

**DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO TÉCNICO DEL SISTEMA DE  
ACUEDUCTO URBANO DEL MUNICIPIO DE INIRIDA – GUAINIA**

CRISTHIAN FERNANDO GUTIERREZ QUINTERO

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
INGENIERIA AMBIENTAL  
PAMPLONA  
2018

**DIAGNOSTICO Y MEJORAMIENTO TÉCNICO DEL SISTEMA DE  
ACUEDUCTO URBANO DEL MUNICIPIO DE INIRIDA – GUAINIA**

**CRISTHIAN FERNANDO GUTIERREZ QUINTERO**  
Código. 1094281898

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental

Director  
**JULIO ISAAC MALDONADO MALDONADO**  
Ingeniero Civil MSc Ingeniería Ambiental

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**  
**INGENIERIA AMBIENTAL**  
**PAMPLONA**  
**2018**

## Dedicatoria

Dios como principio de todo y como actor esencial de las acciones que desarrollamos en el diario vivir; el simple hecho de existir es un regalo y sobrellevar los retos que establece la vida anteponiendo al Señor contra todo, es la mejor opción. Por eso, como primera medida es dedicarle a Dios este logro, por sus bendiciones y demás regalos brindados a lo largo de mi vida.

En segunda instancia, debemos tener en cuenta los sacrificios de nuestros padres, los cuales por diferentes factores no apreciamos en muchas ocasiones, pero que llegado ese momento en nuestra existencia, en que por fin entendemos cómo funciona la vida, nos damos cuenta del sinfín de sacrificios que ellos realizaron por nuestro bienestar; por eso, además de Dios dedico este importante logro personal a mi familia, a mi Madre Amparo Quintero Torres, a mi Padre José Yesid Gutiérrez Molina y a mi hermano José Yesid Gutiérrez Quintero. Por todo el apoyo, por tanto amor y comprensión, por tanta entrega y confianza que tuvieron conmigo, por los llamados de atención, reclamos y demás, en este instante me doy cuenta que fueron en pro de formar el hombre que soy ahora y que pretendo seguir incrementando; por eso, en este documento quiero resaltar y dejar plasmados y reflejados todos los esfuerzos que hicimos como familia en estos años de vida estudiantil.

A las personas que se cruzan en la vida de acuerdo a la ideología de cada ser, se pueden considerar destino o casualidad, pero al fin de cuentas llegan a marcar, aportar o a restar. En mi caso, estas personas llegaron a cambiar mi forma de ver el mundo, de entender en muchos casos cómo funciona y a enseñarme el valor de la humildad, la entereza, la honestidad y la sencillez entre muchos más. Por eso, me enorgullece también dedicarle este logro a Nayarín Xiomara Villamizar Basto compañera de la universidad, por enseñarme los valores anteriormente mencionados y estar ahí durante todo el recorrido, por no dudar de mis capacidades, por apoyarme y no dejarme caer y en fin por ayudarme a sobrellevar todas las dificultades que se me presentaron, ya que a pesar de que afuera todo estuviera en nuestra contra me daba ánimo para sobrellevar y superar todo juntos

*“El tiempo como medida es desastroso, el tiempo como haber, como patrimonio, bien entendido, es posiblemente uno de los regalos más grandes que se nos entregó, incluso, la posibilidad de que el tiempo nos anuncie que no estaremos aquí para siempre, es la patada en el culo más importante pa’ ponernos a vivir de manera inmediata.”*

*Ricardo Arjona*

## **Agradecimientos**

En primer lugar, deseo expresar mi agradecimiento al director de este trabajo, el Ingeniero Civil MSc en Ingeniería Ambiental Julio Isaac Maldonado Maldonado, por la dedicación y apoyo que me brindó para su realización, por el respeto a mis conocimientos e ideología con relación al mismo, por la dirección y el rigor profesional como mentor. Gracias por la confianza ofrecida desde el inicio de este camino hacia el objetivo de ser un gran Ingeniero y por encima, una excelente persona.

En la ciudad de Inírida, quiero agradecer a todo el equipo de trabajo de la Empresa Aguas del Guainía A.P.C por brindarme la oportunidad de pertenecer a tan importante empresa, ser miembro de su gran familia y por permitirme desarrollar mis pasantías profesionales. Al Ingeniero Héctor Eliecer Córdoba Maldonado Gerente de la Empresa Aguas del Guainía A.P.C; a Ricardo Poveda Cuellar, Hermer Enrique Rincón y José Cuesta Vidal miembros del equipo profesional por brindarme su amistad y conocimientos para el desarrollo de este trabajo, por confiar en mí y en mis capacidades como profesional, por respetar mis conceptos y por orientarme por el mejor camino siempre en pro del bienestar de la comunidad y en fin a todos los compañeros de la empresa durante estos inolvidables meses de trabajo.

Es importante reconocer de donde se viene y saber hacia dónde se va, por eso es muy significativo agradecer a la Universidad de Pamplona, por abrirme sus puertas y permitirme recorrer el camino de la academia durante cinco trascendentales e inolvidables años, por ser el alma mater que me brindó las herramientas para lograr el objetivo de ser profesional. A todos los formadores que influyeron de alguna manera durante mi proceso educativo, ya que sus enseñanzas a través del tiempo me fueron formando como el profesional que soy hoy. A mis compañeros, por brindarme su amistad y tolerarme a través de tanto tiempo, porque ellos me enseñaron a valorar la palabra amistad y la importancia de contar con personas que te apoyan en cualquier situación sin tener en cuenta los prejuicios.

Y por último pero no menos importante que las anteriores, a todas aquellas personas de la Ciudad de Pamplona que acompañaron durante mi vida como estudiante y hoy les puedo mostrar mi logro siendo profesional, a quienes me brindaron sus servicios todos los días e hicieron que mi estadía fuera más tolerante fuera de mi hogar, ya que sin ustedes no estaría donde estoy ahora, muchas gracias.

## **TABLA DE CONTENIDO**

RESUMEN.....	32
INTRODUCCIÓN.....	33
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION.....	34
3. OBJETIVOS.....	36
3.1 Objetivo General.....	36
3.2 Objetivos Específicos .....	36
4. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	37
5. MARCO REFERENCIAL .....	38
5.1 ANTECEDENTES .....	38
5.2 MARCO CONTEXTUAL.....	40
5.2.1 Aspectos Generales Del Municipio.....	40
5.2.1.1 Localización.....	40
5.2.1.2 Limites .....	41
5.2.1.3 Entorno .....	42
5.2.1.4 Historia .....	42
5.2.1.5 Generalidades .....	43
5.2.1.6 Organización Y División Territorial.....	45
5.2.1.6.1 Perímetro Urbano.....	45
5.2.1.6.2 Barrios Existentes En El Municipio.....	45
5.3 MARCO TEORICO .....	47
5.3.1 Diagnostico.....	47
5.3.2 Sistema De Acueducto Urbano. ....	47
5.3.2.1 Proyección De Población.....	48
5.3.2.2 Demanda De Agua.....	49
5.3.2.3 Fuentes De Abastecimiento De Agua.....	51
5.3.2.3.1 Calidad Del Agua De La Fuente.....	52
5.3.2.4. Sistema De Captación.....	54
5.4. MARCO LEGAL.....	58
6. METOLOGIA .....	59
6.1 ESQUEMA METODOLOGICO .....	59

6.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE POBLACIÓN Y PROYECCIÓN .....	60
6.2.1 METODO ARITMETICO .....	61
6.2.2 METODO GEOMETRICO.....	62
6.2.3 Metodo Logaritmico.....	62
6.2.4 Método De Wappus.....	63
6.3 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO .....	63
6.3.1 Recolección De Información Secundaria Sobre El Funcionamiento Del Sistema De Acueducto.....	63
6.3.2 Visitas A Elementos Del Sistema De Acueducto.....	65
6.4 DETERMINACION DE LA DEMANDA DEL SUMINISTRO DE AGUA EN EL SERVICIO .....	65
6.5 FORMULACION DE MEJORAS TECNICAS AL SISTEMA DE ACUEDUCTO URBANO DEL MUNICIPIO DE INIRIDA .....	66
7. RESULTADOS Y DISCUSION .....	69
7.1 Proyección De Población Del Municipio De Inírida .....	69
7.1.1 Método Aritmético .....	69
7.1.2 Método Logarítmico.....	69
7.1.3 Método De Wappus.....	70
7.1.4 Método De Crecimiento Geométrico .....	70
7.2 EVALUACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE INIRIDA .....	72
7.2.1 Descripción De Los Componentes Del Sistema De Acueducto Urbano Del Municipio De Inírida.....	75
7.2.1.1 Fuentes De Abastecimiento .....	75
7.2.1.1.1 Fuente De Abastecimiento Unifamiliar (Pozos Profundos).....	75
7.2.1.1.2 Fuente De Abastecimiento Superficial (Rio Inírida) .....	76
7.2.1.2 Sistema De Captación.....	81
7.2.1.3 Porcentaje De Caudal Disponible Utilizado .....	83
7.2.1.4 Tubería De Aducción.....	83
7.1.2.5 Desarenador .....	88
7.1.2.6 Tubería De Conducción.....	90
7.1.2.7 Planta De Tratamiento De Agua Potable (PTAP) .....	91

7.1.2.7.1 Cámara De Aquietamiento.....	93
7.1.2.7.2 Medidor De Caudal.....	93
7.1.2.7.3 Dosificadores De Coagulante Y Regulador De pH .....	94
7.1.2.7.4 Mezclador Rápido.....	96
7.1.2.7.5 Floculador .....	98
7.1.2.7.6 Sedimentador .....	100
7.1.2.7.7 Filtros .....	104
7.1.2.7.8 Estación De Cloración .....	106
7.1.2.7.9 Laboratorio PTAP Y Bodega De Almacenamiento.....	109
7.1.2.7.10 Tubería De Tanque De Cloración A Tanque De Almacenamiento ....	111
7.1.2.7.11 Tanque De Almacenamiento .....	112
7.1.2.7.12 Lecho De Secado De Lodos.....	115
7.1.2.8 Sistema De Impulsión.....	116
7.1.2.9 Macromedición.....	118
7.1.2.10 Redes De Distribución.....	120
7.1.2.10.1 Cobertura .....	121
7.1.2.10.2 Tuberías .....	124
7.1.2.10.3 Válvulas .....	124
7.1.2.10.4 Hidrantes.....	125
7.1.2.10.5 Operación.....	127
7.1.2.10.6 Conexiones Domiciliarias.....	133
7.1.2.10.7 Puntos De Muestreo.....	134
7.3 DETERMINACION DE LA DEMANDA DEL SUMINISTRO DE AGUA EN EL SERVICIO .....	136
7.4 FORMULACION DE MEJORAS TECNICAS PARA EL SISTEMA DE ACUEDUCTO.....	137
7.4.1 Fuente De Abastecimiento .....	137
7.4.2 Sistema De Captación .....	137
7.4.3 Tubería De Aducción .....	138
7.4.4 Desarenador.....	139
7.4.5 Tubería De Conducción .....	141

7.4.6 Planta De Tratamiento De Agua Potable (PTAP).....	141
7.4.6.1 Cámara De Aquietamiento .....	142
7.4.6.2 Medidor De Caudal .....	144
7.4.6.3 Dosificadores De Coagulante Y Dosificador De pH.....	144
7.4.6.4 Mezclador Rápido.....	144
7.4.6.5 Floculador.....	147
7.4.6.6 Sedimentador .....	149
7.4.6.7 Filtros.....	150
7.4.6.8 Estación De Cloración.....	152
7.4.6.9 Laboratorio PTAP Y Bodega De Almacenamiento .....	153
7.4.6.10 Tubería De Tanque De Cloración A Tanque De Almacenamiento.....	153
7.4.6.11 Tanque De Almacenamiento .....	153
7.4.6.12 Lecho De Secado De Lodos .....	156
7.4.7 Sistema De Impulsión .....	157
7.4.8 Macromedición.....	157
7.4.9 Red De Distribución.....	157
CONCLUSIONES.....	159
BIBLIOGRAFIA .....	162

## LISTA DE TABLAS

Tabla 5. 1	Listado general de Barrios del municipio de Inírida Guainía .....	46
Tabla 5. 2	Niveles de Complejidad .....	48
Tabla 5. 3	: Métodos de Cálculo permitidos según el nivel de complejidad del sistema. ....	49
Tabla 5. 4	Dotación por habitante según el nivel de complejidad.....	50
Tabla 5. 5	Calidad de la fuente .....	53
Tabla 5. 6	Características Microbiológicas .....	53
Tabla 5. 7	Tipo de captación del sistema de acueducto.....	55
Tabla 5. 8	Normativa de referencia. ....	58
Tabla 6. 1	Población del Municipio de Inírida en lapsos de 5 años. ....	61
Tabla 7. 1	Proyección de Población al 2045 por Método Aritmético. ....	69
Tabla 7. 2	Proyección de Población al 2045 por Método Logarítmico.....	69
Tabla 7. 3	Proyección de Población al 2045 por Método de Wappus.....	70
Tabla 7. 4	Proyección de Población al 2045 por Método de Crecimiento Geométrico. ....	70
Tabla 7. 5	Promedio de los métodos utilizados para la proyección de la población. ....	70
Tabla 7. 6	Resultado de pruebas de bombeo en Inírida.....	76
Tabla 7. 7	Análisis Físicoquímico de la Fuente de Abastecimiento Superficial. ....	79
Tabla 7. 8	Análisis Microbiológico de la Fuente de Abastecimiento Superficial. ....	79
Tabla 7. 9	Procesos Mínimos de Tratamiento Según la Calidad de la Fuente. ....	80
Tabla 7. 10	Elementos presentes en el laboratorio de la PTAP de la Empresa AGUAS DEL GUAINIA A.P.C en el municipio de Inírida. ....	109
Tabla 7. 11	Tanques de almacenamiento en la red de distribución.....	113
Tabla 7. 12	Consumos de Agua Suministrados y Facturados de 2018. ....	120
Tabla 7. 13	Longitud de Tuberías por Diámetro. ....	120
Tabla 7. 14	Número de Suscriptores por Estrato.....	122
Tabla 7. 15	Resumen de Evaluación Hidráulica de la Red de Matriz.....	130
Tabla 7. 16	Resumen de Evaluación Hidráulica de la Red de Distribución.....	132
Tabla 7. 17	Resumen de Determinación de la Demanda de Suministro de Agua.....	136
Tabla 7. 18	Propiedades Generales para el Diseño del Desarenador. ....	140
Tabla 7. 19	Diseño del Desarenador.....	141
Tabla 7. 20	Caudal de Diseño para PTAP a 2045. ....	142
Tabla 7. 21	Diseño de Cámara de Aquietamiento.....	142
Tabla 7. 22	Recomendaciones para el Diseño de Cámara de Aquietamiento. ....	143
Tabla 7. 23	Diseño de Vertedero de Excesos. ....	143
Tabla 7. 24	Diseño del Canal de Aproximación.....	143
Tabla 7. 25	Consideraciones del Canal de Aproximación.....	143
Tabla 7. 26	Consideraciones del Mezclador Rápido. ....	144
Tabla 7. 27	Relación de Caudales con Ancho de Garganta de Mezclador Rápido. ....	145
Tabla 7. 28	Relación de Ancho de Garganta y Factores para Determinar Alturas del Mezclador Rápido.....	145

Tabla 7. 29 Dimensiones de la Canaleta Parshall Respecto al Ancho de Garganta. ....	146
Tabla 7. 30 Cálculos de Diseño de la Canaleta Parshall. ....	147
Tabla 7. 31 Gradiente de Hidráulico de Laboratorio. ....	148
Tabla 7. 32 Consideraciones para el Diseño del Floculador COX. ....	148
Tabla 7. 33 Diseño del Floculador COX. ....	149
Tabla 7. 34 Velocidad de Sedimentación en Laboratorio. ....	149
Tabla 7. 35 Consideraciones de Diseño para Sedimentador. ....	149
Tabla 7. 36 Diseño de Sedimentador de Alta Tasa Flujo Ascendente. ....	150
Tabla 7. 37 Consideraciones de Diseño para Filtros. ....	151
Tabla 7. 38 Consideraciones de Diseño para Filtros. ....	151
Tabla 7. 39 Diseño para Filtros. ....	152
Tabla 7. 40 Parámetros de Diseño para el Tanque de Almacenamiento. ....	154
Tabla 7. 41 Suministro por Gravedad o Bombeo Continuo de 24h para el Tanque de Almacenamiento. ....	154
Tabla 7. 42 Dimensionamiento del Tanque de Almacenamiento. ....	156
Tabla 7. 43 Dimensionamiento de Compartimientos del Tanque de Almacenamiento. ....	156

## LISTA DE IMAGENES

Imagen 5. 1 Ubicación Geográfica del Municipio de Inírida .....	42
Imagen 5. 2 Delimitación de Barrios del municipio de Inírida. ....	46
Imagen 5. 3 Esquema Sistema de Acueducto.....	48
Imagen 6. 1 Esquema metodológico para la elaboración del diagnóstico y el mejoramiento técnico del sistema de acueducto.....	60
Imagen 6. 2 Guías de operación y mantenimiento de planta de potabilización de agua (PTAP) y planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) para el municipio de Inírida en el Departamento de Guainía. Módulo 2. Operación y mantenimiento de PTAP. ....	64
Imagen 6. 3 Ajuste al Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua del Municipio de Inírida. ....	64
Imagen 6. 4 Construcción del Plan Maestro del Sistema de Acueducto del Municipio de Inírida, Departamento del Guainía. ....	64
Imagen 6. 5 Formulación Y Elaboración Del Plan Maestros De Acueducto Y Alcantarillado Y Actualización Del PSMV del Casco Urbano De La Ciudad De Puerto Inírida - Departamento Del Guainía. ....	64
Imagen 6. 6 Red de Distribución del Municipio de Inírida. ....	67
Imagen 6. 7 Ejemplo de utilización de EPANET 2.0 como programa de simulación hidráulica de redes de distribución. ....	68
Imagen 7. 1 Esquema de Funcionamiento del sistema de acueducto urbano del municipio de Inírida. ....	73
Imagen 7. 2 Afectación por Ola Invernal en el Municipio de Inírida. ....	74
Imagen 7. 3 Afectación por Ola Invernal en el Municipio de Inírida. ....	74
Imagen 7. 4 Afectación por Ola Invernal en el Municipio de Inírida. ....	74
Imagen 7. 5 Afectación por Ola Invernal en el Municipio de Inírida. ....	75
Imagen 7. 6 Afectación por Ola Invernal en el Municipio de Inírida. ....	74
Imagen 7. 7 Afectación por Ola Invernal en el Municipio de Inírida. ....	75
Imagen 7. 8 .....	75
Imagen 7. 9 Fuente de Abastecimiento para el acueducto urbano del municipio de Inírida (Río Inírida) .....	76
Imagen 7. 10 Fuente de Abastecimiento para el acueducto urbano del municipio de Inírida (Río Inírida) .....	77
Imagen 7. 11 Fuente de Abastecimiento para el acueducto urbano del municipio de Inírida (Río Inírida) .....	77
Imagen 7. 12 Fuente de Abastecimiento para el acueducto urbano del municipio de Inírida (Río Inírida) .....	77
Imagen 7. 13 Fuente de Abastecimiento para el acueducto urbano del municipio de Inírida (Río Inírida) .....	78
Imagen 7. 14 Esquema de Bocatoma Flotante. ....	81
Imagen 7. 15 Barcaza Flotante de Captación .....	81

Imagen 7. 16 Motor de Barcaza Flotante de Captación. ....	81
Imagen 7. 17 Tubería de Succión de Barcaza Flotante de Captación. ....	82
Imagen 7. 18 Sistema de Succión de Barcaza Flotante de Captación. ....	82
Imagen 7. 19 Tubería de Aducción en Época de Invierno .....	84
Imagen 7. 20 Expansión de Tubería de 8 a 10'', Época Normal.....	84
Imagen 7. 21 Salida de la caseta de Impulsión.....	85
Imagen 7. 22 Expansión de Tubería de 8 a 10'', Época Normal.....	85
Imagen 7. 23 Tubería de Aducción, Época Normal. ....	85
Imagen 7. 24 Comienzo de Tubería de Aducción en Época de Verano. ....	85
Imagen 7. 25 Recorrido Tubería de Aducción a Entrada PTAP. ....	86
Imagen 7. 26 Recubrimiento de la Tubería de Aducción a la Entrada de la PTAP. ....	87
Imagen 7. 27 Válvulas de Desviación hacia BYPASS en Caso de Emergencia .....	87
Imagen 7. 28 Tubería de Aducción en Entrada a Desarenador. ....	87
Imagen 7. 29 Válvula Reguladora de Entrada al Bypass. ....	88
Imagen 7. 30 Tubería de Bypass. ....	88
Imagen 7. 31 Válvula Reguladora de Entrada al Bypass. ....	88
Imagen 7. 32 Tubería de Bypass. ....	88
Imagen 7. 33 Entrada al Desarenador.....	89
Imagen 7. 34 Desarenador .....	89
Imagen 7. 35 Desarenador. ....	89
Imagen 7. 36 Desarenador. ....	89
Imagen 7. 37 Tubería de Purga del Desarenador.....	90
Imagen 7. 38 Tubería de Purga del Desarenador.....	90
Imagen 7. 39 Tubería de Purga del Desarenador.....	90
Imagen 7. 40 Salida de Tubería de Purga del Desarenador.....	90
Imagen 7. 41 Válvula Reguladora de la Tubería de Conducción.....	91
Imagen 7. 42 Tubería de Conducción.....	91
Imagen 7. 43 Tubería de Conducción.....	91
Imagen 7. 44 Tubería de Conducción.....	91
Imagen 7. 45 Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) Municipio de Inírida. ....	92
Imagen 7. 46 Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) Municipio de Inírida. ....	92
Imagen 7. 47 Cámara de Aquietamiento. ....	93
Imagen 7. 48 Cámara de Aquietamiento. ....	93
Imagen 7. 49 Regleta Medidora de Caudal .....	94
Imagen 7. 50 Regleta Medidora de Caudal. ....	94
Imagen 7. 51 Dosificador de Cal Hidratada. ....	95
Imagen 7. 52 Dosificador de Coagulante (Sulfato Tipo A).....	95
Imagen 7. 53 Tabla de Dosificación para el Coagulante (Sulfato Tipo A). ....	95
Imagen 7. 54 Tabla de Dosificación para el Regulador de pH (Cal).....	95
Imagen 7. 55 Tubería de Dosificación de Coagulante y Regulador de pH. ....	96
Imagen 7. 56 Tubería de Dosificación de Coagulante y Regulador de pH. ....	96

Imagen 7. 57 Tubería de Dosificación de Coagulante y Regulador de pH. ....	96
Imagen 7. 58 Tubería de Dosificación de Coagulante y Regulador de pH. ....	96
Imagen 7. 59 Vista Superior del Mezclador Rápido. ....	97
Imagen 7. 60 Entrada del Mezclador Rápido. ....	97
Imagen 7. 61 Estructura para Realizar el Resalto Hidráulico.....	97
Imagen 7. 62 Estructura para Realizar el Resalto Hidráulico.....	97
Imagen 7. 63 Floculador tipo COX. ....	99
Imagen 7. 64 Reductores de Velocidad en Salida del Floculador. ....	99
Imagen 7. 65 . Floculador tipo COX. ....	99
Imagen 7. 66 Reductores de Velocidad en Salida del Floculador. ....	99
Imagen 7. 67 Corrosión en paredes de Floculador. ....	99
Imagen 7. 68 Tapón de Drenaje para Purga y Lavado. ....	99
Imagen 7. 69 Canal Conector de Floculador a Sedimentador. ....	100
Imagen 7. 70 Sedimentador de Alta Tasa (Forma Hexagonal). ....	101
Imagen 7. 71 Sedimentador de Alta Tasa (Forma Hexagonal). ....	101
Imagen 7. 72 . Sedimentador de Alta Tasa (Forma Hexagonal). ....	101
Imagen 7. 73 Sedimentador de Alta Tasa (Forma Hexagonal). ....	101
Imagen 7. 74 Sedimentador de Alta Tasa (Forma Hexagonal). ....	102
Imagen 7. 75 Sedimentador de Alta Tasa (Forma Hexagonal). ....	102
Imagen 7. 76 Tubería de Recolección de Agua Clarificada.....	102
Imagen 7. 77 Canal de Agua Clarificada.....	102
Imagen 7. 78 Canal de Agua Clarificada.....	103
Imagen 7. 79 . Canal de Agua Clarificada.....	103
Imagen 7. 80 Esquema de la sección de uno de los filtros. ....	104
Imagen 7. 81 Vista Planta de la sección de uno de filtros. ....	105
Imagen 7. 82 Tubería de Recolección de Agua Filtrada ....	105
Imagen 7. 83 Vista Planta de la sección de uno de filtros. ....	105
Imagen 7. 84 Manojos de Válvulas de Control a Filtros. ....	105
Imagen 7. 85 Válvulas de Paso de Agua para Filtros. ....	106
Imagen 7. 86 Tanque de Cloración Vista Exterior. ....	107
Imagen 7. 87 Tanque de Cloración Vista Exterior. ....	107
Imagen 7. 88 Tanque de Cloración Vista Interior. ....	107
Imagen 7. 89 Tanque de Cloración Vista Interior ....	107
Imagen 7. 90 Tanque de Cloro Gaseoso. ....	108
Imagen 7. 91 Tanque de Cloro Gaseoso. ....	108
Imagen 7. 92 Adición Actual de Cloro Granulado. ....	108
Imagen 7. 93 Adición Actual de Cloro Granulado.....	108
Imagen 7. 94 . Artefacto para la Adición de Cloro Disuelto (Goteo).....	109
Imagen 7. 95 Laboratorio PTAP. ....	110
Imagen 7. 96 Laboratorio PTAP. ....	110
Imagen 7. 97 Bodega de Suministros y Almacenamiento de PTAP. ....	110

Imagen 7. 98 Bodega de Suministros y Almacenamiento de PTAP. ....	110
Imagen 7. 99 Viaducto de Conducción a Tanque de Almacenamiento.....	111
Imagen 7. 100 . Viaducto de Conducción a Tanque de Almacenamiento.....	111
Imagen 7. 101 Viaducto de Conducción a Tanque de Almacenamiento.....	111
Imagen 7. 102 Viaducto de Conducción a Tanque de Almacenamiento.....	111
Imagen 7. 103 Tanques de Almacenamiento. ....	112
Imagen 7. 104 Tanques de Almacenamiento. ....	112
Imagen 7. 105 Tanque de Almacenamiento Utilizado Actualmente en la PTAP. ....	112
Imagen 7. 106 Tanque de Almacenamiento Antiguo PTAP. ....	112
Imagen 7. 107 Mapa de Tanque Elevados Distribuidos en el Municipio de Inírida. ....	114
Imagen 7. 108 Lecho de Secado de Lodos. ....	116
Imagen 7. 109 Lecho de Secado de Lodos. ....	116
Imagen 7. 110 Tuberías Conductoras al Lechos.....	116
Imagen 7. 111 Tuberías Conductoras al Lechos.....	116
Imagen 7. 112 Cuarto de Máquinas Exterior.....	117
Imagen 7. 113 . Cuarto de Máquinas Exterior.....	117
Imagen 7. 114 Bomba de Impulsión Actual. ....	118
Imagen 7. 115 Bomba de Impulsión Actual. ....	118
Imagen 7. 116 Bomba de Impulsión Dañada 1. ....	118
Imagen 7. 117 Bomba de Impulsión Dañada 2. ....	118
Imagen 7. 118 Macromedidor Dañado. ....	119
Imagen 7. 119 Macromedidor Dañado. ....	119
Imagen 7. 120 Red de Distribución del Municipio de Inírida. ....	121
Imagen 7. 121 Mapa de Sectores de Suministro de Agua. ....	123
Imagen 7. 122 Mapa de Válvulas de Paso a Red de Distribución.....	125
Imagen 7. 123 Mapa de Hidrantes del Municipio de Inírida.....	126
Imagen 7. 124 Plano de Catastro de Redes. ....	127
Imagen 7. 125 Polígonos de Thiessen. ....	128
Imagen 7. 126 Red Matriz del Acueducto en EPANET.....	129
Imagen 7. 127 Red Matriz del Acueducto modelada en EPANET .....	130
Imagen 7. 128 Red de Distribución en EPANET.....	131
Imagen 7. 129 Red de Distribución en modelada en EPANET.....	132
Imagen 7. 130 Mapa de Contornos de Presión en EPANET.....	133
Imagen 7. 131 Mapa de Puntos de Muestreo.....	135

## LISTA DE GRAFICOS

Grafica 7. 1 Tendencia Poblacional del municipio de Inírida al 2015 .....	71
Grafica 7. 2 Graficas de población por los métodos establecido por el RAS en cuanto a la proyección de población. ....	71
Grafica 7. 3 Distribución Horaria de Consumo. ....	155
Grafica 7. 4 Curva Integral de Consumo. ....	155

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Areas Aferentes y Dotacion Neta por Nodo de la red matriz .....	167
Anexo 2 Parámetros de la red matriz .....	168
Anexo 3 Presiones de la red matriz .....	169
Anexo 4 Velocidades de la red matriz.....	170
Anexo 5 Áreas Aferentes y Dotación Neta por Nodo de la red de Distribución.....	177
Anexo 6 Parámetros de la red de Distribución.....	184
Anexo 7 Presiones de la red de Distribución.....	188
Anexo 8 Velocidades de la red de Distribución .....	194
Anexo 9 Desarenador Proyectado .....	195
Anexo 10 Cámara de Aquietamiento-Vertedero de Excesos-Canal de Aproximación Proyectado .....	196
Anexo 11 Floculador Tipo COX Proyectado .....	197
Anexo 12 Sedimentador de Alta Tasa-Canal de Recolección de Agua Clarificada.....	198
Anexo 13 Estación de Filtración Proyectada.....	199
Anexo 13 Estación de Filtración Proyectada.....	200

## **RESUMEN**

Partiendo de la necesidad que tiene el Municipio de Inírida y la Empresa Regional Comunitaria de Servicios Públicos Domiciliarios de contar con un documento de Diagnóstico y Mejoramiento Técnico del Sistema de Acueducto Urbano del Municipio, donde se indiquen las pautas y observaciones acerca del funcionamiento, mantenimiento y operación del sistema de acueducto de Inírida, se optó por proponer la elaboración de un diagnóstico y evaluación técnica del sistema que permita identificar posibles puntos críticos que afecten la calidad en la prestación del servicio en el caso urbano municipio; este trabajo constará de tres fases: Trabajo de campo; Trabajo de oficina y Revisión de materiales del Sistema (accesorios, equipos e infraestructura).

El trabajo considera la realización de una simulación de flujo con EPANET en las tuberías de la red de distribución para establecer si el sistema puede asimilar aumentos de caudal, tomando como base el RAS 2000 y sus modificaciones, el Decreto 1575 de 2007, la Resolución 2115 del 22 de Junio de 2007 entre otros. Se cuantificará, además, la calidad de prestación de servicio del acueducto y se formularan las mejoras técnicas; trabajo que podrá ser utilizado como base para estudios posteriores referentes al aprovechamiento, análisis, y demás utilidades relacionadas con el tratamiento, producción y operación de procesos para el agua potable que sea suministrado a la comunidad en la ciudad de Inírida."

## INTRODUCCIÓN

La ingeniería ha tenido un gran aporte en la humanidad, actualizando sus metodologías a través de los años e innovando la tecnología para mejorar la calidad de vida de las personas, como ejemplos principales tenemos los avanzados procedimientos médicos, las mega infraestructuras físicas y la nanotecnología (Castillo Vélez, 2012). Pero sin duda alguna, uno de los más indispensables para tener una calidad de vida digna y un desarrollo socioeconómico en las personas, es el saneamiento básico, que tiene como finalidad el suministro de agua potable.

Se puede afirmar que las condiciones de saneamiento básico en una población están determinadas por el nivel de desarrollo económico independiente de cada comunidad, de esta manera la población con mayor recurso monetario tiene mejor accesibilidad a metodologías y tecnologías para solucionar sus problemas respecto al suministro de agua potable, por lo tanto, según el (RAS, 2017) la selección de una técnica para potabilizar el agua dependerá siempre del nivel de complejidad del sistema.

