 horas.

Tanque subterráneo a Tanque Elevado Las Palmeras: 9 horas de bombeo.

$$Q_{TS-TP} = \frac{24}{9} * \frac{135 * 41825}{86400} * 1.2 = 209,13 \text{ l/s}$$

Tanque subterráneo a Tanque Elevado Colegio: 4 horas de bombeo.

$$Q_{TS-TP} = \frac{24}{4} * \frac{135 * 41825}{86400} * 1.2 = 470,53 \text{ l/s}$$

c. Capacidad de regulación

El tanque debe tener capacidad de compensar las variaciones entre el caudal de entrada de las plantas de tratamiento y el caudal de consumo en cada instante. Para definir el volumen del tanque RAS 2000 menciona en el literal B.9.4.4 que se deben tener en cuenta la siguiente disposición: Cuando no existen datos que describan las curvas de variación del consumo horario, el volumen almacenado será igual a 1/3 del volumen distribuido a la zona que va a ser abastecida en el día de máximo consumo, garantizando en todo momento las presiones adecuadas.

$$V_{almacenamiento} = \frac{1}{3} * QMD * 86400s$$

Donde,

$$V_{almacenamiento} = \text{Volumen almacenado en tanque o tanques}$$

QMD =Caudal Máximo Diario = 105 lps

$$V_{almacenamiento} = \frac{1}{3} * 105 \text{ l/s} * \frac{86400s}{1 \text{ dia}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000l} = 3042 \text{ m}^3$$



Se observa que existe una deficiencia en el volumen almacenado en el Municipio de Trinidad, pues el volumen que se almacena en los dos tanques elevados y que se encuentra funcionando actualmente para abastecer el sistema de redes del Municipio es:

$$V_{\text{almacenamiento}} = 140m^3 + 120m^3 = 260 m^3$$

d. Caudal por nodo

Las líneas de conducción fueron diseñadas utilizando el MÉTODO DE LA LONGITUD ABASTECIDA. Este método se emplea en razón a que estas veredas se caracterizan por poseer una baja densidad de viviendas, lo que hace más conveniente asignar caudales de acuerdo al tramo que se abastece. Para tal efecto se divide el Caudal de Diseño (QD) por la longitud total de las redes, lo que da como resultado un Caudal Unitario (QU) en L/S/M, el cual se afectará por la longitud de tubería en el tramo que se diseña. En este caso el caudal de diseño corresponde al Caudal Máximo Horario (QMH).

El CAUDAL UNITARIO (QU) se halla como: $Q_U = \frac{Q_D}{L_R}$

Dónde:

QD = Caudal de Diseño (LPS) = 157 LPS

LR = Longitud Total de la Red (m) = 33.114,2 m

$$Q_U = \frac{157lps}{33114,2m} = 0,0047 lps/m$$

El cálculo para el caudal por nodo sería igual a $Q_U * l_{\text{tramo}}$. Los resultados se encuentran en la sección de Anexos (Ver Anexo E y F).



🌿 PASO 2. Instalación de la versión española de Epanet 2.0.

La Versión 2 de EPANET está diseñada para trabajar bajo los sistemas operativos Microsoft® Windows 95/98/NT en ordenadores personales compatibles IBM/Intel®. La traducción al español de esta versión se distribuye en un solo fichero, **EN2inst_esp.exe**, el cual contiene un programa de instalación autoextraíble. Para instalar la versión española de EPANET:

1. Seleccionar **Ejecutar....** desde el *Menú de Inicio* de Windows.
2. Introducir la ruta completa y el nombre del fichero **EN2inst_esp.exe**, o bien pulsar el botón **Examinar** para localizarlo en su ordenador.
3. Pulsar el botón **Aceptar** para comenzar el proceso de instalación.

El programa de instalación le preguntará que elija una carpeta (directorio) para ubicar los ficheros de EPANET. La carpeta por defecto es **c:\Archivos de programa\EPANET2_Esp**. Finalizada la instalación, en el *Menú de Inicio* aparecerá una nueva entrada denominada *EPANET 2.0 Esp*. Para ejecutar EPANET seleccionar esta entrada, la opción **EPANET 2.0 Español** del submenú.

Para eliminar la versión española de EPANET de su computador, se recomienda seguir el siguiente procedimiento:

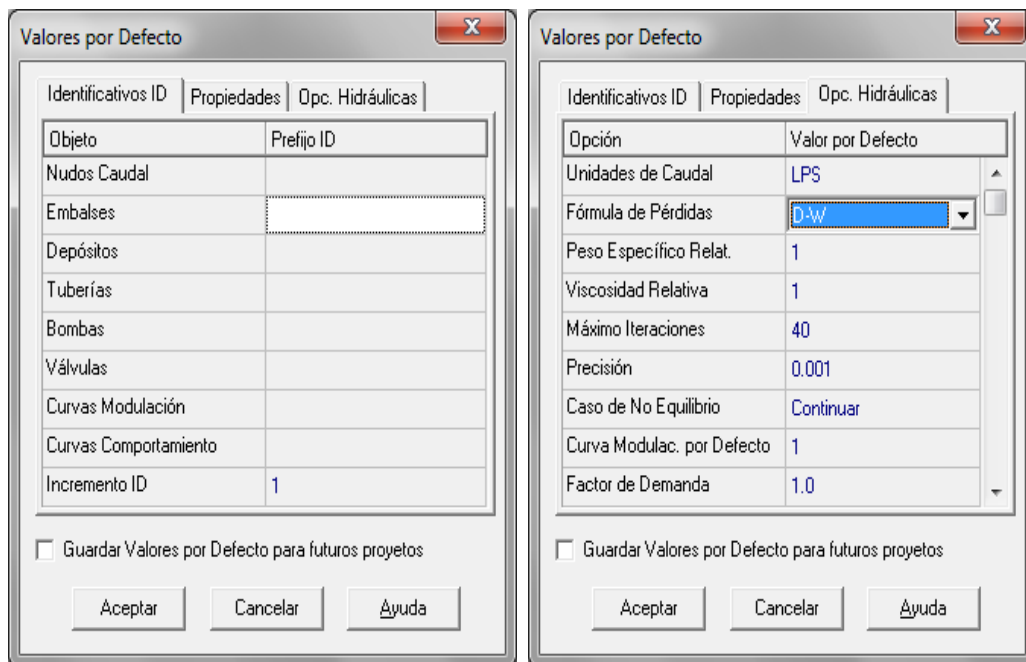
1. Seleccionar Configuración... del Menú de Inicio de Windows.
2. Seleccionar Panel del Control del menú de elementos configurables.
3. Efectuar una doble pulsación sobre el icono Añadir o quitar programas.
4. Seleccionar EPANET 2.0 Esp de la lista de programas ofrecida.
5. Pulsar el botón Agregar o quitar...

Nota. La versión española de EPANET es totalmente compatible con la original en inglés a todos los efectos. Ambas pueden coexistir y pueden ejecutar los mismos ficheros de datos.



🌟 PASO 3. Configurar los valores por Defecto del nuevo proyecto en EPANET 2.0.

El primer paso va a ser crear un nuevo proyecto en EPANET y comprobar que las opciones por defecto son las deseadas. Para comenzar seleccionar en la barra de menú la opción Archivo >> Nuevo para crear un nuevo proyecto. A continuación seleccionar Proyecto >> Valores por Defecto para abrir el diálogo mostrado en la (Ver Cuadro 1) Utilizaremos este diálogo para dejar que EPANET ponga el identificativo automáticamente a los nuevos objetos a medida que son añadidos a la red, asignándoles números consecutivos a partir del 1. Para ello, en la página del diálogo etiquetada con Identificativos ID, borrar todos los prefijos y fijar el Incremento ID en 1. En de Opc. Hidráulicas del mismo diálogo elegir la opción LPS (litros por minuto) para las Unidades de Caudal. Conlleva que las unidades métricas SI serán utilizadas. Seleccionar la Fórmula de Darcy-Weisbach (D-W) para el cálculo de las pérdidas de carga. Luego en el botón Aceptar.

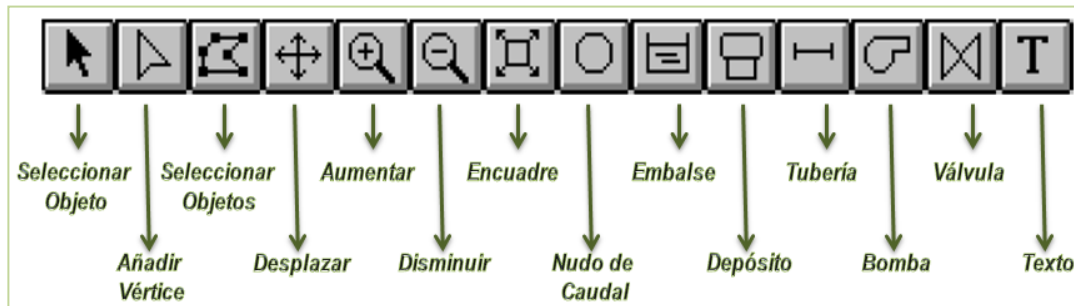


Cuadro 1. Valores Por Defecto Del Programa EPANET.

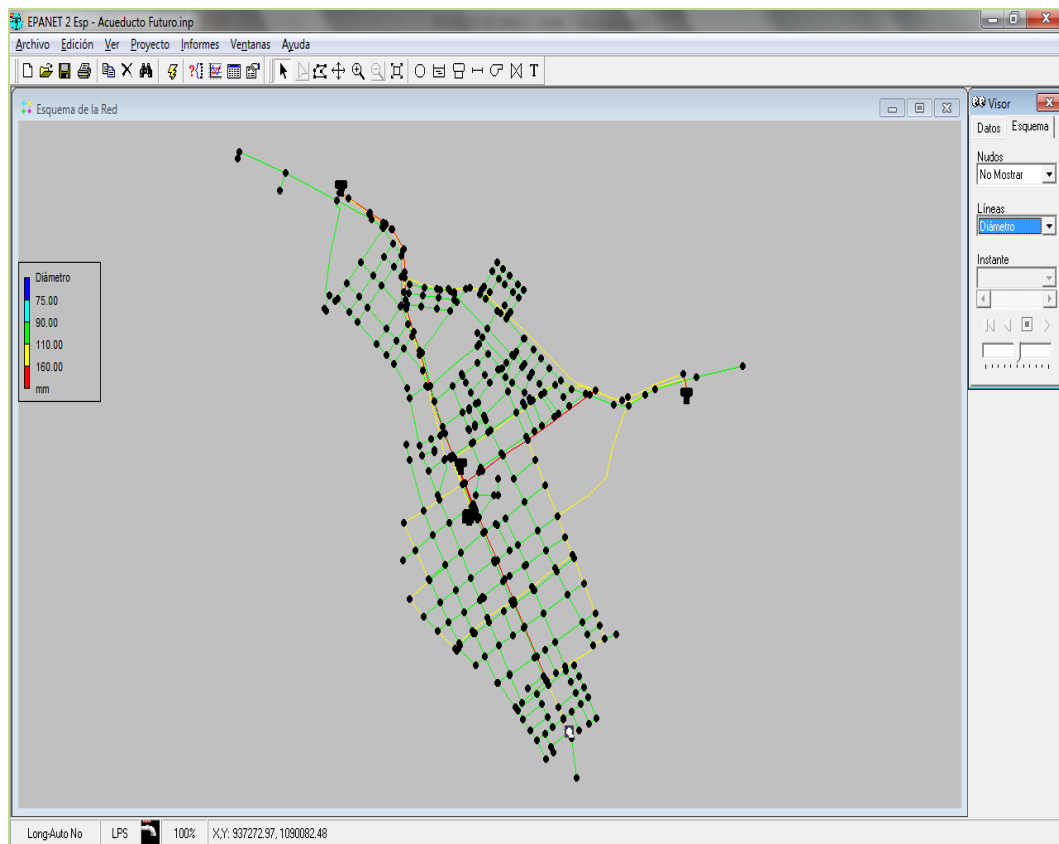


PASO 4. Dibujar la Red

La red se construye con el uso del ratón y de los botones de la *Barra de Herramientas del Esquema*, la cual se muestra a continuación:



Cuadro 2. Barra de Herramientas del Programa EPANET 2.0



Cuadro 3. Esquema de la Red en EPANET del Acueducto Futuro de Trinidad.



✿ PASO 5. Propiedades de los Objetos

Cuadro 1A muestra que los objetos son añadidos al proyecto, éstos adquieren automáticamente las propiedades por defecto. Para cambiar el valor de una propiedad determinada de un objeto, éste debe seleccionarse antes con el *Editor de Propiedades* (figura 2.5). Existen diversas formas de hacerlo. Si el Editor ya está visible, bastará pulsar sobre el objeto elegido o seleccionarlo desde la página de *Datos del Visor*. Si el Editor no está visible, se puede abrir de alguna de las siguientes maneras:

Propiedad	Valor
*ID Tubería	347
*Nudo Inicial	270
*Nudo Final	269
Descripción	
Etiqueta	
*Longitud	201.6
*Diámetro	90
*Rugosidad	120
Coef. Pérdidas Menores	0
Estado Inicial	Abierta
Coef. Reacción en el Me	
Coef. Reacción en la Par	
Caudal	#N/A
Velocidad	#N/A
Pérdida Unitaria	#N/A
Factor Fricción	#N/A
Velocidad de Reacción	#N/A
Calidad	#N/A
Estado	#N/A

Cuadro 4. Editor de Propiedades de Epanet 2.0

- * Efectuando una doble pulsación con el ratón sobre el objeto en el esquema.
- * Pulsando el botón derecho del ratón sobre el objeto y eligiendo la opción **Propiedades** del menú emergente.
- * Seleccionando el objeto desde el *Visor de Datos*, y pulsando sobre el botón



Editar de dicha ventana (o bien efectuando una doble pulsación sobre el mismo).



- * Una vez seleccionado el objeto sobre el *Editor de Propiedades*, pulsando la tecla F1 se obtiene una descripción completa de todas las propiedades listadas.

Una vez completado el diseño inicial de la red, no está de más guardar todos los datos antes de seguir adelante.

3.3 RESULTADOS

Para la modelación hidráulica realizada con EPANET, se analiza la red de distribución futura en dos forma: En un instante y en un intervalo de tiempo, en tres condiciones diferente (nivel de agua en los tanques):

a) *Análisis Permanente*

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Nudo 48	172.12	0.217	189.77	17.65
Nudo 49	172.05	0.110	189.76	17.71
Nudo 146	173.74	0.729	190.28	16.54
Nudo 147	173.30	0.633	190.28	16.98
Nudo 135	173.32	0.796	190.34	17.02
Nudo 151	175.00	0.353	190.21	15.21
Nudo 150	173.36	0.103	190.21	16.85
Nudo 148	173.16	0.032	190.21	17.05
Nudo 152	174.99	0.031	190.20	15.21
Nudo 160	174.80	0.742	190.12	15.32
Nudo 159	174.11	0.753	190.12	16.01
Nudo 161	173.41	0.232	190.14	16.73
Nudo 153	174.84	0.37	190.20	15.36
Nudo 164	173.81	0.775	190.03	16.22
Nudo 165	173.81	0.014	190.03	16.22
Nudo 167	173.50	0.510	190.00	16.50

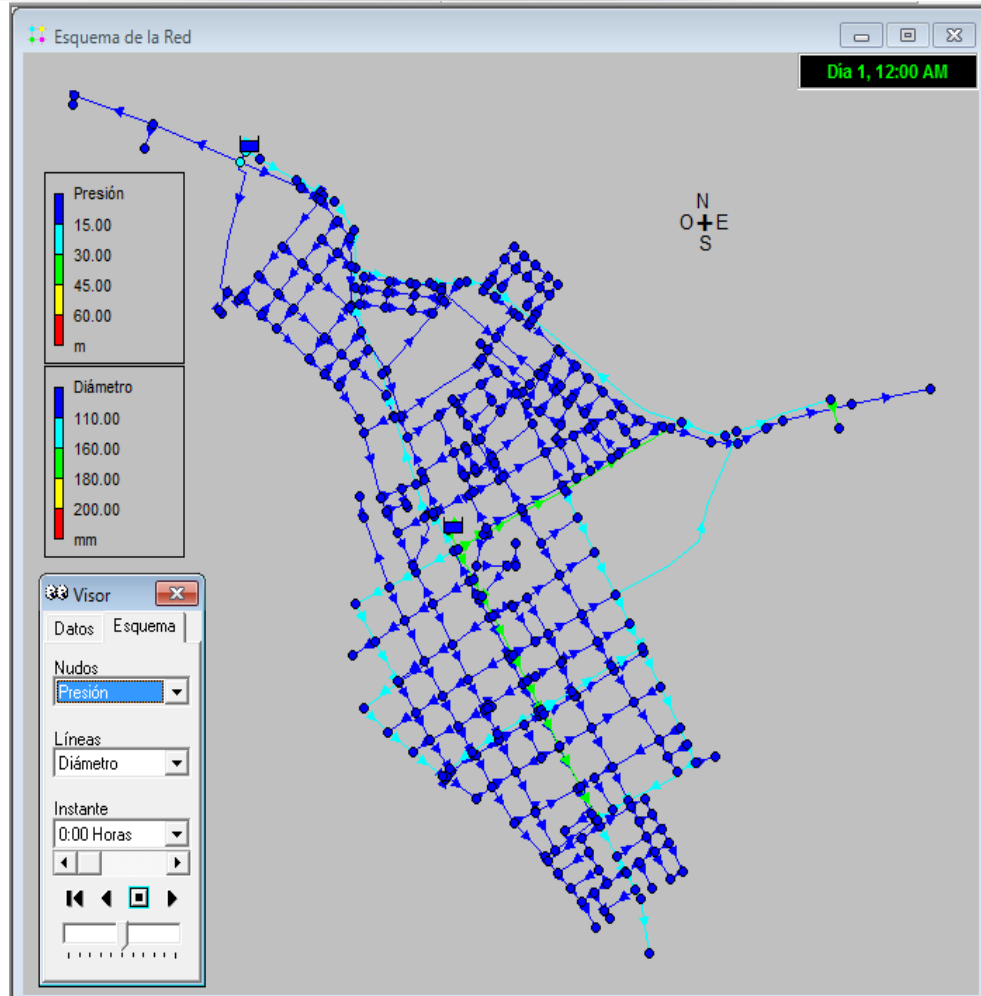
Cuadro 5. Demanda y Presión en diversos Nodos.



ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Estado
Tubería 57	23.65	160	0.72	0.04	Abierta
Tubería 183	53.09	90	0.49	0.08	Abierta
Tubería 173	78.78	90	1.46	0.23	Abierta
Tubería 193	67.16	90	0.27	0.04	Abierta
Tubería 185	82	90	-1.58	0.25	Abierta
Tubería 194	15.06	90	0.75	0.12	Abierta
Tubería 184	102.8	90	-1.32	0.21	Abierta
Tubería 186	69.59	90	-2.16	0.34	Abierta
Tubería 196	85.2	90	1.60	0.25	Abierta
Tubería 203	69.63	90	0.33	0.05	Abierta
Tubería 204	48.38	90	-1.10	0.17	Abierta
Tubería 205	95.88	90	1.63	0.26	Abierta
Tubería 192	6.539	90	1.74	0.27	Abierta
Tubería 191	69.35	90	0.10	0.02	Abierta
Tubería 197	87.63	90	-1.62	0.25	Abierta

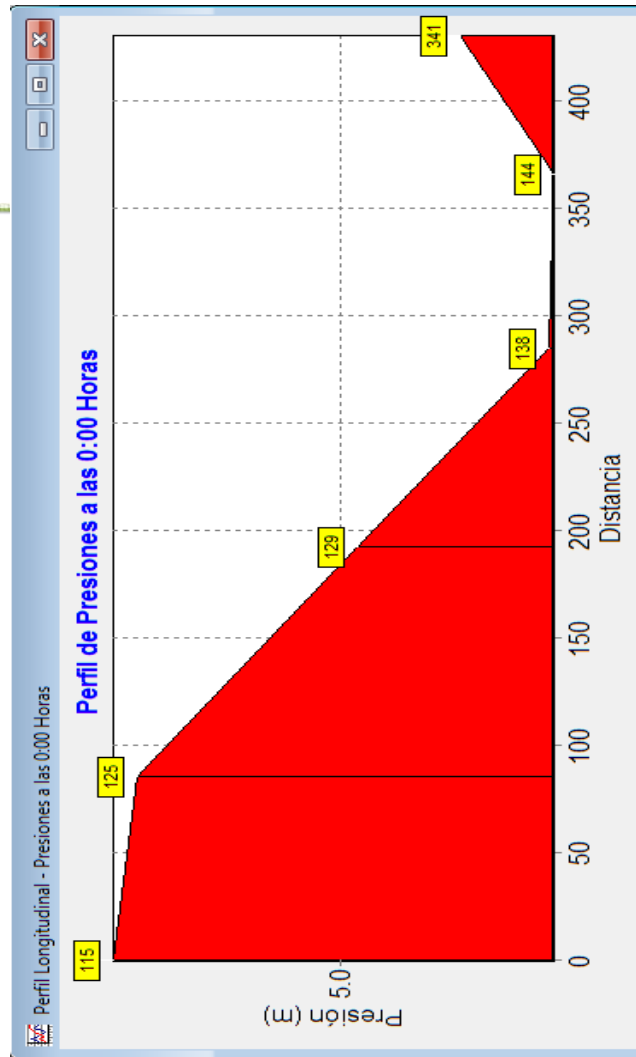
Cuadro 6. Caudal y Velocidad en diversas Tuberías.

1) **NIVEL MÁXIMO (Altura total = 194m):** Se pudo evidenciar que el sistema no funciona; es decir, que existe claramente una inadecuada prestación del servicio por bajas presiones ($PD \leq 15 \text{mca}$, COLOR AZUL). Se estaría hablando de casi todos los habitantes del municipio de Trinidad sin agua potable.



Cuadro 7. Esquema de la Red – Presiones en los Nodos y Diámetros de la tubería en la Primera Condición.

Se muestra el perfil longitudinal de las presiones en los nudos de un tramo de red de las cotas más altas.



Gráfica 3. Perfil Longitudinal Tramo crítico en Condición Nivel Máximo.

- 2) **NIVEL MEDIO (Altura total = 191m) y NIVEL BAJO (Altura total = 188m):** Teniendo en cuenta que el nivel alto mencionado anteriormente no funciona por tener presiones menores a 15mca, estos niveles o condiciones del sistema tiene aún presiones mucho más bajas.

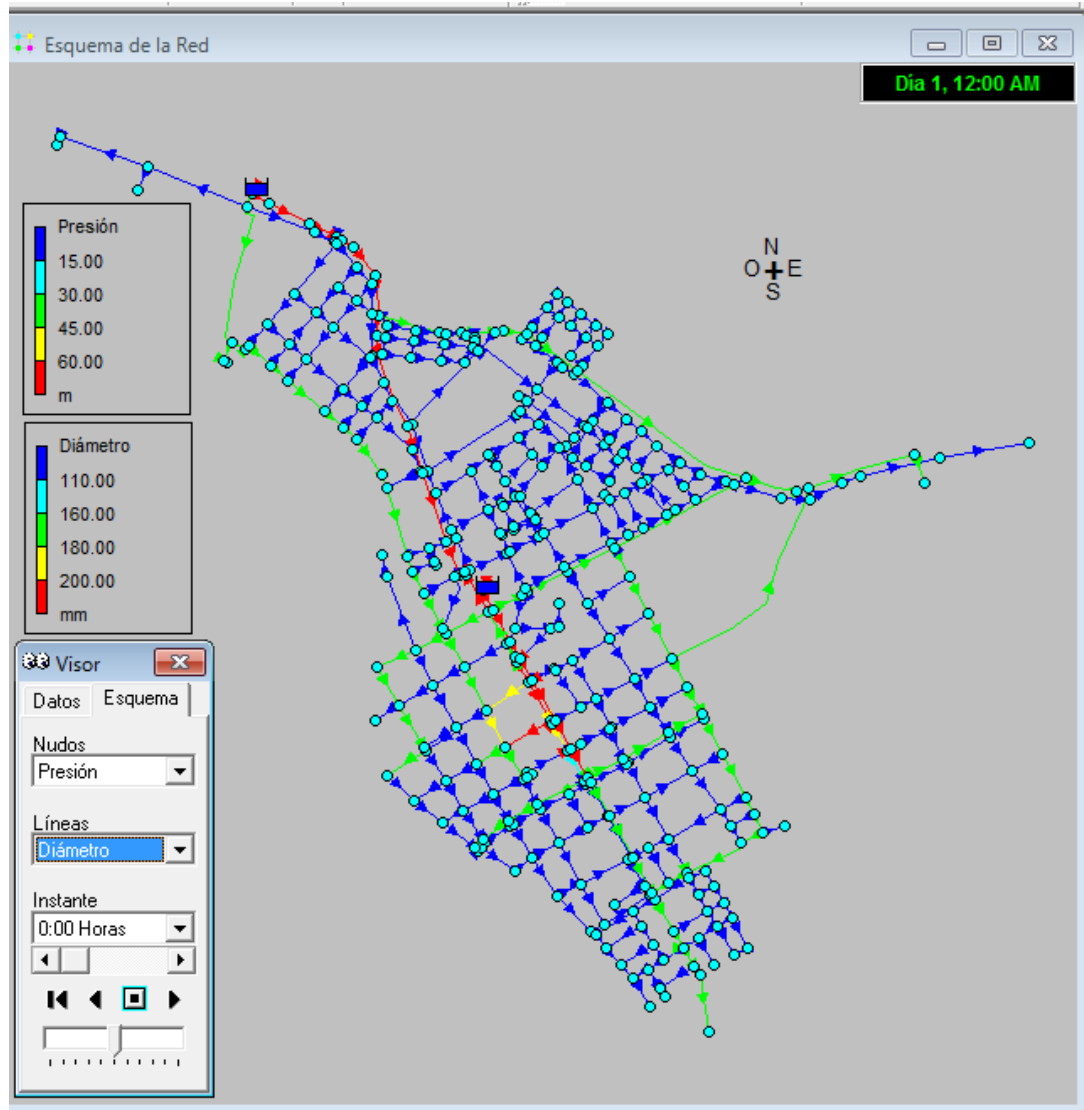
SOLUCIÓN ALTERNATIVA



Observando los análisis que arroja el software en las tres condiciones (niveles de agua), se puede concluir que el sistema de redes de agua requiere una revisión y cambios al diseño original; ya que este no cumple con las presiones mínimas de 15 mca. Lo anterior, implica que la solución que se va a proponer no es viable a menos que las Entidades Competentes tenga a bien tenerla en cuenta, pues se estaría hablando de construir otros elementos (nuevo pozo profundo, construcción nuevo tanque elevado, etc.) que no lo contempla el proyecto lo que genera nuevos ítems o una contratación paralela.

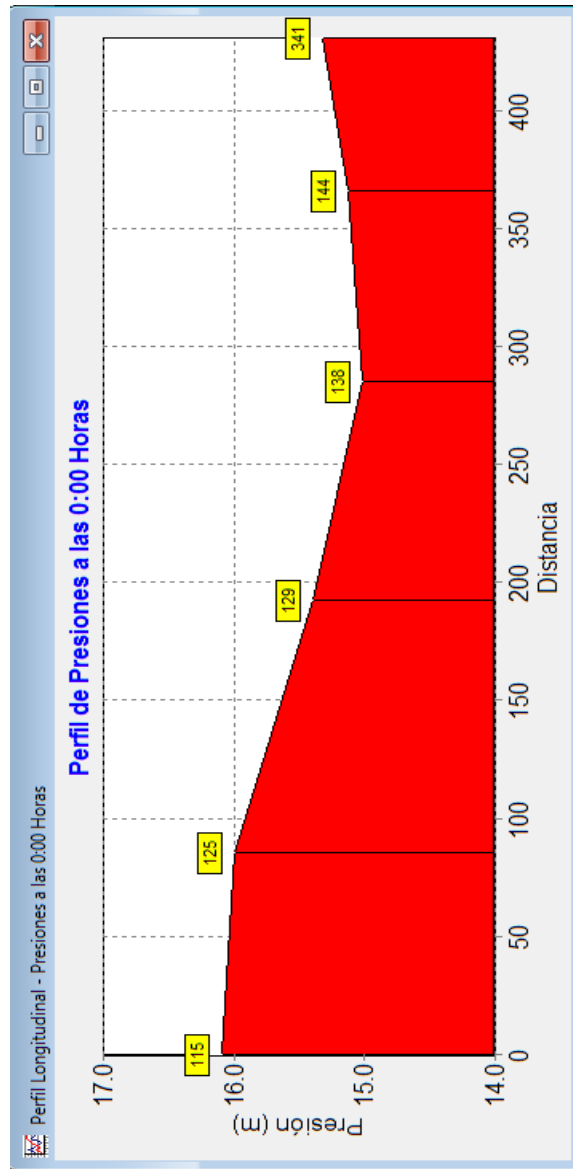
Entonces, no se dará una solución para los niveles medio y bajos pues los cambios a realiza, no los contempla el objeto del proyecto original. Cabe mencionar que actualmente estas condiciones sucede (los tanques elevados pasan a los niveles medio y bajo de agua y la población queda sin agua); se debería revisar y resolver dicha situación ante de seguir con la ejecución de dicho proyecto, pues tendrán falencias y se pondrá en dudas la optimización de la red de distribución proyectada a 20 años que contempla el diseño original.

Para dar una posible solución a la red de distribución en la condición del nivel alto, se plantea reemplazar tuberías de menor a mayor diámetro para que las presiones aumenten además, que este cambio lo contempla el objeto del proyecto. El resultado de la mejora al NIVEL ALTO (Altura total = 194 m) con EPANET es mostrado en el cuadro siguiente y la gráfica de presiones en los nodos:



Cuadro 8. Esquema de la Red – Presiones en los Nodos y Diámetros de la tubería en la Condición Mejorada.

El mismo perfil longitudinal con los reemplazos de las tuberías anteriormente ilustradas.



Gráfica 4. Perfil Longitudinal Tramo crítico en Condición Nivel Alto Mejorado.

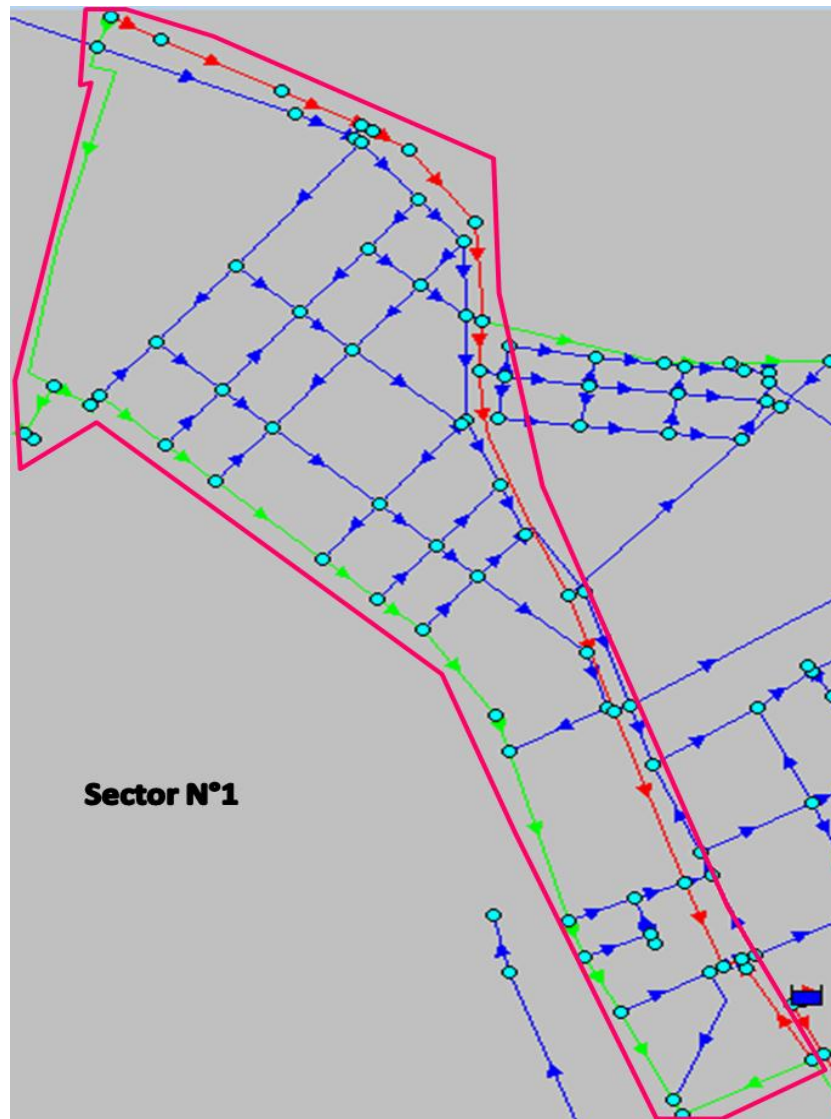


Cuadro 9. Esquema de la Red – Presiones en los Nodos y Diámetros de la tubería en la Condición Mejorada sectorizada.



SECTOR N°1:

- La línea de conducción de color rojo pasa de un diámetro de 4 a 8 pulgadas.
- La línea de conducción de color verde pasa de un diámetro de 3 a 6 pulgadas.