La calidad del agua es un aspecto importante en la actualidad, sobre todo cuando esta es destinada para el consumo humano, existiendo diversos procesos para su potabilización e incluso la normatividad ambiental colombiana es bastante sólida en lo que respecta a este tema; sin embargo se evidencia falencias en cuanto a la manera de potabilizar el agua en diferentes aspectos, es decir en algunos casos los problemas son directamente de infraestructura y en otros casos obedece a que la metodología aplicada no satisface las necesidades requeridas por la población (Castro Garzón, Rubio Cruz, & Rodríguez Miranda, 2012). Hecho que repercute en la calidad con la que se brinda el servicio que posteriormente es consumida por una comunidad determinada, en este caso hablamos del municipio de Inírida en el Departamento del Guainía.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION**

Por las condiciones en la que se desarrolla la sociedad, los estados han creado instituciones encargadas de prestar servicios públicos y saneamiento básico, buscando con ellas atender y subsanar el impacto generado al medio ambiente; esta situación que muestra la necesidad prioritaria de dar solución a esta problemática a través de la prestación de servicios públicos de buena calidad y con la mayor cobertura posible, para establecer un equilibrio entre el hombre y su entorno, logrando un desarrollo equitativo y solidario. Para lograrlo es indispensable elaborar instrumentos de planificación, evaluación y ordenamiento que permita a las administraciones municipales y empresa encargada de la prestación de los servicios públicos domiciliarios (ESP) de cada municipio, contar con un documento base de diagnóstico en el que se encuentre consignada la situación actual del sistema de acueducto; logrando con estas herramientas de planificación, el mejoramiento de la calidad de vida de una comunidad.

Teniendo en cuenta la posición y condiciones geográfica y ambientales especiales que posee el municipio de Inírida – Guainía, es necesario contar con un Diagnóstico y un Plan de Mejoramiento Técnico del Sistema de Acueducto Urbano que permita determinar las deficiencias que se pueden presentar en la prestación del servicio de agua potable al municipio, evaluar la prestación del servicio teniendo en cuenta variables de frecuencia, capacidad y calidad del servicio y conocer el estado de la infraestructura del acueducto y sus redes, la capacidad de los sistemas, el funcionamiento de la empresa prestadora del servicio, las fortalezas, deficiencias y dificultades que se presentan en la actualidad.

Aunque la identificación del problema no establezca como prioritario el planteamiento de un proyecto de agua potable, es indispensable diagnosticar en detalle el estado y la capacidad de la infraestructura existente, relacionando la estimación de la demanda actual y futura del servicio, para cubrir en el horizonte de la planeación.

La prestación insuficiente del servicio de acueducto, es un problema común en las comunidades de la región de la amazonia colombiana y está asociado principalmente con la falta de políticas de planeación que permitan la expansión oportuna de los diferentes elementos de los sistemas de saneamiento básico, para atender los requerimientos crecientes de la demanda del servicio. Adicionalmente, sistemas con una capacidad suficiente pueden ofrecer un servicio deficiente por no contar con una adecuada operación de sus componentes o por no existir medios que permitan el uso racional del servicio.

Según lo establecido en el Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000, se podrá profundizar en aspectos y requerimientos para el diseño, operación, diagnóstico y otros factores que se presenten en dicho reglamento, en el plano personal y profesional será

satisfactorio contribuir a la comunidad de una región tan importante ambientalmente en la solución de sus necesidades, utilizando los conocimientos académicos y técnicos para hacer una transferencia social hacia la comunidad mediante el desarrollo de proyectos de esta naturaleza.

La elaboración de este diagnóstico es urgente y prioritario para conocer el estado de la distribución de agua potable en el municipio de Inírida, saber con exactitud los posibles problemas técnicos operativos en la parte estructural; y las diversas quejas y observaciones que presenten los usuarios del servicio. En este trabajo se formularán las propuestas de solución más ajustadas y favorables a las posibles problemáticas encontradas, aplicando para ello los lineamientos y conocimientos adquiridos durante todo el periodo de formación académica en ingeniería ambiental y la reglamentación técnica disponible.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General**

Diagnosticar y mejorar técnicamente el sistema de acueducto urbano del municipio de Inírida.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Identificar el estado de los componentes del sistema de acueducto desde la captación hasta la red de distribución.
- Cuantificar la demanda de agua potable actual y proyectada.
- Evaluar el sistema para determinar la capacidad de suministro de agua potable para la población actual y futura.
- Formular las mejoras técnicas requeridas para el sistema de acueducto para el año horizonte recomendado por el RAS.

## **4. ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **ALCANCES**

Entregar a la empresa prestadora del servicio de acueducto y alcantarillado de Inírida un documento de diagnóstico y evaluación técnica del acueducto que permita dar parte sobre el estado del mismo de manera precisa y objetiva, esperando que las observaciones realizadas en la propuesta sean aceptadas e implementadas por la empresa de acueducto para el mejoramiento en la prestación del servicio a los usuarios.

Elaborar un documento que sirva como apoyo técnico para futuros estudios relacionados con el tema, como planes maestros de acueducto y alcantarillado para cumplir con los requerimientos establecidos en las legislaciones vigentes sobre saneamiento básico y los planes básicos de ordenamiento territorial del municipio podrán utilizar esta información para fortalecer sus informes.

Lograr que la empresa prestadora del servicio de acueducto y alcantarillado de Inírida, identificando sus falencias en la operación y realizando acciones mitigadoras al momento del tratamiento y disposición del líquido, salga beneficiada acogiendo las pautas y recomendaciones realizadas por el autor para el mejoramiento de la prestación del servicio de acueducto y la satisfacción de los usuarios.

### **LIMITACIONES**

Que no se brinde la información base para la elaboración de la evaluación del sistema, lo que atrasaría el levantamiento de la información y retardaría el tiempo presupuestado en el cronograma de actividades afectando la dinámica del proyecto.

El estado y las condiciones del servicio pueden estar en deficientes condiciones, lo que ocasionará un cambio de toda la estructura del sistema y generará un aumento en la tarifa del servicio.

## **5. MARCO REFERENCIAL**

### **5.1 ANTECEDENTES**

Los estudios a nivel nacional como internacional permiten inferir que el conocimiento de las diversas metodologías utilizadas para el diagnóstico y la asistencia técnica del Acueducto. A continuación, se enuncias algunos ejemplos que evidencian la importancia de estudiar el recurso hídrico.

#### **ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

Según Alvarado. P, (2013) en el proyecto denominado “ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL BARRIO SAN VICENTE, PARROQUIA NAMBACOLA, CANTÓN GONZANAMÁ.” donde se Identificó las zonas a servir de la población para Calcular y establecer criterios de diseño para el sistema de agua potable, y posteriormente Analizar física, química y bacteriológicamente el agua de la captación y aforar la fuente de abastecimiento, obteniendo el presupuesto referencial para la construcción del sistema de abastecimiento y elaboración de un manual de operación y mantenimiento, concluyendo que no existe un impacto negativo de consideración, ya que no afecta ni a la flora, ni a la fauna del ecosistema.

Tomando las especificaciones que toma Ramón Cuellar, Luís Moncada Gross, como entes reguladores de los servicios de Agua Potable y Saneamiento (ERSAPS) de Honduras en el trabajo denominado “SISTEMAS DE INFORMACIÓN DEL SECTOR DE AGUA Y SANEAMIENTO EN HONDURAS” donde se pretende efectuar una evaluación técnica del estado actual de los sistemas de información relacionados con el sector de agua y saneamiento en Honduras, incluyendo los sistemas desarrollados por SANAA, ERSAPS, FHIS, INE, Secretaría de Salud y SEFIN, y tomando en cuenta los resultados de la evaluación, elaborar una propuesta para el diseño de un Sistema de Información Sectorial nacional sostenible orientado al cumplimiento de la estrategia de modernización del sector de agua y saneamiento de Honduras.

José Antonio Cabrera-Béjar y Velitchko Gueorguiev Tzatchkov en 2012 utilización la simulación con el software EPANET para la distribución a través del trabajo “Simulación de redes de distribución de agua con suministro intermitente” en Morelos México.

#### **ANTECEDENTES NACIONALES**

En Colombia los estudios que se han realizado sobre diagnóstico y evaluación del sistema de abastecimiento de agua potable son los siguientes:

Para Robles, (2014), es fundamental evaluar el impacto del cambio climático sobre las variables de precipitación y temperatura según los datos oficiales del IDEAM, y la incidencia que estos tendrán sobre el caudal de las captaciones del acueducto de San Gil (Santander), por lo tanto se realizó un “ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA DE DISEÑO DEL ACUEDUCTO DE SAN GIL (SANTANDER) PARA SOPORTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO PROYECTADO AL ESCENARIO 2071- 2100” permitiendo identificar situaciones de riesgo por falta de agua para destinar a la población de un municipio.

González, (2013). Afirma que según un informe realizado por la Defensoría del Pueblo (2009), el ochenta y nueve por ciento de los municipios y más de la mitad de la población total del país afronta problemas de abastecimiento de agua potable y Dentro de éste porcentaje se encuentra el corregimiento de Monterrey, que hace parte del municipio de Simití, por lo tanto propone la evaluación del sistema de abastecimiento de agua potable y disposición de excretas de la población del corregimiento de monterrey, municipio de Simití, departamento de bolívar, proponiendo soluciones integrales al mejoramiento de los sistemas y la salud de la comunidad.

Otro documento fundamental para tener en cuenta es el elaborado por Garcés y Caicedo, (2016), en La Universidad Católica de Colombia, titulado “DIAGNÓSTICO TÉCNICO DEL ACUEDUCTO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE CUNDINAMARCA” donde se analiza la situación actual y las condiciones fisicoquímicas del agua, teniendo en cuenta que se encuentra en funcionamiento, pero presenta Jorge Luis Montiel Peralta, César Darío Pacheco Ruíz, Mario Javier Trejo Hernández en 2007 con su trabajo que lleva por nombre “DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAMPUÉS - SUCRE” determinaron diversas pautas y métodos para realizar el diagnóstico del acueducto basándose en diversas técnicas de recopilación de información.

Así mismo Hernández, (2011) realizó un estudio que permite medir, establecer, evaluar y caracterizar particularidades de las necesidades presentadas del sistema de acueducto del municipio de Puerto Salgar del departamento de Cundinamarca, denominado “DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO PUERTO SALGAR (CUNDINAMARCA)”. Donde se Estudió las incidencias en el comportamiento hidráulico del sistema de acueducto del Municipio de Puerto Salgar, debido a desarrollo de proyectos que generan concentraciones poblacionales de redensificación y densificación.

Jorge Luis Montiel Peralta, César Darío Pacheco Ruíz, Mario Javier Trejo Hernández en 2007 con su trabajo que lleva por nombre “DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAMPUÉS - SUCRE” determinaron diversas pautas y métodos para realizar el diagnóstico del acueducto basándose en diversas técnicas de recopilación de información.

Por otra parte, García, (2006) desarrollo “La simulación y simulación de redes hidráulicas a presión mediante herramientas informáticas” este trabajo se realizó con la ayuda del software EPANET en cuando a la simulación del flujo de agua problemas como calidad, continuidad del agua potable debido a la falta de operación y mantenimiento continuo del sistema de acueducto (estructuras de tratamientos).

El Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y el Ministerio de Desarrollo Económico en 1999 formulo un documento que lleva por nombre “OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO” en el cual conciernen diversas formas de la operación de los sistemas de saneamiento básico y aporta en gran medida a los aprendizajes con respecto al tema debido a su fácil entendimiento de los procesos allí expuestos.

Sarmiento López A (2014) realizo un “DIAGNÓSTICO TÉCNICO-OPERATIVO, AMBIENTAL, LEGAL Y FINANCIERO DE LOS ACUEDUCTOS COMUNITARIOS EN LA CIUDAD DE IBAGUÉ.” Con el fin de evaluar el ámbito técnico, ambiental, legal y financiero de los acueductos comunitarios de la ciudad de Ibagué, con el objeto de definir una propuesta de gestión eficiente orientada a mejorar la prestación del servicio de acueducto en el municipio.

Bernal Martínez L (2011) en su trabajo titulado “DIAGNOSTICO DE LA PRESTACIÓN ACTUAL DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA CREACIÓN DE UN ACUEDUCTO REGIONAL EN EL MUNICIPIO DE GUASCA” busco desarrollar un estudio de factibilidad para la puesta en operación de un acueducto regional en el municipio de Guasca en Cundinamarca, habiendo identificado las deficiencias del sistema actual, y cuya actividad permita el acceso a agua potable sin problemas de estacionalidad a toda su población y bajo un sistema que permita la explotación sostenible del recurso hídrico.

## **5.2 MARCO CONTEXTUAL**

### **5.2.1 Aspectos Generales Del Municipio**

#### **5.2.1.1 Localización**

La ciudad de Inírida, está localizada al Nororiente del departamento del Guainía, del cual es su capital. Su ubicación geográfica es de 4° 35' 56'' de latitud Norte y 68° 4' 5'' de longitud al Oeste. Situada en la margen derecha del río Inírida, su altura es de 100 m.s.n.m.

### 5.2.1.2 Limites

El 2 de agosto de 1.974 mediante el decreto 1593, emanado del Ministerio de Gobierno de la Presidencia de la República de Colombia, se crea el Municipio de Inírida en la Comisaría Especial del Guainía. Se demarcan los linderos así: "Desde la confluencia del río Guaviare en el Atabapo, este aguas arriba, haciendo límite con la República Bolivariana de Venezuela, hasta la confluencia con el caño Chaquita; este aguas arriba hasta su nacimiento; de este sitio, siguiendo una línea recta imaginaria hasta encontrar el nacimiento del río Nohemí; este aguas abajo hasta su confluencia con el río Inírida; de este sitio en línea recta hasta encontrar la laguna Cumaral en el río Guaviare, río Guaviare aguas abajo hasta su confluencia con el río Atabapo punto de partida".

El Honorable Consejo de la Comisaría Especial del Guainía, con el acuerdo comisarial. Número 004 del 25 de agosto de 1.990, de acuerdo a las atribuciones legales y en especial las que le confiere el Artículo 60. Literal k del Decreto 467 del 11 de febrero de 1.986; en el artículo tercero demarca nuevos límites así "El Municipio de Inírida".

El municipio limita, por el Norte con las inspecciones de Arrecifal y Sapuara, por el Sur con el corregimiento de Puerto Colombia y Sejal, por el Oriente con el corregimiento de Cacahual y la República Bolivariana de Venezuela y por el occidente con los corregimientos de Morichal y Barranco Minas. Por otra parte, la ciudad de Inírida limita al Norte con el Resguardo Indígena Puinave- Piapoco Curripaco de Coayare, el Coco río Inírida de Por medio; por el Sur con el Resguardo Puinave Tucano Curripaco - Cubeo de Almidón la Ceiba; por el Oriente con los Resguardos Puinave Curripaco de los ríos Inírida y Atabapo y por el Resguardo Coayare el Coco y por el Occidente con el río Inírida. Sin embargo, estos límites deben ser legalizados en el Proyecto de Acuerdo.

Estará comprendido dentro de los siguientes linderos: Partiendo desde Laguna Cumaral, punto de concurso entre las Comisarías Vichada y Guainía, siguiendo por el río Guaviare, aguas abajo hasta el puesto de Infantería de Marina, ubicado en Maviso situado al margen derecho del río Atabapo; este aguas arriba hasta la desembocadura de Caño Chaquita, este aguas arriba hasta el Pato buscando la confluencia del río Guasacavi por esta, aguas arriba hasta su nacimiento; desde este punto se sigue en línea recta imaginaria hasta Sabanita y buscando las aguas del caño Nabuquén; este aguas arriba hasta su nacimiento; luego en línea recta imaginaria hasta el nacimiento del caño Carianini.

Este, aguas abajo hasta el raudal del Pilón; luego se sigue en línea recta imaginaria hasta Zancudo y donde desemboca el caño de su mismo nombre, este aguas arriba donde le desemboca el caño Plata, este aguas arriba hasta su nacimiento; luego buscando el nacimiento de Caño Mena; este aguas abajo hasta su desembocadura sobre el caño revolver; este, aguas abajo hasta su desembocadura sobre el Caño Wiña, este, aguas abajo hasta donde le desembocadura del Caño Agapito, este, aguas arriba hasta su nacimiento; luego en línea recta

imaginaria hasta encontrar el nacimiento del Caño Bocón, este, aguas abajo hasta donde le desemboca el caño Guamuco; este aguas arriba hasta la Laguna Cumaral.

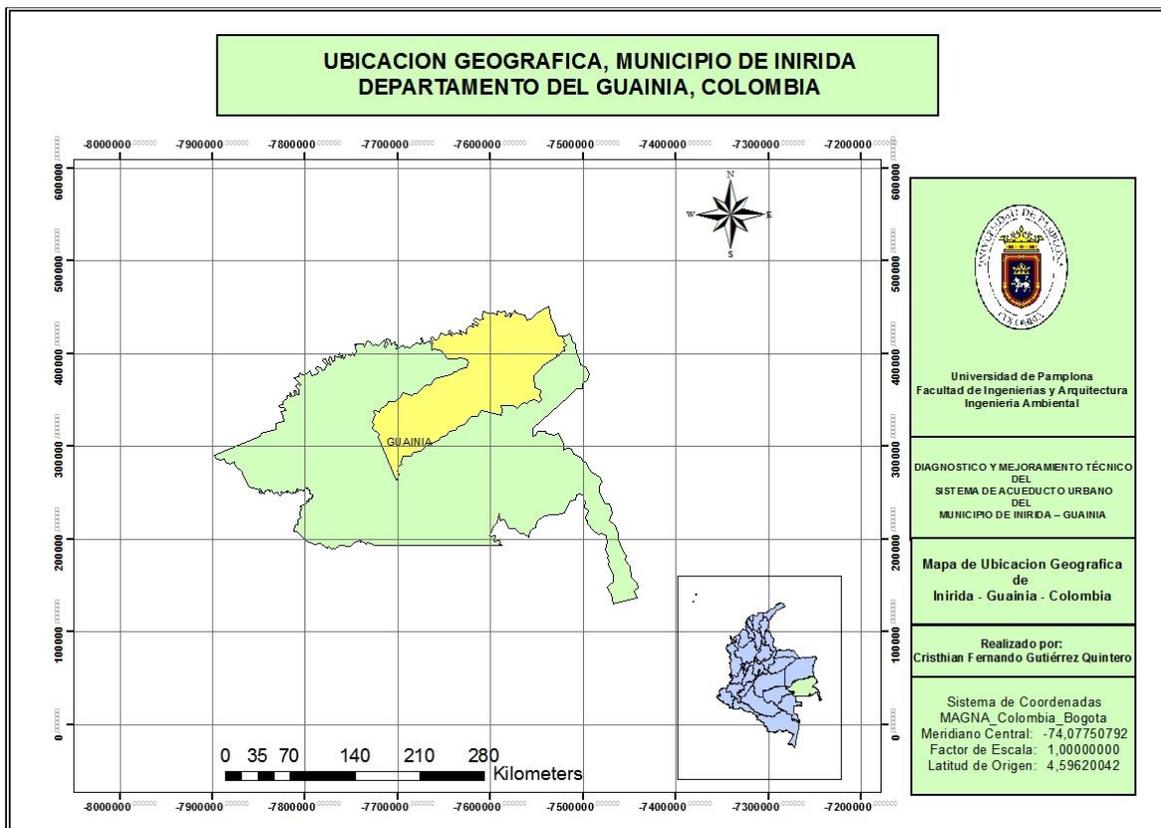


Imagen 5. 1 Ubicación Geográfica del Municipio de Inírida  
Fuente: IGAC (2018), editado por Autor

### 5.2.1.3 Entorno

El Municipio de Inírida tiene relaciones socioeconómicas con el Departamento del Guainía como sitio de confluencia de los servicios departamentales, para corregimiento e inspecciones no municipales, con Villavicencio capital del Meta y con Santafé de Bogotá – capital de la República de Colombia. Con los puertos de San Felipe y Santa Rita en el Vichada y con San Fernando de Atabapo y Puerto Ayacucho en Venezuela. Regionalmente hacen parte de los Departamentos de la Orinoquia y la Amazonía. Así mismo Inírida es miembro de la Asociación Nacional de Municipios, siendo el único Municipio que se encuentra al día en sus cuotas.

### 5.2.1.4 Historia

La primera Capital del Departamento del Guainía se determina en San Felipe. Posteriormente en el sitio llamado "Las Brujas", se le dio el nombre de Puerto Obando, nombre que no fue

aceptado por los habitantes de ese entonces. Se le dio popularmente el nombre de Puerto Inírida.

En el año de 1.974 la capital se elevó a la categoría de Municipio, y su nombre real es Inírida. El 12 de mayo del año 1.965 mediante el acuerdo No. 1204 se determina el sitio para la capital de la Comisaria del Guainía. Con el decreto No. 003 de 1.965 se declara oficialmente establecido dentro de su territorio el primer gobierno de la Comisaría Especial del Guainía. Mediante el decreto 1593 del 5 de agosto de 1.974 se crea el Municipio de Inírida en la Comisaría Especial del Guainía. El Guainía fue elevado a la categoría de departamento especial por medio del artículo 309 de la Constitución Política de Colombia de 1.991 y por ende el Municipio de Inírida se convierte en la Capital del Departamento del Guainía.

### **5.2.1.5 Generalidades**

Inírida, es una pequeña ciudad con 19.816 habitantes más un 5% de población flotante entre población indígena y de colonos, situación que ha propiciado un interesante intercambio de costumbres. Cuenta con un hospital, escuelas, 5 colegios de bachillerato, así como con una terminal para el suministro de combustible.

La actividad económica que se desarrolla es trabajo del estado, comerciantes y vendedores ambulantes.

Tradicionalmente su territorio ha sido habitado por comunidades indígenas, entre las que subsisten algunas etnias como los Puinaves, Sikuanis, Piapocos, Piaroas y Curripacos, famosos estos últimos por sus hermosos trabajos de cestería, cerámica y talla en madera.

- a) La actividad comercial, al interior de la selva: Los comerciantes llevan comestibles, ropa, elementos de aseo, combustible y otros elementos que intercambian por coltan, oro en polvo u otros productos de la selva; en el caso del oro este se mide en "rayas".
- b) La economía del Municipio de Inírida es precaria y se basa principalmente en el comercio, la pesca, la caza y la agricultura de subsistencia con cultivos de yuca brava, plátano, maíz y algunas frutas como la piña, la guayaba, el chontaduro y otros productos amazónicos; adicionalmente en los límites con el Departamento del Vichada por el río Guaviare, cerca de Inírida existe una incipiente ganadería.
- c) En las sabanas naturales del departamento se encuentra una flor conocida como la "Flor de Inírida". Una Exótica y endémica flor que por procesos adaptativos desarrollados a lo largo de miles de años ha evolucionado hasta distinguirse en dos especies que se diferencian en la forma, tamaño de la inflorescencia y la época del año en que brotan. La flor de Inírida de invierno (Guacamaya Superba) tiene una presentación piramidal y es

más grande, para florecer requiere que el suelo esté perfectamente húmedo por lo que florece en la temporada de invierno del departamento (junio a octubre), cuando la sabana se encuentra inundada; La flor de Inírida de verano, (*Schoenocephalium teretifolium*), tiene una forma esférica, es más pequeña y florece en época de verano cuando comienza a secarse la sabana al iniciar la temporada seca (diciembre-marzo).

Esta flor es muy apreciada por su vistosidad y duración, se utiliza como elemento decorativo. Hasta hace dos años se explotaba en forma extractiva sin control para comercializarla, lo que generó una notablemente disminución y en su potencial productivo en sabanas cercanas al casco urbano del Municipio.

- d) En el departamento del Guainía también se encuentra una palma endémica conocida como “Palma de Chiquichiqui” (*Leopoldinia piassaba*), de la cual se extrae una fibra con su mismo nombre, que se utiliza para la elaboración de artesanías y la fabricación de escobas y cepillos.
- e) El territorio del municipio de Inírida esta bañado por dos grandes ríos: el Inírida y el Guaviare. Cada uno de ellos presenta características específicas en sus cuencas que denotan ampliamente sus diferencias. Al río Inírida llegan dos caños de gran importancia, Caño Guariven y Caño Bocón.

Entre los ríos que más se destacan en el departamento se encuentran el Rio Inírida, el Rio Guaviare y el Rio Atabapo. Por sus características se pueden agrupar en dos clases de ríos: ríos blancos o andinos y ríos negros o amazónicos; de acuerdo con su capacidad de Generar vida acuática y arrastrar sedimentos ricos en materia orgánica.

- f) Inírida encierra un variado potencial de vida. En su territorio se mezclan ecosistemas naturales que van desde las sabanas de la Orinoquia hasta bosques húmedos de tipo amazónico. Su suelo se caracteriza por un bajo nivel de fertilidad y un alto grado de acidez que lo hace susceptible a la erosión.
- g) Ubicado dentro del Municipio de Inírida, encontramos macizos graníticos que alcanzan los 900 metros sobre el nivel del mar. En la zona conocida como "Sabanaselva" (intermedia entre llano y selva) se encuentran los Cerros de Mavicure. Son tres elevaciones formadas por tres Cerros y divididas por el río Inírida: Cerro Mono, Pajarito y Mavicure. Conforman un paisaje de belleza exuberante y extraordinaria. Allí se encuentra la Comunidad de Remanso, habitada ancestralmente por indígenas de la etnia Puinave.
- h) La casi totalidad del territorio del Municipio es selva húmeda tropical. Forma parte de la zona geográfica de bosque húmedo tropical. Lo atraviesan diversos ríos que son utilizados para la pesca y como una principal vía de comunicación.

- i) La información de las principales variables climáticas corresponde a la estación Apto. Inírida, ubicada en el municipio de Inírida a 100 (m.s.n.m), -67,92 grados de longitud y 3,83 grados de latitud. Según (IDEAM, 2005), en el departamento llueven 204 días del año con una precipitación promedio anual de 2.976 mm y una humedad relativa promedio anual del 84%, la temperatura promedio anual es de 26,4°C y la evapotranspiración potencial alcanza los 1.284 mm. Según (IDEAM, op cit), Guainía presenta un índice hídrico de 164, con escorrentía anual total de 2.003 mm, déficit hídrico de 2, relación escorrentía menos déficit de 2.001 mm y un índice de aridez de 2,64.

## **5.2.1.6 Organización Y División Territorial**

### **5.2.1.6.1 Perímetro Urbano**

Con el acuerdo No. 032 de mayo 27 de 1994 el Honorable Concejo Municipal de Inírida, establece para todos los efectos legales y fiscales el perímetro que delimita la Zona urbana del Municipio de Inírida de acuerdo con los siguientes linderos:

"Partiendo del Punto No. 1, ubicado en la desembocadura del Caño Ramón en el río Inírida, se sigue aguas abajo por la margen derechas del río hasta el punto No. 2, ubicado en el Lindero Sur de la Finca el Limonar de propiedad de Ernesto Acevedo, de este punto se sigue en línea recta en sentido oriente hasta el punto No. 3 ubicado en el vértice nororiental del predio del Matadero, del punto 3 ubicado en línea recta imaginaria con rumbo Sur-Oriental hasta el punto No. 4, ubicado en el vértice Nor-Oriental del predio de la Pista de Aterrizaje; de aquí con rumbo Sur por el Lindero Oriental de la Pista, hasta el punto No. 5 ubicado en el vértice Sur-Oriental de la pista de aquí en sentido Noroccidental se sigue una línea imaginaria (La prolongación del Costado de la Pista), en una distancia aproximada de 2.500 metros hasta el punto No. 5, de Intersección del Caño Ramón y Caño conejo; de aquí abajo por Caño Ramón hasta su desembocadura en el río Inírida, en el punto de partida y encierra."

Para efectos del presente diagnóstico se tomaron los puntos de geoposicionamiento espacial de conformidad con el Plano No. De perímetro urbano avalado por el IGAC. Cuya extensión es de 14.343. m.l.

### **5.2.1.6.2 Barrios Existentes En El Municipio**

El municipio cuenta en la actualidad con 22 barrios, distribuidos como se indica en la Imagen 5.2, de los cuales algunos están establecidos como invasión.

Tabla 5. 1Listado general de Barrios del municipio de Inírida Guainía

Listado de Barrios municipio de Inírida Guainía		
1. 5 de Diciembre	9.Esperanza	16.Paujil
2.Américas	10.Galán	17.Porvenir
3.Berlín	11.La Vorágine	18.Primavera I
4. Brisas del Guainía	12.Limonar	19.Primavera II
5.Brisas del Palmar	13.Mavicure	20.Vía Aeropuerto
6.Centro	14.Nuevo Horizonte	21.Zona Indígena
7.Cimarrón	15.Paraíso	22. Libertadores
8.Comuneros		

Fuente: Aguas del Guainía APC (2018), editado por Autor.

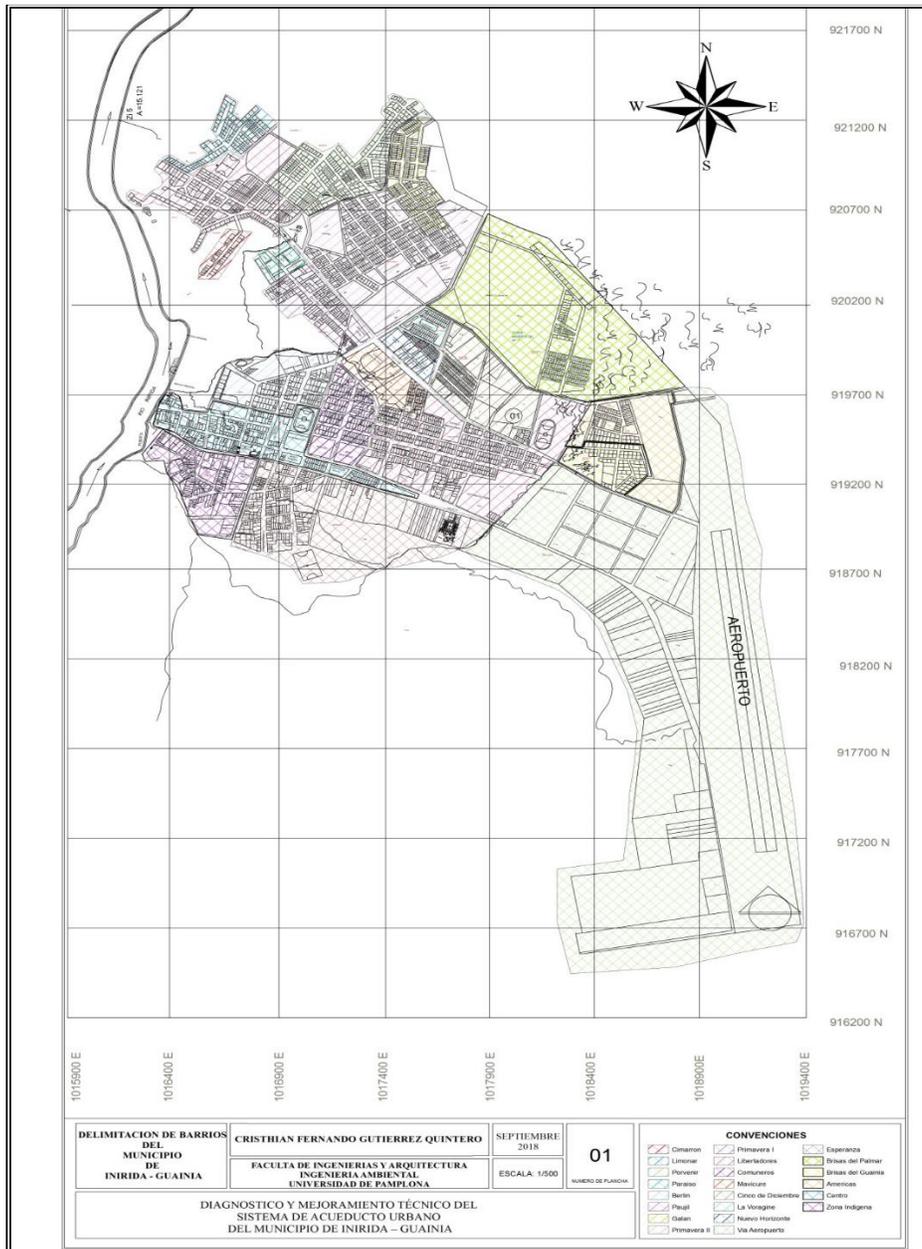


Imagen 5. 2 Delimitación de Barrios del municipio de Inírida.  
Fuente: Aguas del Guainía APC (2018), editado por Autor

## **5.3 MARCO TEORICO**

### **5.3.1 Diagnostico**

El Diagnóstico General del sistema de acueductos es una herramienta que permite conocer, valorar e identificar la situación actual de cada uno de sus componentes frente al funcionamiento y capacidad del sistema, para posteriormente realizar mejoras y adecuaciones que permitan garantizar un mejor servicio.