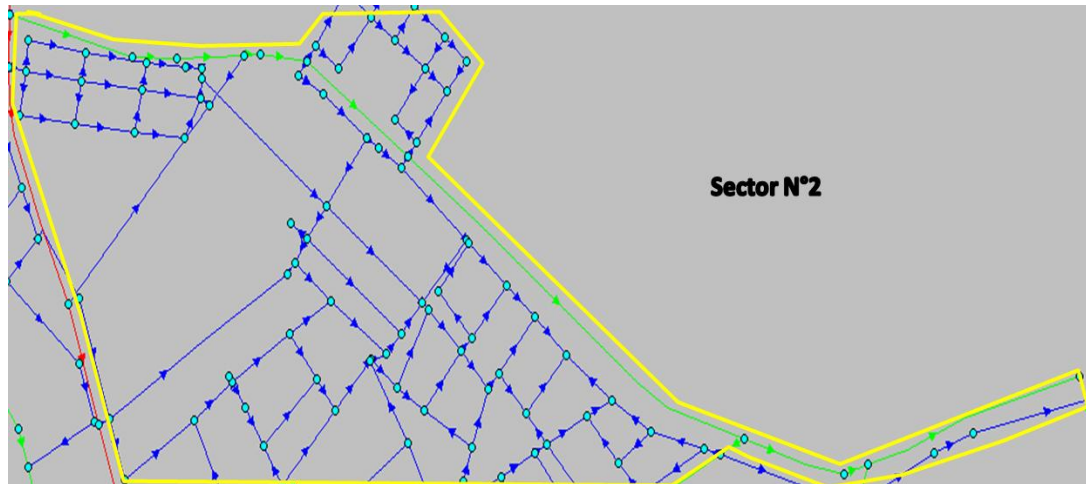


Cuadro 10. Esquema de la Red – Presiones en los Nodos y Diámetros de la tubería en la Condición Mejorada Sector N°1.



SECTOR N°2:

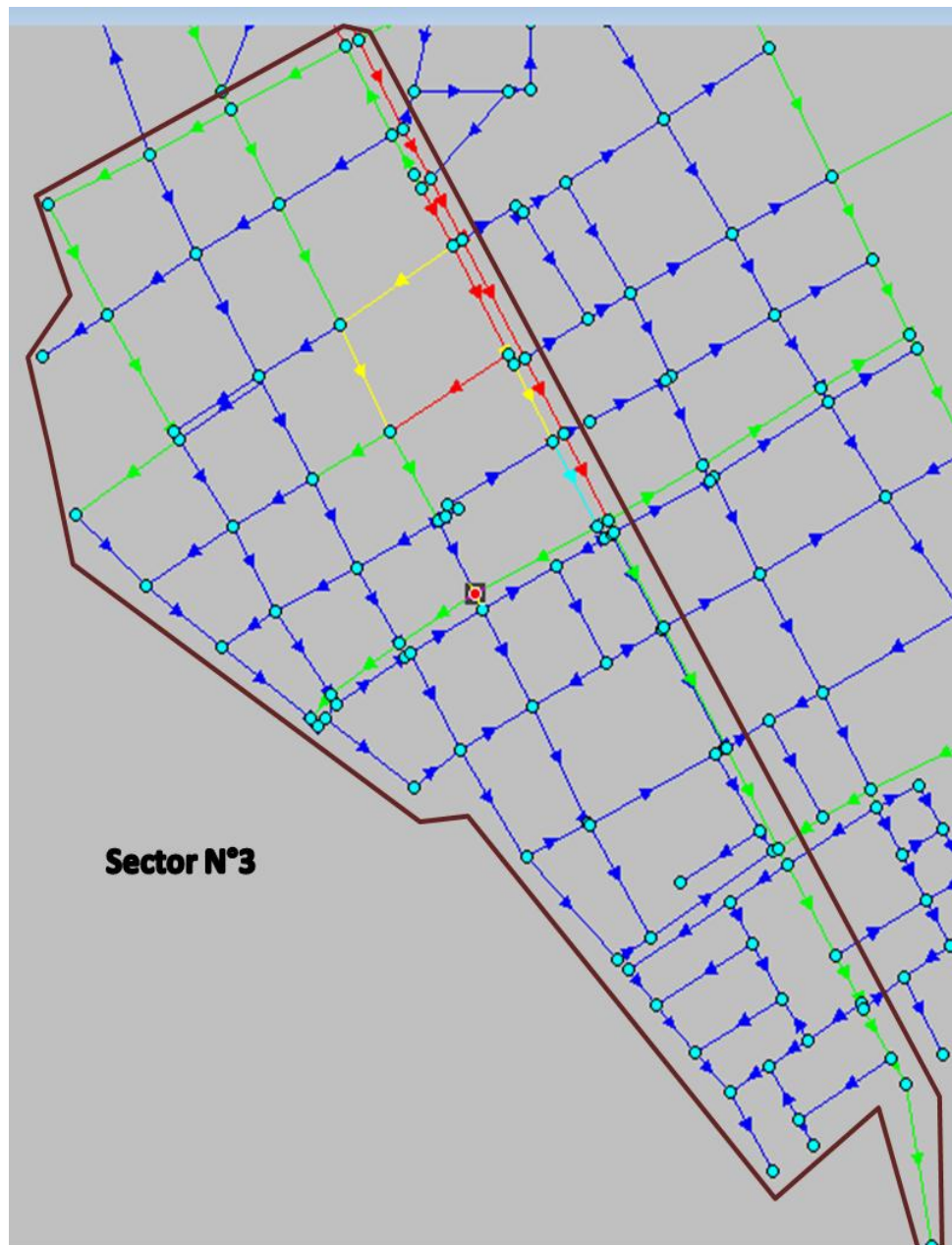
- La línea de conducción de color verde pasa de un diámetro de 4 a 6 pulgadas.



Cuadro 11. Esquema de la Red – Presiones en los Nodos y Diámetros de la tubería en la Condición Mejorada Sector N°2.

SECTOR N°3:

- La línea de conducción de color verde pasa de un diámetro de 3 a 6 pulgadas.
- La línea de conducción de color cian pasa de un diámetro de 3 a 4 pulgadas.
- La línea de conducción de color amarilla pasa de un diámetro de 3 a 7 pulgadas.
- La línea de conducción de color rojo pasa de un diámetro de 3 a 8 pulgadas.

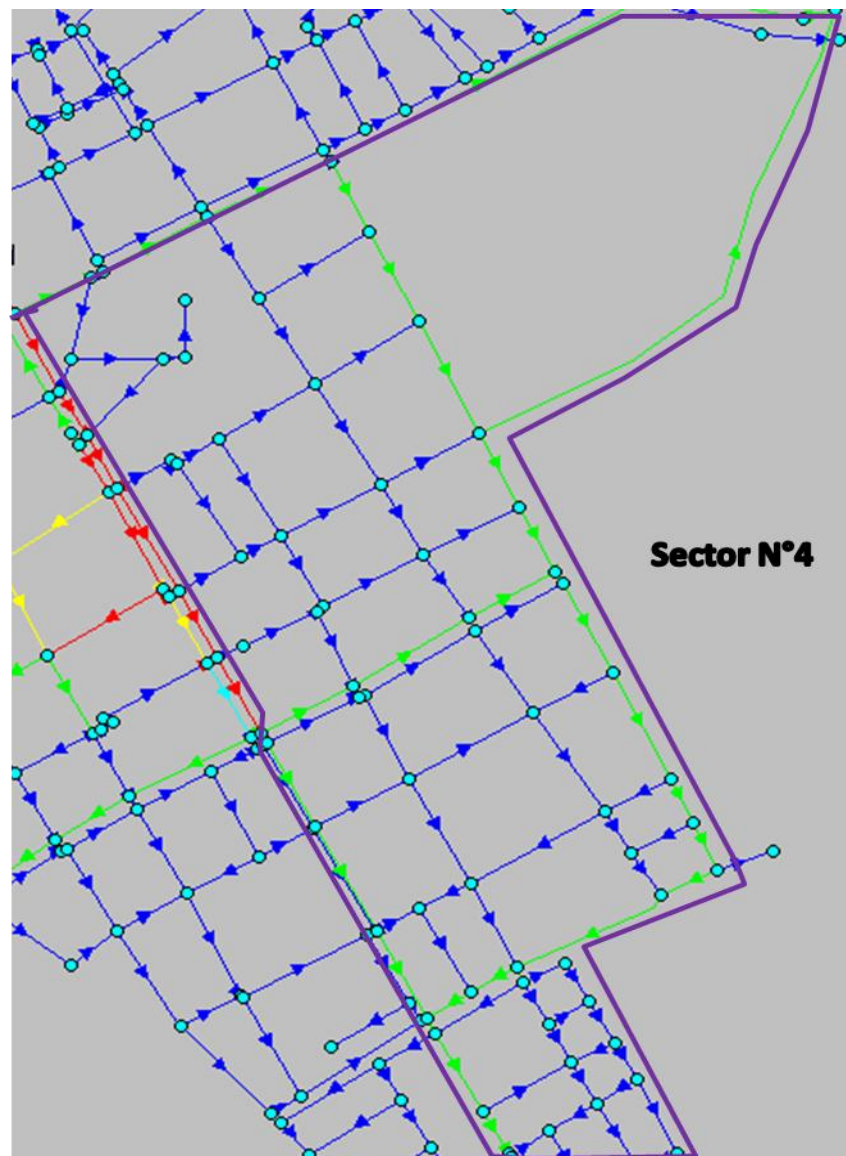


Cuadro 12. Esquema de la Red – Presiones en los Nodos y Diámetros de la tubería en la Condición Mejorada Sector N°3.



SECTOR N°4:

- La línea de conducción de color verde pasa de un diámetro de 3 a 6 pulgadas.
- La línea de conducción de color cian pasa de un diámetro de 3 a 4 pulgadas.

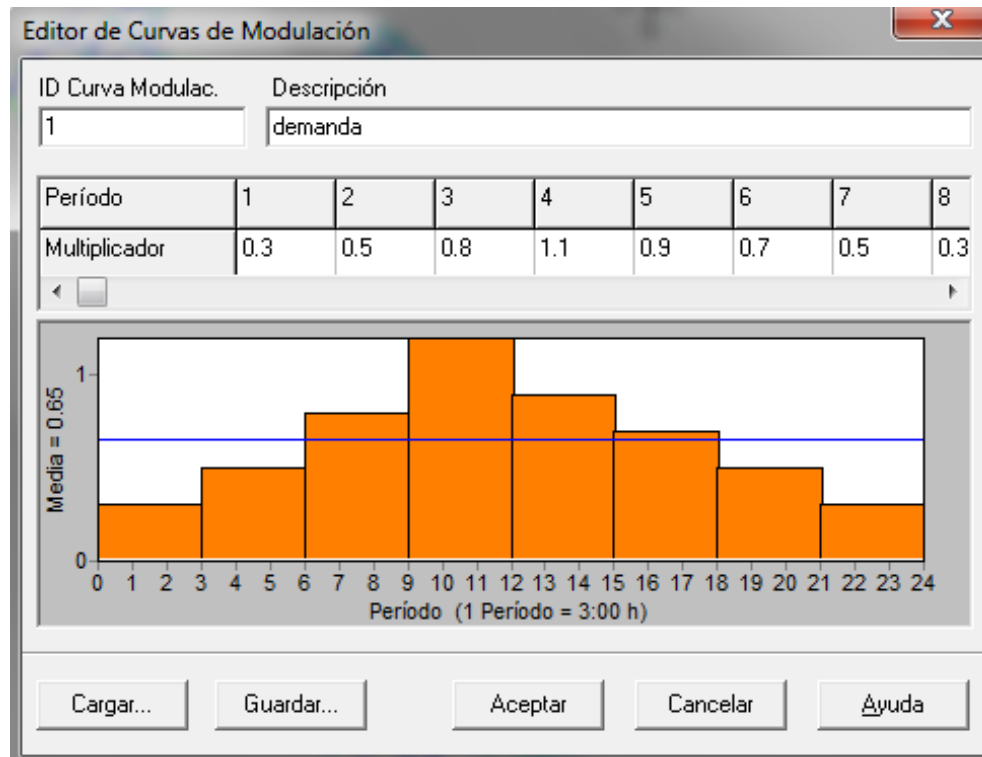


Cuadro 13. Esquema de la Red – Presiones en los Nodos y Diámetros de la tubería en la Condición Mejorada Sector N°4.



b) Análisis Extendido

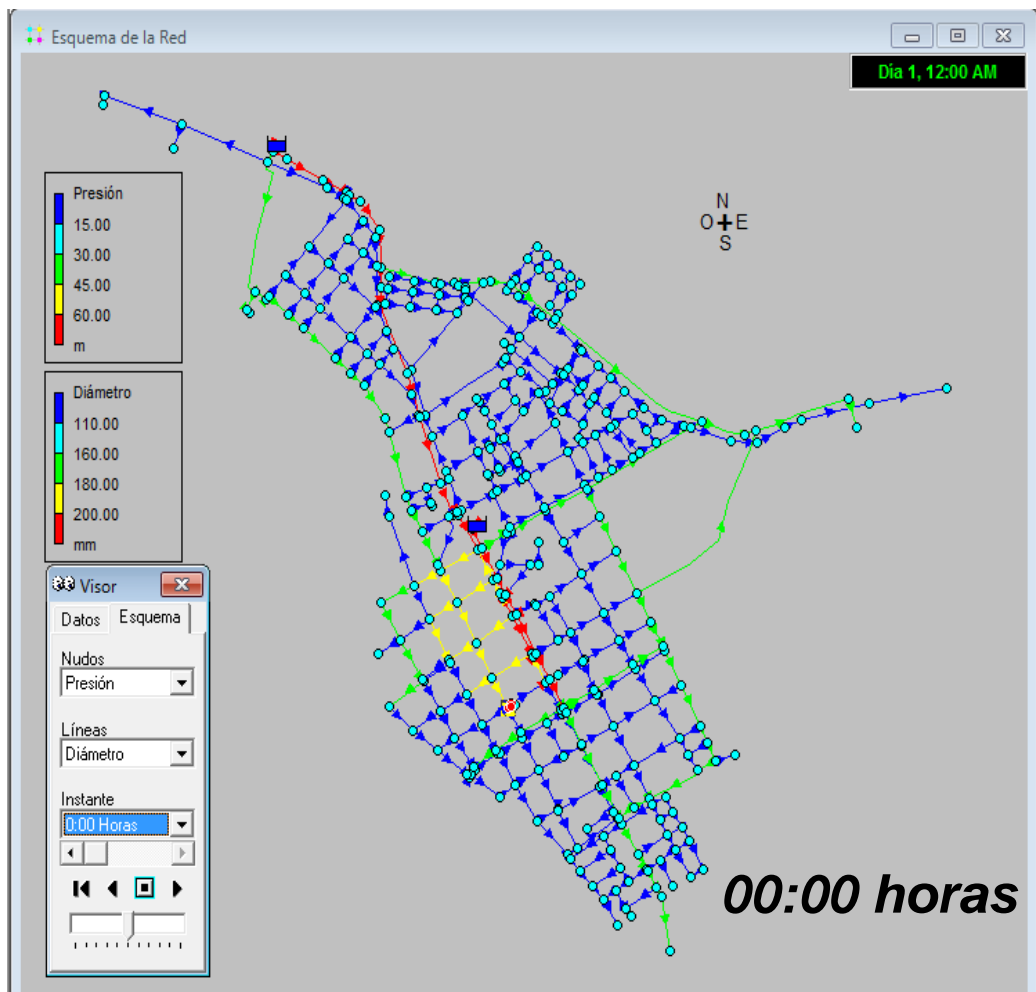
Para convertir el modelo en un caso más realista y llevar a cabo una simulación en un intervalo de tiempo se requiere crear de una curva de modulación para hacer que las demandas en los nudos varíen de forma periódica a lo largo del día. Por falta de información del consumo máximo diario de la población triniteña, los factores o multiplicativos son asumidos por la Autora basada en la figura 1.4 de la página web <http://civilgeeks.com/2010/10/07/variacion-de-consumo-sistema-de-agua-potable/> (se muestra a continuación en la Gráfica 5.). En las opciones de tiempo, se aplica un intervalo de 3 horas de modo que la demanda cambie 8 veces por día.