### **5.3.2 Sistema De Acueducto Urbano.**

Se entiende comúnmente por un sistema de abastecimiento de agua potable el conjunto de las diversas obras que tienen por objeto suministrar agua a una población en cantidad suficiente, calidad adecuada, presión necesaria y en forma continua (Valdez, 1990). La importancia de estos sistemas es fundamental para el desarrollo justo y equitativo de las comunidades, ya que el agua potable es un factor determinante del bienestar humano.

Para identificar el estado actual de cada componente del sistema de acueducto es fundamental conocer los parámetros y aspectos a evaluar en cada uno regidos por la normativa; según el Título B del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS). Para efectos de consolidación del diagnóstico del sistema de acueducto se enmarca a continuación las especificidades de principio teórico requeridas para evaluación de los componentes del sistema de acueducto.

El Sistema de acueducto se puede analizar como un conjunto de instalaciones, equipos y personas que se requiere para la potabilización y transporte de agua, (MORALES, 2017).

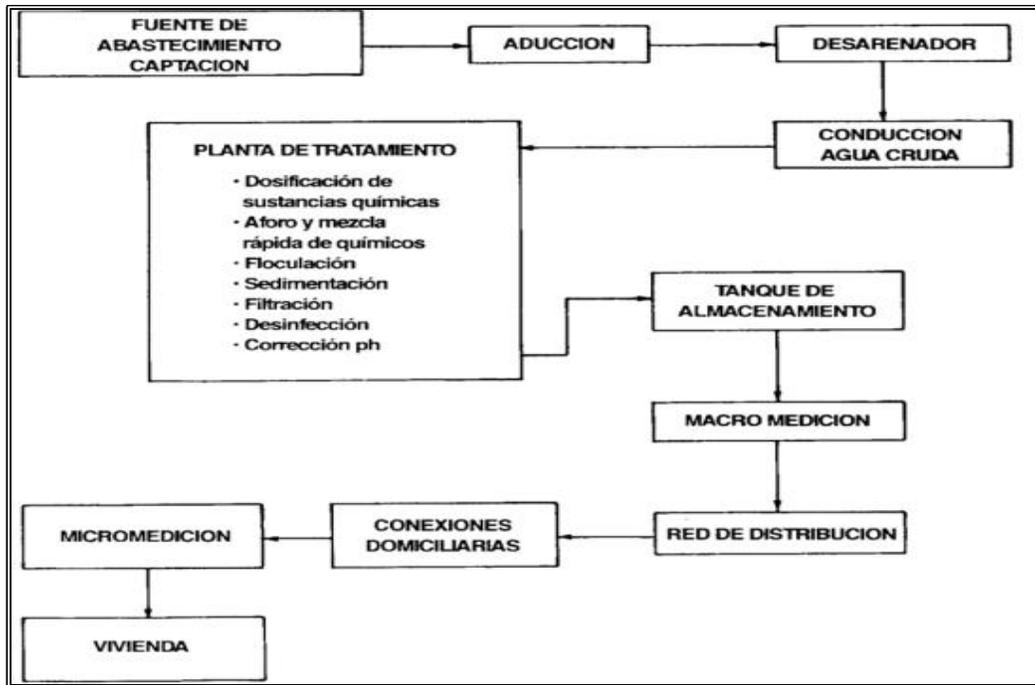


Imagen 5. 3 Esquema Sistema de Acueducto  
 Fuente: Sena, sistema de acueducto 2017.

A continuación, se define los procesos y componentes fundamentales en el diagnóstico y mejoramiento técnico del sistema de acueducto.

### 5.3.2.1 Proyección De Población

La determinación del número de habitantes para los cuales ha de diseñarse el acueducto es un parámetro básico en el cálculo del caudal de diseño para la comunidad. Con el fin de poder estimar la población futura es necesario estudiar las diversas características de sus habitantes pasadas y presentes. Para llevar a cabo la proyección de la población objeto del diseño, se deben tener en cuenta las proyecciones del DANE realizado en el 2018, hasta el año en que éstas se encuentren disponibles teniendo en cuenta el nivel de complejidad para la cantidad de población, (*Tabla 5.2*).

Tabla 5. 2 Niveles de Complejidad

Nivel de Complejidad	Población en la Zona Urbana (Habitantes)
Bajo	< 2500
Medio	2501 a 12500
Medio Alto	12501 a 60000
Alto	> 60000

Fuente: Título A del RAS, editado por Autor (2018)

El método de cálculo para la proyección de la población depende del nivel de complejidad del sistema según se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**; la

oblación se calculará utilizando uno de los siguientes modelos matemáticos: aritmético, geométrico o exponencial, seleccionando el modelo que mejor se ajuste al comportamiento histórico de la población, teniendo en cuenta que los datos de población deben estar ajustados con la población flotante y la población migratoria (RAS, 2000). En caso de falta de estos datos, se recomienda la revisión de los datos de proyección con los disponibles en poblaciones cercanas que tengan un comportamiento similar al de la población en estudio.

Tabla 5. 3 : Métodos de Cálculo permitidos según el nivel de complejidad del sistema.

Nivel de Complejidad del sistema				
Método por Emplear	Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
Aritmético, geométrico y exponencial	X	X		
Aritmético, geométrico, exponencial y otros			X	X
Por componentes (demográfico)			X	X
Detallar por zonas y detallar densidades			X	X
Método gráfico	X	X		

Fuente: Título B del RAS, editado por Autor (2018)

### 5.3.2.2 Demanda De Agua

Según López R. (1995), en el libro elementos de diseño para acueductos, Con el fin de diseñar las diferentes estructuras hidráulicas del sistema de acueducto, es necesario calcular el caudal apropiado, el cual debe combinar las necesidades de la población de diseño y los costos de la construcción de un acueducto para un caudal excesivo. Normalmente se trabaja con tres tipos de caudales, es decir:

- Caudal Medio Diario
- Caudal Máximo Diario
- Caudal Máximo Horario

Cuando se dispone de un sistema de regulación de caudal como un tanque de almacenamiento, las estructuras del acueducto se diseñan con el caudal máximo diario. En caso contrario, se debe diseñar todo el acueducto con el caudal máximo horario. La red de distribución se diseña teniendo en cuenta el caudal máximo horario.

#### Caudal Medio Diario

El caudal medio diario, Qmd, es el caudal calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

**Ecuación 5- 1.**

$$Qmd = \frac{p * d_{bruta}}{86400}$$

En este caso, p representa el número de habitantes proyectado y la dotación bruta debe estar dada en L/hab\*día

La dotación bruta se calcula según lo establecido en el literal B.2.6., ecuación B.2.1 del RAS – 2000, y los resultados se muestran en la Tabla 4.

**Ecuación 5- 2**

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

Dónde:

$d_{bruta}$  = Dotación Bruta

$d_{neta}$  = Dotación Neta

$\%p$  = Perdidas máximas admisibles

*Tabla 5. 4 Dotación neta máxima por habitante según altura sobre el nivel del mar de la zona atendida*

Altura Promedio Sobre el Nivel del Mar de la Zona Atendida	Dotación neta Máxima (L/hab*día)
>2000 m.s.n.m	120
1000 – 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m	140

*Fuente: Resolución 0330/17, editado por Autor (2018)*

**Caudal Máximo Diario**

El caudal máximo diario, QMD, corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas a lo largo de un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario,  $k_1$ , como se indica en la siguiente ecuación:

**Ecuación 5- 3**

$$QMD = Qmd * k_1$$

Dónde:

$QMD$  = Caudal Máximo Diario

$Qmd$  = Caudal Medio Diario

$k_1$  = Coeficiente de Consumo Máximo Diario

## **Caudal Máximo Horario**

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  $k_2$ , según la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 5- 4}$$
$$QMH = QMD * k_2$$

Dónde:

$QMH$  = Caudal Máximo Horario

$QMD$  = Caudal Máximo Diario

$k_2$  = Coeficiente de Consumo Máximo Horario

Según la Resolución 0330 del 08 de Junio de 2017 los factores de mayoración  $k_1$  y  $k_2$  deben calcularse para cada caso con base en los registros históricos de macromedición. En condiciones excepcionales en las que dicha información no este disponible, debe justificarse la selección de los valores empleados.

Para poblaciones menores o iguales a 12.500 habitantes, al período de diseño, en ningún caso el factor  $k_1$  será superior a 1.3 ni el factor  $k_2$  superior a 1.6. Para poblaciones mayores de 12.500 habitantes, al período de diseño, en ningún caso el factor  $k_1$  será superior a 1.2 ni el factor  $k_2$  superior a 1.5.

### **5.3.2.3 Fuentes De Abastecimiento De Agua**

Se consideran fuentes de abastecimiento todas las aguas provenientes de cursos o cuerpos superficiales o subterráneos. También pueden considerarse como fuentes, en casos excepcionales, las aguas lluvias y el agua de mar. Es recomendable en cualquier proyecto de acueducto, evaluar la posibilidad de utilizar aguas subterráneas, teniendo en cuenta las ventajas de esta alternativa frente a las aguas superficiales en términos de costos, vulnerabilidad frente a contaminación o problemas de suelos.

En el caso de una fuente de abastecimiento no regulada, esta debe tener un caudal superior al caudal de diseño en cualquier época del año, de manera que se pueda garantizar un suministro continuo. Se deben, entonces, realizar estudios hidrológicos que permitan establecer las curvas de duración de caudales para corrientes superficiales, o pruebas de

equilibrio para fuentes subterráneas que permitan garantizar la continuidad del suministro de agua.

A partir de la curva de duración de caudales, se establece que el caudal correspondiente al 95% del tiempo que éste es igualado o excedido ( $Q_{95}$ ) debe ser superior a dos veces el caudal medio diario del sistema de acueducto si la captación es por gravedad. En caso de captación por bombeo, el  $Q_{95}$  debe ser superior a dos veces el caudal máximo diario.

Para el caso de utilización de aguas subterráneas, la capacidad del acuífero en un sistema de acueducto con almacenamiento de agua debe determinarse a partir de pruebas de equilibrio para el caudal máximo diario. En caso de no tener almacenamiento dentro del sistema, la capacidad deberá ser igual al caudal máximo horario.

#### **5.3.2.3.1 Calidad Del Agua De La Fuente**

La calidad del agua de la fuente debe caracterizarse de la manera más completa posible para poder identificar el tipo de tratamiento que necesita y los parámetros principales de interés en período seco y de lluvia. Si es un acueducto, debe cumplir con los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano establecidos en el artículo 38 del Decreto 1541 de 1978 o la norma que la modifique, adicione o sustituya. Los análisis de laboratorio y los muestreos deben realizarse de acuerdo con la normatividad vigente o en su ausencia, según lo señalado en la NTC-ISO 5667.

En la tabla 5.5 se presenta la clasificación de los niveles de calidad de las fuentes de abastecimiento en función de unos parámetros mínimos de análisis físico-químicos y microbiológicos, y el grado de tratamiento asociado.

Tabla 5. 5 Calidad de la fuente

Parámetros	Análisis según		Nivel de calidad de acuerdo al grado de contaminación			
	Norma técnica NTC	Standard Method ASTM	1. Fuente aceptable	2. Fuente regular	3. Fuente deficiente	4. Fuente muy deficiente
DBO 5 días	3630					
Promedio mensual mg/L			<1.5	1.5 - 2.5	2.5 – 4	>4
Máximo diario mg/L			1 – 3	3 - 4	4 – 6	>6
Coliformes totales (NMP/100 mL)						
Promedio mensual		D-3870	0 – 50	50 - 500	500 – 5000	>5000
Oxígeno disuelto mg/L	4705	D-888	>=4	>=4	>=4	>=4
PH promedio	3651	D 1293	6.0 – 8.5	5.0 - 9.0	3.8 - 10.5	
Turbiedad (UNT)	4707	D 1889	<2	2 - 40	40 – 150	>= 150
Color verdadero (UPC)			<10	10 -20	20 – 40	>= 40
Gusto y olor		D 1292	Inofensivo	Inofensivo	Inofensivo	Inaceptable
Cloruros (mg/L - Cl)		D 512	< 50	50 - 150	150 – 200	300
Fluoruros (mg/L - F)		D 1179	<1.2	<1.2	<1.2	>1.7

Fuente: Título B del RAS, editado por Autor (2018)

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, muestra algunos valores máximos admisibles de las normas microbiológicas, físicas y químicas de la calidad del agua potable que, de acuerdo con el Decreto 1575 de 2007 y la Resolución 2115 de 2007, expedidos por los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, se deben cumplir en todo el territorio nacional en la red de distribución de los sistemas de acueducto independiente de su nivel de complejidad. La misma tabla contiene los parámetros de comparación mínimos recomendados para caracterizar el agua de la fuente superficial o subterránea, según su nivel de calidad.

Según el Artículo 11 de la Resolución 2115 de 2007 sobre características microbiológicas, Las características microbiológicas del agua para consumo humano deben enmarcarse dentro de los siguientes valores máximos aceptables desde el punto de vista microbiológico, los cuales son establecidos teniendo en cuenta los límites de confianza del 95% y para técnicas con habilidad de detección desde 1 Unidad Formadora de Colonia (UFC) ó 1 microorganismo en 100 cm<sup>3</sup> de muestra:

Tabla 5. 6 Características Microbiológicas

TECNICAS UTILIZADAS	COLIFORMES TOTALES	ESCHERICHIA COLI
Filtración por Membrana	0 UFC /100 cm <sup>3</sup>	0 UFC /100 cm <sup>3</sup>
Enzima Sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>	< de 1 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>
Sustrato Definido	0 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>	0 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>
Presencia - Ausencia	Ausencia en 100 cm <sup>3</sup>	Ausencia en 100 cm <sup>3</sup>

Fuente: Resolución 2115 de 2007, editado por Autor (2018)

El principio de las estructuras del acueducto es la captación, conducción, tratamiento y distribución de agua. A continuación, se describen las estructuras encargadas de que este proceso se cumpla.

#### **5.3.2.4. Sistema De Captación**

Según Terence J, (2001), las fuentes de agua superficiales están sujetas a grandes variaciones en flujo, calidad y temperatura, las estructuras de captación deben estar diseñadas para que el flujo requerido pueda ser usado a pesar de estas fluctuaciones naturales. Para localizar las captaciones se debe considerar con anticipación variaciones en el nivel del agua, requerimientos de navegación, corrientes locales, patrones de deposición y de socavación de sedimentos, variaciones espacio-temporales en la calidad del agua, y cantidad de desechos flotantes.

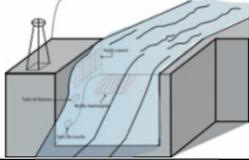
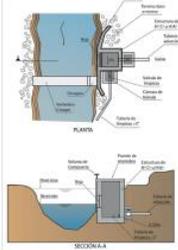
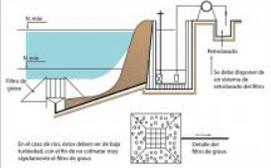
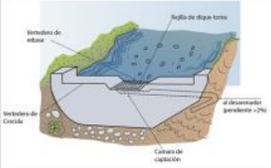
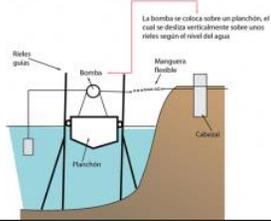
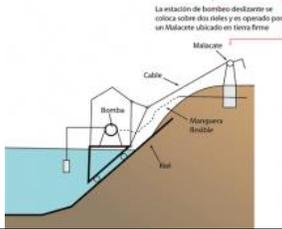
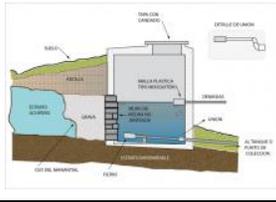
Por lo tanto, se hace necesario realizar una serie de estudios previos garantizando que el sistema de captación cumpla con las especificaciones técnicas y logre satisfacer todas las necesidades requeridas de la manera más económica y con el menor impacto ambiental posible.

Entre los estudios que se deben realizar están:

- Estudios hidrológicos
- Estudios geológicos y topográficos
- Estudios de las aguas
- Estudios de las obras existentes
- Estudios de impacto ambiental

El tipo de captación se debe fijar teniendo en cuenta los estudios previos, los tipos más comunes de captación se pueden identificar en la tabla 7.

Tabla 5. 7 Tipo de captación del sistema de acueducto.

Tipo de captación	Descripción	Ilustración
Captación sumergida	Consiste en estructuras de varias formas, ya sea en canal o en tubos perforados, ubicadas en el fondo del cauce.	
Captación lateral	Consiste en una estructura de captación ubicada en un punto situado en la orilla y a una altura conveniente del fondo del efluente que lo alimenta. Puede consistir de un canal de derivación o una captación de toma lateral.	
Captación en lagos, lagunas y embalses	Estructuras que toman el líquido de las aguas de los embalses. Su captación debe hacerse alejado de la orilla, preferiblemente.	
Captación de toma en dique	Consiste en un dique de represamiento construido transversalmente al cauce del río, donde el área de captación se ubica sobre la cresta del vertedero central.	
Captación flotante	Se utiliza cuando el cuerpo de agua del cual se captará el líquido (río, embalse, etc.) tiene variaciones considerables de alturas, pero que conserva en aguas mínimas (a su nivel de agua más bajo) un caudal o volumen importante.	
Captación móvil	Se utiliza en los ríos de gran caudal con variaciones estacionales importantes de altura. La captación móvil con elevación mecánica consiste de estaciones de bombeo que se bajan o se levantan, guiados por rieles inclinados instalados en la orilla del río y accionados por medios mecánicos fijos.	
Captación de manantiales	Estructura que capta el agua al nivel natural del afloramiento. El afloramiento se puede definir como el "punto o zona por donde fluye el manantial hacia la superficie" (Agüero, 2004).	
Captación de alta montaña	Se aplica en ríos de montaña, con pendiente alta, caudales habituales reducidos y grandes crecidas ocasionales.	

FUENTE: Comité Técnico de Abastecimiento de Agua Potable del Instituto Nacional de Normalización de Chile.

Teniendo en cuenta que el municipio de Inírida Guainía utiliza un sistema de captación de tipo Barcaza Flotante, el presente estudio hace referencia a este tipo de captación, guiado por el Título b del RAS 2016 Donde se establece que “si la fuente de agua superficial tiene variaciones considerables de nivel, pero conserva en aguas mínimas un caudal o volumen importante, por economía debe proyectarse la captación sobre una estructura flotante anclada al fondo o a una de las orillas.

### **Canales de aducción**

Basándonos en las recomendaciones del RAS 2000, Desde la captación hasta la estación de bombeo o el desarenador, según sea el caso, deben determinarse las áreas mojadas de canales necesarias en cada condición, teniendo en cuenta los distintos parámetros hidráulicos que intervienen. La memoria de cálculo hidráulico debe incluir los criterios utilizados, las fórmulas, las tablas, así como también el trazado de la línea piezométrica de todo el sistema hidráulico de aducción.

- Las velocidades del flujo deben ser tales que no se produzcan
- sedimentaciones ni erosiones en los canales de aducción.

### **Tanque de Almacenamiento.**

Basándonos en las recomendaciones del RAS 2000, el volumen de almacenamiento debe ser el mayor entre el volumen requerido por regulación del sistema de distribución y el volumen para demanda contraincendios. El volumen de regulación en sistemas donde se presente discontinuidad en la alimentación al tanque, es igual a  $1/3$  del volumen distribuido en el día de máximo consumo más el producto del caudal medio diario (Qmd) por el tiempo en el cual la conducción permanece inoperante.

### **Redes de Distribución.**

La resolución 0330 del 2017 establece en el artículo 47 los caudales de diseño de cada uno de los componentes del sistema de acueducto, esto según las variaciones diarias y horarias que puedan presentar. Para las redes de distribución el caudal de diseño debe ser el Caudal Máximo Horario (QMH). En base al artículo 63 de la presente resolución el diámetro mínimo en las redes de distribución no debe ser inferior a 75 mm para sectores urbanos, mientras que para sectores rurales no deberán ser menores a 50 mm. Se deben realizar los cálculos necesarios que permitan garantizar que, con el diámetro interno real de la tubería seleccionada, se cumplan las condiciones mínimas establecidas.

### **Conocimiento del sistema de acueducto y de la calidad del servicio.**

Para realizar la simulación y optimización de un acueducto es necesario saber cómo opera en general el sistema y qué elementos principales lo conforman (Ferro, 2008); además, es importante tener un conocimiento detallado del sistema de tratamiento y del sistema de almacenamiento y verificar que el volumen y la ubicación sean suficientes y adecuados para compensar las variaciones horarias de la demanda de agua. Cuando se tienen valores de presiones de servicio mayores a 15 metros de columna de agua ( $1 \text{ m.c.a} = 1 \text{ ton /m}^2 = 0.1 \text{ Kg / cm}^2$ ) se dice que se tiene una buena calidad del servicio; otros parámetros asociados con un buen servicio son la continuidad en el suministro y la calidad de agua entregada al usuario. (Ministerio de desarrollo económico, 2000)

## **Simulación y optimización de la red de acueducto**

### **Programas de simulación.**

Para el proceso de simulación y optimización hidráulica se utilizaron tres software ampliamente usados en la ingeniería como son AutoCAD, ArcGIS y Epanet. AutoCAD es un software de diseño utilizado para dibujo 2D y modelado 3D desarrollado y comercializado por la compañía Autodesk, ArcGIS es un software que se desarrolla para ser utilizado en el campo de los sistemas de información geográfica y es desarrollado y comercializado por la compañía ESRI, por último se encuentra Epanet que es un software que se utiliza para el análisis de sistemas de distribución de agua potable y es desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA).

EPANET: Es un programa que permite el análisis de sistemas de distribución de agua potable, el cual evalúa el comportamiento de la red según patrones establecidos y condiciones físicas y operativas, posee una gran ventaja y es que es uno de los programas para realizar simulaciones hidráulicas que se presenta a los usuarios de forma gratuita lo que permite su accesibilidad y además confiable aun en sistemas complejos. Maneja sistemas de red abierta, mixta o cerrada, evalúa condiciones de demanda y presión. (United States Environmental Protection Agency, 2017).

Según Rossman es un programa para computador para el análisis de sistemas de distribución de agua potable. El programa es de dominio público y es desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. El programa es capaz de trabajar con períodos de simulación sobre hidráulica y el comportamiento de la calidad de las aguas dentro de una red presurizada, además de estar diseñada para ser "una herramienta de investigación que mejore nuestro conocimiento del movimiento y destino del agua potable y sus constituyentes en una red de aguas".

## 5.4. MARCO LEGAL

Desde 1991 con la constitución política de Colombia en sus Artículos 365 – 370, los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del estado y es su deber asegurar la prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional dando solución a las necesidades insatisfechas en saneamiento ambiental y agua potable. El Estudio se elaboró bajo la guía de la normatividad colombiana aplicable Vigente al proyecto. A continuación, se muestra la normatividad.

*Tabla 5. 8 Normativa de referencia.*

Documento	Fecha	Entidad que Emite	Propósito
Ley 2811	1974	El Presidente de la República de Colombia	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Ambiente por el cual se busca usar racionalmente los recursos naturales renovables para su desarrollo sostenible
Ley 99	Diciembre 22 de 1993	Congreso de la República de Colombia	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se organiza el SINA y da los primeros lineamientos para el uso eficiente del agua
Ley 142	Julio 11 de 1994	Congreso de la República de Colombia	Establecer el régimen de los servicios públicos domiciliarios (Acueducto, alcantarillado y demás)
Ley 373	Junio 11 de 1997	Congreso de la República de Colombia	Se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua y su Obligatoriedad en los planes ambientales y a los prestadores del servicio Acueducto
Decreto 302	Febrero 25 de 2000	El Presidente de la República de Colombia	Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, en materia de prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado.
Resolución 1096	Noviembre 17 de 2000	Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico	Adopta el Reglamento Técnico del Sector De Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS)
Resolución No. CRA 150	2001	Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico	Definir consumos básicos y máximos en el servicio de acueducto
Decreto 1575	Mayo 09 de 2007	El Presidente de la República de Colombia	Establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano
Resolución 2115	Junio 22 de 2007	Ministerio protección social- Ministerio Ambiente y desarrollo territorial	Señala características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

CIRCULAR EXTERNA 2008100000 0074	Abril 04 de 2008	Superintendencia de Servicios Públicos	Aplicación de la norma técnica de calidad del agua Decreto 1575 de 2007 y resoluciones complementarias
Resolución CRA 440	2008	Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico	Lineamiento para la excepción de las metas de cobertura en la macro y micro medición
Decreto 3930	Octubre 25 de 2010	El Presidente de la República de Colombia	Se reglamente los usos del agua y residuos líquidos.
Resolución 0330	Junio 8 de 2017	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	Por la cual se adopta el RAS y se derogan las resoluciones 1096/2000, 0424/2001, 1459/2005, 1447/2005 y 2320/2009

**Fuente:** Autor (2019).

## **6. METOLOGIA**

La metodología a emplear para el desarrollo del proyecto fue necesaria la definición de cuatro fases metodológicas cuya ejecución permitió el cumplimiento de los objetivos planteados, la descripción de cada una de ellas se describe a continuación.

### **6.1 ESQUEMA METODOLOGICO**

La metodología empelada será representada en un esquema metodológico donde se describe de manera resumida las cuatro facas metodológicas fundamentales para el desarrollo de la investigación. (Ver figura 6.1).

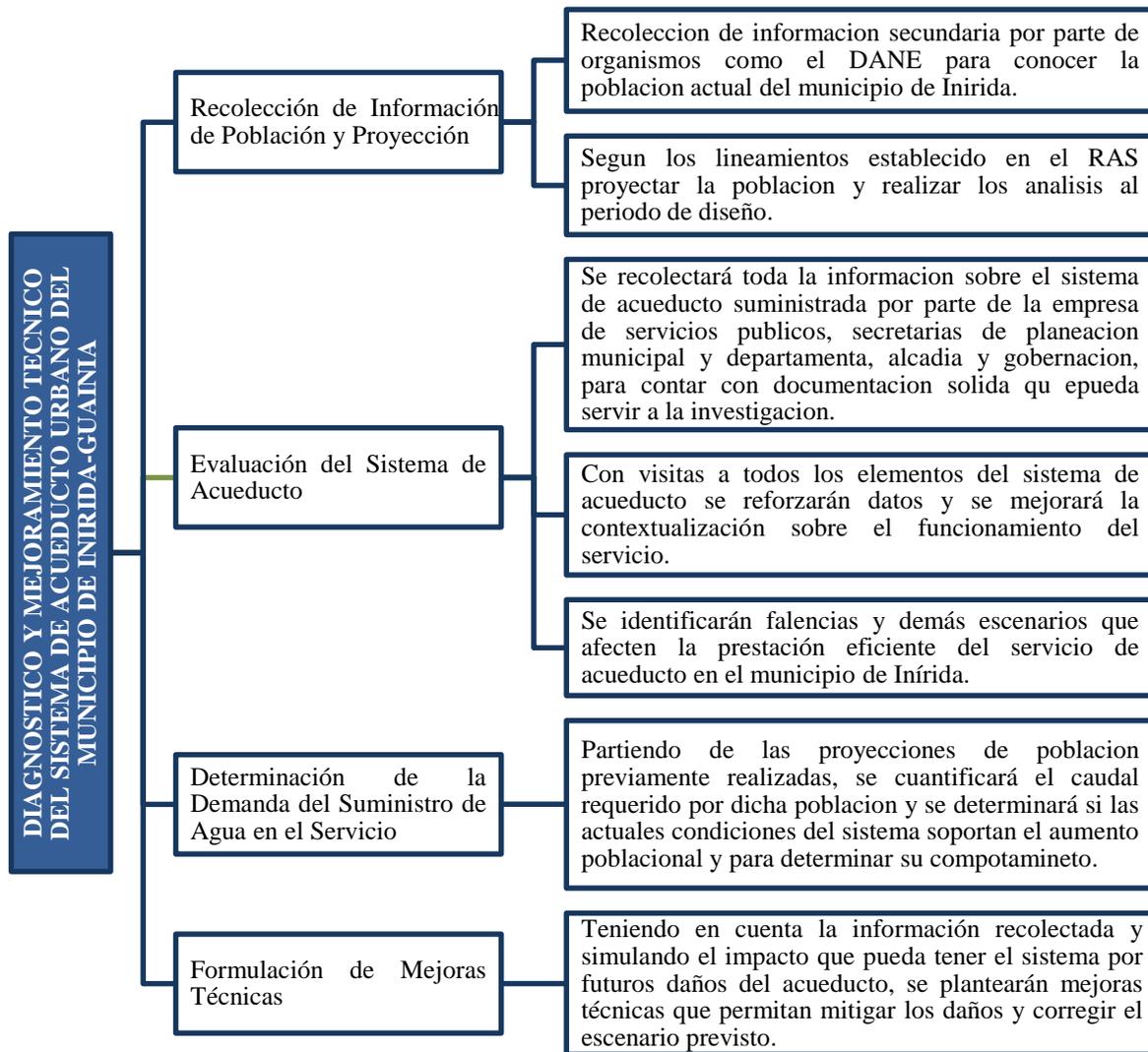


Imagen 6. 1 Esquema metodológico para la elaboración del diagnóstico y el mejoramiento técnico del sistema de acueducto.

## 6.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE POBLACIÓN Y PROYECCIÓN

Según información recolectada en fuentes como el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) se pudo constatar las poblaciones históricas del municipio de Inírida, tomando como punto de partida el periodo de diseño (25 años) se estableció que las proyecciones y demás circunstancias constatadas en este trabajo se van a realizar hacia el año 2045, en cuanto a proyecciones de población, caudales de diseño, diseños hidráulico, estructurales, etc.

Como se estipulo en la Tabla No. 1 en cuanto a niveles de complejidad y en la Tabla No. 2 sobre Métodos de Cálculo permitidos según el nivel de complejidad del sistema se hicieron las relaciones respectivas y como se muestra en la Tabla 6.1 el número de habitantes en el municipio de Inírida hasta el año 2015.

AÑO	POBLACION (Hab)
1985	5.513
1990	6.808
1995	8.060
2000	9.445
2005	1.0793
2010	11.858
2015	12.690

Tabla 6. 1 Población del Municipio de Inírida en lapsos de 5 años.

Fuente: Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), editado por Autor (2018)

Se pudo determinar que el nivel de complejidad del sistema es Medio Alto. Por ende los métodos que se pueden utilizar de acuerdo a este nivel de complejidad y basándonos en la Tabla N°. 2 son:

Aritmético

Geométrico

Exponencial o Logarítmico

Otros

Por Componentes

Detalle por Zonas y Densidades

Para el presente estudio se realizó por los siguientes métodos:

### 6.2.1 METODO ARITMETICO

El método aritmético supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La ecuación para calcular la población proyectada es la siguiente:

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

Dónde:

$P_f$  = Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

$P_{uc}$  = Población correspondiente a la proyección del DANE (habitantes).

$P_{ci}$  = Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

$T_{uc}$  = Año correspondiente al último año proyectado por el DANE.

$T_{ci}$  = Año correspondiente al censo inicial con información.

$T_f$  = Año al cual se quiere proyectar la información.

### 6.2.2 METODO GEOMETRICO

El 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:

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

Dónde:

$r$  = Tasa de crecimiento anual en forma decimal

$P_f$  = Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

$P_{uc}$  = Población correspondiente a la proyección del DANE (habitantes).

$P_{ci}$  = Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

$T_{uc}$  = Año correspondiente al último año proyectado por el DANE.

$T_{ci}$  = Año correspondiente al censo inicial con información.

$T_f$  = Año al cual se quiere proyectar la información.

La tasa de crecimiento anual se calcula de la siguiente manera:

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

### 6.2.3 Metodo Logaritmico

El método exponencial requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población, en donde el último censo corresponde a la proyección del DANE. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y posean abundantes áreas de expansión. La ecuación empleada por este método es la siguiente:

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

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:

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

Dónde:

$P_{cp}$  = Población del censo posterior (proyección del DANE).

$P_{ca}$  = Población del censo anterior (habitantes).

$T_{cp}$  = Año correspondiente al censo posterior.

$T_{ca}$  = Año correspondiente al censo anterior.

#### 6.2.4 Método De Wappus

La ecuación de proyección de población por el método de Wappus es la siguiente:

$$P_f = P_{ci} \left[ \frac{200 + i * (T_f - T_{ci})}{200 - i * (T_f - T_{ci})} \right]$$

Donde la tasa de crecimiento se calcula a partir de la expresión:

$$i = \frac{200 * (P_{uc} - P_{ci})}{(T_{uc} - T_{ci}) * (P_{uc} - P_{ci})}$$

El modelo de crecimiento es válido siempre y cuando el término  $200 - i * (T_f - T_{ci})$  tenga un valor positivo.

### 6.3 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO

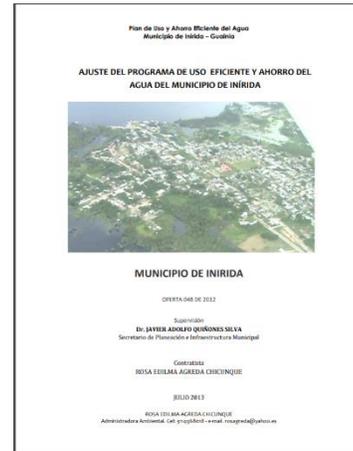
#### 6.3.1 Recolección De Información Secundaria Sobre El Funcionamiento Del Sistema De Acueducto

Por parte de la empresa de servicios públicos domiciliarios AGUAS DEL GUAINIA A.P.C se brindó información sobre todo el sistema del acueducto, los archivos brindados fueron el Plan de Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA), el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos Líquidos (PSMV), Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, Manual de Operaciones de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, bitácoras que llevan los operarios de la PTAP, las bitácoras que lleva el personal operativo en cuanto a arreglos y mantenimiento que se realizan en la red de distribución y en diversos sectores del servicio,

registros en cuanto a análisis al agua en los diversos puntos de la planta de tratamiento. La información suministrada fue de gran importancia para realización del trabajo aunque dicha información no estaba en completas condiciones ya que por diversos factores como el cambio en las administraciones de la empresa y la negligencia en cuanto a la manipulación de la misma.



*Imagen 6. 2 Guías de operación y mantenimiento de planta de potabilización de agua (PTAP) y planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) para el municipio de Inírida en el Departamento de Guainía. Módulo 2. Operación y mantenimiento de PTAP. Fuente: Aguas del Guainía A.P.C, editado por autor (2018)*



*Imagen 6. 3 Ajuste al Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua del Municipio de Inírida.*

*Fuente: Aguas del Guainía A.P.C, editado por autor (2018)*



*Imagen 6. 4 Construcción del Plan Maestro del Sistema de Acueducto del Municipio de Inírida, Departamento del Guainía.*

*Fuente: Aguas del Guainía A.P.C, editado por autor (2018)*



*Imagen 6. 5 Formulación Y Elaboración Del Plan Maestros De Acueducto Y Alcantarillado Y Actualización Del PSMV del Casco Urbano De La Ciudad De Puerto Inírida - Departamento Del Guainía.*

*Fuente: Aguas del Guainía A.P.C, editado por autor (2018)*

### **6.3.2 Visitas A Elementos Del Sistema De Acueducto**

Para realizar las visitas al sistema de acueducto se contó con el apoyo del personal de la empresa AGUAS DEL GUAINIA APC, que brindaron el acompañamiento durante un recorrido a los elementos del sistema, iniciando por la obra de captación que se encuentra inmersa en el río Inírida, durante el recorrido se hacen visibles algunos tramos de la tubería de aducción, ya que por encontrarse la bocatoma a una gran distancia de la planta de tratamiento en la construcción de todo el sistema se optó por establecer esta tubería por debajo de las calles del municipio de Inírida, al llegar a la PTAP se realizó un recorrido por todas las estructuras de la planta contextualizando un poco sobre su funcionamiento y demás factores que involucran al sistema de acueducto.

Una vez realizado todo el recorrido y con la aprobación del gerente de la empresa Héctor Eliecer Córdoba Maldonado se generó la autorización para la libre circulación por todo el sistema, se hicieron alrededor de 10 visitas a la PTAP y unas cuantas al sistema de captación debido a que por su distancia no era de fácil acceso, se necesitaba la ayuda de un bote para su acceso, se coordinaron las visitas y se pudo lograr llegar al lugar. Con estas visitas, se pudo entender mejor el funcionamiento y por la libre circulación brindada por la empresa se facilitó la recolección de información, de igual forma se realizaron encuentros con el personal operativo de la obra de captación, la PTAP y el equipo encargado del mantenimiento de redes de acueducto donde se tocaban temas referente al sistema de acueducto, se entablaron lazos de comunicación que facilitaba el acceso a la información y se trabajó de manera conjunta con ellos ya que se realizó un contrato por prestación de servicios (OPS) donde la empresa delegó al autor para la elaboración de las actividades estipuladas a la empresa en el marco de los planes como el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos Líquidos (PSMV), Plan de Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA) y Plan de Gestión de Residuos Sólidos (PGRIS). Esta delegación ayudó a adentrarse en el campo de los servicios de Acueducto, Alcantarillado y Aseo que manejaba la empresa AGUAS DEL GUAINIA A.P.C.

Con las visitas que se realizaron al sistema se pudo determinar las falencias que presenta el sistema de acueducto, en algunas ocasiones se necesitó la presencia del autor para la solución de problemas relacionados con el sistema de acueducto que requerían el diagnóstico y el concepto ingenieril, por parte de la empresa se consiguió la plena confianza para generar conceptos y de esa manera dar solución a algunos problemas para mejorar el servicio y solucionar los problemas generados.

### **6.4 DETERMINACION DE LA DEMANDA DEL SUMINISTRO DE AGUA EN EL SERVICIO**

De acuerdo a la proyección de población calculada y según los lineamientos del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) en cuanto a la metodología

para el diseño del acueducto el paso a seguir para la planeación es el cálculo del caudal de diseño que utilizara la población determinada, para eso en base a la información mencionada en el numeral 5.3.2.2 del presente documento sobre la demanda de agua donde se abarcan temas como caudal medio diario, caudal máximo diario, caudal máximo horario y demás factores para determinar el caudal de diseño.

## **6.5 FORMULACION DE MEJORAS TECNICAS AL SISTEMA DE ACUEDUCTO URBANO DEL MUNICIPIO DE INIRIDA**

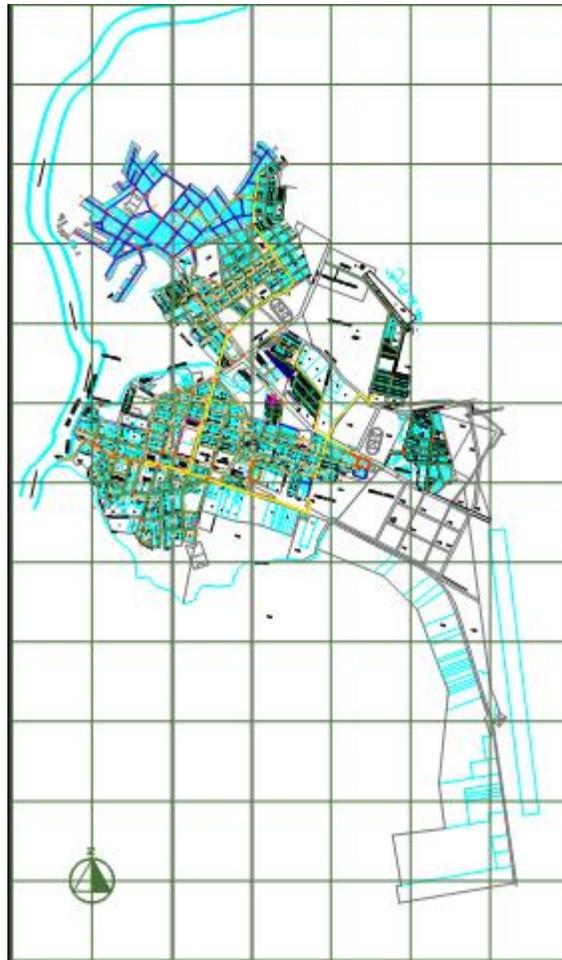
Tomando como referencia los resultados de las anteriores fases de este trabajo se presentaran mejoras técnicas en cuanto al diseño, la manipulación y demás temas que involucre el sistema de acueducto en el municipio de Inírida, esta formulación de mejoras técnicas servirá a la empresa AGUAS DEL GUAINIA A.P.C y al municipio en general ya que estos conceptos se podrán tomar como base en cuanto a la implementación más adelante de alguna modificación del sistema, las interacciones de caudales y estructuras determinaran la capacidad del sistema de acueducto, donde se podrá identificar si el sistema esta condiciones de soportar el aumento significativo de la población del municipio y de no estarlo prever las posibles soluciones para los futuros problemas.

Para establecer esta formulación de mejoras técnicas se analizaron minuciosamente las condiciones del servicio, con el diagnostico que se elaboró se identificaron las eventuales fallas en los componentes del mismo y con el caudal futuro se acoplo en las estructuras ya establecidas y de allí se pudieron determinar las mejoras técnicas.

En base al caudal de diseño se evaluara el comportamiento de las estructuras del sistema como capacidad de la bomba, caudal soportado por las tuberías de aducción y conducción, capacidad del desarenador, la PTAP y el comportamiento en la red de distribución, para ello se realizaran los cálculos sobre todos los sistemas con las condiciones actuales en cuanto a dimensiones del sistema para así poder determinar dicha capacidad, el autor en base a que ningún organismo cuenta con los diseños originales del sistema elaborara cada diseño aclarando que será con la información recolectada en los pasos anteriores.

En cuanto a la red de distribución del sistema se va a utilizar el software llamado EPANET 2.0. Para llevar a cabo la simulación hidráulica en EPANET es necesario conocer ciertas características propias de la red de distribución del municipio como lo es información topográfica consignada en las curvas de nivel para la determinación de alturas, el uso del plano de catastro de redes para la entrega de longitudes, diámetros, materiales y accesorios de la red, entre otras.

Sobre la plataforma de AutoCAD se empieza realizando una depuración de información del catastro de redes de acueducto donde se evidencian los diámetros y longitudes de la tubería perteneciente a la red como se muestra en la figura 6.6



*Imagen 6. 6 Red de Distribución del Municipio de Inírida.  
Fuente: Aguas del Guainía APC – Gutiérrez (2018)*

Así mismo se realiza la depuración de las curvas de nivel, correspondientes a las cotas rasantes del municipio que posteriormente serán utilizadas para determinar la elevación de cada nodo de la red.

El proceso que se realiza en la herramienta muy utilizada en Sistemas de Información Geográfica (SIG) ArcGIS se basa en determinar las áreas aferentes a cada nodo de la red del sistema de acueducto urbano del municipio de Inírida, esto con el fin de calcular la demanda que requerirá cada uno de estos.

Y en EPANET con los datos obtenidos en las anteriores depuraciones se procede a montar toda la información obtenida, dicha información corresponde a datos tales como elevaciones

y demandas por nodos, diámetros y longitudes de tuberías junto con coordenadas de los nodos.

En el proceso de la articulación de todos pasos se puede obtener de manera óptima la simulación hidráulica de una red de distribución.

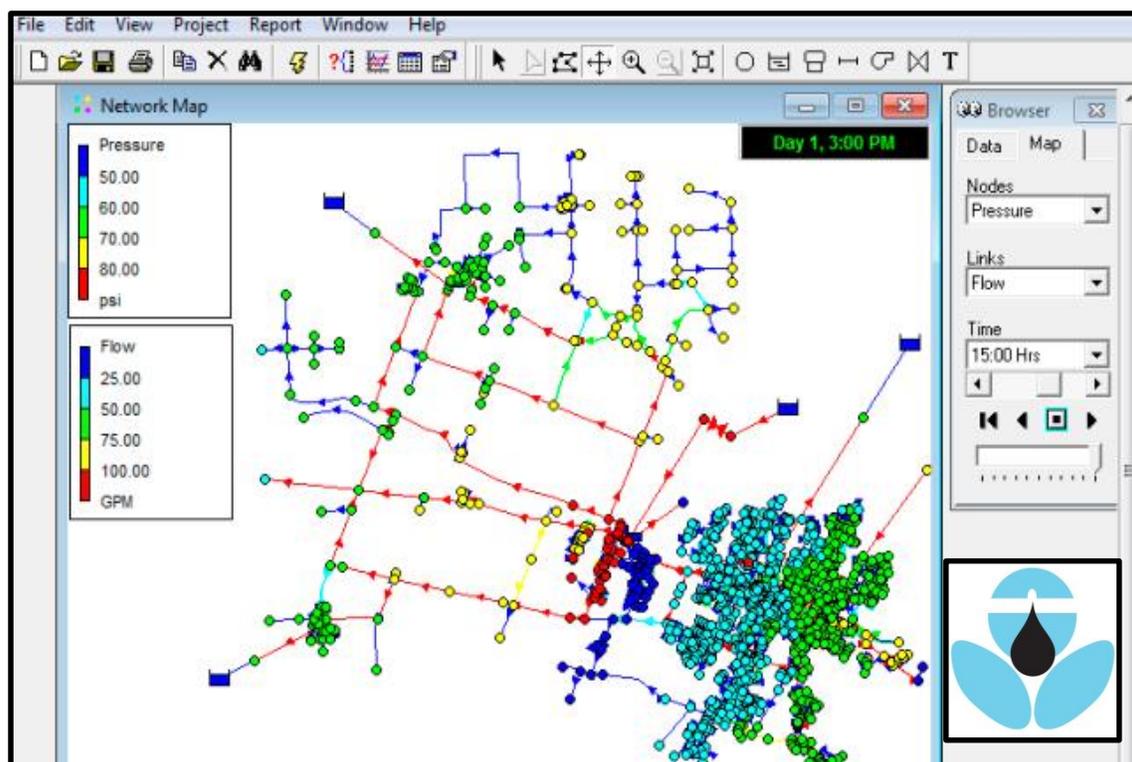


Imagen 6. 7 Ejemplo de utilización de EPANET 2.0 como programa de simulación hidráulica de redes de distribución.

Fuente: eadic Formación y Consultoría, editado por autor (2018)

Para la implementación de este programa se necesitó la red distribución en el municipio de Inírida, por parte la empresa AGUAS DEL GUAINIA A.P.C no se encontró información lo suficientemente completa sobre el tema, el jefe operativo Hermer Enrique Rincón fue pionero y realizo presencia en el municipio cuando se instalaron las redes de distribución, debido a sus conocimientos netamente empíricos desarrolló la capacidad de conocer toda la red de distribución del municipio, el autor con ayuda del señor Rincón elaboraron de manera digital la red de distribución logrando identificar en su totalidad los recorridos y en base a planos del municipio se digitalizo la información, la información plasmada fue verificada por medio de visitas a tramos del acueducto estratégicos donde se logró identificar la veracidad de la información suministrada.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSION

### 7.1 Proyección De Población Del Municipio De Inírida

De acuerdo a las características poblacionales que tiene el municipio de Inírida y a los lineamientos que establece el RAS, las proyecciones, la identificación de caudal y demás recomendaciones se harán teniendo como meta el año al 2045 con un periodo de diseño de 25 años; a continuación se presentan las tablas con los datos y los métodos utilizados y explicados anteriormente según el RAS y otras determinaciones.

#### 7.1.1 Método Aritmético

Método Aritmético		Población Proyectada					
Pci	Kg	2020	2025	2030	2035	2040	2045
1985	239,233333	13886,17	15082,33	16278,50	17474,67	18670,83	19867,00
1990	235,28	13866,40	15042,80	16219,20	17395,60	18572,00	19748,40
1995	231,5	13847,50	15005,00	16162,50	17320,00	18477,50	19635,00
2000	216,333333	13771,67	14853,33	15935,00	17016,67	18098,33	19180,00
2005	189,7	13638,50	14587,00	15535,50	16484,00	17432,50	18381,00
2010	166,4	13522,00	14354,00	15186,00	16018,00	16850,00	17682,00
<b>Promedio</b>	<b>213,074444</b>	<b>13755,37</b>	<b>14820,74</b>	<b>15886,12</b>	<b>16951,49</b>	<b>18016,86</b>	<b>19082,23</b>

Tabla 7. 1 Proyección de Población al 2045 por Método Aritmético.

#### 7.1.2 Método Logarítmico

Método Logarítmico		Población Proyectada					
Pci	Kg	2020	2025	2030	2035	2040	2045
1985	0,04219789	24143,98	29815,39	36819,00	45467,76	56148,10	69337,26
1990	0,033763033	17972,00	21277,08	25189,96	29822,42	35306,81	41799,77
1995	0,031714389	16728,48	19603,04	22971,55	26918,89	31544,53	36965,03
2000	0,026682455	14027,15	16029,12	18316,81	20931,01	23918,30	27331,95
2005	0,018820994	10653,02	11704,21	12859,12	14128,00	15522,08	17053,72
2010	0,013562307	8862,15	9483,95	10149,38	10861,50	11623,58	12439,13
<b>Promedio</b>	<b>0,027790178</b>	<b>15397,80</b>	<b>17985,46</b>	<b>21050,97</b>	<b>24688,26</b>	<b>29010,57</b>	<b>34154,48</b>

Tabla 7. 2 Proyección de Población al 2045 por Método Logarítmico.

### 7.1.3 Método De Wappus

Método de Wappus		Población Proyectada					
Pci	i	2020	2025	2030	2035	2040	2045
1985	2,62850446	14905,08	17733,93	21472,72	26644,60	34268,89	46632,04
1990	2,41337573	14533,91	16762,99	19512,02	22986,93	27518,97	33677,05
1995	2,2313253	14295,22	16169,63	18387,12	21051,40	24312,61	28396,68
2000	1,95467209	14034,47	15552,82	17281,12	19266,16	21569,72	24275,17
2005	1,61563684	13769,28	14952,55	16255,59	17697,56	19301,94	21097,79
2010	1,35571126	13582,50	14542,34	15577,46	16697,05	17911,91	19234,73
<b>Promedio</b>	<b>2,03320428</b>	<b>14186,74</b>	<b>15596,06</b>	<b>17402,66</b>	<b>20723,95</b>	<b>22123,03</b>	<b>25336,28</b>

Tabla 7. 3 Proyección de Población al 2045 por Método de Wappus.

### 7.1.4 Método De Crecimiento Geométrico

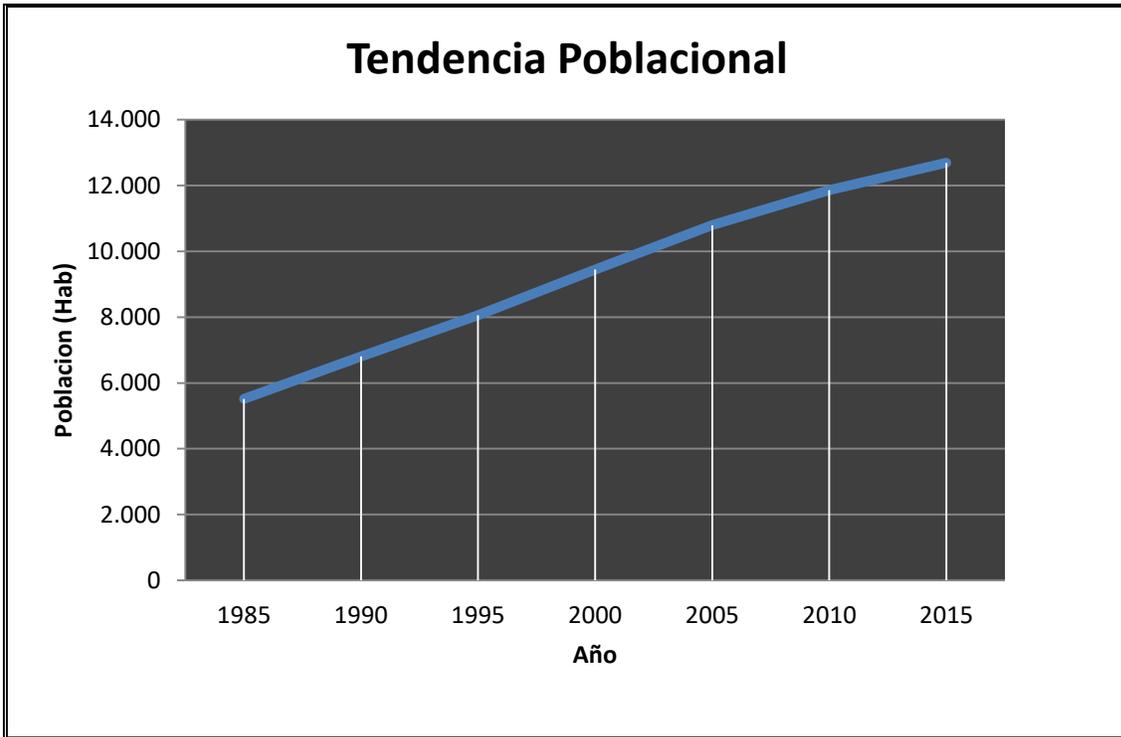
Método de Crecimiento Geométrico		Población Proyectada					
Pci	r	2020	2025	2030	2035	2040	2045
1985	0,028179927	14581,67	16755,32	19253,00	22123,00	25420,83	29210,25
1990	0,025221448	14373,09	16279,40	18438,55	20884,08	23653,95	26791,20
1995	0,022954528	14214,88	15923,00	17836,37	19979,67	22380,50	25069,84
2000	0,019883684	14002,80	15451,41	17049,88	18813,71	20760,02	22907,67
2005	0,016323446	13760,09	14920,42	16178,59	17542,86	19022,18	20626,23
2010	0,013654693	13580,38	14533,22	15552,93	16644,18	17811,99	19061,75
<b>Promedio</b>	<b>0,021036287</b>	<b>14085,48</b>	<b>15643,80</b>	<b>17384,89</b>	<b>19331,25</b>	<b>21508,24</b>	<b>23944,49</b>

Tabla 7. 4 Proyección de Población al 2045 por Método de Crecimiento Geométrico.

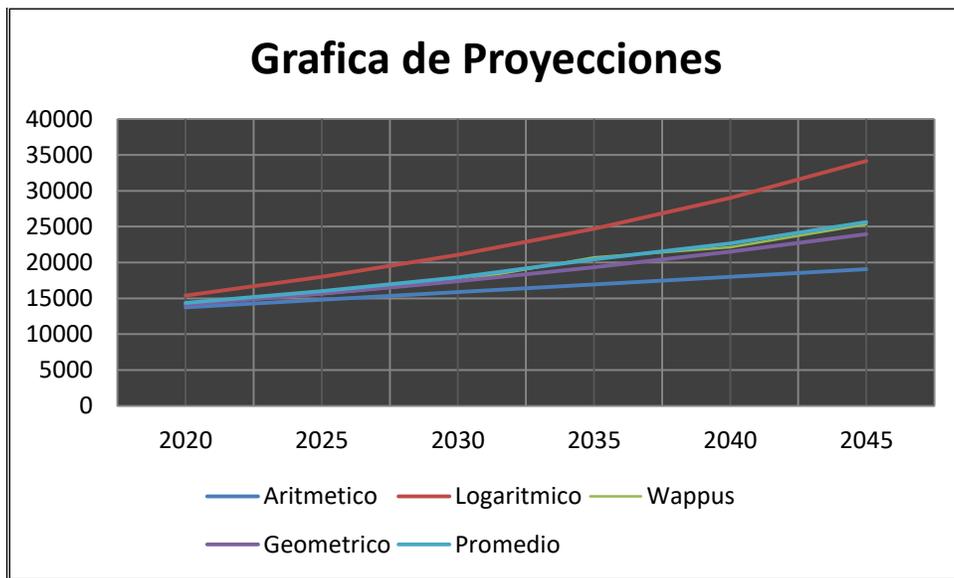
Después de establecer la población en el municipio de Inírida para el 2045 por diferentes métodos, se graficó y promedió el comportamiento de todos ellos, analizando la tendencia de crecimiento y el comportamiento de crecimiento de la población en todos los métodos utilizados para establecer así la población que finalmente será atendida.

Año	Aritmético	Logarítmico	Wappus	Geométrico	Promedio
2020	13755	15398	14187	14085	14356
2025	14821	17985	15596	15644	16012
2030	15886	21051	17403	17385	17931
2035	16951	24688	20724	19331	20424
2040	18017	29011	22123	21508	22665
2045	19082	34154	25336	23944	25629

Tabla 7. 5 Promedio de los métodos utilizados para la proyección de la población.



*Grafica 7. 1 Tendencia Poblacional del municipio de Inírida al 2015*



*Grafica 7. 2 Graficas de población por los métodos establecido por el RAS en cuanto a la proyección de población.*

Teniendo en cuenta los resultados y rigiéndose por el RAS y otros autores expertos en la elaboración de sistemas de acueductos como López Cualla, el número de habitantes que se

va a optar es de 25.629 habitantes para el municipio de Inírida para el 2045. Los cálculos en cuanto a determinación de caudales y por ende a la interacción con los elementos del sistema de acueducto se va a regir de acuerdo a esta población.

## **7.2 EVALUACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE INIRIDA**

A continuación, se presenta una descripción general del sistema de acueducto del municipio de Inírida Guainía, teniendo en cuenta que posteriormente se describe en detalle cada uno de sus componentes del Diagnóstico y su estado operativo actual.

El Sistema de Acueducto Urbano de Inírida, se abastece del Río Inírida, ofrece a la ciudadanía un servicio de agua no apta para el consumo debido a falla estructurales presentadas en la planta de tratamiento, lo anterior, obedece a que a la estructura se mantuvo sin uso por un periodo superior a 8 años. El 67% de la población se abastece por sus propios medios de agua de acuíferos subterráneos de mejor calidad, aunque sin tratamiento.

El sistema de acueducto del área urbana de la ciudad de Inírida dispone de una fuente de abastecimiento que corresponde al Río Inírida. El sistema existente funciona por gravedad y está conformado por: Captación, Planta de tratamiento y tanques de almacenamiento para distribuir el agua desde éstos a través de la red de distribución. Los componentes hidráulicos que conforman el sistema se relacionan a continuación. Según el Plan de Desarrollo Municipal, el casco urbano de Inírida tiene un cubrimiento del 33%. Fuente, cálculos de la consultoría (Consortio Aguas del Oriente, 2013).

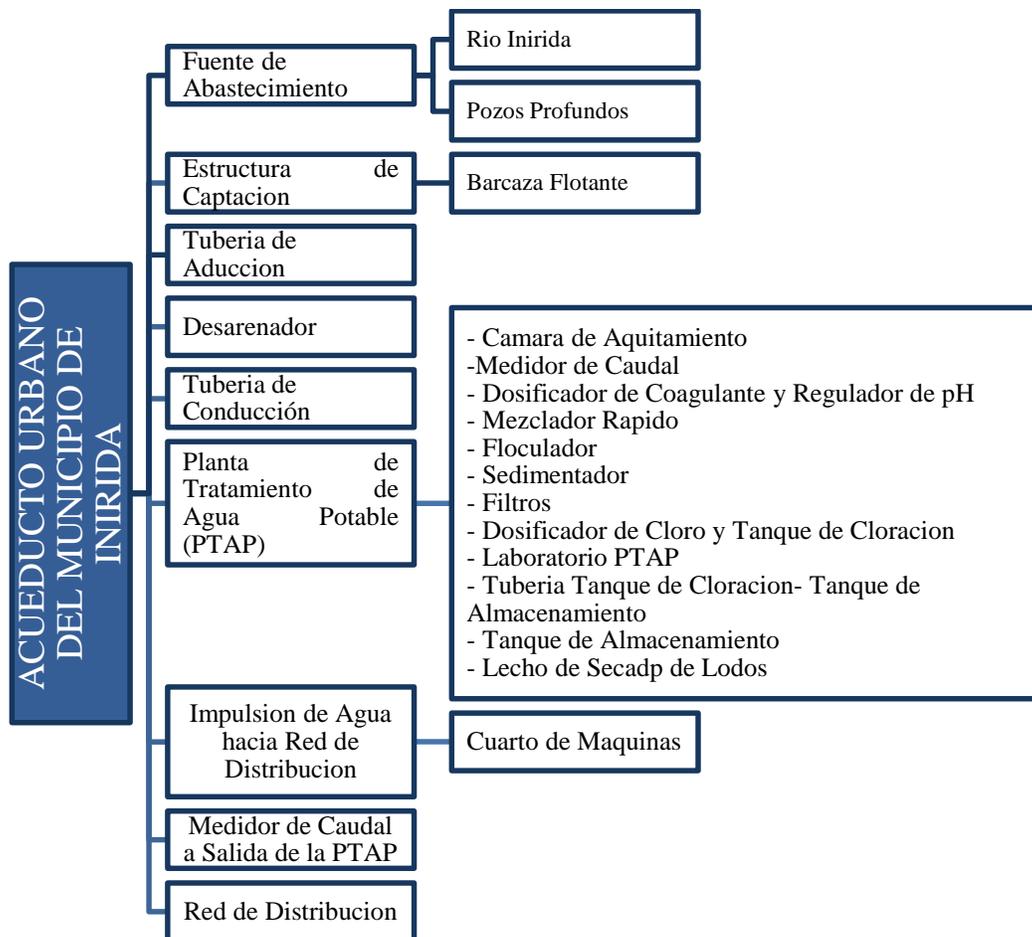


Imagen 7. 1 Esquema de Funcionamiento del sistema de acueducto urbano del municipio de Inírida.  
Fuente: Autor (2018)

El sistema de acueducto del municipio de Inírida se abastece del agua proveniente del Río Inírida, con el cual se presta el servicio a 1081 usuarios registrados en el catastro de empresa de Servicios Público según el registro de facturación de la empresa a Noviembre de 2018, el agua suministrada por el acueducto es utilizada para todas las actividades domésticas y en algunas ocasiones para el consumo humano de la población. En este suministro también se incluye el servicio a usuarios comerciales, oficiales e Institucionales, clasificada como segura para el uso en actividades domésticas. Actualmente existe una planta de tratamiento de agua potable donde se realiza un tratamiento de tipo primario convencional, se identifican problemas de mantenimiento de los sistemas de Captación, conducción y almacenamiento, sumados a los problemas de constantes inundaciones que se presentan en la zona, generando problemas de abastecimiento, daños en tuberías.

Durante los meses de Marzo a Septiembre del 2018 el municipio de Inírida sufrió la mayor catástrofe natural producida por la fuerte ola invernal que afectó a todo el departamento del Guainía, los niveles del río Inírida sobrepasaron todos los datos históricos.

En cuanto al sistema de acueducto del municipio de Inírida, la empresa aguas del Guainía A.P.C sufrió de diferentes afectaciones en cuanto a variaciones en cuanto a la composición fisicoquímicas o las propiedades del agua lo que generaba un cambio casi completo en el manejo de la planta de tratamiento, realizando los análisis respectivos en cuanto a la adición de coagulantes y demás químicos para el tratamiento de la misma, en la parte del sistema de bocatoma y aducción con gran cambio en sus niveles la barcaza flotante que es la unidad utilizada para captar el agua se desplazaba de manera vertical lo que en la etapa de la tubería de aducción generaba un movimiento den el brazo conector de la tubería, debilitando la estructura, generando fugas por el mismo movimiento, en la planta de tratamiento como se mencionó anteriormente las características fisicoquímicas del agua fueron cambiando drásticamente lo que por lo general requiere un cambio en la dosificación de los químicos y demás sustancias para su posterior tratamiento, en cuanto a las redes de distribución por el aumento en los niveles del rio algunas viviendas resultaron afectadas y por tanto las acometidas o tuberías domiciliarias resultaron de igual forma afectadas, generando colmatación en las tuberías lo que ocasionaba en alguno casos fugas y fisuras en las tuberías madre del sistema, lo que a la empresa de servicios Aguas del Guainía A.P.C afecto en la parte de operatividad.