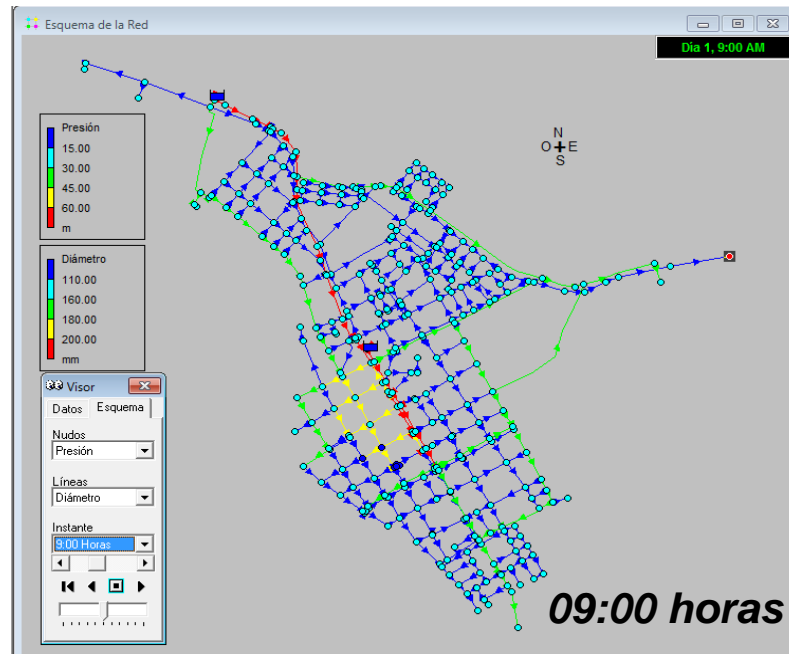
Gráfica 5. Curva de Modulación asumida por la autora.



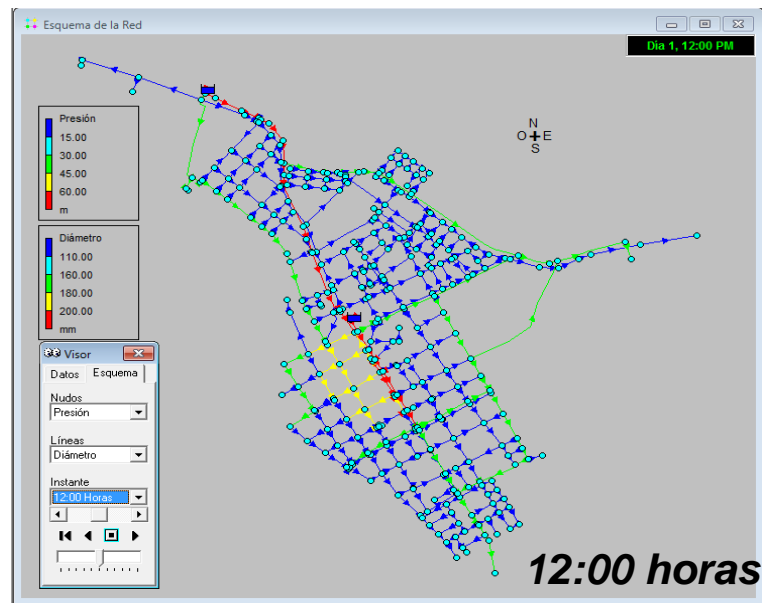
1) NIVEL MÁXIMO (Altura total = 194m): En este análisis se observa que las presiones en tres nudos no cumple con la presión mínima de 15 mca, el error es por una cantidad de 0.09 a 0.22 mca; lo que ocasiona que en el sector suroeste del Municipio, estos puntos fallen por un intervalo de dos (2) horas en el día desde las 9:00am a las 11:00am. Entrar a dar una solución alternativa implica cambiar el diseño en su totalidad, lo cual no es viable ni es de la competencia de este proyecto.



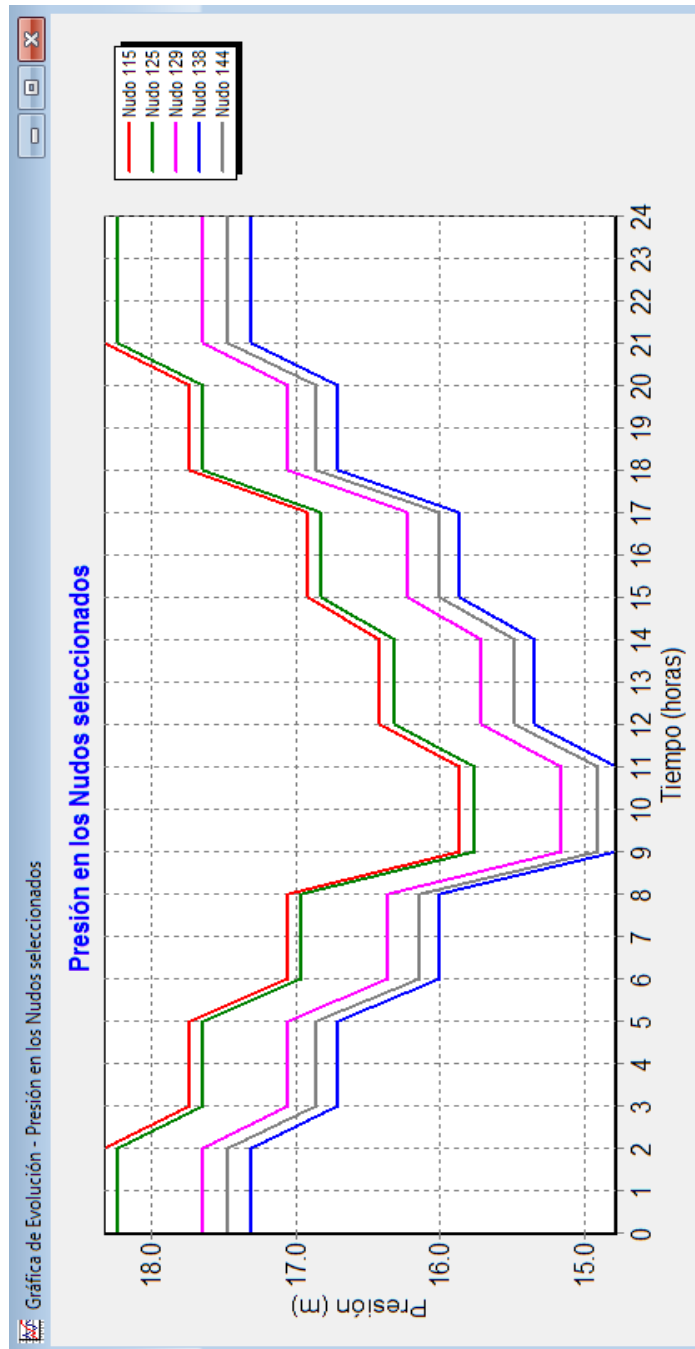
Cuadro 14. Esquema de la Red – Presiones en los Nodos y Diámetros de la tubería en la Condición Mejorada a la hora cero.



Cuadro 15. Esquema de la Red – Presiones en los Nodos y Diámetros de la tubería en la Condición Mejorada a la hora 9am.



Cuadro 16. Esquema de la Red – Presiones en los Nodos y Diámetros de la tubería en la Condición Mejorada a la hora 12pm.



Gráfica 6. Perfiles Longitudinales de Nudos críticos en Condición Nivel Alto Mejorado.



CONCLUSIONES

- ✿ En la priorización de los proyectos a ejecutar en el Departamento de Casanare se debería involucrar a más personas o practicantes que realicen el intercambio institucional ya que los beneficios mutuos son notables pues se tiene especial cuidado en los procesos de diseño y constructivos, porque de ellos depende en gran parte el buen funcionamiento de la obras al culminar su ejecución.
- ✿ Luego de realizado el modelamiento se llegó a la conclusión que se necesita cambiar tramos las redes de agua potable en las zonas críticas del Municipio de Trinidad; debido a que mejora el funcionamiento (aumento de presiones) del Sistema de redes brindando un servicio eficiente para lo cual fueron diseñados y aumentando así, la vida útil (cambio de PVC a PE 100) de estas.
- ✿ La utilización del tipo de material Polietileno de Alta Densidad (PE 100) en las redes de distribución es muy conveniente por sus ventajas constructivas (rendimiento en la colocación, menor cantidad de uniones dada la longitud estándar: 12 metros, mayor confiabilidad en el sistema de uniones y mayor duración con respecto a otros materiales) y al parecer económicas (costos unitarios hasta de un 50% menores con relación a PVC), además que se adapta mejor a las condiciones del terreno y de la zona del corredor de la línea.



RECOMENDACIONES

Después de realizados los estudios, verificaciones y análisis con el Programa EPANET, se recomienda:

- ✿ A las Entidades Territoriales, en este caso a la Gobernación de Casanare que en el futuro ponga a consideración la verificación y evaluación de los diseños de los proyectos por dos o más personas o entes idóneos, para que se elija la mejor opción que beneficie a la Comunidad y la misma Gobernación; pues los cálculos y resultados obtenidos en el presente documento presentan diferencias con respecto al diseño original que se encuentra en ejecución.
- ✿ A la Empresa EMCALLANOS S.A.S., seguir permitiendo el intercambio institucional a través del cual se desarrollan este tipo de proyectos, para lograr beneficios tanto para la empresa, comunidad beneficiada y la Universidad.
- ✿ Realizar un inventario más exhaustivo y detallado, con apiques en todos y cada uno de los cruces de tubería, para garantizar una mayor fidelidad del modelo.
- ✿ Que la Empresa Municipal de Servicios Públicos de Trinidad Casanare, monitoree el consumo de los tanques de almacenamiento y el global de las acometidas para así tener un punto de comparación real de las pérdidas en el Sistema y tratar de buscar solución para disminuirlas optimizando la red. Si lo anterior no soluciona el déficit de presiones encontrado en la comparación se plantea como alternativa la construcción de un nuevo tanque elevado y su conexión al nuevo sistema de red de distribución.



- Reemplazar tramos de tubería de Polivinilo de cloruro (PVC) de diámetro de 3", 4" y 6" por Polietileno de alta Densidad (PE) de diámetro de 4", 6", y 8", en las zona crítica del Municipio (señalados en los cuadros del 9 al 10 tuberías de color cian, verde, amarilla y roja), ya que produce presiones aceptables para el nivel alto de agua en los tanques. Lo anterior, pensando en los beneficios económicos que traerá a la ESP., pero primordialmente por el aprovechamiento del recurso hídrico y el beneficio que se proporcionará a los usuarios que, aunque tienen servicio, este es deficiente.
- A las Entidades competentes que busquen la forma de tener un inventario de las pérdidas reales físicas, pues se convierte en una herramienta útil para llevar el registro de estas. Además, que se contaría con datos reales a la hora de realizar los cálculos en los diseños de mejoramiento al sistema de Acueducto y se puede llevar un control de los programas que se ejecutan para reducir las pérdidas del Acueducto del Municipio de Trinidad.



BIBLIOGRAFÍA

- ✓ CORCHO MORENO, Freddy Hernán y DUQUE SERNA, José Ignacio. **“Acueducto Teoría y Diseño”**. Universidad de Medellín, 1994.
- ✓ COLOMBIANA DE EXTRUSION EXTRUCOL S.A., **“Manual Tuberías y Accesorios Polietileno para Agua”**, Bucaramanga, 2001.
- ✓ CUALLA LÓPEZ, Ricardo Alfredo. **“Elementos de Diseño Para Acueductos y Alcantarillados”**. 1 ED. Bogotá DC. Escuela Colombiana de Ingeniería. 1995.
- ✓ DURALON, **“Criterios de Diseño para Redes de Agua Potable Empleando Tubería de PVC”**, Productos Nacobre S.A. de C.V.
- ✓ ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL TRINIDAD, CASANARE 2000 – 2011.
- ✓ GÓMEZ SÁNCHEZ, Jorge. **“Plantas de Tratamiento de Agua Potable Teoría y Diseños”**. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2005.
- ✓ MARTÍNEZ, Fernando, Grupo de Redes Hidráulicas y Sistemas a Presión (REDHISP), Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente, **“EPANET 2.0 En Español Manual del Usuario”**, Universidad Politécnica de Valencia España, Octubre 2002.



- ✓ SILVA Garavito, Luis Felipe. **“Diseño de Acueducto y Alcantarillado”**, U.S.T.A., 1974.

- ✓ TECNOPIPE, S & E Y CIA. S.A., **“Manual Técnico Sistema de Tuberías en PEAD – ACUEDUCTO, Tubos y Accesorios”**, Itagüi - Antioquia, Edición N°1, 2010.

- ✓ **REGLAMENTO TÉCNICO PARA EL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**. RAS 2000.

- ✓ ROCHA FELICES, Arturo. **“Hidráulica de Tuberías y Canales”**. 1ra Edición. Universidad Nacional de Ingeniería Perú, 1978.

- ✓ **INTERNET**
 - <http://www.slideshare.net/criollitoque/principales-caracteristicas-de-trinidad-casanare-2453745>
 - <http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%20%20Gravedad/disenosistemaagua.html>



ANEXOS



Anexo A. Información General del Proyecto.

 GOBIERNACION DE CASANARE	SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD	CÓDIGO: RAB00-024
	PROCESO ADQUISICIÓN DE BIENES Y SERVICIOS	FECHA: 05/12/2008
	ESTUDIO PREVIO	VERSION:01

No. _____

DEPENDENCIA	SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES	CODIGO TABLA RETENCIÓN DOCUMENTAL	
-------------	--	-----------------------------------	--

1.INFORMACIÓN GENERAL			
1.1 FECHA DE PRESENTACIÓN:			
1.2 NOMBRE DE PROYECTO:	CONSTRUCCION, OPTIMIZACION, HABILITACION, AMPLIACION, ESTUDIOS, DISEÑOS Y MANTENIMIENTO DE LAS REDES DE ACUEDUCTO, SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE Y POZOS PROFUNDOS DE LAS CABECERAS MUNICIPALES, RURALES Y CENTROS POBLADOS.		
1.3 CÓDIGO S\$EPI:	2008 - 085000 - 0021		
1.4 IMPUTACIÓN PRESUPUESTAL			
1.4.1 NOMBRE:	CONSTRUCCION, OPTIMIZACION, HABILITACION, AMPLIACION, ESTUDIOS, DISEÑOS Y MANTENIMIENTO DE LAS REDES DEL ACUEDUCTO, SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE Y POZOS PROFUNDOS DE LAS CABECERAS MUNICIPALES, RURALES Y CENTROS POBLADOS.		
1.4.2 CÓDIGO:	6.RR60. 920607100050102 6. RP60. 920607100050101		
1.4.3 FUENTE:	6. RP60. REGALÍAS PETROLERAS DEL 60%.		
1.5 COMPONENTE(S) DEL PROYECTO:	ETAPA DE INVERSIÓN.		
1.6 ACTIVIDAD(ES) DEL PROYECTO:	ADQUISICIÓN DE BIENES, SERVICIOS Y OBRA PÚBLICA.		
1.7 PRODUCTO(S) DEL PROYECTO:	DIECINUEVE (19) MUNICIPIOS OPTIMIZADOS, HABILITADOS, AMPLIADOS Y MANTENIDOS CON LA CONSTRUCCION DE ACUEDUCTOS Y POZOS PROFUNDOS Y EL OBJETO ES INCREMENTAR EN 90% LA COBERTURA PARA CUMPLIR LO REGLAMENTADO POR LA LEY.		
1.8 PRODUCTO(S) DEL OBJETO A CONTRATAR	CONSTRUCCION DE LA OPTIMIZACIÓN HIDRÁULICA, SECTORIZACIÓN Y AMPLIACIÓN DE COBERTURA REDES DE ACUEDUCTO URBANO DE TRINIDAD CASANARE		
1.9 POBLACIÓN BENEFICIADA CON EL OBJETO O PRODUCTO A CONTRATAR:	Los habitantes actuales a 2.010, del casco urbano del Municipio de Trinidad que corresponde a 7.482 habitantes		
1.10 EMPLEOS ESTIMADOS CON LA INVERSIÓN	DIRECTO(S)	80	INDIRECTO(S) 20



Anexo B. Presupuesto Preliminar del Proyecto.

OBJETO:	CONSTRUCCIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN HIDRÁULICA, SECTORIZACIÓN Y AMPLIACIÓN DE COBERTURA REDES DE ACUEDUCTO URBANO DE TRINIDAD CASANARE				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	V/UNITARIO	V/PARCIAL
100	REDES MATRICES DE DISTRIBUCIÓN				
101	REPLANTEO Y LOCALIZACIÓN DE TUBERÍAS DE ACUEDUCTO, PAGADO POR METRO LINEAL	m	28.208,11	1.352,00	38.137.364,72
102	EXCAVACIÓN MECÁNICA CONGLOMERADO DE 0-6 M ZONA URBANA (ÁREA RESTRINGIDA POR TUBERÍAS GAS, AGUA, LLUVIAS, DUCTOS, ETC)	m³	7.447,00	10.019,00	74.611.493,00
103	EXCAVACIÓN MANUAL EN CONGLOMERADO	m³	17.373,00	35.065,00	609.184.245,00
104	RELLENO CON ARENA, BASE Y ATRAQUE COMPACTADA	m³	6.760,00	68.201,00	461.038.760,00
105	RELLENO EN MATERIAL SELECCIONADO DE LA EXCAVACIÓN COMPACTADO, PAGADO M³	m³	17.647,00	16.459,00	90.451.973,00
106	TUBERÍA DE POLIETILENO PE 100 PN-10 DE Ø=110 MM = 4"	m	8.896,23	31.858,00	283.416.095,34
107	REPARACIÓN DE ACOMETIDA PF+UAD DE 1/2" PARA ACUEDUCTO	m	100,00	7.531,00	753.100,00
108	TUBERÍA DE POLIETILENO PE 100 PN-10 DE Ø=90 MM = 3"	m	18.316,71	22.174,00	406.154.727,54
109	REPARACIÓN DE ANDENES Y CUNETAS EN CONCRETO 3000 PSI E=0.07 M	m²	200,00	39.099,00	7.819.800,00
110	ACOMETIDA DOMICILIARIA ACUEDUCTO PF+UAD (L=6M) D=1/2", INCLUYE MICROMEDIDOR, REGISTRO DE CORTE. SUMINISTRO E INSTAL.	und	270,00	149.516,00	40.369.320,00
111	REPARACIÓN DE ANDENES, SARDINELES Y CUNETAS EN CONCRETO 3000 PSI	m³	95,00	500.070,00	47.506.650,00
112	REPARACIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIA ACUEDUCTO PVC Ø=3/4".	m	200,00	6.727,00	1.345.400,00
113	TUBERÍA DE POLIETILENO PE 100 PN-10 DE Ø=160 MM = 6"	m	995,17	66.851,00	66.528.109,67
114	REPARACIÓN RED DE ALCANTARILLADO EN TUBERÍA DE GRES 8"	m	200,00	19.352,00	3.870.400,00
115	CONSTRUCCIÓN ANCLAJES EN CONCRETO PARA VÁLVULAS Y ACCESORIOS	UND	15,00	177.225,00	2.658.375,00
116	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE REDUCIDA HD 6*4" JUNTA HIDRÁULICA	und	18,00	285.880,00	5.145.840,00
117	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE REDUCIDA HD 6*3" JUNTA HIDRÁULICA	und	32,00	244.120,00	7.811.840,00
118	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE HD 4*4" JUNTA HIDRÁULICA	und	18,00	145.520,00	2.619.360,00
119	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE HD 4*3" JUNTA HIDRÁULICA	und	22,00	117.678,00	2.588.916,00
120	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE HD 3*3" JUNTA HIDRÁULICA	und	35,00	111.880,00	3.915.800,00
121	SUMINISTRO E INSTALACIÓN TAPÓN HD 3" JUNTA HIDRÁULICA	und	15,00	72.791,00	1.091.865,00
122	REPARACIÓN DOMICILIARIA EN TUBERÍA DE GRES 6"	m	250,00	15.850,00	3.962.500,00
123	UNIÓN DE REPARACIÓN (U.M) RDE 21 2". SUMINISTRO E INSTAL.	und	26,00	19.970,00	519.220,00



124	UNIÓN DE REPARACIÓN (U.M) RDE 21 4". SUMINISTRO E INSTAL.	und	26,00	53.989,00	1.403.714,00
125	UNIÓN DE REPARACIÓN (U.M) RDE 21 6". SUMINISTRO E INSTAL.	und	26,00	120.776,00	3.140.176,00
200	ELEMENTOS DE CONTROL HIDRÁULICO				
201	ESTACIÓN MACRO MEDIDORA Ø=6" CON ACCESORIOS. SUMINISTRO E INSTAL.	und	8,00	4.892.610,0 0	39.140.880,00
202	ESTACIÓN MACRO MEDIDORA Ø=3" CON ACCESORIOS. SUMINISTRO E INSTAL.	und	2,00	2.179.800,0 0	4.359.600,00
203	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HIDRANTE TIPO MILAN DN=3"	und	30,00	1.994.149,0 0	59.824.470,00
204	CAJA EN CONCRETO REFORZADO 3000 PSI PARA ESTACIÓN MACRO MEDIDORA Ø=6" (2.60 X 1.2 X 1.30 LIBRES)	und	10,00	3.280.769,0 0	32.807.690,00
205	CAJA DE INSPECCIÓN 80 X 80 PARA PROTECCIÓN DE VÁLVULAS CON TAPA VÁLVULA.	und	90,00	404.138,00	36.372.420,00
206	VÁLVULA COMPUERTA ELÁSTICA VÁSTAGO NO ASCENDENTE Ø=3" E.L. SUMINISTRO E INSTAL.	und	15,00	456.880,00	6.853.200,00
207	VÁLVULA DE VENTOSA 2". CÁMARA DOBLE, ACCIÓN MÚLTIPLE. E.B. SUMINISTRO E INSTAL.	und	15,00	727.200,00	10.908.000,00
208	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VÁLVULA COMPUERTA SELLO ELÁSTICO EXTREMO BRIDADO DN Ø=3"	und	30,00	455.700,00	13.671.000,00
209	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VÁLVULA COMPUERTA SELLO ELÁSTICO EXTREMO BRIDADO DN Ø=4"	und	20,00	548.920,00	10.978.400,00
210	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VÁLVULA COMPUERTA SELLO ELÁSTICO EXTREMO BRIDADO DN Ø=6"	und	10,00	903.480,00	9.034.800,00
300	CONSTRUCCION PUNTOS DE MONITOREO				
301	SUMINISTRO E INSTALACIÓN PUNTOS DE MONITOREO DE AGUA POTABLE EN RED DE ACUEDUCTO	und	12,00	644.039,00	7.728.468,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS					2.597.723.972,27
ADMINISTRACIÓN				19,00%	493.567.554,73
IMPREVISTOS				6,00%	155.863.438,34
UTILIDAD				5,00%	129.886.198,61
AJUSTE AL PESO					-
VALOR TOTAL PRESUPUESTO					3.377.041.163,00

SON: TRES MIL TRESCIENTOS SETENTA Y SIETE MILLONES CUARENTA Y UN MIL CIENTO SESENTA Y TRES PESOS M/L



Anexo C. CARTA: Labores Cumplidas En La Práctica Empresarial.



Yopal Casanare, 26 de octubre de 2011

Señores:
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
Aten; Ing. German García Vera
Director
Ciudad

Cordial saludo,

Me dirijo a usted(es), con el fin de **certificar** que la señorita practicante **IVON JOHANA FONSECA ADÁN**, cumplió a satisfacción todas las labores asignadas del proyecto "Apoyo Técnico En El PROYECTO Construcción De La Optimización Hidráulica, Sectorización Y Ampliación De Cobertura Rédes De Acueducto Urbano Del Municipio De Trinidad Departamento De Casanare".

En constancia se firma a los 26 días del mes de octubre de 2011.

Sin otro particular.

MAURY RINCON VELA
Representante Legal
Emcallanos S.A.S

CALLE 28A No. 20-70 Yopal Casanare

Telefax 6342734

e-mail emcallanos.sas@hotmail.com



Anexo D. Especificaciones Línea de Conducción en Tubería de PE

1. GENERALES

Se basaran inicialmente en las especificaciones técnicas de acuerdo al RAS 2000.

2. PARTICULARES

EXCAVACIONES:

Se debe identificar los sitios por donde pasan las redes de servicio, en caso de ser afectadas, el Contratista asumirá los costos de reparación. El ancho de la zanja será el más angosto posible dentro de los límites practicables, para redes de acueducto se hará de acuerdo con el diámetro de la tubería así:

DIÁMETRO DE LA TUBERÍA(mm)	ANCHO DE LA ZANJA(mts)
63	0,4
90	0,4
110	0,4
160	0,4
200	0,5

La profundidad de excavación para el proyecto es de 1.00 metro, las paredes de las zanjas se excavarán y se mantendrán prácticamente verticales. Las excavaciones con posibilidades de derrumbe deben ser entibadas y podrá variarse el ancho de la excavación cuando se requiera , pleno juicio de la interventoría, para garantizar la seguridad del personal, quienes contarán con el equipo de seguridad adecuado para éste trabajo; así mismo se garantizará la seguridad de estructuras adyacentes a la obra.

Se examinará el fondo de la zanja con el fin de evitar la presencia de objetos duros como rocas, troncos, piedras, etc.



SOLADO Y ATRAQUE:

El solado tendrá un espesor de 10 cm, deberá ser continuo, relativamente liso, libre de piedras y capaz de proveer apoyo uniforme. Se hará en arena de peña con tamaño de partículas menores a ½ pulgada, compactado usando pisonos de mano de 0.25 x 0.15.

El atraque será igualmente en arena de peña con tamaño de partículas menores a ½ pulgada y se aplicara simultáneamente a ambos lados de las tuberías, evitando de ésta forma que se produzcan presiones laterales, además se deberá aplicar sobre la cota clave de la tubería una capa de 10 cms encima del tubo en el mismo material del atraque, si en el material excavado hay presencia de piedras este espesor será de 15 cms, todo esto con el fin de aislar la tubería y evitar que pueda tener contacto con alguna partícula nociva presente en el relleno. El atraque al igual que el solado se compactara usando pisonos de mano de 0.25 x 0.15.

TUBERÍAS PE

El Contratista efectuará bajo su responsabilidad y costo, el suministro, transporte, colocación y almacenamiento de la tubería.

• Transporte:

El transporte se efectuara en vehículos que dispongan de laterales y superficies con ausencias de aristas cortantes que puedan causar daño, además se colocara un cartón para que sirva de cama a la tubería.

De ninguna manera se pondrán objetos o carga adicional encima de la tubería. Durante el cargue y descargue, los tubos no deben ser golpeados ni arrojados al piso y en el transporte se tendrá especial cuidado de no arrastrarlos.



- Almacenamiento:

La tubería PE debe almacenarse evitando daños exteriores de aplastamiento o deterioro ocasionado por piedras puntiagudas y almacenarse bajo techo preferiblemente si se va a exponer por largos periodos a la acción de los rayos solares. Debe tenerse cuidado de proteger la tubería de calores excesivos o sustancias químicas dañinas, como gasolina o solventes orgánicos. Debe tenerse cuidado de no almacenar la tubería revuelta con materiales como hierro, galvanizado, acero o similares. La tubería no debe estar en contacto con el piso por lo que se utilizaran como medio de protección estibas de madera o plástico. La altura máxima para el almacenamiento de la tubería es de 1.00 metro o lo equivalente a cinco (5) rollos, los rollos se ubicaran horizontalmente, debe evitarse la ubicación vertical que produce ovalamiento e inseguridad.

- Clase de Tubería:

La tubería utilizada en la realización de la línea de conducción será resina PE 100 alta densidad, RDE 17 – PN 10 (116 P.S.I).

- Instalación:

Antes de iniciar la colocación las tuberías deben ser limpiadas de lodos y partículas extrañas, la tubería se colocara en el centro de la zanja de manera que haya un espacio igual a lado y lado de la misma, con el fin de que el atraque no genere presiones laterales nocivas. Siempre que se suspendan la colocación de tuberías, las bocas de los tubos se mantendrán taponadas.

- Unión por Termofusión:

Se requiere de un equipo de termofusión que debe contener una plancha calentadora con indicador de temperatura y accesorios recubiertos con teflón, refrentadora, carro alienador, tela de algodón y alcohol, reloj o cronometro,



indicador de temperatura, mordazas intercambiables para diferentes diámetros y guantes de protección.

El área de la unión debe ser protegida contra las condiciones climáticas adversas (viento, lluvia, polvo o cualquier otra condición que pudiera perjudicar o contaminar). El extremo opuesto a unir de cada tubo debe estar cerrado para prevenir la penetración de flujos de aire al interior de la tubería, con el fin de evitar el enfriamiento del área de fusión.

Se debe tener especial cuidado en los parámetros establecidos para los diferentes diámetros utilizados en la conducción así:

NORMA ISO 11414	Φ 160 mm	Φ 110 mm	Φ 90 mm
Temperatura de Fusión (°C)	210 ± 10	210 ± 10	210 ± 10
Desalineamiento Máximo (mm)	0.5	0.5	0.5
Presión Para Formar Reborde (p.s.i)	26 ± 3	26 ± 3	26 ± 3
Ancho de Reborde Fundido (mm)	1 - 2	1 - 2	1 - 2
Tiempo de Calentamiento (segundos)	110	85	75
Presión de Calentamiento (p.s.i)	4 ± 3	4 ± 3	4 ± 3
Tiempo Máximo de Apertura (segundos)	5	4	4
Tiempo Máximo de Cierre (segundos)	5	4	4
Presión de Enfriamiento (p.s.i)	26 ± 3	26 ± 3	26 ± 3
Tiempo de Enfriamiento con Presión (min.)	10	10	10
Tiempo de Enfriamiento sin Presión (min.)	14	10	8
Ancho de Reborde Final Mínimo (mm)	9	8	8
Ancho de Reborde Final Máximo (mm)	12	10	9

• Válvulas:

Todas las válvulas usadas en la línea de conducción serán en HF, extremo brida X brida, vástago ascendente y sello de bronce.

• Accesorios:

Los accesorios presentes en el trazado de la línea serán de PE, y serán unidos por termofusión con las especificaciones dadas anteriormente.

• Generalidades:

No podrá hacerse ningún cambio en el alineamiento o pendiente, sin la autorización expresa y por escrito del interventor.



Anexo E. Base de Datos de los Nudos del Proyecto.

1 Estado de los Nudos de la Red				
ID NUDO	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Nudo 1	175,27	0,032	192,77	17,5
Nudo 100	174,22	0,251	192,81	18,59
Nudo 102	174,2	0,804	192,78	18,58
Nudo 103	174,51	0,923	192,79	18,28
Nudo 104	174,55	0,425	192,78	18,23
Nudo 105	174,57	0,576	192,78	18,21
Nudo 106	174,44	0,471	192,77	18,33
Nudo 107	174,66	0,269	192,78	18,12
Nudo 108	174,55	0,259	192,78	18,23
Nudo 109	174,56	0,04	192,78	18,22
Nudo 110	174,47	0,803	192,78	18,31
Nudo 111	174,47	0,625	192,78	18,31
Nudo 112	174,47	0,083	192,78	18,31
Nudo 113	174,15	0,442	192,78	18,63
Nudo 114	174,45	0,059	192,77	18,32
Nudo 115	174,45	0,927	192,77	18,32
Nudo 116	174,9	0,785	192,77	17,87
Nudo 117	174,93	0,834	192,76	17,83
Nudo 118	174,66	0,256	192,76	18,1
Nudo 119	174,05	0,38	192,78	18,73
Nudo 120	174,42	0,448	192,78	18,36
Nudo 121	174,08	0,448	192,77	18,69
Nudo 122	174,4	0,899	192,77	18,37
Nudo 123	174,66	0,305	192,76	18,1
Nudo 124	175,14	0,905	192,77	17,63
Nudo 125	174,54	1,037	192,77	18,23
Nudo 126	174,19	0,175	192,78	18,59
Nudo 127	174,26	0,059	192,78	18,52
Nudo 128	174,68	0,284	192,77	18,09
Nudo 129	175,13	0,538	192,77	17,64
Nudo 130	175,27	0,382	192,77	17,5
Nudo 131	174,8	0,91	192,76	17,96
Nudo 132	174,8	0,433	192,76	17,96
Nudo 133	173,93	0,072	192,74	18,81
Nudo 134	174,31	0,52	192,76	18,45
Nudo 135	173,32	0,796	192,75	19,43
Nudo 136	174,78	0,754	192,75	17,97
Nudo 137	175,36	0,77	192,76	17,4

2 Estado de los Nudos de la Red				
ID NUDO	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Nudo 138	175,45	1,002	192,76	17,31
Nudo 139	174,78	0,469	192,76	17,98
Nudo 140	174,54	0,374	192,75	18,21
Nudo 141	175,28	0,486	192,75	17,47
Nudo 142	175,27	0,059	192,75	17,48
Nudo 143	175,29	0,064	192,75	17,46
Nudo 144	175,29	0,388	192,75	17,47
Nudo 145	175,09	0,743	192,74	17,65
Nudo 146	173,74	0,729	192,74	19
Nudo 147	173,3	0,633	192,74	19,44
Nudo 148	173,16	0,032	192,73	19,57
Nudo 149	173,14	0,479	192,73	19,59
Nudo 150	173,36	0,103	192,73	19,37
Nudo 151	175	0,353	192,73	17,73
Nudo 152	174,99	0,031	192,73	17,74
Nudo 153	174,84	0,37	192,73	17,89
Nudo 154	174,57	0,554	192,72	18,15
Nudo 155	174,24	0,052	192,73	18,49
Nudo 156	174,25	0,032	192,73	18,48
Nudo 157	173,91	0,578	192,72	18,81
Nudo 158	174,08	0,414	192,72	18,64
Nudo 159	174,11	0,753	192,72	18,61
Nudo 160	174,8	0,742	192,72	17,92
Nudo 161	173,41	0,232	192,72	19,31
Nudo 163	173,89	0,348	192,71	18,82
Nudo 164	173,81	0,775	192,71	18,9
Nudo 165	173,81	0,014	192,71	18,9
Nudo 166	173,52	0,596	192,7	19,18
Nudo 167	173,52	0,513	192,7	19,18
Nudo 168	173,03	0,34	192,7	19,67
Nudo 169	173,81	0,373	192,7	18,89
Nudo 170	172,92	0,677	192,7	19,78
Nudo 171	173,41	0,485	192,7	19,29
Nudo 172	173,52	0,678	192,7	19,18
Nudo 173	173,96	0,672	192,81	18,85
Nudo 174	173,85	0,239	192,79	18,94
Nudo 175	173,74	0,074	192,77	19,03
Nudo 176	173,78	0,071	192,75	18,97