*Imagen 7. 2 Afectación por Ola Invernal en el Municipio de Inírida.*



*Imagen 7. 3 Afectación por Ola Invernal en el Municipio de Inírida.*



*Imagen 7. 4 Afectación por Ola Invernal en el Municipio de Inírida.*



*Imagen 7. 6 Afectación por Ola Invernal en el Municipio de Inírida.*



*Imagen 7. 5 Afectación por Ola Invernal en el Municipio de Inírida.*



*Imagen 7. 7 Afectación por Ola Invernal en el Municipio de Inírida.*

*Imagen 7. 8*

## **7.2.1 Descripción De Los Componentes Del Sistema De Acueducto Urbano Del Municipio De Inírida**

Se presentará un diagnóstico detallado de los componentes unitarios de todo el sistema de acueducto, estableciendo características de los elementos, funcionalidad, capacidad, cobertura, funcionamiento, etc.

### **7.2.1.1 Fuentes De Abastecimiento**

Según la información de campo recolectada para el Diagnóstico, El Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado de Inírida, cuenta con dos sistemas de abastecimiento, el primero se hace a partir de pozos profundos unifamiliares y el segundo, a partir del sistema de acueducto que se abastece a partir del Río Inírida y suministra el líquido el 33% de la población actual del casco urbano.

#### **7.2.1.1.1 Fuente De Abastecimiento Unifamiliar (Pozos Profundos)**

Los sistemas de abastecimiento de tipo unifamiliar surten gran parte de la ciudad y consiste en: Un pozo vertical profundo de acumulación de aguas lluvias en complemento con un sistema mecánico de succión de agua (motobomba). Mediante esta fuente se mitiga el uso de dicho recurso para el lavado de ropa, riego y descargas sanitarias de las viviendas.

Según estudios realizados en el municipio de Inírida por el consorcio Aguas del Oriente para la creación e implementación del plan maestro de acueducto y alcantarillado en el 2013, con respecto a los pozos profundos se identificó que la zona de estudio presenta depósitos aluviales caracterizados por tener una alta permeabilidad. El estudio presentó además que de acuerdo a pruebas geológicas realizadas en el aeropuerto de Inírida, la zona presenta buenas condiciones para el aprovechamiento de agua subterránea a partir de los 1.5 metros; a mayor

profundidad se encuentran depósitos de arcillas y arenas saturadas con agua, constituyendo el principal acuífero el área., mientras que después de los 40 m de profundidad se encuentra el basamento hidrogeológico, es decir no hay posibilidades de encontrar agua subterránea. Dicho consorcio realizó pruebas de bombeo a 4 pozos existentes dentro de la Ciudad de Inírida, todos los pozos son semiconfinados, en resumen se obtuvieron los siguientes resultados:

CARACTERISTICAS DEL POZO	BARRIO EL GALAN	HOSPITAL REGIONAL	BARRIO EL PALMAR	BARRIO LA PRIMAVERA	TOTAL CAUDAL
Caudal Máximo Explotación (l/s)	8	16	6	6	36
Profundidad Construida (mts)	18	22	18.5	17	
Diámetro de Perforación (Pulg)	12 1/4	12 1/4	12 1/4	12 1/4	
Diámetro de Entubado (Pulg)	6	6	6	6	
Abatimiento (m)	12.6	14.58	13	11.4	

*Tabla 7. 6 Resultado de pruebas de bombeo en Inírida.  
Fuente: Consorcio Aguas del Oriente, editado por autor (2018)*

#### **7.2.1.1.2 Fuente De Abastecimiento Superficial (Rio Inírida)**

Según el contrato de consultoría 289 del 2012, el caudal captado de la fuente oscila entre los 24 y 26 l/s. Esta fuente, presenta un nivel de riesgo por contaminación de aguas producto de las actividades de explotación minera que se realizan aguas arriba de la captación, de igual manera las actividades portuarias desarrolladas aproximadamente a 200 metros aguas arriba de la captación, contribuyen también, al deterioro de la calidad de agua para consumo Humano.



*Imagen 7. 9 Fuente de Abastecimiento para el acueducto urbano del municipio de Inírida (Rio Inírida)*



*Imagen 7. 10 Fuente de Abastecimiento para el acueducto urbano del municipio de Inírida (Rio Inírida)*



*Imagen 7. 11 Fuente de Abastecimiento para el acueducto urbano del municipio de Inírida (Rio Inírida)*



*Imagen 7. 12 Fuente de Abastecimiento para el acueducto urbano del municipio de Inírida (Rio Inírida)*



Imagen 7. 13 Fuente de Abastecimiento para el acueducto urbano del municipio de Inírida (Rio Inírida)  
 Fuente: Google Maps, editado por autor (2018)

De acuerdo con los reportes de la Oficina de Servicios del Municipio de Inírida y los habitantes del sector, dada la extensa longitud del Rio Inírida y las áreas de drenaje que lo alimentan durante todo su trayecto, esta fuente no presenta problemas de suministro aun época de verano, manteniendo el caudal necesario para el abastecimiento del municipio.

En el año 2013 el Consorcio Aguas del Oriente realizo 1 muestreo de la calidad del agua en el sitio de captación sobre el Rio Inírida, este análisis de calidad del agua, fue contratado por el Consorcio Aguas del Oriente al Laboratorio Ambiental TECNOAmbiental SAS de la ciudad de Villavicencio, quienes se encargaron de realizar los ensayos de calidad de agua cruda. De la muestra de agua cruda tomada en la fuente superficial, se extrae la siguiente información:

Con base a los resultados obtenidos y según los lineamientos de la Resolución 2115 de 2007 por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano, se clasificaron los

parámetros en base a que “Cumple” o “No Cumple” conforme a lo establecido en la resolución.

PARAMETRO	UNIDAD	MAXIMO PERMISIBLE	RESULTADO	ANALISIS
Alcalinidad Total	mg CaCO3/l	200	<3	Cumple
Arsénico	mg/l As	0.001	<0.005	Cumple
Calcio	mg Ca/l	60	1	Cumple
Cianuro	mg/l CN-	0.05	<0.02	Cumple
Cloro Residual Libre	mg Cl2/l	0.3 – 2	<0.05	No Cumple
Cloruros	mg Cl-/l	250	2	Cumple
Cobre	mg Cu/l	1	<0.05	Cumple
Color Aparente	UPC	15	80	No Cumple
Conductividad	µS/cm	1000	14	Cumple
Cromo Hexavalente	mg Cr+6	0.05	<0.02	Cumple
D.B.O 5	mg O2/l		<5	-----
Dureza Toral	mg CaCO3/l	300	4	Cumple
Fluoruros	mg F/l	1	<0.3	Cumple
Fosfatos	mg P-PO4/l	0.5	<0.05	Cumple
Grasas y Aceites	mg/l		0.9	Presencia
Hidrocarburos Totales	mg/l		<0.5	Tamiz mínimo
Hierro Total	mg Fe/l	0.3	0.4	No Cumple
Magnesio	mg Mg/l	36	<1	Cumple
Manganeso	mg Mn/l	0.1	<0.06	Cumple
Mercurio	mg/l Hg	0.001	<0.002	Tamiz mínimo
Nitratos	mg NO2/l	10	8.96	Cumple
Nitritos	mg NO3/l	0.1	<0.03	Cumple
pH	UN	6.5-9	4.43	No Cumple
Plomo	mg Pb/l	0.01	<0.125	Tamiz mínimo
Sulfatos	mg SO4/l	250	<3	Cumple
Turbiedad	NTU	2	2	Cumple
Zinc	mg Zn/l	3	<0.02	Cumple

Tabla 7. 7 Análisis Fisicoquímico de la Fuente de Abastecimiento Superficial.

Fuente: Consorcio Aguas del Oriente-TecnoAmbiental-Resolución 2115/2007, editado por autor (2018)

PARAMETRO	UNIDAD	MAXIMO PERMISIBLE	RESULTADO	ANALISIS
Coliformes Totales	NMP/100ml	0	2247	No Cumple
Escherichia Coli	NMP/100ml	0	52	No Cumple

Tabla 7. 8 Análisis Microbiológico de la Fuente de Abastecimiento Superficial.

Fuente: Consorcio Aguas del Oriente-TecnoAmbiental-Resolución 2115/2007, editado por autor (2018)

Teniendo en cuenta que el agua suministrada requiere y debe sea apta para consumo humano y de acuerdo con caracterizaciones realizadas por estudios anteriores, es necesario que el agua captada del río sea tratada en parámetros tales como Cloruros, Color Aparente, Hierro Total, pH, Coliformes Totales y Escherichia Coli y realizar además campañas a corto plazo para la recolección de las grasas y aceites en el sitio de captación provenientes de los equipos de bombeo.

Considerando el literal A.11.2.2 de las normas RAS donde se definen los procesos mínimos de tratamiento en función de la calidad de agua de la fuente, se encuentra el tipo de

tratamiento que necesita la fuente superficial o subterránea según sus características físicas, químicas y organolépticas, como se muestra a continuación:

PARAMETROS	UNIDAD	FUENTE ACEPTABLE	FUENTE REGULAR	FUENTE DEFICIENTE	FUENTE MUY DEFICIENTE
DBO 5 días Promedio Mensual	mg/l O <sub>2</sub>	≤ 1.5	1.5 – 2.5	2.5 – 4	> 4
DBO 5 días Máximo Diario	mg/l O <sub>2</sub>	1 – 3	3 – 4	4 – 6	> 6
Coliformes Totales	NMO/100 ml	0 – 50	50 – 500	500 – 5000	> 5000
Oxígeno Disuelto	mg/l O <sub>2</sub>	≥ 4	≥ 4	≥ 4	< 4
pH Promedio	UN	6.0 – 8.5	5.0 – 9.0	3.8 – 10.5	3.8 – 10.5
Turbiedad	UNT	<2	2 – 40	40 – 150	≥ 150
Color Verdadero	UPC	<10	10 – 20	20 – 40	≥ 40
Gusto y Olor		Inofensivo	Inofensivo	Inofensivo	Inaceptable
Cloruros	mg/l Cl <sup>-</sup>	<50	50 – 150	150 – 200	300
Fluoruros	mg/l F	<1.2	<1.2	<1.2	>1.7
Grado de Tratamiento					
Necesidad de Tratamiento Convencional	NO	NO	Si, a veces	SI	
Necesidad de Tratamientos Específicos	NO	NO	NO	SI	
Procesos de Tratamiento Utilizados	(1) Desinfección + Estabilización	(2) Filtración lenta o Filtración Directa + (1)	(3) Pre tratamiento + Coagulación + Sedimentación + Filtración Rápida o Lenta	(4) (3) + Tratamientos Específicos	

Tabla 7. 9 Procesos Mínimos de Tratamiento Según la Calidad de la Fuente.

Fuente: Consorcio Aguas del Oriente- Tabla B.2.1 Calidad de la fuente. RAS-200. Sistemas de Acueducto., editado por autor (2018)

Teniendo en cuenta la información anterior se observa que los valores de turbiedad, cloruros y fluoruros se encuentran en la categoría de Aceptable y regular, mientras que los valores de DBO<sub>5</sub>, color verdadero, pH y Coliformes totales se encuentran dentro de los valores de una fuente de agua deficiente y muy deficiente. Con lo anterior, se concluye la fuente de abastecimiento Río Inírida se clasifica como una fuente deficiente desde el punto de vista de su calidad físico-química y bacteriológica, por lo que requiere de un sistema del tipo convencional para su tratamiento, el cual debe contar con los procesos de pre tratamiento, coagulación, sedimentación, Filtración rápida o lenta y desinfección.

### 7.2.1.2 Sistema De Captación

El sistema de captación del municipio de Inírida es un sistema de Barcaza Flotante sobre el Río Inírida. Este sistema fue instalado hace más de 25 años, aun así, el sistema funciona adecuadamente. La barcaza está construida con lámina corrugada en el piso y cubierta en Acero con dimensiones de 8.50 m x 10.60 m, cuyos diferenciales tienen capacidad para una tonelada. La capacidad instalada de succión es de 35 l/s, esta barcaza cuenta con bombas de 120 HP.

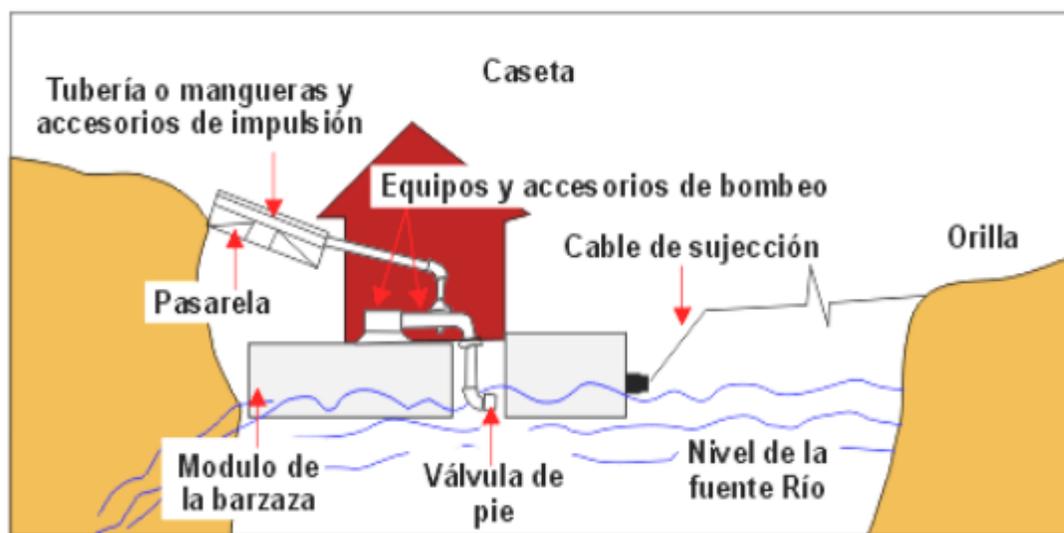


Imagen 7. 14 Esquema de Bocatoma Flotante.

Fuente: Plan de Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA), editado por autor (2018)



Imagen 7. 15 Barcaza Flotante de Captación



Imagen 7. 16 Motor de Barcaza Flotante de Captación.



*Imagen 7. 17 Tubería de Succión de Barcaza Flotante de Captación.*



*Imagen 7. 18 Sistema de Succión de Barcaza Flotante de Captación.*

El equipo de bombeo está compuesto por dos motores, un Motor Cummins Ruasati 2G6 serie 6B 1518, 1100 rpm de 170 HP, adquirido el 11 de mayo de 2005, este equipo incluye una bomba y un segundo motor marca Perkins TP F1428, este último, es un motor de contingencia. Actualmente y hace 2 años debido a las afectaciones y colapsos de los elementos del sistema de acueducto, el segundo motor se está utilizado en la Planta de Tratamiento de Agua Potable, para la impulsión hacia la red de distribución del sistema, pero es debido de las constantes inundaciones en la región la Empresa Aguas del Guainía APC conjunto con la Alcaldía Municipal propusieron la adquisición de un nuevo motor Perkins.

Otro de los componentes fundamentales del equipo de bombeo en la barcaza es una bomba de marca Hilidroma 125 - 400, con una impulsión de 118 mm, este equipo tienen un chasis, una tubería de succión, válvula de pie con coladera, tubería de descarga, válvula mariposa, cheque y tee, con una capacidad promedio de 75 l/s, el tiempo de bombeo diario es de 7 horas/día.

Para garantizar el buen funcionamiento de las máquinas y equipos del sistema, es necesario establecer un mantenimiento periódico que prolongue su vida útil ampliando con ello su periodo de rotación y renovación, incluyendo en este mantenimiento los tanques de Flotación, las rejas, el arreglo de los pisos y de la barcaza en general.

De acuerdo a la visita de campo se identificó que los motores trabajan 8 horas al día de domingo a domingo, con un consumo de 18 galones de Diesel por día, (costo \$13.700/gln). La profundidad del Rio, donde se ubica la estructura de captación es de 11 mts aproximadamente, con niveles que dificultan establecer un caudal de captación exacto. Según el Jefe Operario, el Motor trabaja a 90 PSI y cuenta con 7 años de uso. La Bomba de succión tiene 10 pulgadas con reducción a una, cuenta además con una válvula compuerta tipo mariposa, cuando se cierra la válvula de la barcaza el agua se devuelve por lo que genera

golpe de ariete que deteriora las bombas, por lo que es necesario adicionar una válvula de retención.

Uno de los problemas más frecuentes con el tipo de captación implementada en el sistema de acueducto del municipio Inírida es la inestabilidad de la estructura, lo que ocasiona arrastre de la barcaza debido a las crecientes y altas corrientes que constantemente se presenta en la zona, por lo que se recomienda, mantener las facilidades de su desplazamiento en el sentido vertical, conservar los cables y estructuras de fijación, e implementar tubería flexible y rodamiento o uniones móviles.

El mantenimiento debe ser riguroso y permanente, dirigido a la ejecución de acciones necesarias para mantener limpios los desarenadores de entrada de las bombas de operación, ya que pueden dañar el funcionamiento intrínseco de la bomba.

Es necesario realizar una purga a cada bomba antes de su funcionamiento diario, esto con el fin de evitar la intrusión de aire que pueda producir problemas de cavitación dentro de la misma. Como están son bombas que trabajan con combustibles fósiles, es necesario la revisión periódica (por lo menos anual) del sistema de combustión interno.

Como se adelantó en las disposiciones generales del primer numeral, cada que sea necesario realizar algún tipo de mantenimiento, este debe realizarse en lo posible por fuera de los horarios de operación de la bomba, esto con el fin de no afectar la continuidad del servicio, registrando el mantenimiento en cada Ficha técnica del equipo intervenido.

### **7.2.1.3 Porcentaje De Caudal Disponible Utilizado**

La empresa Aguas del Guainía APC cuenta con un permiso de captación de 45 l/s según la Resolución 171 del 18 de diciembre de 2008 otorgada por la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y oriente de la Amazonía. Actualmente (CDA) por 5 años, la cual fue prorrogada durante 5 años más por la Resolución DSG-159 del 27 de Diciembre de 2013, de acuerdo al diagnóstico de campo, solo capta 30 l/s diario. El caudal mínimo disponible del río Inírida con una probabilidad de excedencia del 95% es de 498 m<sup>3</sup>/s, el cual sobrepasa ampliamente la demanda actual e incluso la concedida en el permiso de captación.

### **7.2.1.4 Tubería De Aducción**

De la estructura de captación localizada en el río Inírida, sale una tubería de PVC de 8" de diámetro en una longitud aproximada de 28.00 m en PVC UM RDE 21, después de esto existe una expansión Ø8" a Ø10" en una longitud aproximada de 1.9 Km que llega directamente al desarenador.

La línea de aducción cuenta con dos sistemas de control, el primero se encuentra en la carrera 6ta con calle 15 (Válvula 2) y el segundo está a la entrada del desarenador. Vale la pena resaltar que la válvula número 2 se abre completamente, mientras que la válvula localizada en la entrada del desarenador es cerrada parcialmente (7 vueltas de cierre) para regular la entrada de agua a la planta de tratamiento (30 l/s).

Aunque su funcionamiento es bueno, su estado físico no lo es; esta aducción tiene más de 25 años de haber sido instalada y ya cumplió su tiempo de vida útil, además, la exposición al sol y al agua lluvia ha hecho que la tubería se vitrifique y se envejezca más rápido, lo que puede resultar en una disminución de las propiedades de impacto de la misma, evidencia de esto es la muestra de la decoloración presente.

Debido a que la Captación es de tipo flotante con elevación mecánica, cuando el cuerpo de agua tiene variaciones considerables de nivel, aumenta el riesgo de romperse el anclaje de la línea de aducción a la estructura. Por otra parte, el estado del paso elevado, no es bueno, ya que cuenta con algunos puntos críticos a los que se debe prestar especial atención para evitar así, rotura de la estructura y con esta suspensión del servicio de Acueducto a los habitantes del municipio. Además, parte de la conducción se encuentra sumergida en invierno, lo que dificultaría una reparación en caso de un accidente.



*Imagen 7. 19 Tubería de Aducción en Época de Invierno*



*Imagen 7. 20 Expansión de Tubería de 8 a 10'', Época Normal.*



*Imagen 7. 21 Salida de la caseta de Impulsión.*



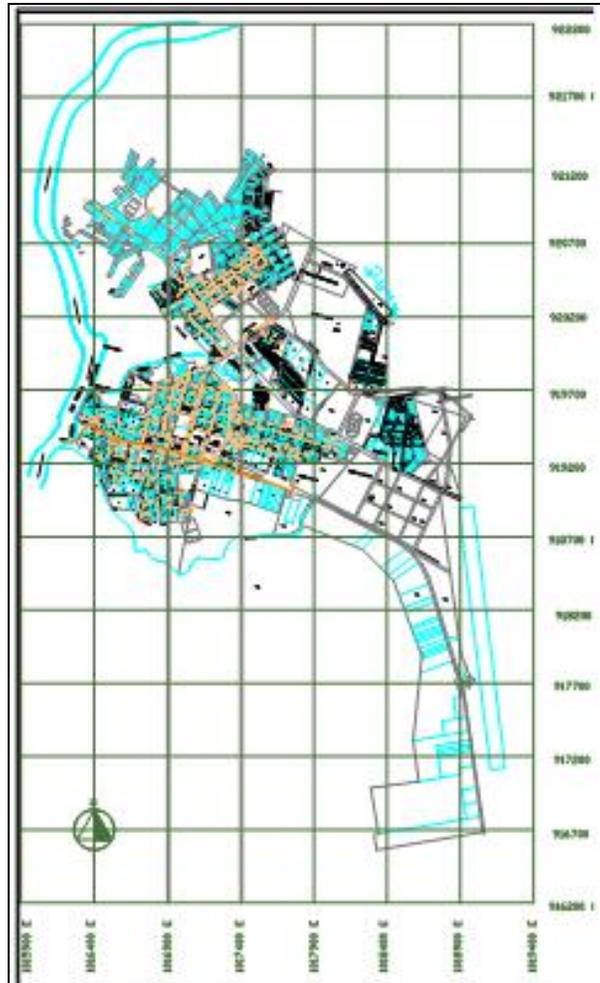
*Imagen 7. 22 Expansión de Tubería de 8 a 10'',  
Época Normal.*



*Imagen 7. 23 Tubería de Aducción, Época Normal.*



*Imagen 7. 24 Comienzo de Tubería de Aducción en Época de Verano.*



*Imagen 7. 25 Recorrido Tubería de Aducción a Entrada PTAP.*

A la entrada de la planta de tratamiento la tubería se encuentra recubierta en cemento para evitar cristalización y demás accidentes o circunstancias que puedan afectar el funcionamiento que esta tubería realiza, se puede denotar el deterioro en la estructura por el agrietamiento en la misma como se observa en las siguientes imágenes.



*Imagen 7. 26 Recubrimiento de la Tubería de Aducción a la Entrada de la PTAP.*



*Imagen 7. 27 Válvulas de Desviación hacia BYPASS en Caso de Emergencia*



*Imagen 7. 28 Tubería de Aducción en Entrada a Desarenador.*

Se puede observar por las imágenes que el canal de recubrimiento que tiene la tubería de aducción a la entrada de la PTAP está en condiciones críticas ya que presenta agrietamiento que puede generar rupturas o fisuras que causarían fugas y despresurización en la tubería de aducción.

Antes de la conexión de la tubería al desarenador, en el diseño original optaron por ubicar un bypass del mismo diámetro de la tubería de aducción regulada por una válvula de cierre para los casos en que la capacidad del desarenador colapse o por un eventual lavado de

mantenimiento en el desarenador, esta tubería auxiliar conecta directamente a la línea de conducción y el agua llega sin tratamiento previo a la PTAP.



*Imagen 7. 29 Válvula Reguladora de Entrada al Bypass.*



*Imagen 7. 31 Válvula Reguladora de Entrada al Bypass.*



*Imagen 7. 30 Tubería de Bypass.*



*Imagen 7. 32 Tubería de Bypass.*

#### **7.1.2.5 Desarenador**

El proceso de pretratamiento del agua cruda del Río Inírida, consiste en la remoción del material suspendido por medio de un proceso efectuado por un desarenador, el cual cumple la función de sedimentar partículas en suspensión por la acción de la gravedad. Esta estructura es de tipo discontinuo, el cual almacena los sedimentos en periodos de un (1) mes, siendo este intervalo de limpieza ejecutado por parte del operador mediante una válvula de

10" Ø. Dicha estructura fue construida hace más de 20 años y cuenta con una capacidad instalada de 74.91 l/s, sin embargo, opera con un caudal máximo 35 l/s.

Tiene una longitud útil de 9.30 m y ancho útil 3.16 m, y una profundidad útil de 2.74m; presenta un volumen máximo previsto para el almacenamiento de lodos de 59.25 m<sup>3</sup> y una pendiente de 1.61% (muy baja) lo que dificulta que los lodos rueden fácilmente hacia la tubería de desagüe y por tanto una labor de limpieza manual y segura para los operarios. Desde el punto de vista físico se observa que la estructura se encuentra en buen estado y no presenta fallas estructurales tal y como se muestra a continuación:



*Imagen 7. 33 Entrada al Desarenador.*



*Imagen 7. 34 Desarenador*



*Imagen 7. 35 Desarenador.*



*Imagen 7. 36 Desarenador.*

En cuanto a la extracción del material que por sus características se ubican al fondo del desarenador o que por gravedad sucumben al fondo de la estructura, esta fase del sistema de acueducto cuenta con una purga o un sistema de drenaje que regula todas aquellas partículas, todo este material se transporta por una tubería de 6" de diámetro directamente al lecho de secado de lodos con el que cuenta la empresa, esta purga o remoción de partículas sedimentadas los operarios de la PTAP lo realizan dependiendo de la estación en la que este el municipio, en invierno que es la estación más concurrida en cuanto a solidos sedimentados se realiza 1 vez al mes.



*Imagen 7. 37 Tubería de Purga del Desarenador.*



*Imagen 7. 38 Tubería de Purga del Desarenador.*



*Imagen 7. 39 Tubería de Purga del Desarenador.*



*Imagen 7. 40 Salida de Tubería de Purga del Desarenador.*

#### **7.1.2.6 Tubería De Conducción**

La línea de conducción es aquella estructura que conduce el agua desde el desarenador hasta la planta de tratamiento, actualmente hay una que conecta al desarenador existente con la PTAP en operación, fue construida hace más de 20 años, y tiene una longitud aproximada de 28.53 metros en PVC de 10 pulgadas, cubierto en concreto.

La línea de conducción tiene capacidad de transportar un caudal de 252 l/s con velocidad de 3.28 m/s, lo cual está por encima de los 68.81 l/s para 2013 y 105.99 para 2038 para 24 horas de operación.



*Imagen 7. 41 Válvula Reguladora de la Tubería de Conducción.*



*Imagen 7. 43 Tubería de Conducción.*



*Imagen 7. 42 Tubería de Conducción.*



*Imagen 7. 44 Tubería de Conducción.*

Como se evidencia en el registro fotográfico la tubería cuenta con tramos en los que el canal de recubrimiento no cumple su función y la tubería está expuesta a inclemencias meteorológicas.

#### **7.1.2.7 Planta De Tratamiento De Agua Potable (PTAP)**

La Empresa Aguas del Guainía APC en cuanto a la estructuración de la planta de tratamiento y el diseño de la misma no recibió diseños hidráulicos de las obras por parte de la Alcaldía Municipal y Gobernación Departamental, haciendo la visita a dichas dependencias los

funcionarios informan que ellos tampoco tienen información ya que datan de administraciones pasadas y por negligencia en los archivos y el cambio constante de las oficinas fue influyendo a la desaparición de estos datos de vital importancia, la información que se plasmara a continuación fue obtenida por visitas a la planta de tratamiento, sacando medidas, midiendo caudales, revisando referencias de equipos, información suministrada por los operario de la planta de tratamiento y el jefe técnico y operativo de la empresa.

La planta de tratamiento actual cuenta con más de 15 años de operación es de tipo convencional conformada por Canaleta Parshall, Floculador, Sedimentador y Filtros, la totalidad de estas estructuras, están construidas en concreto rígido. Funciona 8 horas al día en horario de 6:00 a.m a 2:00 p.m, todos los días. Esta PTAP cuenta con una caseta de Bombeo en concreto, los equipos disponibles son una electrobomba de refuerzo IHM con motor de inducción trifásico de 2.4 HP con arrancador eléctrico de 0 - 6 amperios. Adicionalmente cuenta con dosificador de Cal Hidratante Capacidad de 150 kg/Hora, un dosificador de Alumbre con capacidad de 150 kg/h, un clorador modelo T41 con capacidad 0 -100 lbs/h, un cilindro de almacenamiento de cloro gaseoso de 68 kg, una sonda de temperatura electrodo de calibración manual, un turbidímetro Hanna Referencia 93703 con rango de calibración 0 - 1000 de 0 - 100 y de 0 - 1 NTU con programación de fecha y hora de programación, equipo de prueba de jarras, paletas con velocidad variable para graduación de 0 - 300 rpm, voltaje de trabajo de 110 VAC y por ultimo una balanza triple Brazos.

De acuerdo a cada proceso efectuado en la planta de tratamiento a continuación se presenta el diagnostico unitario para establecer y/o determinar el estado estructural, hidráulico y operativo de cada sección.



*Imagen 7. 45 Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) Municipio de Inírida.*



*Imagen 7. 46 Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) Municipio de Inírida.*

### 7.1.2.7.1 Cámara De Aquietamiento

El agua cruda proveniente del desarenador llega a la planta de tratamiento en tubería de 10” de diámetro a una caja de llegada que sirve de cámara de aquietamiento de 0,90 m de ancho, 1,0 m de largo y 3,88 m de profundidad total, no denota ningún deterioro, la estructura está en buen estado según las vistas directas que se han realizado.



*Imagen 7. 47 Cámara de Aquietamiento.*



*Imagen 7. 48 Cámara de Aquietamiento.*

### 7.1.2.7.2 Medidor De Caudal

La empresa Aguas del Guainía APC en cuanto a la sección de medición de caudal llevan sus registro soportados por una regleta volumétrica que data desde la apertura de la planta lo cual da a entender que en ningún momento ha sido verificada o pasada por mantenimiento preventivo, por tanto las lecturas que allí yacen no cuentan con la suficiente confiabilidad esperada, los números en cuanto a nivel y caudal plasmados allí denotan cierto deterioro lo que ocasiona que se borren los numero y no se pueda llevar un registro confiable, cuestionando así los datos establecidos en las bitácoras que llevan los operario de la Planta de Tratamiento.



Imagen 7. 49 Regleta Medidora de Caudal



Imagen 7. 50 Regleta Medidora de Caudal.

### 7.1.2.7.3 Dosificadores De Coagulante Y Regulador De pH

Dosificar consiste en la acción de agregar a todo el caudal una cantidad exacta de una sustancia química, predeterminada mediante ensayos, con el fin de obtener unos resultados definidos después de cada proceso. El coagulante es un producto químico que se agrega al agua con el propósito de producir desestabilización y aglutinación de los sólidos en suspensión en el agua. Los ensayos que se realizan para determinar la dosis de coagulante a agregarle al agua son los "ensayos de jarras" o de dosis óptima. El coagulante utilizado con mayor frecuencia es el sulfato de aluminio y eventualmente el cloruro férrico. Los equipos utilizados para la aplicación del coagulante y de cualquier otro producto químico se denominan dosificadores. (SENA; Ministerio de Desarrollo Económico, 1999)

Revisado el libro de operación diaria de la planta, se presentan turbiedades relativamente bajas en épocas de verano, en invierno las turbiedades son relativamente altas oscilando entre 18-20 NTU según informa el Ingeniero Químico de la empresa.