3 Estado de los Nudos de la Red				
ID NUDO	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Nudo 177	174,24	0,287	192,74	18,5
Nudo 178	173,47	0,173	192,74	19,27
Nudo 179	173,4	0,328	192,74	19,34
Nudo 18	174,1	0,005	193,1	19
Nudo 180	174,04	0,459	192,74	18,7
Nudo 181	173,44	0,15	192,74	19,3
Nudo 182	173,9	0,336	192,73	18,83
Nudo 183	173,31	0,176	192,73	19,42
Nudo 184	173,21	0,207	192,73	19,52
Nudo 185	173,72	0,365	192,73	19,01
Nudo 186	173,44	0,15	192,73	19,29
Nudo 187	173,88	0,461	192,73	18,85
Nudo 188	173,34	0,19	192,73	19,39
Nudo 189	173,38	0,074	192,73	19,35
Nudo 19	174	0,048	193,06	19,06
Nudo 190	173,41	0,41	192,73	19,32
Nudo 191	173,57	1,008	192,73	19,16
Nudo 192	173,27	0,117	192,73	19,46
Nudo 193	173,33	0,108	192,73	19,4
Nudo 194	173,27	0,288	192,73	19,46
Nudo 195	173,36	1,141	192,73	19,37
Nudo 196	173,39	0,033	192,73	19,34
Nudo 197	174,38	0,417	192,77	18,39
Nudo 198	173,85	0,887	192,74	18,89
Nudo 199	173,38	0,382	192,73	19,35
Nudo 20	172,64	0,79	192,68	20,04
Nudo 200	173,2	0,595	192,72	19,52
Nudo 201	173,37	0,257	192,72	19,35
Nudo 202	173,46	0,183	192,73	19,27
Nudo 203	173,26	0,558	192,72	19,46
Nudo 204	173,44	0,192	192,73	19,29
Nudo 205	173,29	0,7	192,72	19,43
Nudo 206	173,26	0,398	192,72	19,46
Nudo 207	173,26	0,084	192,72	19,46
Nudo 208	173,24	0,365	192,72	19,48
Nudo 209	173,24	0,748	192,72	19,48
Nudo 21	172,71	0,497	192,68	19,97
Nudo 210	173,3	0,861	192,72	19,42

4 Estado de los Nudos de la Red				
ID NUDO	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Nudo 211	173,55	0,808	192,72	19,17
Nudo 212	173,55	0,536	192,71	19,16
Nudo 213	173,34	0,26	192,71	19,37
Nudo 214	173,29	0,611	192,72	19,43
Nudo 215	173,16	0,351	192,72	19,56
Nudo 216	173,35	0,513	192,73	19,38
Nudo 217	174,39	0,555	192,77	18,38
Nudo 218	173,65	0,436	192,74	19,09
Nudo 219	173,29	0,42	192,74	19,45
Nudo 22	172,49	0,118	192,68	20,19
Nudo 220	173,28	0,451	192,74	19,46
Nudo 221	173,35	0,229	192,74	19,39
Nudo 222	173,11	0,305	192,71	19,6
Nudo 223	173,23	0,524	192,71	19,48
Nudo 224	173,24	0,326	192,71	19,47
Nudo 225	173,55	0,198	192,71	19,16
Nudo 226	173,53	0,527	192,71	19,18
Nudo 227	173,22	0,226	192,71	19,49
Nudo 228	173,22	0,341	192,71	19,49
Nudo 229	172,97	0,972	192,72	19,75
Nudo 23	172,5	0,372	192,68	20,18
Nudo 230	173,22	0,045	192,74	19,52
Nudo 231	173,39	0,153	192,74	19,35
Nudo 232	173,37	0,24	192,74	19,37
Nudo 233	173,26	0,039	192,74	19,48
Nudo 234	173,4	0,19	192,76	19,36
Nudo 235	173,36	0,136	192,75	19,39
Nudo 236	173,25	0,429	192,74	19,49
Nudo 237	173,11	0,146	192,71	19,6
Nudo 238	173,47	0,631	192,71	19,24
Nudo 239	173,18	0,162	192,71	19,53
Nudo 24	172,33	0,248	192,68	20,35
Nudo 240	173	0,075	192,71	19,71
Nudo 241	173,84	0,279	192,77	18,93
Nudo 242	173,8	0,043	192,76	18,96
Nudo 243	173,57	0,407	192,74	19,17
Nudo 244	173,53	0,429	192,74	19,21
Nudo 245	173,12	1,011	192,72	19,6



5 Estado de los Nudos de la Red				
ID NUDO	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Nudo 246	173,09	0,631	192,72	19,63
Nudo 247	173,07	0,608	192,71	19,64
Nudo 248	173,16	0,206	192,71	19,55
Nudo 249	173,16	0,507	192,71	19,55
Nudo 25	172,46	0,207	192,68	20,22
Nudo 250	173,1	0,501	192,71	19,61
Nudo 251	173,26	0,394	192,71	19,45
Nudo 252	173,56	0,289	192,71	19,15
Nudo 253	173,16	0,393	192,71	19,55
Nudo 254	174,06	0,232	192,94	18,88
Nudo 255	173,48	0,348	192,84	19,36
Nudo 256	173,47	0,064	192,83	19,36
Nudo 257	173,06	0,485	192,77	19,71
Nudo 258	172,76	0,593	192,73	19,97
Nudo 259	172,79	0,192	192,72	19,93
Nudo 26	172,33	0,821	192,67	20,34
Nudo 260	172,71	0,183	192,71	20
Nudo 261	172,8	0,82	192,71	19,91
Nudo 262	172,8	0,43	192,71	19,91
Nudo 263	172,92	0,629	192,71	19,79
Nudo 264	173,28	0,067	192,71	19,43
Nudo 265	173,58	0,536	192,67	19,09
Nudo 266	173,25	0,315	192,65	19,4
Nudo 267	173,07	0,378	192,63	19,56
Nudo 268	172,97	0,225	192,62	19,65
Nudo 269	172,53	0,856	192,6	20,07
Nudo 27	172,39	0,183	192,67	20,28
Nudo 270	172,78	0,966	192,59	19,81
Nudo 271	173,55	0,252	192,81	19,26
Nudo 272	173,79	0,514	192,83	19,04
Nudo 273	174,19	0,393	192,84	18,65
Nudo 274	173,71	0,375	192,81	19,1
Nudo 275	173,6	0,093	192,81	19,21
Nudo 276	172,99	0,411	192,74	19,75
Nudo 277	172,72	0,23	192,73	20,01
Nudo 278	174,31	0,046	192,78	18,47
Nudo 279	174,27	0,207	192,75	18,48
Nudo 28	172,27	0,362	192,67	20,4

6 Estado de los Nudos de la Red				
ID NUDO	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Nudo 280	174,27	0,047	192,75	18,48
Nudo 281	173,79	0,417	192,74	18,95
Nudo 282	173	0,889	192,73	19,73
Nudo 283	172,71	0,935	192,72	20,01
Nudo 284	172,7	1,003	192,72	20,02
Nudo 285	173,19	0,975	192,72	19,53
Nudo 286	174,11	0,675	192,73	18,62
Nudo 287	174,28	0,774	192,74	18,46
Nudo 288	174,77	0,396	192,76	17,99
Nudo 289	174,3	0,119	192,74	18,44
Nudo 29	172,19	0,516	192,67	20,48
Nudo 290	173,81	0,367	192,73	18,92
Nudo 291	173,8	0,349	192,73	18,93
Nudo 292	173,29	0,822	192,72	19,43
Nudo 293	172,51	0,799	192,71	20,2
Nudo 294	172,88	0,432	192,71	19,83
Nudo 295	173,24	0,566	192,71	19,47
Nudo 296	173,59	0,022	192,72	19,13
Nudo 297	173,58	0,498	192,72	19,14
Nudo 298	173,2	0,852	192,7	19,5
Nudo 299	172,92	1,374	192,7	19,78
Nudo 30	172,14	0,379	192,67	20,53
Nudo 300	172,61	0,434	192,7	20,09
Nudo 301	172,48	0,519	192,69	20,21
Nudo 302	172,47	0,825	192,69	20,22
Nudo 303	172,95	1,148	192,69	19,74
Nudo 304	173,1	0,452	192,69	19,59
Nudo 305	172,45	0,485	192,69	20,24
Nudo 306	172,1	0,204	192,69	20,59
Nudo 307	172,93	0,637	192,68	19,75
Nudo 308	172,9	1,304	192,68	19,78
Nudo 309	172,51	0,471	192,69	20,18
Nudo 31	172,12	0,231	192,67	20,55
Nudo 310	172,64	0,228	192,69	20,05
Nudo 311	172,6	0,243	192,69	20,09
Nudo 312	173,86	0,222	192,75	18,89
Nudo 313	173,64	0,154	192,74	19,1
Nudo 314	173,47	0,721	192,73	19,26



7 Estado de los Nudos de la Red				
ID NUDO	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Nudo 315	173,47	0,407	192,73	19,26
Nudo 316	173,39	0,721	192,73	19,34
Nudo 317	173,76	0,369	192,77	19,01
Nudo 318	174,07	1,193	192,84	18,77
Nudo 319	174,47	0,571	192,8	18,33
Nudo 32	172,01	0,331	192,67	20,66
Nudo 320	174,08	0,056	192,81	18,73
Nudo 321	174,01	0,169	192,81	18,8
Nudo 322	174,13	0,132	192,81	18,68
Nudo 323	174,02	0,407	192,8	18,78
Nudo 324	174,01	0,275	192,8	18,79
Nudo 325	174	0,445	192,8	18,8
Nudo 326	173,92	0,502	192,78	18,86
Nudo 327	173,95	0,86	192,78	18,83
Nudo 328	173,99	0,381	192,78	18,79
Nudo 329	173,86	0,228	192,78	18,92
Nudo 33	172,39	0,392	192,68	20,29
Nudo 330	173,8	0,082	192,77	18,97
Nudo 331	173,85	0,218	192,77	18,92
Nudo 332	173,83	0,037	192,78	18,95
Nudo 333	173,97	0,408	192,78	18,81
Nudo 334	173,97	1,341	192,78	18,81
Nudo 335	173,25	2,172	192,71	19,46
Nudo 336	174,2	0,824	192,79	18,59
Nudo 337	174,23	0,09	192,78	18,55
Nudo 338	173,17	0,493	192,73	19,56
Nudo 339	173,39	1,284	192,73	19,34
Nudo 34	172,22	0,202	192,67	20,45
Nudo 340	175,01	0,657	192,73	17,72
Nudo 341	174,9	1,256	192,73	17,83
Nudo 342	174,26	0,413	192,73	18,47
Nudo 343	174,28	0,365	192,73	18,45
Nudo 344	172,92	0,424	192,68	19,76
Nudo 345	173,52	0,515	192,69	19,17
Nudo 346	172,86	0,763	192,71	19,85
Nudo 347	173,24	0,916	192,71	19,47
Nudo 348	173,6	0,788	192,72	19,12
Nudo 349	173,91	0,412	192,71	18,8

8 Estado de los Nudos de la Red				
ID NUDO	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Nudo 35	173,11	0,258	192,67	19,56
Nudo 350	174,26	0,054	192,73	18,47
Nudo 351	174,54	0,331	192,75	18,21
Nudo 352	174,78	0,552	192,76	17,98
Nudo 353	174,68	0,259	192,77	18,09
Nudo 354	174,32	0,668	192,79	18,47
Nudo 358	173,32	0,657	192,71	19,39
Nudo 359	173,3	2,502	192,71	19,41
Nudo 36	173,52	0,477	192,67	19,15
Nudo 360	172,6	0,734	192,71	20,11
Nudo 361	172,63	0,204	192,71	20,08
Nudo 363	173,5	0,052	192,81	19,31
Nudo 364	173,09	0,526	192,77	19,68
Nudo 365	172,74	0,556	192,73	19,99
Nudo 366	173,3	1,428	192,71	19,41
Nudo 37	173,28	0,625	192,67	19,39
Nudo 38	172,71	0,18	192,67	19,96
Nudo 39	173,19	0,642	192,67	19,48
Nudo 40	172,68	0,429	192,67	19,99
Nudo 41	172,33	0,254	192,67	20,34
Nudo 42	172,53	0,178	192,67	20,14
Nudo 43	173,1	0,391	192,67	19,57
Nudo 44	172,22	0,22	192,67	20,45
Nudo 45	172,97	0,343	192,67	19,7
Nudo 46	172,54	0,115	192,67	20,13
Nudo 47	172,39	0,665	192,67	20,28
Nudo 48	172,12	0,217	192,67	20,55
Nudo 49	172,05	0,11	192,67	20,62
Nudo 50	172,13	0,614	192,67	20,54
Nudo 51	174,28	0,005	193,28	19
Nudo 52	174,28	0,57	193,25	18,97
Nudo 53	174,3	0,863	193,11	18,81
Nudo 54	174,35	0,492	193,03	18,68
Nudo 55	174,16	0,318	192,98	18,82
Nudo 56	174,18	0,049	192,97	18,79
Nudo 57	174,22	0,15	192,95	18,73
Nudo 58	174,26	0,39	192,9	18,64
Nudo 59	174,19	0,493	192,85	18,66



9 Estado de los Nudos de la Red				
ID NUDO	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Nudo 60	174,28	0,164	193,21	18,93
Nudo 61	174,4	1,139	193,15	18,75
Nudo 62	174,3	0,287	193,15	18,85
Nudo 63	175,11	1	193,14	18,03
Nudo 64	175,06	0,098	193,14	18,08
Nudo 65	174,35	0,768	193,02	18,67
Nudo 66	174,15	0,326	192,97	18,82
Nudo 67	174,14	0,034	192,96	18,82
Nudo 68	174,54	0,73	192,9	18,36
Nudo 69	174,2	0,314	192,89	18,69
Nudo 70	174,37	0,285	192,88	18,51
Nudo 71	174,6	0,674	192,88	18,28
Nudo 72	174,25	0,249	192,87	18,62
Nudo 73	174,34	0,485	192,87	18,53
Nudo 74	174,59	0,617	192,87	18,28
Nudo 75	174,85	0,678	192,87	18,02
Nudo 76	174,96	0,548	192,88	17,92
Nudo 77	174,86	1,064	192,89	18,03
Nudo 78	174,76	0,745	192,9	18,14
Nudo 79	174,99	0,316	192,9	17,91
Nudo 80	175,06	0,049	192,93	17,87
Nudo 81	175,24	0,154	192,94	17,7
Nudo 82	175,48	1,54	192,96	17,48
Nudo 83	175,56	0,237	192,96	17,4
Nudo 84	175,55	0,046	192,96	17,41
Nudo 85	174,26	0,534	192,86	18,6
Nudo 86	174,02	0,473	192,85	18,83
Nudo 87	174	0,509	192,85	18,85
Nudo 88	174,84	0,962	192,85	18,01
Nudo 89	174,92	0,815	192,85	17,93
Nudo 90	174,66	0,261	192,84	18,18
Nudo 91	174,73	0,921	192,84	18,11
Nudo 92	174,13	0,307	192,84	18,71
Nudo 93	174,46	0,208	192,83	18,37
Nudo 94	174,66	0,508	192,83	18,17
Nudo 95	174,22	0,467	192,83	18,61
Nudo 96	174,47	0,293	192,81	18,34

10 Estado de los Nudos de la Red				
ID NUDO	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Nudo 97	174,48	0,454	192,82	18,34
Nudo 98	174,32	0,508	192,82	18,5
Nudo 99	174,08	0,561	192,81	18,73



Anexo F. Base de Datos de las Tuberías del Proyecto.

1 Estado de las Líneas de la Red					
ID Línea	Long	Diámetro	Caudal	Velocidad	Estado
	m	mm	LPS	m/s	
Tubería 1	1,0	90	-0,130	0,020	Abierta
Tubería 100	106,1	90	0,740	0,120	Abierta
Tubería 101	106,0	160	-3,910	0,190	Abierta
Tubería 102	93,2	90	-0,380	0,060	Abierta
Tubería 103	94,5	90	0,070	0,010	Abierta
Tubería 104	64,0	90	-0,220	0,030	Abierta
Tubería 105	13,4	90	1,070	0,170	Abierta
Tubería 106	54,5	160	3,440	0,170	Abierta
Tubería 107	56,0	90	0,740	0,120	Abierta
Tubería 108	64,0	90	0,690	0,110	Abierta
Tubería 109	72,0	90	0,080	0,010	Abierta
Tubería 110	43,5	160	-3,100	0,150	Abierta
Tubería 111	41,8	90	0,650	0,100	Abierta
Tubería 112	45,4	90	-0,680	0,110	Abierta
Tubería 113	64,2	90	0,250	0,040	Abierta
Tubería 114	52,0	90	0,260	0,040	Abierta
Tubería 115	61,2	90	0,810	0,130	Abierta
Tubería 116	94,6	160	2,790	0,140	Abierta
Tubería 117	106,0	90	-0,480	0,080	Abierta
Tubería 118	33,9	160	2,660	0,130	Abierta
Tubería 119	52,3	90	-0,330	0,050	Abierta
Tubería 120	113,3	90	0,720	0,110	Abierta
Tubería 121	83,1	90	-0,250	0,040	Abierta
Tubería 122	11,1	90	1,180	0,190	Abierta
Tubería 123	157,2	160	-2,740	0,140	Abierta
Tubería 124	54,1	90	0,370	0,060	Abierta
Tubería 125	38,8	90	0,280	0,040	Abierta
Tubería 126	21,6	90	-0,870	0,140	Abierta
Tubería 127	35,2	160	2,090	0,100	Abierta
Tubería 128	34,6	90	-0,040	0,010	Abierta
Tubería 129	54,0	90	0,130	0,020	Abierta
Tubería 130	81,3	200	-2,120	0,070	Abierta
Tubería 131	56,2	160	1,880	0,090	Abierta
Tubería 132	76,3	90	0,160	0,030	Abierta
Tubería 133	7,6	90	0,750	0,120	Abierta

2 Estado de las Líneas de la Red					
ID Línea	Long	Diámetro	Caudal	Velocidad	Estado
	m	mm	LPS	m/s	
Tubería 139	76,7	180	1,820	0,070	Abierta
Tubería 140	174,0	90	0,330	0,050	Abierta
Tubería 141	53,4	90	-0,080	0,010	Abierta
Tubería 142	93,4	160	1,120	0,060	Abierta
Tubería 143	99,1	160	0,980	0,050	Abierta
Tubería 144	63,6	90	0,090	0,010	Abierta
Tubería 145	88,4	90	0,310	0,050	Abierta
Tubería 146	80,3	180	1,440	0,060	Abierta
Tubería 147	109,0	180	-2,170	0,090	Abierta
Tubería 148	79,2	180	0,810	0,030	Abierta
Tubería 149	87,1	90	0,140	0,020	Abierta
Tubería 150	85,2	180	1,210	0,050	Abierta
Tubería 151	110,5	160	-0,930	0,050	Abierta
Tubería 152	108,5	180	1,000	0,040	Abierta
Tubería 153	107,3	180	-1,630	0,060	Abierta
Tubería 154	36,6	180	-3,030	0,120	Abierta
Tubería 155	12,4	180	-3,050	0,120	Abierta
Tubería 156	50,0	200	5,940	0,190	Abierta
Tubería 157	112,3	180	1,840	0,070	Abierta
Tubería 158	79,8	180	-0,360	0,010	Abierta
Tubería 159	79,2	90	0,370	0,060	Abierta
Tubería 16	10,0	200	24,970	0,790	Abierta
Tubería 160	5,1	160	-1,030	0,050	Abierta
Tubería 161	79,4	90	-0,370	0,060	Abierta
Tubería 162	108,4	160	-0,710	0,040	Abierta
Tubería 163	81,0	90	-0,550	0,090	Abierta
Tubería 164	80,9	90	0,550	0,090	Abierta
Tubería 165	82,9	90	-0,490	0,080	Abierta
Tubería 166	92,6	180	-2,950	0,120	Abierta
Tubería 167	97,8	200	-4,820	0,150	Abierta
Tubería 168	85,1	90	-0,210	0,030	Abierta
Tubería 169	76,4	90	-0,450	0,070	Abierta
Tubería 17	48,4	200	24,950	0,790	Abierta
Tubería 170	74,8	180	-0,840	0,030	Abierta
Tubería 171	116,4	180	-0,290	0,010	Abierta



3 Estado de las Líneas de la Red						4 Estado de las Líneas de la Red					
ID Línea	Long	Diámetro	Caudal	Velocidad	Estado	ID Línea	Long	Diámetro	Caudal	Velocidad	Estado
	m	mm	LPS	m/s			m	mm	LPS	m/s	
Tubería 177	68,5	180	-3,460	0,140	Abierta	Tubería 212	101,2	90	0,240	0,040	Abierta
Tubería 178	101,3	90	0,280	0,040	Abierta	Tubería 213	70,9	90	0,280	0,040	Abierta
Tubería 179	9,8	90	-0,420	0,070	Abierta	Tubería 214	77,9	90	0,110	0,020	Abierta
Tubería 18	81,8	160	-1,570	0,080	Abierta	Tubería 215	18,4	90	0,060	0,010	Abierta
Tubería 180	12,4	90	0,020	0,000	Abierta	Tubería 216	122,8	90	0,140	0,020	Abierta
Tubería 181	76,6	90	-0,570	0,090	Abierta	Tubería 217	31,2	90	0,050	0,010	Abierta
Tubería 182	76,5	90	-0,300	0,050	Abierta	Tubería 218	140,1	160	-4,160	0,210	Abierta
Tubería 183	53,1	90	0,120	0,020	Abierta	Tubería 219	49,9	160	3,950	0,200	Abierta
Tubería 184	102,8	90	-0,450	0,070	Abierta	Tubería 22	43,1	90	0,470	0,070	Abierta
Tubería 185	82,0	90	-0,530	0,080	Abierta	Tubería 220	76,9	160	3,880	0,190	Abierta
Tubería 186	69,6	90	-0,700	0,110	Abierta	Tubería 221	46,4	160	4,150	0,210	Abierta
Tubería 187	70,3	90	-0,960	0,150	Abierta	Tubería 222	59,9	90	0,520	0,080	Abierta
Tubería 188	76,4	90	-0,780	0,120	Abierta	Tubería 223	36,1	90	0,220	0,040	Abierta
Tubería 189	44,7	90	-0,320	0,050	Abierta	Tubería 224	31,4	90	0,620	0,100	Abierta
Tubería 19	53,9	90	-0,620	0,100	Abierta	Tubería 225	35,5	90	-0,210	0,030	Abierta
Tubería 190	70,9	90	0,250	0,040	Abierta	Tubería 226	31,2	90	0,170	0,030	Abierta
Tubería 191	69,4	90	0,050	0,010	Abierta	Tubería 227	60,2	90	0,410	0,060	Abierta
Tubería 192	6,5	90	0,540	0,090	Abierta	Tubería 228	37,0	90	0,180	0,030	Abierta
Tubería 193	67,2	90	0,100	0,020	Abierta	Tubería 229	61,8	90	0,580	0,090	Abierta
Tubería 194	15,1	90	0,230	0,040	Abierta	Tubería 23	38,7	90	0,320	0,050	Abierta
Tubería 195	91,6	90	0,410	0,060	Abierta	Tubería 230	33,3	90	-0,310	0,050	Abierta
Tubería 196	85,2	90	0,490	0,080	Abierta	Tubería 231	36,6	90	0,250	0,040	Abierta
Tubería 197	87,6	90	-0,490	0,080	Abierta	Tubería 232	36,7	90	0,000	0,000	Abierta
Tubería 198	86,3	90	0,400	0,060	Abierta	Tubería 233	41,6	90	-0,210	0,030	Abierta
Tubería 199	6,7	90	0,490	0,080	Abierta	Tubería 234	15,5	90	0,140	0,020	Abierta
Tubería 2	7,3	180	0,460	0,020	Abierta	Tubería 235	84,9	90	-0,040	0,010	Abierta
Tubería 20	89,5	90	-0,190	0,030	Abierta	Tubería 236	34,6	90	-0,030	0,010	Abierta
Tubería 200	85,8	90	0,480	0,070	Abierta	Tubería 237	30,4	90	0,120	0,020	Abierta
Tubería 201	51,1	90	0,170	0,030	Abierta	Tubería 238	30,7	90	-0,090	0,010	Abierta
Tubería 202	69,5	90	-0,100	0,020	Abierta	Tubería 239	31,3	90	0,050	0,010	Abierta
Tubería 203	69,6	90	0,110	0,020	Abierta	Tubería 24	38,9	90	0,080	0,010	Abierta
Tubería 204	48,4	90	-0,340	0,050	Abierta	Tubería 240	65,8	90	-0,060	0,010	Abierta
Tubería 205	95,9	90	0,490	0,080	Abierta	Tubería 241	62,4	90	0,010	0,000	Abierta
Tubería 206	101,8	90	-0,470	0,070	Abierta	Tubería 242	175,0	90	-0,780	0,120	Abierta
Tubería 207	107,0	90	0,480	0,080	Abierta	Tubería 243	73,7	90	-0,320	0,050	Abierta
Tubería 208	119,3	90	0,130	0,020	Abierta	Tubería 244	35,2	90	-0,380	0,060	Abierta
Tubería 209	2,9	90	-0,380	0,060	Abierta	Tubería 245	22,5	90	0,030	0,010	Abierta
Tubería 21	39,1	90	0,360	0,060	Abierta	Tubería 246	24,4	90	0,000	0,000	Abierta
Tubería 210	57,9	90	0,140	0,020	Abierta	Tubería 247	238,0	90	0,750	0,120	Abierta
Tubería 211	110,1	90	0,250	0,040	Abierta	Tubería 248	92,9	90	0,800	0,130	Abierta



5 Estado de las Líneas de la Red						6 Estado de las Líneas de la Red					
ID Línea	Long	Diámetro	Caudal	Velocidad	Estado	ID Línea	Long	Diámetro	Caudal	Velocidad	Estado
	m	mm	LPS	m/s			m	mm	LPS	m/s	
Tubería 249	53,5	90	0,740	0,120	Abierta	Tubería 282	65,0	90	0,260	0,040	Abierta
Tubería 25	43,5	90	0,310	0,050	Abierta	Tubería 283	35,5	90	-0,370	0,060	Abierta
Tubería 250	6,9	90	0,010	0,000	Abierta	Tubería 284	81,0	90	0,300	0,050	Abierta
Tubería 251	76,0	90	0,350	0,060	Abierta	Tubería 285	47,8	90	-0,050	0,010	Abierta
Tubería 252	53,6	90	0,070	0,010	Abierta	Tubería 286	107,1	90	0,580	0,090	Abierta
Tubería 253	51,3	90	-0,320	0,050	Abierta	Tubería 287	50,4	90	0,110	0,020	Abierta
Tubería 254	131,7	90	-0,320	0,050	Abierta	Tubería 288	59,9	90	-0,170	0,030	Abierta
Tubería 255	136,2	90	-0,410	0,060	Abierta	Tubería 289	128,6	90	0,530	0,080	Abierta
Tubería 256	95,9	90	0,570	0,090	Abierta	Tubería 29	75,5	90	0,140	0,020	Abierta
Tubería 257	76,2	90	-0,310	0,050	Abierta	Tubería 290	63,7	90	-0,020	0,000	Abierta
Tubería 258	48,2	90	0,100	0,020	Abierta	Tubería 291	44,2	90	0,160	0,020	Abierta
Tubería 259	26,0	90	-0,260	0,040	Abierta	Tubería 292	41,2	90	0,120	0,020	Abierta
Tubería 26	43,1	90	0,300	0,050	Abierta	Tubería 293	62,3	90	-0,130	0,020	Abierta
Tubería 260	92,2	90	-0,200	0,030	Abierta	Tubería 294	18,4	90	-0,360	0,060	Abierta
Tubería 261	38,2	90	-0,210	0,030	Abierta	Tubería 295	52,8	90	0,300	0,050	Abierta
Tubería 262	40,1	90	0,120	0,020	Abierta	Tubería 296	30,5	90	-0,320	0,050	Abierta
Tubería 263	82,5	90	0,280	0,040	Abierta	Tubería 297	74,2	90	0,060	0,010	Abierta
Tubería 264	34,0	90	0,210	0,030	Abierta	Tubería 298	9,3	90	0,500	0,080	Abierta
Tubería 265	71,6	90	0,190	0,030	Abierta	Tubería 299	31,9	90	0,120	0,020	Abierta
Tubería 266	35,7	90	-0,300	0,050	Abierta	Tubería 3	8,4	90	0,320	0,050	Abierta
Tubería 267	24,5	90	-0,210	0,030	Abierta	Tubería 30	35,6	90	0,030	0,010	Abierta
Tubería 268	17,5	90	0,010	0,000	Abierta	Tubería 300	50,1	90	-0,060	0,010	Abierta
Tubería 269	89,1	90	0,300	0,050	Abierta	Tubería 301	28,4	90	0,590	0,090	Abierta
Tubería 27	39,0	90	0,000	0,000	Abierta	Tubería 302	52,0	90	0,550	0,090	Abierta
Tubería 270	93,3	90	-0,770	0,120	Abierta	Tubería 303	47,2	90	-0,160	0,020	Abierta
Tubería 271	31,1	90	0,270	0,040	Abierta	Tubería 304	47,8	90	0,100	0,010	Abierta
Tubería 272	43,7	90	-0,120	0,020	Abierta	Tubería 305	67,9	90	0,090	0,010	Abierta
Tubería 273	52,9	90	0,050	0,010	Abierta	Tubería 306	63,5	90	-0,010	0,000	Abierta
Tubería 274	58,8	90	-0,020	0,000	Abierta	Tubería 307	33,9	90	0,020	0,000	Abierta
Tubería 275	54,2	90	-0,120	0,020	Abierta	Tubería 308	15,6	90	-0,340	0,050	Abierta
Tubería 276	7,7	90	-0,650	0,100	Abierta	Tubería 309	37,6	90	0,150	0,020	Abierta
Tubería 277	51,2	90	-0,440	0,070	Abierta	Tubería 31	72,2	90	-0,120	0,020	Abierta
Tubería 278	76,4	90	0,020	0,000	Abierta	Tubería 310	39,6	90	0,640	0,100	Abierta
Tubería 279	37,8	90	-0,450	0,070	Abierta	Tubería 311	92,2	90	-0,400	0,060	Abierta
Tubería 28	38,3	90	0,230	0,040	Abierta	Tubería 312	71,7	90	0,780	0,120	Abierta
Tubería 280	59,4	90	0,160	0,030	Abierta	Tubería 313	13,2	90	0,080	0,010	Abierta
Tubería 281	16,1	90	0,380	0,060	Abierta	Tubería 314	121,6	90	0,600	0,090	Abierta