El coagulante utilizado es sulfato de aluminio tipo A, el cual es agregado utilizando un dosificador en seco con capacidad de 100 x 1 movidos por dos motores de ½ Hp, la mezcla se realiza con una electrobomba de 2 Hp. De acuerdo con la información recolectada en la planta de tratamiento, para un caudal afluente de 30 L/s se estaba dosificando de 13 a 14 kg/h. Para la mezcla rápida del coagulante con el agua, se aprovecha el resalto hidráulico que se produce en el paso del agua por una canaleta Parshall de 6" de garganta.



Para la adición del coagulante y del regulador de pH se utiliza una tubería de 1 ½” de diámetro y la adición es por goteo, como se evidencia en las siguientes imágenes las condiciones las que la tubería se encuentra no son las mejores, esto debido al tiempo de uso y al negarse a realizar el mantenimiento preventivo en esta sección que es de vital importancia.



*Imagen 7. 55 Tubería de Dosificación de Coagulante y Regulador de pH.*



*Imagen 7. 56 Tubería de Dosificación de Coagulante y Regulador de pH.*



*Imagen 7. 57 Tubería de Dosificación de Coagulante y Regulador de pH.*



*Imagen 7. 58 Tubería de Dosificación de Coagulante y Regulador de pH.*

#### **7.1.2.7.4 Mezclador Rápido**

Para el sistema de acueducto del municipio de Inírida, la empresa Aguas del Guainía APC optó por un “Mezclador Rápido” compuesto por una Canaleta Parshall, pero como se pudo evidenciar en las visitas técnicas realizadas a la planta de tratamiento, esta estructura no

existe, la empresa tomo la forma superficial de la estructura original, pero no las demás partes o elementos que debe tener una canaleta Parshall reglamentaria, como es, el segmento o la caída escalonada que es la que genera el resalto hidráulico; la empresa cuenta con una formación rustica que consta de un tubo en PVC de aproximadamente 2 pulgadas de diámetro y unos cuantos bloques de concreto para que el agua genere el choque y pueda ejercerse el resalto hidráulico y suplir así la función del mezclador rápido; según información suministrada por la empresa, desde el momento en que la entidad recibió la planta de tratamiento de parte de la Alcaldía Municipal y la Gobernación del Guainía se ha presentado este inconveniente, afectando con ello la optimización del servicio ya que el “mezclador rápido” es un segmento fundamental en el proceso, debido a que es allí donde los coagulantes son suministrados para una posterior floculación, sedimentación y eliminación de partículas y demás organismos que de alguna u otra manera afectan el suministro del sistema, con ello se pone en riesgo no solo la seguridad de los usuarios que se surten y utilizan el recurso de alguna manera, sino también el de las estructuras en las que posteriormente va a circular el agua por corrosión, debilitamiento, cristalización y fracturación en los elementos que estas puedan comprender. La estructura denota cierta corrosión por los coagulantes que utiliza la Empresa Aguas del Guainía APC que es Sulfato de Aluminio Tipo A.



*Imagen 7. 59 Vista Superior del Mezclador Rápido.*



*Imagen 7. 60 Entrada del Mezclador Rápido.*



*Imagen 7. 61 Estructura para Realizar el Resalto Hidráulico.*



*Imagen 7. 62 Estructura para Realizar el Resalto Hidráulico*

#### 7.1.2.7.5 Floculador

Por lo mencionado anteriormente y al no contar con información referente a los diseños hidráulico y planos de la planta de tratamiento, mediante las visitas a la planta de tratamiento se pudo determinar que en la sección de floculadores, la Empresa Aguas del Guainía APC cuenta con floculadores tipo COX con 3 trenes en serie de 4 compartimientos, dando así un total de 12 secciones del floculador, presentando las siguiente dimensiones.

Ancho de la celda = 1,13 m

Largo de la celda = 1,48 m

Profundidad total = 3,10 m

Profundidad media del agua = 2,80 m

El volumen útil total de la estructura es de: Volumen Útil=  $12 \times 1,13 \times 1,48 \times 2,80 = 56,19$  m

La profundidad del agua corresponde a la altura útil medida en campo, restándole un borde libre de 0,30 m.

Esta sección tiene la misma antigüedad que los demás componentes de la planta, aunque se le hace mantenimiento preventivo en cuanto a lavado y drenado de lodos, por el tiempo de uso denota cierta corrosión en las paredes del floculador causado por el coagulante. En el funcionamiento hidráulico, la mala mixtura presentada en el mezclador rápido evidencia formación de espumas, que de acuerdo al concepto de funcionarios de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios en el mes de Noviembre, es consecuencia de la mala mezcla en la canaleta, una mala dosificación o una falla hidráulica en el floculador; este floculador cuenta en la parte inferior con unos tapones que tiene como función principal servir de desagüe para el posterior lavado y drenado de lodos, estos tapones están sujetos a unas guayas para facilitar su levantamiento, pero por el desgaste de la estructura y los años de uso los tapones, estos fueron cediendo hasta llegar al punto de cristalización presentando un posterior rompimiento, lo que dificulta el drenaje de los lodos en la estructura al momento del lavado de los trenes.



*Imagen 7. 63 Floculador tipo COX.*



*Imagen 7. 64 Reductores de Velocidad en Salida del Floculador.*



*Imagen 7. 65 . Floculador tipo COX.*



*Imagen 7. 66 Reductores de Velocidad en Salida del Floculador.*



*Imagen 7. 67 Corrosión en paredes de Floculador.*



*Imagen 7. 68 Tapón de Drenaje para Purga y Lavado.*

### 7.1.2.7.6 Sedimentador

Sedimentación es la remoción de partículas (flocs) formadas en la floculación, que se depositan en el fondo del sedimentador por la fuerza de la gravedad, (por su propio peso).

Del floculador hidráulico el agua sale a través de un vertedero de 1,14 m de longitud al canal de recolección de agua coagulada de 0,52 m de ancho, 5,67 m de largo y 0,70 m de profundidad total, por donde el agua es conducida a la unidad de sedimentación. Como se observa en la imagen 7.70 la entrada al sedimentador cuenta con unos rodillos de cemento que según los operarios y demás organismos de la empresa Aguas del Guainía APC son utilizados para reducir la velocidad de entrada del agua que va desde el floculador al sedimentador.



*Imagen 7. 69 Canal Conector de Floculador a Sedimentador.*

Para controlar la entrada de agua a la unidad de sedimentación, se cuenta con cuatro compuertas en acrílico de operación manual, dos para cada unidad de sedimentación, una se trabaja completamente abierta y la otra a un cuarto del total de apertura. En operación normal de la planta, estas compuertas deben permanecer abiertas. En las visitas a la planta se evidencio que las placas de acrílico mencionadas, se encuentran deterioradas y en precarias condiciones, demostrando falta de mantenimiento preventivo por parte der la empresa, lo que ocasionó la cristalización y fracturamiento de las mismas.

La sedimentación del agua se realiza en dos sedimentadores del tipo alta tasa o acelerada, con módulos plásticos hexagonales. De acuerdo al suministro de agua, que en esta fase es de tipo ascendente, los flocs que previamente se fueron formando en el floculador se van adhiriendo a las paredes de estos módulos, mejorando considerablemente el aspecto visual del agua por los procesos a los que están sometidos los módulos y las condiciones ambientales, pero por estas mismas condiciones, los módulos presentan deterioro en cuanto

al aspecto, ocasionado por los químicos adheridos en las fases anteriores y al brillo solar que se presenta en la zona, generando cristalización y debilitamiento y un posterior fracturamiento. En las siguientes imágenes se pueden comprobar el estado y las condiciones en las están operando que los módulos; en las paredes internas del sedimentador se evidencia una notable corrosión por la adhesión acumulada de coagulantes y demás químicos y aunque los operarios de la planta de tratamiento generan el lavado a las estructuras cada 3 meses (tiempo) para mejorar su aspecto, se muestra nuevamente la falta o ausencia total de mantenimiento preventivo o correctivo por parte de la empresa, acción que es necesario aplicar de manera urgente para el normal funcionamiento de la planta.



*Imagen 7. 70 Sedimentador de Alta Tasa (Forma Hexagonal).*



*Imagen 7. 71 Sedimentador de Alta Tasa (Forma Hexagonal).*



*Imagen 7. 72 . Sedimentador de Alta Tasa (Forma Hexagonal).*



*Imagen 7. 73 Sedimentador de Alta Tasa (Forma Hexagonal).*



*Imagen 7. 74 Sedimentador de Alta Tasa (Forma Hexagonal).*



*Imagen 7. 75 Sedimentador de Alta Tasa (Forma Hexagonal).*

En cuanto a los canales de clarificación que tiene la planta de tratamiento, estos se componen de 2 tuberías es paralelo en cada tren de los sedimentadores, estas tuberías son de 8” de diámetro y denotan también cierto deterioro como se puede evidenciar en las imágenes, presentando oxidación y corrosión, lo que afecta y cambian de cierto modo las características fisicoquímicas del agua.



*Imagen 7. 76 Tubería de Recolección de Agua) Clarificada*



*Imagen 7. 77 Canal de Agua Clarificada*



*Imagen 7. 78 Canal de Agua Clarificada*



*Imagen 7. 79 . Canal de Agua Clarificada*

En cuanto a las actividades de mantenimiento que debe realizar la empresa Aguas del Guainía APC para mejorar funcionamiento del sedimentador debemos considerar:

Determinar el momento en que los lodos empiezan a sobrepasar el nivel máximo establecido, ya que cuando se colmata (se llena) de lodos el sedimentador, los lodos tienden a subir a la superficie, lo que indica que se debe drenar o lavar.

El operador de la planta de tratamiento debe estar pendiente en todo momento, detectando los inconvenientes y deficiencias que se puedan presentar en la distribución de flujo.

Periódicamente se deben tomar muestras del agua sedimentada para realizar la determinación de pH, turbiedad y color, comparando la muestra con la norma o valores recomendados para esta agua, la cual va a ingresar a los filtros de la planta y es: Turbiedad menor de 5 UNT, color menor de 20 UPC. En cuanto al valor del pH es óptimo el determinado en los ensayos de jarras ya que sirve de referencia para realizar los ajustes de dosis necesarios.

En ocasiones se pueden presentar problemas de operación en la zona de salida, debido a que en los vertederos o canaletas de recolección de agua sedimentada se presentan alteraciones en el nivel, por pequeñas roturas o agrietamientos que aumentan la velocidad del agua considerablemente, lo que conlleva al arrastre de lodos del fondo del sedimentador.

### 7.1.2.7.7 Filtros

Consiste en retener las partículas suspendidas y coloidales, que no se sedimentaron, haciéndolas pasar a través de un medio poroso. La filtración es una de las principales operaciones que se deben realizar en toda planta de tratamiento.

Hay varios objetivos que se logran a través del proceso de filtración y conviene conocerlos.

Los objetivos fundamentales de la filtración son:

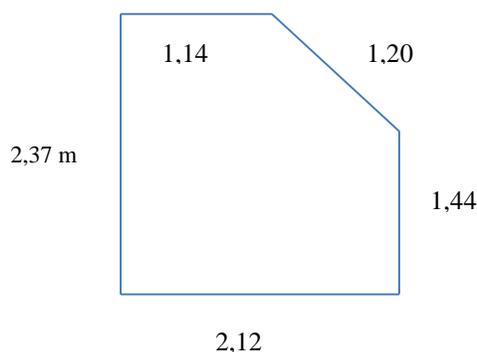
Remoción de bacterias. La eficiencia en este aspecto depende de la granulometría de la arena (tamaño de los granos de la arena; entre más fina sea esta, mayor será su eficiencia).

Remoción de la turbiedad remanente (que permanece)

Se realiza en 4 filtros de sección variable. El área promedio de cada filtro es de 4,5687 m<sup>2</sup>, con lo cual el área total de filtración será:

$$\text{Área total} = 4.5687 \times 4 = 18,2748 \text{ m}^2$$

Cada estación de filtración cuenta con las siguientes dimensiones



*Imagen 7. 80 Esquema de la sección de uno de los filtros.*

Los lechos filtrantes de flujo ascendente son mixtos, es decir, compuestos de arena grava y antracita.

Los diseños hidráulicos en cuanto a la altura de las partículas o los materiales de los que está compuesto el filtro no se encuentran ya que todos estos diseños según los operario de la PTAP y la empresa Aguas del Guainía A.P.C nunca fueron entregados, la regulación en cuanto a la entrada del agua a los filtro esta ceñida por válvulas de pie de 4 pulgadas de diámetro, las acciones de retrolavado se hace diario, en cuanto a la limpieza profunda del filtro se hace cada 3 meses, el aspecto en general de los filtro no denota mucho deterioro pero es de vital importancia tener en cuenta la revisión, reacondicionamiento y limpieza del filtro,

la limpieza de hojas u otros materiales flotantes en el filtro, el lavado del filtro, la reposición del material filtrante, la verificación si existe en la estructura indicios de fisuras y detección de problemas para corregirlos, la revisión del funcionamiento de las válvulas o compuertas, la pintura externa para las partes metálicas, la recolección de datos, todas estas acciones para dar un alargamiento en la vida útil de esta sección que es de vital importancia en el tratamiento del agua que posteriormente va a ser distribuida al municipio de Inírida.



*Imagen 7. 81 Vista Planta de la sección de uno de los filtros.*



*Imagen 7. 83 Vista Planta de la sección de uno de los filtros.*



*Imagen 7. 82 Tubería de Recolección de Agua Filtrada*



*Imagen 7. 84 Manojos de Válvulas de Control a Filtros.*



*Imagen 7. 85 Válvulas de Paso de Agua para Filtros.*

#### **7.1.2.7.8 Estación De Cloración**

Para llevar a cabo la desinfección del agua se cuenta con un tanque de contacto de cloro de 3 compartimientos, el cual cuenta con baffles de 1,27 m de alto y 0,25 m de espesor para generar un flujo horizontal. A continuación, se presenta el volumen del tanque.

Cada compartimiento tiene 0,61 m de ancho, 2,95 m de largo y 0,77 m de profundidad útil, con lo cual el volumen útil de la cámara es de:

$$\text{Volumen útil} = 0,61 \times 2,95 \times 0,77 \times 3 = 4,16 \text{ m}^3$$



*Imagen 7. 86 Tanque de Cloración Vista Exterior.*



*Imagen 7. 87 Tanque de Cloración Vista Exterior.*



*Imagen 7. 88 Tanque de Cloración Vista Interior.*



*Imagen 7. 89 Tanque de Cloración Vista Interior*

Para la adición del Cloro se tenía en primera medida la adición de cloro gaseoso a partir de un dosificador dentro de las instalaciones cubiertas de la planta utilizando una electrobomba para la interacción del agua con el cloro, pero por diversas condiciones como el costo y el transporte de la balas o los tanques transportadores del gas se suspendió la acción. Actualmente lo operarios de la planta en ayuda del Ingeniero Químico de la empresa utilizan Cloro Granulado al 70%, se realizan los cálculos en cuanto a la dosificación y la cantidad necesaria es dispuesta en un balde con una llave de paso y cae al tanque por goteo, la entrada o el suministro del cloro se va regulando de acuerdo a las características o los resultados de los análisis post-tratamiento que se le realiza al agua.



*Imagen 7. 90 Tanque de Cloro Gaseoso.*



*Imagen 7. 92 Adición Actual de Cloro Granulado.*



*Imagen 7. 91 Tanque de Cloro Gaseoso.*



*Imagen 7. 93 Adición Actual de Cloro Granulado*



Imagen 7. 94 . Artefacto para la Adición de Cloro Disuelto (Goteo)

#### 7.1.2.7.9 Laboratorio PTAP Y Bodega De Almacenamiento

El laboratorio con el que cuenta la PTAP del municipio de Inírida es de funciones básicas, los procedimientos que allí se llevan a cabo son netamente ensayo de jarras y la determinación de algunos parámetros fisicoquímicos por medio de un multiparametro. Los elementos con los que cuenta el laboratorio son los siguientes:

ELEMENTOS	UNIDADES
EQUIPO PARA ENSAYO DE JARRAS	1
KIT COLORIMETRICO 7 PARAMETROS	1
KIT COLORIMETRICO 3 PARAMETROS	1
MULTIPARAMETRO MARCA WATERPROOF (PH, TDS, EC, SALT)	1
TUBOS DE ENSAYO TAPA ROSCA	14
RECIPIENTE PLASTICO POLICARBONATO 1L	1
RECIPIENTE POLIETILENO 1L	1
REACTIVOS (ROJO DE FENOL – ORTOTOLIDINA)	2
RECIPIENTE DE VIDRIO BOROSILICATO NEUTRO 1L	1
RECIPIENTE DE VIDRIO BOROSILICATO NEUTRO 500mL	2
RECIPIENTE PLASTICO POLIETILENO 500mL	2
RECIPIENTE PLASTICO POLIETILENO 250mL	6
GRADILLA	1
VASOS DE PRECIPITADO (BEAKER 1L)	6
VASOS DE PRECIPITADO (BEAKER 50 mL)	2
PROBETA PLASTICA 100MI	1
CLORURO DE SODIO 500mL	5
CABAS DE ICOPOR	4
PILAS PARA CADENA DE FRIO	12
GERL REFRIGERANTE PARA CADENA DE FRIO 500mL	4

Tabla 7. 10 Elementos presentes en el laboratorio de la PTAP de la Empresa AGUAS DEL GUAINIA A.P.C en el municipio de Inírida.



*Imagen 7. 95 Laboratorio PTAP.*



*Imagen 7. 96 Laboratorio PTAP.*

Otro punto que se revisó fue la bodega la cual presenta un tamaño insuficiente para el almacenamiento de los productos químicos, y no están presentando el mejor manejo.



*Imagen 7. 97 Bodega de Suministros y Almacenamiento de PTAP.*



*Imagen 7. 98 Bodega de Suministros y Almacenamiento de PTAP.*

### 7.1.2.7.10 Tubería De Tanque De Cloración A Tanque De Almacenamiento

Una vez el agua se encuentra tratada y clorada va a ser conducida al tanque de almacenamiento, para ello se elaboró un viaducto con una tubería de 10" de diámetro, tiene una longitud de 50 mts de longitud, esta tubería llega al tanque de almacenamiento de la PTAP para terminar el proceso de tratamiento del agua.



*Imagen 7. 99 Viaducto de Conducción a Tanque de Almacenamiento.*



*Imagen 7. 101 Viaducto de Conducción a Tanque de Almacenamiento.*



*Imagen 7. 100 . Viaducto de Conducción a Tanque de Almacenamiento.*



*Imagen 7. 102 Viaducto de Conducción a Tanque de Almacenamiento.*

### 7.1.2.7.11 Tanque De Almacenamiento

Actualmente la Planta de Tratamiento de Agua Potable que opera cuenta con dos tanques de Almacenamiento, el primero es un tanque superficial, construido hace 7 años, la capacidad instalada es de aproximadamente 390 m<sup>3</sup>, el cual hace las veces de tanque de succión. Un segundo tanque de Almacenamiento con capacidad para 100 m<sup>3</sup>, que actualmente no se encuentra en funcionamiento pues se ha evidenciado que se oxida con el cloro.



*Imagen 7. 103 Tanques de Almacenamiento.*



*Imagen 7. 105 Tanque de Almacenamiento Utilizado Actualmente en la PTAP.*



*Imagen 7. 104 Tanques de Almacenamiento.*



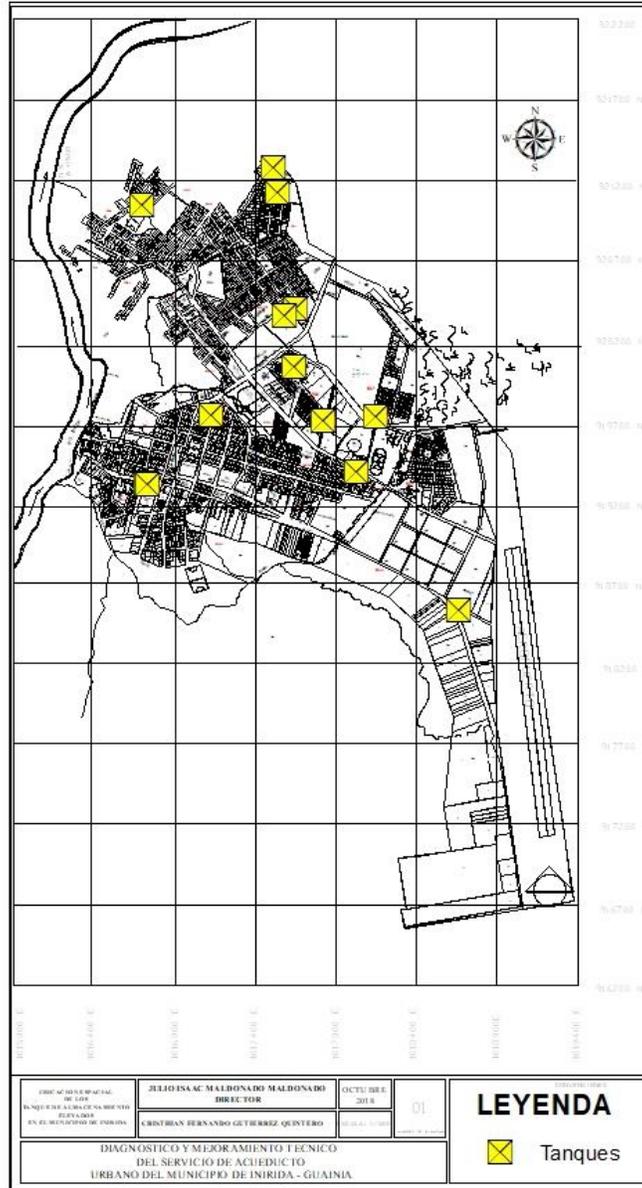
*Imagen 7. 106 Tanque de Almacenamiento Antiguo PTAP.*

Además, la ciudad de Inírida cuenta con 14 tanques de almacenamiento distribuidos por la ciudad, los cuales se encuentran fuera de servicio. Las capacidades de estos tanques oscilan entre los 10 m<sup>3</sup> y los 103 m<sup>3</sup>. A continuación se presenta la descripción general de los sistemas existentes, así como su distribución espacial en la ciudad:

Id	Descripción	Coordenadas			Dirección	Observación
		Este (x)	Norte (y)	Elev (z)		
1	El Galán	1017212.07	921040.165	98.222	Calle 33 con Carrera 2	No está en funcionamiento
2	Sin descripción	1017329.9	920819.515	98.439	Carrera 3 con calle 34	Aguas negras
3	El pajuil	1016647.81	920794.935	97.04	Calle 29 con Carrera 2	No está en funcionamiento
4	Sena	1017431.61	920292.226	96.71	Carrera 9 con calle 32	No está en funcionamiento
5	Sin descripción	1017423.41	920218.37	96.977	Instalaciones Sena	N/a
6	La Vorágine 1	1017492.66	919925.82	97.235	Calle 27a con Carrera 13	No está en funcionamiento/ peldaños dañado
7	La Vorágine 2	1017496.77	919931.895	97.61	Calle 28 con Carrera 13	No está en funcionamiento/ tanque antiguo/ obstrucción peldaños
8	Brisas del Palmar	1017966.87	919677.81	96.528	Calle 27a con Carrera 19	No está en funcionamiento
9	5 de Diciembre	1017647.27	919618.8	91.254	Carrera 15 con calle 26c	No está en funcionamiento/ plástico c:10.000 l
10	El Berlín	1016967.95	919588.46	97.233	Calle 21 con Carrera 9	No está en funcionamiento/ peldaños dañados
11	Libertadores 1	1017865.53	919299.79	97.707	Calle 26 con Carrera 17	No está en funcionamiento/ antiguo
12	Libertadores 2	1017872.41	919297.17	97.71	Calle 26 con Carrera 17	No está en funcionamiento/ peldaños dañados
13	Centro 1	1016604.66	919136.664	100.019	Calle 15 con Carrera 6	No está en funcionamiento/ antiguo/ predio iglesia
14	Centro 2	1016614.5	919136.794	100.019	Calle 15 con Carrera 6	No está en funcionamiento/ predio iglesia

Tabla 7. 11 Tanques de almacenamiento en la red de distribución.  
Fuente: Consorcio Aguas del Oriente, editado por autor (2018)

La distribución espacial se presenta a continuación:



*Imagen 7. 107 Mapa de Tanque Elevados Distribuidos en el Municipio de Inírida.  
Fuente: Aguas del Guainía APC – Gutiérrez (2018)*

La utilización de estos tanques presenta las siguientes dificultades para el sistema de distribución:

La gran mayoría de ellos cuentan con alturas que no permiten distribuir con presiones reglamentarias, que para el caso de Inírida deben ser mayores a 15 mca.

La mayoría de los tanques presentan fallas estructurales, lo cual implica una rehabilitación estructural de las 17 estructuras, para cumplir estanqueidad y resistencia sísmica.

Se deben construir líneas expresas de bombeo desde la planta de tratamiento hasta cubrir los 14 puntos de almacenamiento distribuidos en todo el municipio, con capacidad de suministro del caudal máximo horario proyectado.

Cada tanque debe abastecer un sector independiente, por lo que sería necesario conformar 14 sectores dentro de la red de distribución. El requerimiento de numerosos sectores aumenta los costos de optimización de la red, por la cantidad de macromedidores, válvulas de cierre permanente y nuevas tuberías que permitan la distribución apropiada del agua. Además, cada tanque requiere una estructura de control automático de nivel y regulación de caudal.

Los tanques deben contar con aislamiento y seguridad que impida que terceros alteren la calidad del agua suministrada y el funcionamiento del sistema de acueducto. Para garantizar esto se requiere construir cerramientos a las estructuras.

El mantenimiento de 14 tanques de almacenamiento con sus sistemas de medición, control automático de nivel y caudal requiere la participación de personal técnico capacitado con mayor frecuencia que en el caso de tener sólo una estructura de regulación.

La operación y vigilancia de las 14 estructuras requiere gran cantidad personal dispuesto a atender fallas en los sistemas automáticos de control. De acuerdo a lo anterior, no es viable utilizar la mayoría de estos tanques de almacenamiento que se encuentran dispersos por la ciudad.

#### **7.1.2.7.12 Lecho De Secado De Lodos**

La PTAP del municipio de Inírida cuenta con un lecho de secado para sus lodos, pues de acuerdo a entrevistas con el personal del área, los provenientes del desarenador se depositan en caño conejo, y la mayoría de los que salen de las otras estructuras se dirigen a las alcantarillas.



*Imagen 7. 108 Lecho de Secado de Lodos.*



*Imagen 7. 109 Lecho de Secado de Lodos.*



*Imagen 7. 110 Tuberías Conductoras al Lechos.*



*Imagen 7. 111 Tuberías Conductoras al Lechos.*

Por tanto, se recomienda implementar el uso del lecho de secado de lodos existente y buscar alternativas para una adecuada disposición. Para ello es necesario invertir en una caseta que proteja a los lechos del agua lluvia.

#### **7.1.2.8 Sistema De Impulsión**

Actualmente se cuentan con una caseta de Bombeo donde están 3 motores de impulsión, el primero un Hyundai de 60 caballos de fuerza, el segundo con un motor 2Cummis de 60 caballos de fuerza y el tercero un sistema PerquinoCummis de 175 Caballos de fuerza. El primero y el segundo se encuentran fuera de servicio. La salida de este sistema de bombeo es un tubo de 8 pulgadas que más adelante se reduce a 4 pulgadas y luego a 3 pulgadas en PVC.

En la caseta de bombeo no existe un equipo emergencia en caso de que se dañe el único equipo operante ni tampoco alternativas energéticas, pues es totalmente dependiente de diésel, lo cual en caso de un eventual desabastecimiento, implica la suspensión del servicio. Además actualmente se abastecen de combustible trayendo tanques de gasolina rodando desde la estación más cercana en canecas, lo cual expone a los trabajadores a sufrir un accidente o a un eventual derrame que contamine suelos y agua donde se presente, sin mencionar que no cuentan con equipos para atender una eventualidad de este tipo.

Se presentan dos puntos críticos en este componente, el primero está relacionado con los equipos que se deben comprar para suplir las necesidades de suministro actual, los cuales estarán en función del tipo de red de distribución que se seleccione. El segundo, es el consumo energético, pues, se debe evaluar otras fuentes, ya que esta ciudad por ejemplo presenta un buen servicio de energía eléctrica, sin embargo la selección de la alternativa estaría sujeta a los costos económicos y ambientales que representan. No sobra mencionar además obras civiles obligatorias requeridas, pues la caseta de bombeo requiere mejoras estructurales para reducir la presencia de potenciales accidentes para el personal que allí opera y el ambiente, por riesgos locativos, mecánicos, químicos, eléctricos y ergonómicos, a continuación se exponen imágenes donde se hace evidente esto.



*Imagen 7. 112 Cuarto de Máquinas Exterior.*



*Imagen 7. 113 . Cuarto de Máquinas Exterior.*



*Imagen 7. 114 Bomba de Impulsión Actual.*



*Imagen 7. 116 Bomba de Impulsión Dañada 1.*



*Imagen 7. 115 Bomba de Impulsión Actual.*



*Imagen 7. 117 Bomba de Impulsión Dañada 2.*

### **7.1.2.9 Macromedición**

Es de gran importancia cuantificar la cantidad de agua que sale de la PTAP para lograr un balance en cuanto al porcentaje de pérdidas que tiene la planta, los entes gubernamentales en el marco de la actualización del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado realizaron la instalación de un Macro medidor en la salida de la caseta de bombeo ubicada en la planta de tratamiento, pero dicho aparato según los funcionarios de la empresa AGUAS DEL GUAINIA A.P.C nunca ha estado en funcionamiento.



Imagen 7. 118 Macromedidor Dañado.



Imagen 7. 119 Macromedidor Dañado.

Para determinar esta cuantificación de caudales la empresa determina mensualmente los consumo de los usuarios que tienen micro medidor y hace una aproximación de consumo neto a los usuarios que aún no adquieren el sistema de lecturas de agua, con ellos y las lecturas que arroja el elemento encargado de medir caudal a la entrada de la PTAP (Regleta Volumétrica) se hace una aproximación de los valores de caudal de entrada y caudal de salida.

MES	FACTURACION (m <sup>3</sup> /Mes)	AGUA SUMINISTRADA (m <sup>3</sup> )	DIFERENCIA (m <sup>3</sup> )	DIFERENCIA (%)	CONSUMO DIARIO (m <sup>3</sup> /día)
ENERO	13217	27000	13783	51,04	426,355
FEBRERO	9918	27000	17082	63,26	354,214
MARZO	14323	27000	12677	46,95	462,032
ABRIL	13803	27000	13197	48,87	460,100
MAYO	13623	27000	13377	49,54	439,452
JUNIO	13388	27000	13612	50,41	446,267
JULIO	13200	27000	13800	51,11	425,806

AGOSTO	12182	27000	14818	54,88	392,968
SEPTIEMBRE	13482	27000	13518	50,06	449,400
OCTUBRE	14581	27000	12419	45,99	470,355
NOVIEMBRE	14093	27000	12907	47,80	469,767
DICIEMBRE	14018	27000	12982	48,08	452,194

*Tabla 7. 12 Consumos de Agua Suministrados y Facturados de 2018.  
Fuente: Consorcio Aguas del Oriente, editado por autor (2018)*

### 7.1.2.10 Redes De Distribución

La red de distribución está conformada por tuberías de PVC en su totalidad, en diámetros comprendidos entre 2 y 10 pulgadas. Actualmente se tiene una cobertura en el servicio de acueducto de aproximadamente del 33 % con respecto a la totalidad del perímetro urbano. A continuación, se presenta el diagnóstico del sistema de distribución en el municipio de Inírida, teniendo en cuenta además que la distribución de agua potable no se realiza en todo el municipio y que además es intermitente. El siguiente mapa muestra la configuración de la red que está en operación.

Como se resaltó anteriormente los planos de la red de distribución del municipio no eran completos y que la acción a realizar fue establecer con el jefe operativo de la empresa elaboraron de manera digital la red de distribución logrando identificar en su totalidad los recorridos y en base a planos del municipio se digitalizo la información, la información plasmada fue verificada por medio de visitas a tramos del acueducto estratégicos donde se logró identificar la veracidad de la información suministrada.

DIAMETRO (Pulg)	LONGITUD (m)
2	35114.21
3	2957.258
4	2897.016
6	1296.946
10	5803.04
<b>TOTAL</b>	48068.47

*Tabla 7. 13 Longitud de Tuberías por Diámetro.*

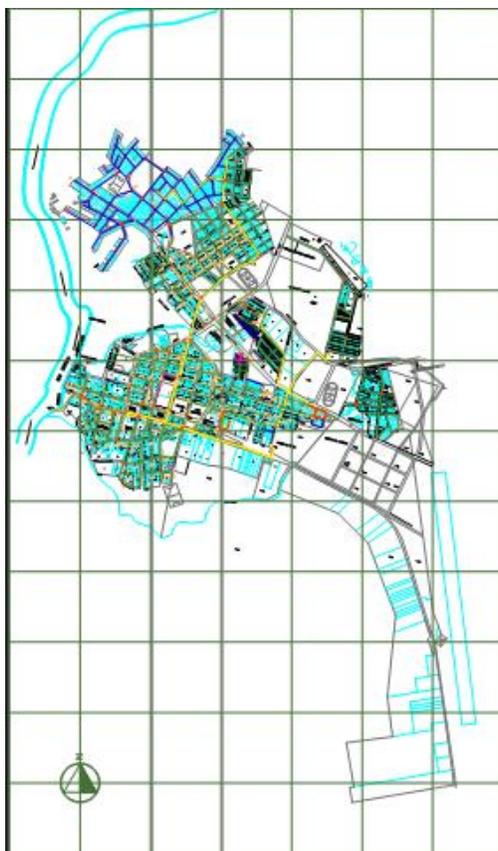


Imagen 7. 120 Red de Distribución del Municipio de Inírida.  
Fuente: Aguas del Guainía APC – Gutiérrez (2018)

### 7.1.2.10.1 Cobertura

Según la información recolectada por el autor se obtuvo que únicamente el 33% de la población urbana es abastecida mediante el acueducto operado por la APC. La distribución de agua se realiza entre las 6 de la mañana y la 2 de la tarde todos los días, abasteciendo diferencialmente por sectores tal y como se muestra a continuación:

ESTRATO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
01- Bajo-Bajo	445	446	446	446	448	448	447	447
02-Bajo	448	445	445	446	448	449	447	447
03-Medio-Bajo	40	38	39	39	40	40	40	40
04-Comercial	97	75	98	98	97	97	97	96
05-Oficial	42	42	42	42	45	45	45	45
<b>TOTAL</b>	<b>1072</b>	<b>1046</b>	<b>1070</b>	<b>1071</b>	<b>1078</b>	<b>1079</b>	<b>1076</b>	<b>1075</b>

ESTRATO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
01- Bajo-Bajo	449	450	450	450
02-Bajo	449	449	449	449
03-Medio-Bajo	40	40	40	41
04-Comercial	96	97	97	97
05-Oficial	45	45	45	45
<b>TOTAL</b>	<b>1079</b>	<b>1081</b>	<b>1081</b>	<b>1082</b>

*Tabla 7. 14 Número de Suscriptores por Estrato.*

Los sectores de distribución se componen de los siguientes barrios:

**Sector 1:** Conformado por los barrios Libertadores, Esperanza, Brisas Del Palmar y Mavicure.

**Sector 2:** Conformado por los barrios Comuneros, Berlín, Primavera I Etapa, Centro, Zona Indígena y Paraíso.

Para la regulación del abastecimiento la empresa AGUAS DEL GUAINIA A.P.C tiene unas válvulas de pase las cuales se manipulan para cerrar y abrir los canales en la tubería y así proveer de agua al sector correspondiente.



Imagen 7. 121 Mapa de Sectores de Suministro de Agua.  
Fuente: Aguas del Guainía APC – Gutiérrez (2018)

Como se observa, el suministro es discontinuo por lo que en las 8 horas del turno los usuarios acumulan parte de su demanda de agua para el consumo durante 2 días, que es la periodicidad de los turnos de servicio. Los usuarios se abastecen de manera complementaria mediante pozos sub-superficiales construidos en los solares de las viviendas.

#### **7.1.2.10.2 Tuberías**

La red de distribución de Inírida presenta una malla de abastecimiento total de 58.02 km, de los cuales 21.74 están en funcionamiento y 36.26 km está recientemente instalado pero fuera de servicio. Está constituida en un 100% en PVC con diámetros comprendidos entre 2 y 10 pulgadas, y se encuentran diámetros entre 2 y 10 pulgadas. No se tiene un registro de la relación diámetro-espesor de los tubos instalados. La línea de conducción también ha funcionado como red de distribución.

#### **7.1.2.10.3 Válvulas**

La red de distribución cuenta con 113 válvulas o registros de cierre temporal, en diámetros comprendidos entre 2 y 10 pulgadas. De estas 2 se encuentran en mal estado.

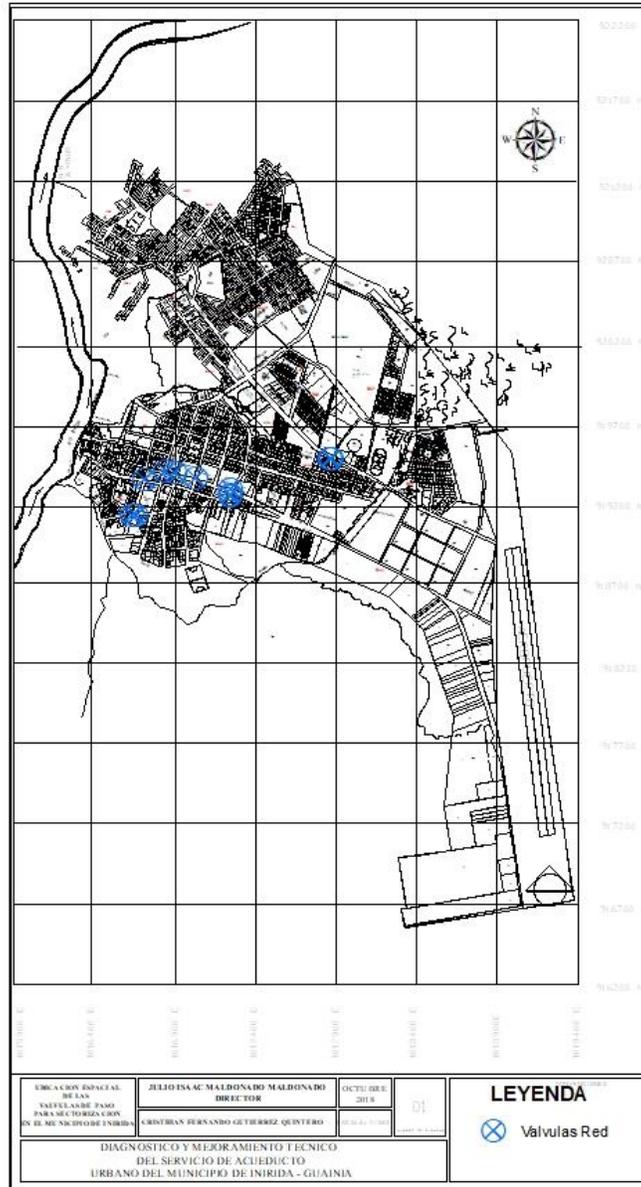


Imagen 7. 122 Mapa de Válvulas de Paso a Red de Distribución.  
Fuente: Aguas del Guainía APC – Gutiérrez (2018)

#### 7.1.2.10.4 Hidrantes

La red de distribución cuenta con Diez (10) hidrantes los cuales se encuentran concentrados en el centro de la ciudad instalados sobre derivaciones de tuberías de 3 y 4 pulgadas.

Para los niveles medio alto y alto de complejidad, los diámetros mínimos de los hidrantes serán de 100 mm (4 pulgadas), para sectores comerciales e industriales, o zonas residenciales con alta densidad.

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. De acuerdo a las resolución 0330 en cuanto a distribución espacial de los mismos, se acopla en su ubicación ya que no sobrepasa los 300 metros de diferencia.

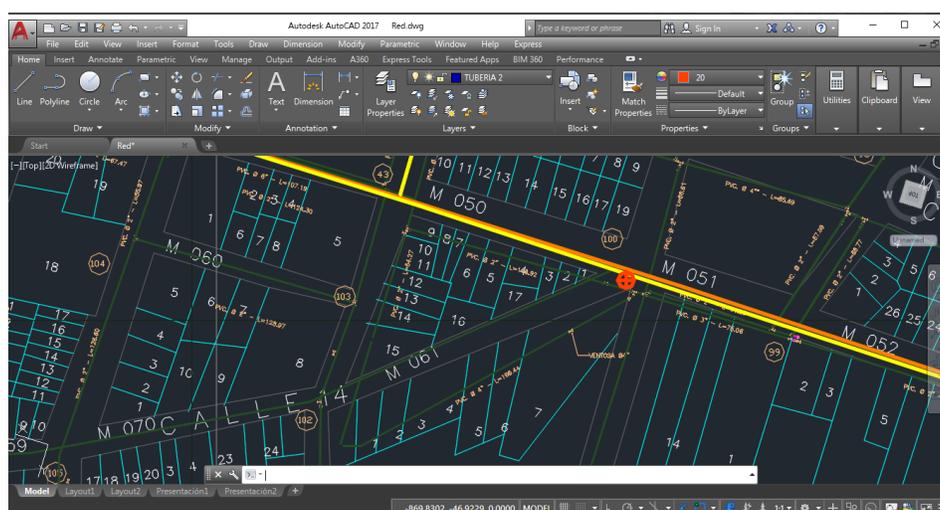


Imagen 7. 123 Mapa de Hidrantes del Municipio de Inírida.  
Fuente: Aguas del Guainía APC – Gutiérrez (2018)

### 7.1.2.10.5 Operación

Para la determinación del diagnóstico de la red de distribución del municipio de Inírida se utilizó el software EPANET para modelar parámetros vitales en sistemas de acueductos como lo son las velocidades y presiones, a continuación, se presentará la forma de realizar la simulación.

El proceso inicia con la depuración en AutoCAD del catastro de la red de acueducto en formato dwg suministrada por la empresa prestadora del servicio de acueducto del municipio (AGUAS DEL GUAINIA A.P.C) y modificada por el autor debido a que dicho catastro de redes estaba incompleto en cuanto a alturas, diámetros de tuberías, longitudes y tramos. Donde se evidencian los diámetros y longitudes de la tubería perteneciente a la red tal como se evidencia en la imagen 7.125.



*Imagen 7. 124 Plano de Catastro de Redes.  
Fuente: Aguas del Guainía A.P.C editado por autor (2018)*

Para efectos de mayor precisión se diseñó primero la simulación hidráulica para la red matriz del acueducto, el proceso es genérico por tanto se va a exponer el paso detallado en esta sección, para la red de distribución secundaria y terciaria se rige la misma metodología.

Después de la depuración en AutoCAD se procedió a realizar una depuración de información en ArcGIS, el proceso que se realizó en este software tiene como fin dar las áreas aferentes a cada nodo de la red del sistema de acueducto urbano del municipio, esto con el fin de calcular la demanda que requerirá cada uno de estos. Debido a que el proceso de depuración es ArcGIS es genérico, se decidió no explicar de manera detallada en el documento el procedimiento de depuración de la información sino mostrar el video tutorial en la plataforma

YouTube del cual se siguieron los pasos y especificaciones para llegar a los resultados mostrados más adelante (Navas, 2014)

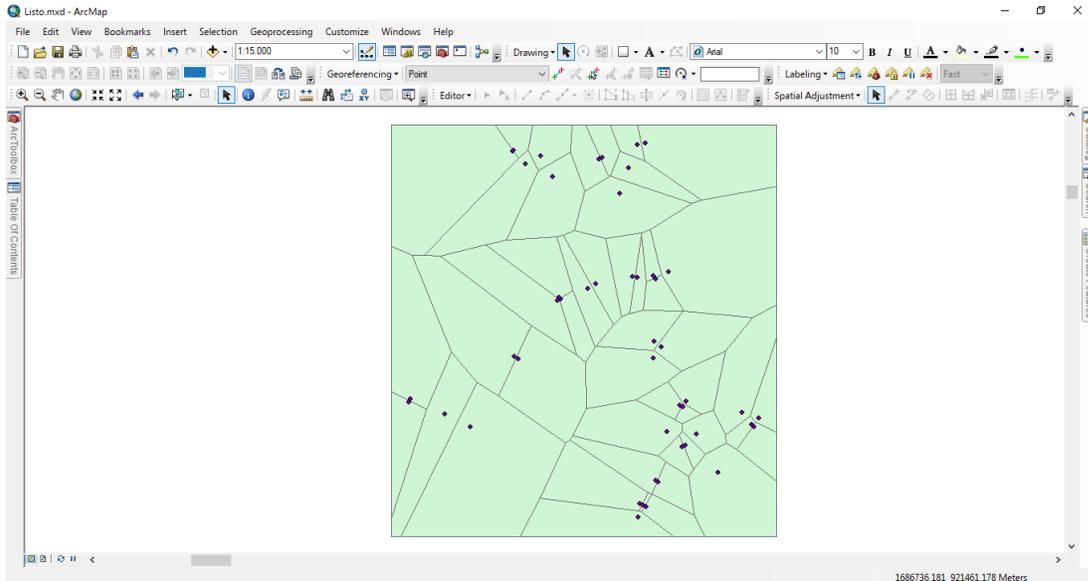


Imagen 7. 125 Polígonos de Thiessen.

Como se muestra en la figura 7.126, ArcGis genera las áreas aferentes a cada nodo dando un total de 3906935.569m<sup>2</sup> aproximadamente. En el anexo 1 se evidenciará de manera más detallada el área correspondiente a cada nodo.

Una vez obtenidos los datos de las áreas aferentes asociados a cada nodo se corresponde a calcular la demanda de cada uno de estos con la siguiente formula (ECONÓMICO, 2000):

$$\text{Dotación} = \text{Área} * \text{densidad poblacional} * \text{dotación neta}$$

Donde:

- Dotación: Litros/día
- Área: Km<sup>2</sup>
- Densidad poblacional: Habitantes/Km<sup>2</sup>
- Dotación neta: Litros/ (Habitantes\*Dia)

La densidad poblacional se calculó dividiendo el número total de habitantes en el sector urbano del municipio de Inírida sobre el área total dando como resultado (ECONÓMICO, 2000):

$$\text{Densidad Poblacional} = \frac{12690}{3.9067} = 3248.069 \text{ Hab/Km}^2$$

La dotación neta se calculó haciendo uso de la resolución 0330 del 2017 donde establece la Dotación Neta Máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida, véase la tabla 5.4 de este documento.

De acuerdo con la tabla 5.4 se identifica la altura del municipio de Inírida, una vez identificada la altura se procede a escoger la dotación neta en función de la altura, dando como resultado una dotación de 140 L/hab\*d.

Ya identificados los datos correspondientes a la densidad poblacional, la dotación neta y el área aferente a cada nodo se procede a calcular la dotación correspondiente a cada nodo, los resultados se evidencian en el anexo 1.

Con los datos obtenidos en las anteriores depuraciones se procede a montar toda la información obtenida en Epanet, dicha información corresponde a datos tales como elevaciones y demandas por nodos, diámetros y longitudes de tuberías y coordenadas de los nodos. Debido a que el proceso de depuración en Epanet es genérico, se decidió no explicar de manera detallada en el documento el procedimiento de depuración de la información sino mostrar el video tutorial en la plataforma YouTube del cual se siguieron los pasos y especificaciones para llegar a los resultados mostrados más adelante. (BEATWIN, 2010)

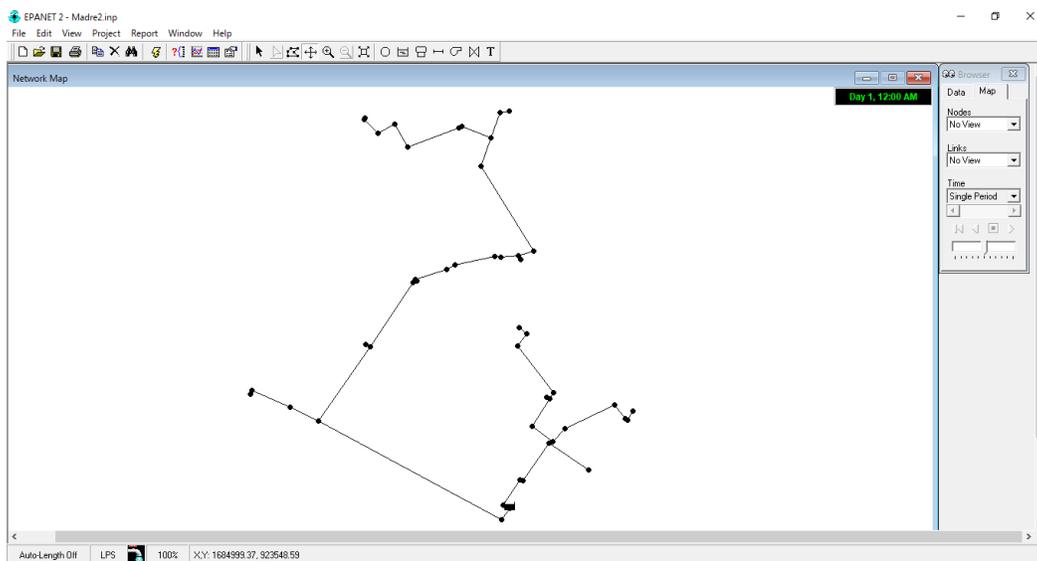


Imagen 7. 126 Red Matriz del Acueducto en EPANET

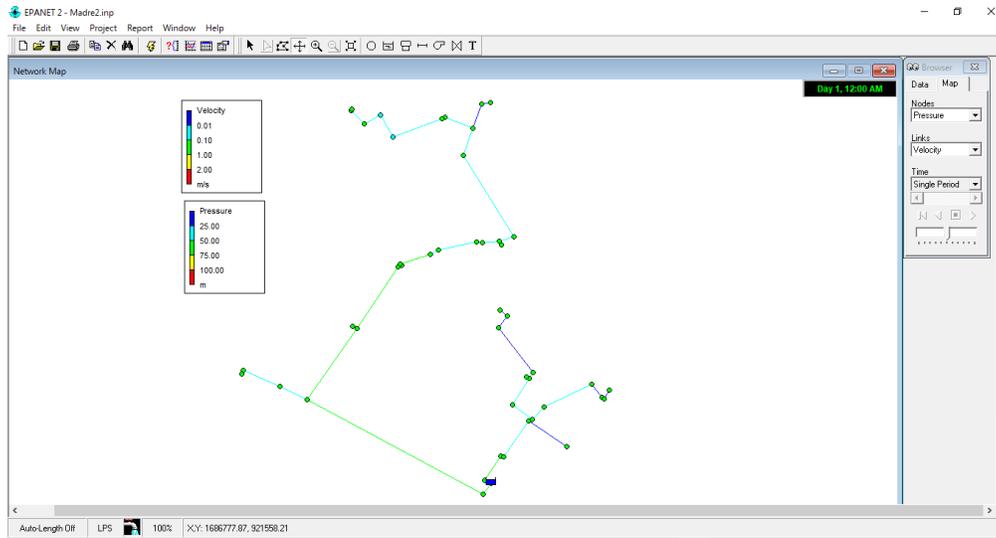


Imagen 7. 127 Red Matriz del Acueducto modelada en EPANET

Se realizó un cuadro de resumen donde se expone la evaluación hidráulica de la red madre, teniendo en cuenta como ítem de referencia:

- Presión de servicio mínimas en la red de distribución (Rsln 0330/2017; Art 61): 15 m.c.a.
- Presión de servicio máximas en la red de distribución (Rsln 0330/2017; Art 61): 50 mc.a.
- Velocidad mínima de trabajo (Rsln 0330/2017; Art 56): 0.50 m/s
- Velocidad máxima de trabajo (RAS Título B, Numeral 7.4.8): 6.00 m/s

Se realizaron análisis en cuanto a presiones y velocidad y en base a lo realizado se complementó la información tomando las consideraciones pertinentes.

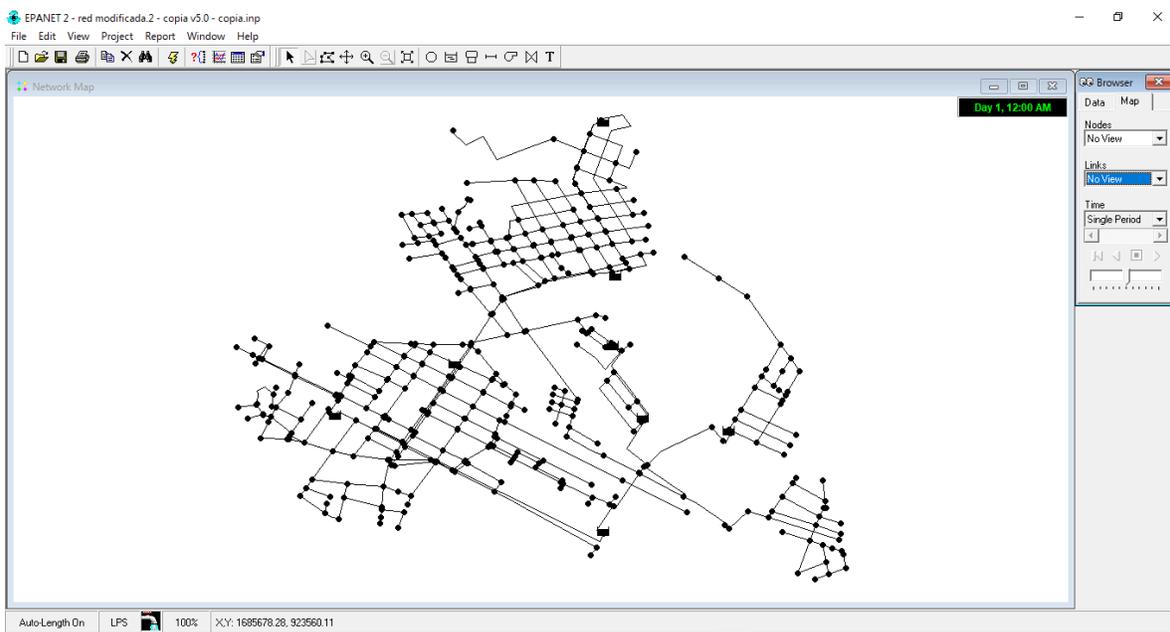
PARAMETRO	DESCRIPCION
<b>PRESION</b>	Las presiones que la simulación hidráulica por EPANET arrojaron que la presión promedio de la red madre es de 39.019 m.c.a, la presión máxima en esta red es de 44.2 m.c.a y la mínima es de 32.34 m.c.a
<b>VELOCIDAD</b>	En el caso de la velocidad del agua dentro de la tubería madre la velocidad promedio fue de 0.065 m/s, a máxima de 0.28 m/s y la mínima de 0 m/s.

Tabla 7. 15 Resumen de Evaluación Hidráulica de la Red de Matriz.

En la tabla anterior se muestra que las presiones en la red matriz lo que al generar una comparación con lo estipulado según la legislación está dentro de los rangos, lo que es favorable para el sistema de acueducto ya que no genera riesgos al momento de la distribución del agua.

Las velocidades del flujo se encuentran restringidas por la capacidad de volumen suministrado a la red, por su planeación y forma de operación las velocidades están por debajo de la legislación en cuanto a parámetros de velocidad se refiere.

Para establecer las presiones y las velocidades en la red de distribución constituida por tuberías secundarias y terciarias se montó el resto de la red estableciendo la misma metodología que con la red matriz, la determinación de la densidad poblacional, la dotación por nodo respectivamente según la dotación bruta establecida por la resolución 0330 del 2017, lo que arrojó los siguientes resultados.



*Imagen 7. 128 Red de Distribución en EPANET*

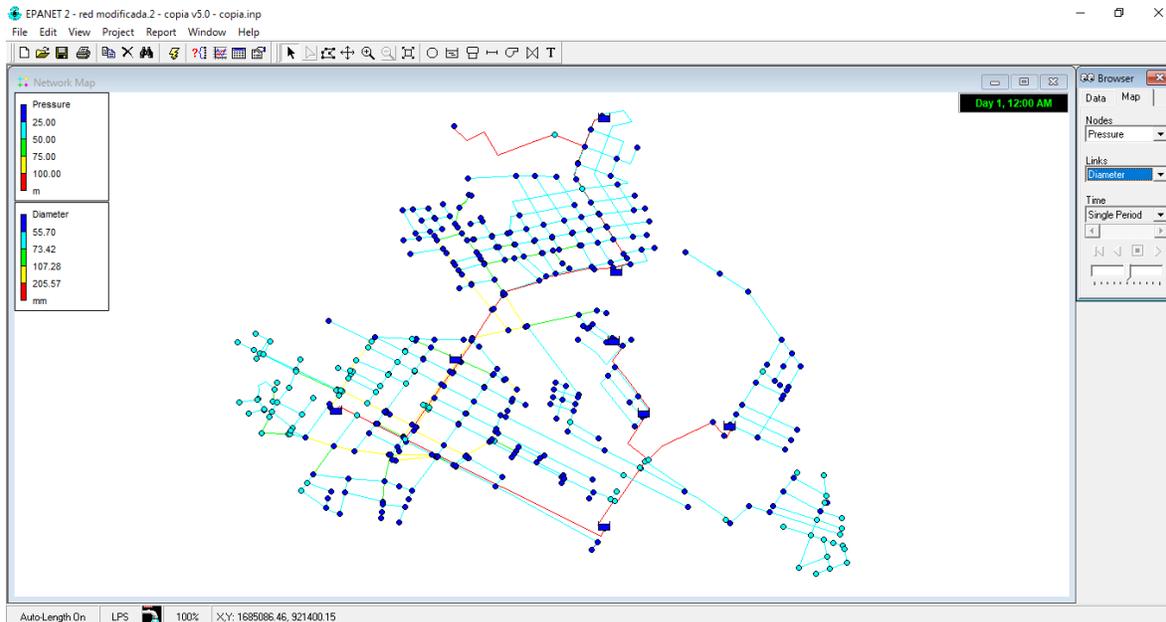
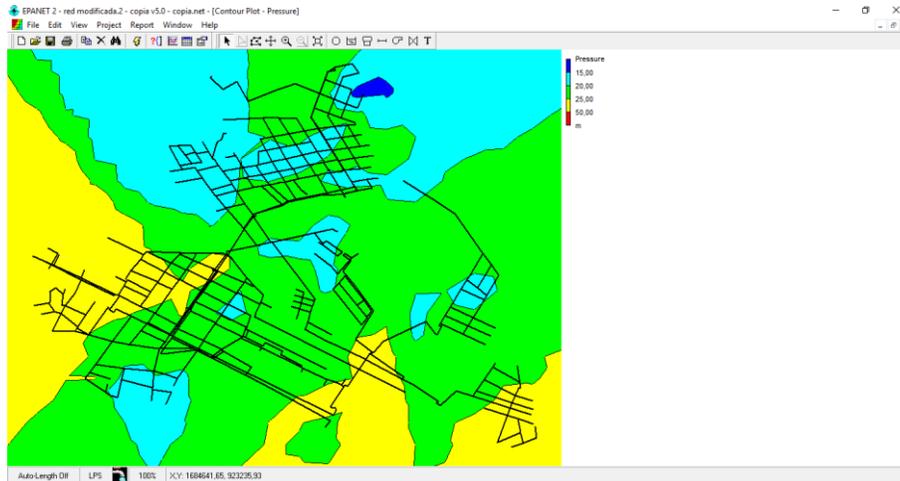


Imagen 7. 129 Red de Distribución en modelada en EPANET

PARAMETRO	DESCRIPCION
<b>PRESION</b>	Las presiones que la simulación hidráulica por EPANET arrojaron que la presión promedio e la red de distribución es de 23.1121 m.c.a, la presión máxima en esta red es de 38.51 m.c.a y la mínima es de 10.62 m.c.a
<b>VELOCIDAD</b>	En el caso de la velocidad del agua dentro de la red de distribución la velocidad promedio fue de 0.124 m/s, la máxima de 3.38 m/s y la mínima de 0 m/s.

Tabla 7. 16 Resumen de Evaluación Hidráulica de la Red de Distribución.

En la tabla anterior se muestra que las presiones en la red de distribución lo que al generar una comparación con lo estipulado según la legislación está dentro de los rangos, lo que es favorable para el sistema de acueducto ya que no genera riesgos al momento de la distribución del agua, las presiones menores de 15 m.c.a cumplen de acuerdo con el parágrafo del artículo 61 de la resolución 0330 del 2017 por el hecho de no abarcar más del 5% del área total suministrada.



*Imagen 7.130 Mapa de Contornos de Presión en EPANET*

Como se observa en la imagen 7.130 la distribución de las presiones, allí se pueden identificar las zonas en las que el municipio está distribuida para las presiones que presentan los nodos, como se mencionó anteriormente los rangos de presiones que están por debajo de lo establecido por la legislación se acoplan al parágrafo de la misma con base al área de distribución que ocupan.

Las velocidades del flujo se encuentran restringidas por la capacidad de volumen suministrado a la red, solo el 5.05% de las velocidades de las tuberías están dentro de los rangos establecidos de la legislación, lo que genera inquietud según las condiciones en las que están las tuberías que afectan a estos parámetros.

La topología de la red muestra varios ramales finales que pueden enmallarse para disminuir la presencia de tapones, en cuya cercanía el agua tiende a desmejorar su calidad a causa de su estancamiento.

Con base a estos resultados se puede determinar que la red actual de acueducto es obsoleta, y que al momento de su planificación no se tuvo en cuenta la ampliación del municipio lo que generó sobredemanda en el servicio, que ocasiona que el agua no llegue en las condiciones estipuladas por la legislación colombiana y presente problemas al momento de ser servida los usuarios del sistema de acueducto.

#### **7.1.2.10.6 Conexiones Domiciliarias**

El total de las conexiones domiciliarias son de ½”, el material de las acometidas es en PVC y el de las cajillas la mayoría son en asbesto cemento y otras en concreto.

#### **7.1.2.10.7 Puntos De Muestreo**

La empresa AGUAS DEL GUAINIA A.P.C conjunto a la Secretaria de Salud Departamental (SSD) concertaron unos puntos de muestreo conforme a la resolución 0811 de 2008 donde por medio de la cual se definen los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución.

Se establecieron 13 puntos de muestreo distribuidas por todo el municipio como se establece en la resolución en cuanto a la ubicación de los mismos.

Por parte de la empresa se realizan análisis fisicoquímicos de los puntos de muestreo como acto de regulación o vigilancia de la calidad del agua para poder establecer acciones en cuanto al cambio en suministro de químicos o cloro y así brindar un mejor servicio a la comunidad. Por otra parte, el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) puso personal Técnico en Análisis de Muestras Químicas a disposición de la empresa mediante pasantes, a quienes se les realizaron inducciones en cuanto a los procedimientos para la realización de la toma de muestras, ellos, con el acompañamiento del autor y demás funcionarios de la empresa realizaron vistas a los puntos de muestreo para la recolección de las muestras y su posterior análisis, los resultados que fueron digitalizados en la base de datos en un formato para verificar las variaciones en la calidad de agua.



Imagen 7. 131 Mapa de Puntos de Muestreo.  
 Fuente: Aguas del Guainía APC – Gutiérrez (2018)

### 7.3 DETERMINACION DE LA DEMANDA DEL SUMINISTRO DE AGUA EN EL SERVICIO

Con los resultados obtenidos en los numerales anteriores se realizarán los análisis en cuanto a la capacidad de la demanda del suministro de agua en el servicio de Acueducto del municipio de Inírida, basándose en los lineamientos propuestos por los entes reguladores como es el Reglamento del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y demás autores expertos en el tema de Sistemas de Acueducto.