7 Estado de las Líneas de la Red						8 Estado de las Líneas de la Red					
ID Línea	Long	Diámetro	Caudal	Velocidad	Estado	ID Línea	Long	Diámetro	Caudal	Velocidad	Estado
	m	mm	LPS	m/s			m	mm	LPS	m/s	
Tubería 315	41,9	90	0,670	0,110	Abierta	Tubería 35	88,9	90	0,160	0,030	Abierta
Tubería 316	37,8	90	0,410	0,060	Abierta	Tubería 350	75,0	90	-0,570	0,090	Abierta
Tubería 317	43,0	90	0,420	0,070	Abierta	Tubería 352	32,1	90	0,490	0,080	Abierta
Tubería 318	51,7	90	0,080	0,010	Abierta	Tubería 353	78,3	90	-0,910	0,140	Abierta
Tubería 319	30,3	90	0,010	0,000	Abierta	Tubería 354	19,4	90	-0,100	0,020	Abierta
Tubería 32	39,4	90	-0,030	0,010	Abierta	Tubería 355	52,6	90	-0,080	0,010	Abierta
Tubería 320	52,0	90	-0,120	0,020	Abierta	Tubería 356	110,7	90	0,360	0,060	Abierta
Tubería 321	45,1	90	-0,060	0,010	Abierta	Tubería 357	90,4	160	-1,790	0,090	Abierta
Tubería 322	52,9	90	0,080	0,010	Abierta	Tubería 358	89,4	90	-0,490	0,080	Abierta
Tubería 323	91,7	90	-0,100	0,010	Abierta	Tubería 359	94,7	90	-0,690	0,110	Abierta
Tubería 324	90,3	90	-0,250	0,040	Abierta	Tubería 36	42,1	160	-1,290	0,060	Abierta
Tubería 325	89,1	90	-0,190	0,030	Abierta	Tubería 360	43,2	90	1,150	0,180	Abierta
Tubería 326	89,8	90	0,270	0,040	Abierta	Tubería 361	9,8	90	-1,090	0,170	Abierta
Tubería 327	89,3	90	0,440	0,070	Abierta	Tubería 362	41,8	90	0,800	0,130	Abierta
Tubería 328	89,4	90	-0,800	0,130	Abierta	Tubería 363	96,3	90	0,410	0,060	Abierta
Tubería 329	89,7	90	1,130	0,180	Abierta	Tubería 364	104,5	90	0,260	0,040	Abierta
Tubería 33	39,6	90	-0,230	0,040	Abierta	Tubería 365	113,9	160	-1,770	0,090	Abierta
Tubería 330	81,9	200	15,990	0,510	Abierta	Tubería 366	106,5	90	-0,370	0,060	Abierta
Tubería 331	72,5	160	8,890	0,440	Abierta	Tubería 367	101,4	90	0,260	0,040	Abierta
Tubería 332	13,4	160	-8,220	0,410	Abierta	Tubería 368	99,2	90	-0,270	0,040	Abierta
Tubería 333	101,1	160	5,990	0,300	Abierta	Tubería 369	62,2	90	0,770	0,120	Abierta
Tubería 334	116,0	90	0,860	0,130	Abierta	Tubería 37	40,8	90	0,140	0,020	Abierta
Tubería 335	40,0	90	0,900	0,140	Abierta	Tubería 370	39,5	90	0,810	0,130	Abierta
Tubería 336	38,3	90	-0,570	0,090	Abierta	Tubería 371	96,8	90	0,510	0,080	Abierta
Tubería 337	80,7	90	-0,330	0,050	Abierta	Tubería 372	95,4	90	-0,280	0,040	Abierta
Tubería 338	50,6	90	0,100	0,020	Abierta	Tubería 373	73,8	160	-1,170	0,060	Abierta
Tubería 339	36,9	90	0,140	0,020	Abierta	Tubería 374	72,8	90	0,300	0,050	Abierta
Tubería 34	48,1	90	-0,030	0,000	Abierta	Tubería 375	72,8	90	0,360	0,060	Abierta
Tubería 340	80,6	90	-0,230	0,040	Abierta	Tubería 376	24,8	90	0,760	0,120	Abierta
Tubería 341	60,3	90	-0,260	0,040	Abierta	Tubería 377	69,8	90	0,730	0,110	Abierta
Tubería 342	111,9	90	0,980	0,150	Abierta	Tubería 378	6692,0	90	0,210	0,030	Abierta
Tubería 343	65,7	90	-0,820	0,130	Abierta	Tubería 379	98,6	90	0,470	0,070	Abierta
Tubería 344	78,9	90	-0,730	0,110	Abierta	Tubería 38	69,0	90	-0,100	0,020	Abierta
Tubería 345	47,0	90	-0,610	0,100	Abierta	Tubería 380	92,8	90	0,250	0,040	Abierta
Tubería 346	178,5	90	-0,550	0,090	Abierta	Tubería 381	73,7	160	-1,180	0,060	Abierta
Tubería 347	201,6	90	-0,290	0,050	Abierta	Tubería 382	75,8	90	-0,270	0,040	Abierta
Tubería 348	76,0	160	1,490	0,070	Abierta	Tubería 383	74,2	90	0,410	0,060	Abierta
Tubería 349	85,8	90	-0,970	0,150	Abierta	Tubería 384	92,3	90	0,430	0,070	Abierta



9 Estado de las Líneas de la Red						10 Estado de las Líneas de la Red					
ID Línea	Long	Diámetro	Caudal	Velocidad	Estado	ID Línea	Long	Diámetro	Caudal	Velocidad	Estado
	m	mm	LPS	m/s			m	mm	LPS	m/s	
Tubería 385	112,4	90	0,280	0,040	Abierta	Tubería 422	27,5	90	0,720	0,110	Abierta
Tubería 386	85,2	90	-0,220	0,040	Abierta	Tubería 423	57,4	90	0,870	0,140	Abierta
Tubería 387	90,5	160	-2,130	0,110	Abierta	Tubería 424	79,2	90	0,620	0,100	Abierta
Tubería 388	88,9	90	-0,520	0,080	Abierta	Tubería 425	7,8	90	-0,260	0,040	Abierta
Tubería 389	84,7	90	-0,620	0,100	Abierta	Tubería 426	64,7	90	-0,430	0,070	Abierta
Tubería 39	99,6	90	-0,230	0,040	Abierta	Tubería 427	57,4	90	0,680	0,110	Abierta
Tubería 390	93,1	90	0,360	0,060	Abierta	Tubería 428	79,4	90	0,620	0,100	Abierta
Tubería 391	120,5	90	0,190	0,030	Abierta	Tubería 429	47,5	90	0,490	0,080	Abierta
Tubería 392	77,2	90	0,130	0,020	Abierta	Tubería 43	49,2	90	-0,050	0,010	Abierta
Tubería 393	108,2	160	-1,870	0,090	Abierta	Tubería 430	17,1	90	0,420	0,070	Abierta
Tubería 394	108,7	90	-0,430	0,070	Abierta	Tubería 431	10,0	90	0,390	0,060	Abierta
Tubería 395	107,3	90	-0,530	0,080	Abierta	Tubería 432	17,9	90	-0,450	0,070	Abierta
Tubería 396	45,1	90	0,420	0,070	Abierta	Tubería 433	27,5	90	0,060	0,010	Abierta
Tubería 397	49,2	90	-0,050	0,010	Abierta	Tubería 434	27,5	90	0,010	0,000	Abierta
Tubería 398	132,3	90	-0,210	0,030	Abierta	Tubería 435	57,3	90	0,650	0,100	Abierta
Tubería 399	63,4	90	-0,260	0,040	Abierta	Tubería 436	35,4	90	0,100	0,020	Abierta
Tubería 4	2,1	90	-0,490	0,080	Abierta	Tubería 437	35,7	90	-0,070	0,010	Abierta
Tubería 40	37,0	90	-0,090	0,010	Abierta	Tubería 438	79,5	90	-0,610	0,100	Abierta
Tubería 400	42,5	160	1,450	0,070	Abierta	Tubería 439	41,5	90	-0,300	0,050	Abierta
Tubería 401	42,7	90	-0,230	0,040	Abierta	Tubería 44	49,8	90	0,110	0,020	Abierta
Tubería 402	85,7	90	0,350	0,050	Abierta	Tubería 440	43,6	90	-0,420	0,070	Abierta
Tubería 403	87,5	90	0,340	0,050	Abierta	Tubería 441	66,3	90	0,400	0,060	Abierta
Tubería 404	58,6	90	-0,210	0,030	Abierta	Tubería 442	139,2	160	2,430	0,120	Abierta
Tubería 405	44,7	90	-0,290	0,040	Abierta	Tubería 443	439,7	160	1,420	0,070	Abierta
Tubería 406	47,6	160	1,190	0,060	Abierta	Tubería 444	119,1	200	4,310	0,140	Abierta
Tubería 407	53,5	160	1,050	0,050	Abierta	Tubería 445	160,9	200	2,880	0,090	Abierta
Tubería 408	50,7	90	0,070	0,010	Abierta	Tubería 446	17,3	200	1,820	0,060	Abierta
Tubería 409	321,3	160	6,910	0,340	Abierta	Tubería 447	6,6	90	0,330	0,050	Abierta
Tubería 41	37,5	90	0,310	0,050	Abierta	Tubería 448	25,3	160	-0,020	0,000	Abierta
Tubería 410	14,8	90	-0,640	0,100	Abierta	Tubería 449	67,5	160	-0,240	0,010	Abierta
Tubería 411	15,0	90	1,010	0,160	Abierta	Tubería 45	84,7	90	-0,150	0,020	Abierta
Tubería 412	32,1	90	0,460	0,070	Abierta	Tubería 450	76,3	160	-0,290	0,010	Abierta
Tubería 413	30,8	90	0,080	0,010	Abierta	Tubería 451	6,5	90	0,550	0,090	Abierta
Tubería 414	9,3	90	-0,510	0,080	Abierta	Tubería 452	7,9	90	-0,800	0,130	Abierta
Tubería 415	11,4	90	-0,280	0,040	Abierta	Tubería 453	115,5	160	-0,500	0,020	Abierta
Tubería 416	15,5	160	4,170	0,210	Abierta	Tubería 454	9,7	160	-0,670	0,030	Abierta
Tubería 417	47,3	200	7,680	0,240	Abierta	Tubería 455	10,8	90	0,820	0,130	Abierta
Tubería 418	202,3	200	5,020	0,160	Abierta	Tubería 456	45,3	160	-0,120	0,010	Abierta
Tubería 419	213,4	90	0,540	0,080	Abierta	Tubería 457	44,3	160	0,020	0,000	Abierta
Tubería 42	93,5	90	-0,150	0,020	Abierta	Tubería 458	14,3	160	1,170	0,060	Abierta
Tubería 420	11,6	90	2,300	0,360	Abierta	Tubería 459	142,1	160	-1,190	0,060	Abierta
Tubería 421	35,2	90	0,700	0,110	Abierta	Tubería 46	41,8	90	-0,010	0,000	Abierta



11 Estado de las Líneas de la Red						12 Estado de las Líneas de la Red					
ID Línea	Long	Diámetro	Caudal	Velocidad	Estado	ID Línea	Long	Diámetro	Caudal	Velocidad	Estado
	m	mm	LPS	m/s			m	mm	LPS	m/s	
Tubería 460	5,0	160	-2,030	0,100	Abierta	Tubería 499	1,0	200	22,460	0,720	Abierta
Tubería 461	85,4	160	-1,080	0,050	Abierta	Tubería 5	8,9	90	-0,140	0,020	Abierta
Tubería 462	5,7	90	-0,630	0,100	Abierta	Tubería 50	24,0	90	-0,030	0,010	Abierta
Tubería 463	115,4	160	-1,710	0,090	Abierta	Tubería 500	12,3	160	-1,700	0,080	Abierta
Tubería 464	11,8	90	0,630	0,100	Abierta	Tubería 501	14,0	90	0,110	0,020	Abierta
Tubería 465	4,7	90	-0,900	0,140	Abierta	Tubería 502	91,5	90	-0,100	0,020	Abierta
Tubería 466	90,1	160	-2,170	0,110	Abierta	Tubería 503	8,1	90	0,570	0,090	Abierta
Tubería 467	16,5	160	2,240	0,110	Abierta	Tubería 504	10,1	160	-6,310	0,310	Abierta
Tubería 468	88,5	160	2,250	0,110	Abierta	Tubería 505	5,5	90	-0,460	0,070	Abierta
Tubería 469	107,3	160	2,820	0,140	Abierta	Tubería 506	8,3	90	0,010	0,000	Abierta
Tubería 47	39,6	90	-0,170	0,030	Abierta	Tubería 507	76,8	90	-0,220	0,040	Abierta
Tubería 470	85,9	160	3,310	0,160	Abierta	Tubería 508	22,6	90	-0,960	0,150	Abierta
Tubería 471	11,3	160	3,750	0,190	Abierta	Tubería 509	87,0	90	-0,020	0,000	Abierta
Tubería 472	9,6	200	2,840	0,090	Abierta	Tubería 51	48,2	90	0,070	0,010	Abierta
Tubería 473	76,1	200	6,700	0,210	Abierta	Tubería 510	54,4	90	0,910	0,140	Abierta
Tubería 474	69,0	200	4,720	0,150	Abierta	Tubería 511	4,2	90	0,270	0,040	Abierta
Tubería 475	10,1	200	-0,810	0,030	Abierta	Tubería 512	64,0	90	0,260	0,040	Abierta
Tubería 476	9,1	200	-0,800	0,030	Abierta	Tubería 513	57,0	90	-0,310	0,050	Abierta
Tubería 477	105,1	200	4,840	0,150	Abierta	Tubería 514	14,0	90	-0,510	0,080	Abierta
Tubería 478	9,6	200	-9,010	0,290	Abierta	Tubería 515	10,3	200	11,090	0,350	Abierta
Tubería 479	54,1	200	6,870	0,220	Abierta	Tubería 516	8,8	90	0,410	0,060	Abierta
Tubería 48	71,6	90	0,100	0,020	Abierta	Tubería 52	37,2	90	-0,190	0,030	Abierta
Tubería 480	44,7	200	15,380	0,490	Abierta	Tubería 53	90,6	90	-0,310	0,050	Abierta
Tubería 481	5,0	90	-0,320	0,050	Abierta	Tubería 54	53,0	90	-0,440	0,070	Abierta
Tubería 482	8,9	90	1,440	0,230	Abierta	Tubería 55	5,1	160	0,790	0,040	Abierta
Tubería 483	137,1	160	0,650	0,030	Abierta	Tubería 56	45,4	160	0,590	0,030	Abierta
Tubería 484	28,0	160	0,460	0,020	Abierta	Tubería 57	23,7	160	0,220	0,010	Abierta
Tubería 485	242,6	160	0,280	0,010	Abierta	Tubería 58	128,1	160	0,180	0,010	Abierta
Tubería 486	42,6	160	0,060	0,000	Abierta	Tubería 59	119,0	200	-22,460	0,710	Abierta
Tubería 487	43,1	90	0,200	0,030	Abierta	Tubería 6	7,0	180	0,870	0,030	Abierta
Tubería 488	10,5	90	2,210	0,350	Abierta	Tubería 60	180,1	200	12,720	0,400	Abierta
Tubería 489	100,7	90	1,070	0,170	Abierta	Tubería 61	102,7	200	12,460	0,400	Abierta
Tubería 49	39,8	90	-0,210	0,030	Abierta	Tubería 62	66,3	200	12,310	0,390	Abierta
Tubería 490	9,0	90	0,750	0,120	Abierta	Tubería 63	31,3	200	11,080	0,350	Abierta
Tubería 491	7,7	90	0,660	0,100	Abierta	Tubería 64	81,4	200	11,030	0,350	Abierta
Tubería 492	116,0	160	4,130	0,210	Abierta	Tubería 65	89,6	200	10,920	0,350	Abierta
Tubería 493	297,8	160	1,800	0,090	Abierta	Tubería 66	30,9	160	9,570	0,480	Abierta
Tubería 494	13,3	160	-0,120	0,010	Abierta	Tubería 67	237,5	90	0,760	0,120	Abierta
Tubería 495	493,9	160	0,580	0,030	Abierta	Tubería 68	59,8	90	0,090	0,010	Abierta
Tubería 496	6,4	90	-0,360	0,060	Abierta	Tubería 69	208,7	90	0,330	0,050	Abierta
Tubería 497	1,0	200	24,970	0,790	Abierta	Tubería 70	20,4	90	-0,030	0,000	Abierta



13 Estado de las Líneas de la Red					
ID Línea	Long	Diámetro	Caudal	Velocidad	Estado
	m	mm	LPS	m/s	
Tubería 71	160,3	90	1,860	0,290	Abierta
Tubería 72	49,5	90	1,630	0,260	Abierta
Tubería 73	13,1	90	1,120	0,180	Abierta
Tubería 74	7,1	90	2,660	0,420	Abierta
Tubería 75	65,6	90	1,690	0,270	Abierta
Tubería 76	152,3	90	0,950	0,150	Abierta
Tubería 77	59,5	90	-0,610	0,100	Abierta
Tubería 78	75,2	90	0,190	0,030	Abierta
Tubería 79	65,3	90	-0,830	0,130	Abierta
Tubería 80	51,9	90	0,990	0,160	Abierta
Tubería 81	50,0	90	-0,190	0,030	Abierta
Tubería 82	51,1	90	0,710	0,110	Abierta
Tubería 83	78,0	90	0,120	0,020	Abierta
Tubería 84	50,7	90	-0,730	0,110	Abierta
Tubería 85	91,2	90	-0,260	0,040	Abierta
Tubería 86	92,2	90	-0,290	0,040	Abierta
Tubería 87	50,3	90	-0,770	0,120	Abierta
Tubería 88	64,3	90	-0,440	0,070	Abierta
Tubería 89	50,1	160	-4,510	0,220	Abierta
Tubería 90	64,2	90	-0,640	0,100	Abierta
Tubería 91	65,6	90	0,730	0,110	Abierta
Tubería 92	65,8	160	-5,250	0,260	Abierta
Tubería 93	64,1	90	-1,050	0,170	Abierta
Tubería 94	32,1	160	-6,360	0,320	Abierta
Tubería 95	49,4	160	0,080	0,000	Abierta
Tubería 96	8,8	160	0,010	0,000	Abierta
Tubería 97	66,6	90	-0,720	0,110	Abierta
Tubería 98	44,8	90	0,880	0,140	Abierta
Tubería 99	106,1	90	-0,680	0,110	Abierta
Tubería 134	127	90	0,24	0,04	Abierta
Tubería 135	91,2	160	-1,48	0,07	Abierta
Tubería 136	108	180	-1,6	0,06	Abierta
Tubería 137	93,5	200	0,91	0,03	Abierta
Tubería 138	11,1	200	-1,04	0,03	Abierta
Tubería 172	82,6	200	4,39	0,14	Abierta
Tubería 173	78,8	90	0,52	0,08	Abierta
Tubería 174	75,6	90	0,57	0,09	Abierta
Tubería 175	79,1	90	-0,65	0,1	Abierta
Tubería 176	81	180	2,11	0,08	Abierta



Anexo G. Registro Fotográfico Resumen del Proceso Constructivo durante la Práctica Empresarial













Anexo H. Planos Generales del Sistema de Redes del Municipio de Trinidad Inicial y Futuro