Para hablar de demanda de agua, es importante hablar de población, altura, clima, nivel de complejidad, dotación neta máxima, dotación neta por suscriptor, pérdidas, dotación bruta, caudales (Medio Diario, Máximo Diario, Máximo Diario). En cuanto a la finalidad de esta investigación, los datos que se van a establecer se basan en la proyección de población para 2045 hallada por los diversos métodos de análisis y cálculos de las mismas, presentando en la tabla 7.17 los valores calculados, mientras que los métodos de cálculo se establecen en el numeral 5.3.2.2.

Población [Hab]	25629
Altura [m.s.n.m]	100
Clima	Cálido
Nivel de Complejidad	Medio Alto
Dotación Neta Máxima [Lit/hab*día]	140
Dotación por Suscriptor [m <sup>3</sup> /mes]	16.2
Perdidas (%)	15
Perdidas	0.15
K1	1.2
K2	1,5
Dotación Bruta	164.7058824
Caudal Medio Diario (Qmd) [Lit/seg]	48.85702614
Caudal Máximo Diario (QMD) [Lit/seg]	63.51413399
Caudal Máximo Horario (QMH) [Lit/seg]	82.56837418

Tabla 7. 17 Resumen de Determinación de la Demanda de Suministro de Agua.

Teniendo en cuenta lo establecido en el RAS y que el sistema de acueducto del municipio de Inírida cuenta con capacidad de almacenamiento, el caudal que se tomará, es el Caudal Máximo Diario que arroja un valor de 63.514 l/s que equivale a 0.0063514 m<sup>3</sup>/s.

## **7.4 FORMULACION DE MEJORAS TECNICAS PARA EL SISTEMA DE ACUEDUCTO**

En el presente numeral se plantearán mejoras técnicas que podrán adoptar los entes suministradores del servicio de Acueducto del Municipio de Inírida, como son la Empresa Aguas del Guainía A.P.C, la Alcaldía Municipal de Inírida y la Gobernación Departamental del Guainía.

Estas mejoras se fundamentan en los cálculos que desarrolló el autor sobre el Caudal de Diseño obtenido y los diseños hidráulicos se basaron en autores reconocidos y demás expertos en esta área; a continuación, se presenta en detalle el trabajo realizado en cada una de las estructuras y/o elementos del sistema.

### **7.4.1 Fuente De Abastecimiento**

Sobre la fuente de abastecimiento del sistema de Acueducto del municipio de Inírida que es el Rio Inírida, no hay necesidad de implementar cambios ya que su caudal es abundante y suficiente para suplirá la capacidad de succión otorgada por la Corporación Autónoma Regional; en cuanto a las condiciones en las que se presenta el agua cruda y sus variaciones, se recomienda a la Empresa Aguas del Guainía A.P.C que formalice un convenio con la CAR para evitar el tránsito de embarcaciones aguas arriba de la toma de agua, ya que estas embarcaciones generan cambios en la composición microbiológica del agua con presencia de Coliformes fecales y totales y fisicoquímicos, así como aceites y grasas que dichos medios de transporte generan en la fuente.

Para las personas que utilizan pozos profundos como fuente de abastecimiento, el autor recomienda utilizar un tratamiento básico para cambiar condiciones en las que el agua llega a los hogares, ya que en ocasiones el agua llega en condiciones críticas para el consumo y uso, por eso es recomendable el tratamiento o un retratamiento para disminuir los riesgos a la salud pública del municipio.

### **7.4.2 Sistema De Captación**

Considerando que se mantendrá la fuente y la forma de captación de abastecimiento de agua para el sistema, que actualmente es por bombeo, se propone como mejora técnica a la Empresa Aguas del Guainía APC, programar mantenimientos preventivos cada mes, con el fin de determinar posibles problemáticas que se puedan generar en el sistema; partiendo de allí se pueden prevenir daños o colapsos que generen la suspensión del servicio; en cuanto a la capacidad de captación, la bomba actual según sus especificaciones es capaz de soportar el caudal proyectado, por tanto no habría problema o necesidad de manipulación del caudal,

para suplir el caudal actual, lo que se debe realizar es un acuerdo con el operador de la barcaza para aumentar la capacidad de succión, que implicaría aumentar la potencia, este aumento en la potencia generaría un gasto adicional en cuanto a la manipulación de la estructura, gastos que se soportarán con el aumento de la cobertura.

### **7.4.3 Tubería De Aducción**

Para la tubería de aducción del sistema de acueducto del municipio de Inírida en cuanto al transporte, la capacidad de las tuberías soportaran el caudal establecido para la población a 2045, las recomendaciones que se plasman en este trabajo van encaminadas al mantenimiento en tramos importantes, que de no realizarse podrían ocasionar accidentes que generen riesgos en la prestación del servicio.

La primera sección analizada se evidencia en la Imagen 7.19 y está relacionada con la salida de la caseta de impulsión, la imagen muestra un rustico entramado conformada por collarines y anclada con cuerdas para evitar que dicha estructura se salga de su eje original; en este caso la empresa podría adquirir un collarín de 8'' y una unidad de reparación del mismo diámetro para evitar que estas estructuras generen fugas y dificulten el transporte del agua, de igual forma se requiere un soporte metálico que facilite la movilidad vertical de dicha tubería, ya que como se muestra en las figuras del numeral 7.2.1.4 la variación de la estación genera interacción o movimientos periódicos en este tramo de la tubería y causan debilitamiento en la misma y en los collarines previamente mencionados.

Cabe resaltar que la estructura que recubre el primer tramo la tubería está conformada por metal para evitar que en pocas de invierno las embarcaciones que circulan por allí, golpeen la tubería y ocasionen daños en el tramo, pero por la exposición de este tramo de tubería a las adversidades climáticas, está presenta actualmente corrosión y oxidación; la empresa Aguas del Guainía A.P.C debería realizar cambios en este canal de recubrimiento, ya que la oxidación puede ocasionar un debilitamiento en la estructura y con la circulación constante de embarcaciones en esa zona, se podría ceder y la tubería quedar expuesta lo que generaría un gran riesgo al tramo.

La segunda sección que requiere una intervención importante se puede evidenciar en las Imágenes 7.21 y 7.24 sobre la expansión de Tubería de 8 a 10'', como se observa en la figura, está compuesta por collarines y juntas de expansión que denotan un deterioro por las condiciones en las que está expuestas, a medida de la variación de los niveles del rio, la estructura fue adquiriendo corrosión y oxido que no generan un aspecto visiblemente confiable, se requiere un cambio en este tramo por unidades nuevas, tanto de collarines como de juntas de expansión, realizando este mantenimiento en estas acciones se mejoraría la

circulación del agua en este tramo que es de vital importancia para todo el sistema de acueducto.

Partiendo de la sección anterior la tubería de aducción empieza su recorrido por debajo de las calles del municipio de Inírida, la tubería actualmente se encuentra en buen estado, pero es necesario programar un manual de procedimientos para mantenimientos preventivos en la tubería de aducción, cronogramas de visitas a tramos específicos para establecer el estado actual de la misma y evitar daños posteriores.

La tercera sección de importancia en cuanto a necesidades de mejoramiento técnico es la identificada en las Imágenes 7.27, 7.28 y 7.29, que muestran la entrada de la tubería a la PTAP, esta tubería está recubierta por un canal en concreto, dicho canal de recubrimiento presenta grietas en todo su tramo, es necesario hacer las debidas reparaciones en estos canales para evitar que la tubería sufra afectaciones que puedan generar problemas con la prestación del servicio, de igual forma en las imágenes anteriormente nombradas se logran identificar las válvulas de paso de la tubería, estas válvulas están en mal estado identificando la falta de manojos que dificultan su operación y en ocasión de extrema emergencia se dificultaría su operación, se requiere el inmediato cambio de las válvulas para evitar inconvenientes como los anteriormente nombrados.

#### 7.4.4 Desarenador

Para establecer cómo se pueden generar mejoras técnicas en el desarenador se realizaron los cálculos para la población en proyección y el caudal de diseño calculado, a continuación, se presentarán las tablas con las relaciones y los cálculos que se ejecutaron.

<b>Caudal de Diseño</b>	0.06351414
<b>Diámetro de la Partícula de Diseño (cm)</b>	0.005
<b>Tipo de Arena Retenido</b>	Arena muy Fina
<b>Temperatura</b>	28°C
<b>Viscosidad Cinemática (cm<sup>2</sup>/s)</b>	0.00839
<b>Peso Específico de la Partícula (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.65
<b>Peso Específico del Agua (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1
<b>Gravedad (cm/s<sup>2</sup>)</b>	981
<b>Porcentaje de Remoción(%)</b>	75
<b>Eficiencia de Pantallas (n)</b>	2
<b>Numero de Hazen</b>	2.33
<b>Profundidad Útil de Sedimentación (cm) (H)</b>	300
<b>Profundidad Útil de Sedimentación (m) (H)</b>	3
<b>Relación Longitud-Ancho L:B</b>	4

<b>Factor de Forma (k)</b>	0.04
<b>Factor de Rugosidad de la Cámara (f)</b>	0.03
<b>Xs Vertedero de Salida</b>	0.291343669
<b>Borde Libre Vertedero de Salida (BL)</b>	0.11319203

Tabla 7. 18 Propiedades Generales para el Diseño del Desarenador.

<b>1. Velocidad de Sedimentación</b>		
<b>Vs</b>	0.26795292	
<b>2. Tiempo de Sedimentación de la Partícula</b>		
<b>t</b>	1119.599666	
<b>3. Periodo de Retención Hidráulico</b>		
<b><math>\theta</math></b>	2608.667223	
<b>4. Volumen del Tanque</b>		
<b>Vtanq</b>	165.6872549	
<b>5. Área Superficial</b>		
<b>Asup</b>	55.22908498	
<b>6. Ancho Corregido</b>		
<b>B</b>	3.71581	3.7
<b>7. Longitud Corregida</b>		
<b>L</b>	14.8	
<b>8. Velocidad Teórica</b>		
<b>Vo (m)</b>	0.001150013	
<b>Vo (cm)</b>	0.115001253	
<b>9. Diámetro Teórico</b>		
<b>dteor (cm)</b>	0.003275609	
<b>dteor (mm)</b>	0.032756089	
<b>10. Velocidad Horizontal</b>		
<b>Vh</b>	0.005721995	0.5722
<b>11. Velocidad de Resuspension</b>		
<b>Vr</b>	9.29128624	
<b>12. Vertedero de Salida</b>		
<b>Hv</b>	0.044316683	0.045
<b>13. Velocidad del Vertedero</b>		
<b>Vv</b>	0.3815	
<b>14. Ancho del Vertedero</b>		
<b>B</b>	0.405	
<b>15. Dimensiones de las Pantallas</b>		
<b>Longitud (L)</b>	1.5	
<b>Pant. Entrada</b>	3.7	
<b>Pant. Salida</b>	0.675	

16. Cámara de Lodos		
<b>Hlodos</b>	1.48	
<b>Pendiente S</b>	1.013%	0,0101 m/m

*Tabla 7. 19 Diseño del Desarenador.*

Es necesario mencionar las condiciones en que fueron presentados los elementos del sistema de acueducto al autor, manifestando que la empresa no contaba con los diseños hidráulicos de las obras, por lo que el autor ha propuesto mejoras a los diseños que se están utilizando actualmente. Con respecto al desarenador que se está utilizando, las modificaciones a realizar abarcan desde la ampliación de las dimensiones del tanque como tal, adicionando 5.5m en el eje horizontal y 0.54m en el eje vertical. Sobre las especificaciones o parámetros que debe cumplir el desarenador en cuanto al diseño estipulado por el RAS, con las ampliaciones propuestas, el nuevo desarenador cumpliría con las especificaciones requeridas como muestran los cálculos.

#### **7.4.5 Tubería De Conducción**

En este tramo, a tubería cuenta con una capacidad de (10’’), la cual soportaría el caudal según el diseño y no presentaría inconvenientes para resistir los volúmenes de agua que debería transportar; como mejoras técnicas se propone el arreglo superficial de la tubería, como en la tubería de aducción se necesita reparar el canal de recubrimiento en concreto, mientras que en las válvulas de paso y control del flujo hacia la tubería se debe realizar mantenimiento y controles preventivos para evitar problemas a futuro.

#### **7.4.6 Planta De Tratamiento De Agua Potable (PTAP)**

Para iniciar las mejoras técnicas en la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) y teniendo en cuenta la información suministrada por diversos autores sobre potabilización, se evalúa en primera medida el caudal con el que operará la planta; a continuación, se presenta la metodología de cálculo y los valores calculados.

<b>CAUDAL DE DISEÑO PARA LA PTAP</b>	
$Q_D = Q_{MD} + Q_{CP} + Q_{IND}$	
$Q_{MD} = \text{Caudal Medio Diario}$	$Q_{MD} = 63,514 \frac{l}{s} \equiv 0,0635141 \frac{m^3}{s}$
$Q_{CP} = \text{Caudal Consumo de Planta}$	$Q_{CP} = 3\% - 5\% \text{ Asumiendo el } 5\% \therefore 3,175 \frac{l}{s}$ $\equiv 3,175 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}$
$Q_{IND} = \text{Caudal Industrial}$	$Q_{IND} = Kte = 10 \frac{l}{s} \equiv 0,01 \frac{m^3}{s}$
$Q_D = 0,0635141 + 3,175 \times 10^{-3} + 0,01 = 0,076689 \frac{m^3}{s} \equiv 76,6898 \frac{l}{s}$	

Tabla 7. 20 Caudal de Diseño para PTAP a 2045.

Como se evidencia en la tabla 7.20, para formar el caudal de diseño para la planta, es necesario adicionar otros caudales como el de consumo de la planta y el industrial, estos caudales adicionados al caudal medio diario darán como resultado el caudal con el que se van a operar los elementos de la planta de tratamiento.

A continuación, se realizarán las especificaciones de las mejores técnicas a los procesos unitarios de la planta de tratamiento, haciendo la aclaración que el caudal base será el recientemente calculado, 74.452 l.p.s.

#### 7.4.6.1 Cámara De Aquietamiento

En cuanto a la cámara de aquietamiento los cálculos basados en el caudal actual arrojaron los siguientes resultados.

<b>CAMARA DE AQUIETAMIENTO</b>		
$Q = V_{ASC} * A_{CAM}$	$A_{CAM} = L^2$	$Q = 0,076689 \frac{m^3}{s}$
Asumiendo $V_{ASC}$ como $0,05 \frac{m}{s}$	$0,076689 = 0,05 * L^2$	$L = 1,2384 \approx 1,25$
$A_{CAM}^* = L^{*2} = 1,5625 m$	$Q = \frac{V}{T_{RH}} = \frac{H * L^2}{T_{RH}}$	Asumiendo $T_{RH}$ como 45 seg
$H = 2,2086$	Asum. $B_L$ como 0,2913	$H_T = 2,5 m$
<b>Correccion:</b> $Q = V_{ASC} * L^{*2}$	$V_{ASC} = 0,04908 \frac{m}{s} \equiv 4,9080 \frac{cm}{s}$	<b>Correccion:</b> $Q = V^*/T_{RH}$
<b><math>T_{RH} = 50,9362 \text{ seg}</math></b>		

Tabla 7. 21 Diseño de Cámara de Aquietamiento.

Según el RAS las especificaciones o parámetros que se deben cumplir al momento del diseño de la cámara de aquietamiento son las siguientes.

RECOMENDACIONES
$4 \text{ cm/s} \leq V_{ASC} \leq 10 \text{ cm/s}$
$30 \text{ seg} \leq T_{RH} \leq 60 \text{ seg}$

Tabla 7. 22 Recomendaciones para el Diseño de Cámara de Aquietamiento.

Según las recomendaciones de la tabla 7.19 se puede determinar que el diseño de la cámara de aquietamiento actual cumple con estas recomendaciones, proporcionando un buen funcionamiento al sistema actual.

Junto a la cámara de aquietamiento debe estar el vertedero de excesos y el canal de aproximación al mezclador rápido, elementos significativos en el esquema del sistema del acueducto, pero que según las visitas realizadas a la planta no se cuentan con estos elementos en estructura actual; según el caudal mencionado previamente se realizaron los cálculos para estas dos secciones arrojando los siguientes resultados que son de gran importancia para su funcionamiento.

VERTEDERO DE EXCESOS			
$Q_E \cong 1,84 * Lv^* * Hv^{3/2}$	$Lv^* = (Lv - 0,1Nc * Hv)$	Asum. $Lv = 0,5$	Asum. $Nc = 2$
$Q_E = Q_D - Q_{MD} \cong 0,01117 \frac{m^3}{s}$	$Hv = 0,0535m$ $Lv^* = 0,4893m$	$V = \frac{Q_E}{Am} = \frac{Q_E}{Hv^* * Lv^*}$	$V = 0,4469 \frac{m}{s}$

Tabla 7. 23 Diseño de Vertedero de Excesos.

Las recomendaciones y el dimensionamiento del vertedero de excesos que debe estar conjunto a la cámara de aquietamiento es el siguiente

CANAL DE APROXIMACION			
$Q = \frac{Am}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$	$Am = Bc * Hc$	$R = \frac{Am}{Pm}$	$Pm = 2Hc + Bc$
$Q = \frac{Bc * Hc}{n} * \frac{Bc * Hc}{2Hc + Bc}^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$	$0,07668 = \frac{1,5Hc^2}{0,013} * \left(\frac{1,5Hc^2}{3,5Hc}\right)^{\frac{2}{3}} * (0,001)^{0,5}$		$Hc = 0,2903m$
$Bc^* = 0,45m$	$Hc^* = 0,58145m$	$0,7 = Hc^* + B_L$	$B_L = 0,1185 m$

Tabla 7. 24 Diseño del Canal de Aproximación.

CONSIDERACIONES
Asum. $Bc = 1,5 Hc \therefore Am = 1,5Hc^2$
Asum. $S = 0,1\% \cong 0,001m/m$
$n = 0,013$
$Q = 0,0744$
Asum. $H_T 0,7m$

Tabla 7. 25 Consideraciones del Canal de Aproximación.

Como se evidencia en la tabla 7.22 esos valores fueron utilizados en el diseño de la Cámara de Aquietamiento, allí se abarcan coeficiente, pendientes y demás factores que el autor considero necesarios para la elaboración del canal.

#### 7.4.6.2 Medidor De Caudal

Conforme avanza el esquema de la planta de tratamiento, el siguiente elemento presente en el sistema es el medidor de caudal, especificando su estado que en el numeral 7.1.2.7.2; como mejora técnica se propone un cambio en la regleta volumétrica para lograr una mejor visualización y facilitar a los operarios las lecturas del caudal entrante a la planta.

#### 7.4.6.3 Dosificadores De Coagulante Y Dosificador De pH

Para la sección de la dosificación de coagulante y regulador de pH que son de suma importancia, es necesario un cambio en los equipos de dosificación, ya que por el tiempo de uso se han vuelto obsoletos, los graduadores están descalibrados y por ser tan antiguos no se consiguen piezas para su reparación; la empresa Aguas del Guainía A.P.C debe hacer el cambio de estos equipos ya que en su estado actual se hace imposible alcanzar una eficiencia del 100% de los mismos, generando una mala adición en el coagulante y el regulador de pH, lo que conlleva a un incremento en el suministro de estos, aumentando los gastos en la operación de la planta de tratamiento. En cuanto a la tubería que se utiliza para la adición de los químicos al agua, se necesita un cambio por las condiciones que esta presenta, ya que produce un mal aspecto visual.

#### 7.4.6.4 Mezclador Rápido

Sobre el estado actual del mezclador rápido que utiliza la PTAP del municipio de Inírida, es urgente hacer una intervención para optimizar este proceso; por costos y otros factores, la principal opción para utilizar como mezclador rápido es la “Canaleta Parshall”, estas canaletas vienen prefabricadas y conociendo el caudal que requiere la planta, se pueden establecer condiciones específicas entre el proveedor y el usuario para adquirir la alternativa más recomendable; dentro de estas condiciones se debe considerar el caudal, el ancho de garganta requerido y la confiabilidad en el cumplimiento de las consideraciones hidráulicas que la canaleta debe cumplir como mezclador rápido. Las especificaciones que debe reunir la canaleta para cumplir esta función se establecen en la tabla 7.26.

<b>FROUDE</b>
$1,5 \leq F \leq 1,7$
<b>TIEMPO DE MEZCLA RAPIDA</b>
$1 < T_{MR}$
<b>GRADIENTE</b>
$1000 \leq G \leq 2000$

Tabla 7. 26 Consideraciones del Mezclador Rápido.

Teniendo en cuenta el caudal que utilizará la planta (74.452 l.p.s) se estableció la relación de anchos de garganta y caudales máximos y mínimos los cuales se presenta en la tabla 7.24.

W (Pulgadas)	Caudal Min	Caudal Max
	l/s	l/s
3	0,85	53,8
6	1,52	110,4
9	2,55	251,9
12	3,11	455,6
1+1/2'	4,25	696,2
2'	11,89	936,2
3'	17,26	1426,3
4'	36,79	1921,5
5'	62,8	2442,2
6'	74,4	2929
7'	115,4	3440
8'	130,7	3960
10'	200	5660

Tabla 7. 27 Relación de Caudales con Ancho de Garganta de Mezclador Rápido.

Como se puede ver en la tabla anterior, el ancho de garganta a utilizar para la PTAP del municipio de Inírida es de 6''; conociendo este requerimiento, se pueden calcular los demás datos para elaborar manualmente el diseño de la canaleta y confirmar que el ancho de la garganta cumple con las consideraciones que debe tener el mezclador rápido. A continuación se presentan los cálculos alcanzados para la elaboración de los diseños de la canaleta.

Q	n	K
3''	1,547	0,176
6''	1,58	0,381
9''	1,53	0,535
1'	1,522	0,69
1+1/2'	1,538	1,054
2'	1,55	1,426
3'	1,566	2,182
4'	1,578	2,935
5'	1,587	3,728
6'	1,595	4,515
7'	1,601	5,306
8'	1,606	6,101

Tabla 7. 28 Relación de Ancho de Garganta y Factores para Determinar Alturas del Mezclador Rápido.

w (cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)	F (cm)	G (cm)	K (cm)	N (cm)	R (cm)	M (cm)	P (cm)	X (cm)	Y (cm)
<b>2,5</b>	36,3	35,6	9,3	16,8	22,9	7,6	20,3	1,9	2,9	-	-	50	0,8	1,3
<b>5,1</b>	41,4	40,6	13,5	21,4	35,6	11,4	25,4	2,2	4,3	-	-	70	1,6	2,5
<b>7,6</b>	45,6	45,7	17,8	25,9	38,1	15,2	30,5	2,5	5,7	40,6	30,5	76,8	5,1	3,8
<b>15,2</b>	62,1	61	39,4	40,3	45,7	30,5	61	7,6	11,4	40,6	30,5	90,2	5,1	7,6
<b>22,9</b>	88	86,4	38	57,5	61	30,5	45,7	7,6	11,4	40,6	30,5	108	5,1	7,6
<b>30,5</b>	137,2	134,4	61	84,5	91,5	61	91,5	7,6	22,9	50,8	38,1	149,2	5,1	7,6
<b>45,7</b>	144,9	142	76,2	102,6	91,5	61	91,5	7,6	22,9	50,8	38,1	167,6	5,1	7,6
<b>61</b>	152,5	146,6	91,5	120,7	91,5	61	91,5	7,6	22,9	50,8	38,1	185,4	5,1	7,6
<b>91,5</b>	167,7	164,5	122	157,2	91,5	61	91,5	7,6	22,9	50,8	38,1	222,3	5,1	7,6
<b>122</b>	183	179,5	152,5	193,8	91,5	61	91,5	7,6	22,9	61	45,7	272,1	5,1	7,6
<b>152,5</b>	198,3	194,1	183	230,3	91,5	61	91,5	7,6	22,9	61	45,7	308,8	5,1	7,6
<b>182,8</b>	231,5	209	213,5	266,7	91,5	61	91,5	7,6	22,9	61	45,7	344,2	5,1	7,6
<b>213,5</b>	228,8	224	244	303	91,5	61	91,5	7,6	22,9	61	45,7	381	5,1	7,6
<b>244</b>	244	239,2	274,5	340	91,5	61	91,5	7,6	22,9	61	45,7	417,2	5,1	7,6
<b>305</b>	274,5	427	366	475,9	122	91,5	183	15,3	34,3	-	-	-	30,5	22,9

*Tabla 7. 29 Dimensiones de la Canaleta Parshall Respecto al Ancho de Garganta.*

MEZCLADOR RAPIDO (CANALETA PARSHALL)			
$Q = K * Ha^n$	$Ha = 0,3625 m$	$Wa = W + \frac{2}{3} * (D - W)$	
$Wa = 31,93 cm$ $\equiv 0,3193 m$	$Va = \frac{Q}{Ha * Wa}$	$Va = 0,6624 m/s$	
$E_1 = \frac{Va^2}{2g} + Ha + N$	$E_1 = 0,4988m$	$E_1 = E_2$	$\phi = \frac{X * N}{F} = 0,01906m$
$Q_2 = V_2 * A_2 \rightarrow V_2 = \frac{Q}{A_2}$	$A_2 = W * H_2$	$V_2 = \frac{Q}{W * H_2}$	$E_2 = \frac{\left(\frac{Q^2}{W^2 * H_2^2}\right)}{2g} + H_2 + \phi$
$H_2 = 0,2251m$	$H_b = H_2 + \phi - N \rightarrow H_b = 0,1301m$		$A_2^* = W * H_2 \rightarrow A_2^* = 0,034m^2$
$V_2^* = \frac{Q}{A_2^*} \rightarrow V_2^*$ $= 2,2552 \frac{m}{s}$	$\frac{H_b}{H_a} = 0,3588$	$F = \frac{V}{\sqrt{g * H}}$	$F_2 = 1,5176$
$H_3 = \frac{H_2}{2} * \left(\sqrt{1 + 8F_2^2} - 1\right) \rightarrow H_3 = 0,3835m$		$A_3 = W * H_3 \rightarrow A_3 = 0,058m^2$	
$V_3 = \frac{Q}{A_3} \rightarrow V_3$ $= 1,3119m/s$	$E_3 = \frac{V_3^2}{2g} + H_3 + 0 \rightarrow E_3 = 0,4712m$		$H_4 = H_3 - N - K \rightarrow H_4 = 0,3455m$
$V_4 = \frac{Q}{A_4} \rightarrow V_4$ $= 1,4562 \frac{m}{s}$	$Z_4 = N - K \rightarrow Z_4 = 0,038m$	$E_4 = \frac{V_4^2}{2g} + H_4 + Z_4 \rightarrow E_4 = 0,39410m$	
$H_5 = H_4 + \Delta Asum. \Delta = 0,2 \therefore H_5 = 0,5455m$		$L_R = 6(H_3 - H_2) \rightarrow L_R = 0,9444m$	
$\bar{V}_R = \frac{V_2 + V_3}{2} \rightarrow \bar{V}_R$ $= 1,7835 \frac{m}{s}$	$T_{MR} = \frac{L_R}{\bar{V}_R} \rightarrow T_{MR}$ $= 0,5295seg$	$G = \sqrt{\frac{\rho * \Delta H}{\mu * T_{MR}}}$	$\Delta H = \frac{(H_3 - H_2)^3}{4H_3 * H_2} \rightarrow \Delta H = 0,0115m$
$G = 1593,47 s^{-1}$	$1,5 \leq F \leq 1,7$ $1 < T_{MR}$	$1000 \leq G \leq 2000$	$\rho = 996,31 \frac{Kg}{m^3}$ $\mu = 0,836 \frac{N * s}{m^2}$

Tabla 7. 30 Cálculos de Diseño de la Canaleta Parshall.

Como se muestra en la tabla 7.26 los cálculos elaborados para la Canaleta Parshall al ser comparados con la tabla 7.23, revelan que el ancho de garganta de 6'' de la Canaleta está dentro de los rangos establecido y cumple a cabalidad con sus funciones.

#### 7.4.6.5 Floculador

Con el fin de reducir costos a la Empresa Aguas del Guainía A.P.C., para el diseño del floculador se propuso utilizar el sistema de floculadores que actualmente utiliza la PTAP del municipio de Inírida, que es un floculador tipo COX, que cuenta con tres (3) trenes y cuatro (4) compartimientos cada uno, para un total de 12 compartimientos en total. A continuación se presentan los cálculos y el gradiente del diseño propuesto.

GRADIENTE		
$C_i$	Tiempo (min)	$G_i (s^{-1})$
1	6	80,95
2	6	58,73
3	6	48,68
4	6	42,61
	24	$\bar{G} = 57,7425$

Tabla 7. 31 Gradiente de Hidráulico de Laboratorio.

Para determinar los gradientes de los compartimientos se utilizó la siguiente formula

$$G_i = \left( \frac{10^{4,9}}{T_{opML}} \right)^{1/2,16}$$

Conforme al tiempo de mezcla lenta óptimo, se han determinado los gradientes, y con base en ellos, se han diseñado los correspondientes compartimientos; a continuación, se presenta el diseño del compartimiento número 1 con las consideraciones y factores que se deben tener en cuenta.

CONSIDERACIONES	
$F = 0,017$	
$V_i = \frac{Q}{A}$	
$R_h = \frac{A}{P}$	
$A = a * b$	$P = 2a + 2b$
Asum. $a = 0,25$	
$\vartheta = 8,39 \times 10^{-7} \frac{m^2}{s}$	
$k = \frac{1}{Cd^2}$	$Cd = 0,74$

Tabla 7. 32 Consideraciones para el Diseño del Floculador COX.

FLOCULADOR HIDRAULICO (COX)		
$Q_{c/floc} = \frac{Q_D}{\#floc} \rightarrow Q_{c/floc} = 0,02556 \frac{m^3}{s}$	$G = \sqrt{\frac{F * V_i}{8R_h * \vartheta}}$	$G = \sqrt{\frac{F * \left(\frac{Q}{a * b}\right)}{\left[8 * \left(\frac{a * b}{2a + 2b}\right)\right] * \vartheta}}$
$b = 0,48m \therefore R_h = 0,0821m \therefore A_o = 0,12m^2$	$V_o^* = 0,213 \frac{m}{s}$	$G^* = 81,0618 s^{-1}$
$\Delta G =  G_{LAB} - G^*  \rightarrow \Delta G = 0, 111s^{-1}$	$\forall = Q * Top_{ML} \rightarrow \forall = 9,20m^3$	$h_f = k * \frac{V_o^2}{2g}$
$h_f = 0,004208m$		

Tabla 7. 33 Diseño del Floculador COX.

#### 7.4.6.6 Sedimentador

Para el sedimentador al igual que el anterior componente del sistema, se optó por mantener las características del sedimentador actual, un sedimentador de alta tasa de flujo ascendente, con paneles hexagonales, para determinar su funcionamiento se generaron los cálculos con base en las características de diseño que se vienen trabajando y arrojaron los siguientes resultados.

VELOCIDAD DE SEDIMENTACION DE LABORATORIO
$V_{SLAB} = 52 \frac{m^3}{m^2 * d}$

Tabla 7. 34 Velocidad de Sedimentación en Laboratorio.

CONSIDERACIONES	
<i>Factor de Seguridad F.S = 1,3</i>	
$\#_{sed} = 2$	
<i>Mayorar el Caudal 33% <math>\therefore 0,10198 \frac{m^3}{s}</math></i>	
$^{\circ}T = 28^{\circ}C$	$S = 1$
$\vartheta = 8,39x10^{-7} \frac{m^2}{s} \equiv 8,39x10^{-3} \frac{cm^2}{s}$	
$\theta = 60^{\circ}$	$e_c = 6cm \equiv 0,06m$
$\ell = 1,20m$	$L = \frac{\ell}{e} \equiv 20m$
$\beta_p = 2,4$	$e_p = 0,005m$
<i>Asum. <math>L_{MTTO} = 1,83m</math></i>	
<i><math>m &gt; 2\%</math> Asum. <math>s = 2,5\%</math></i>	
$Nc = 2$	$b = 50cm \equiv 0,5m$
$H_L = 0,5m$	$B_L = 0,26077m$
$H_{MTTO} = 2m$	

Tabla 7. 35 Consideraciones de Diseño para Sedimentador.

SEDIMENTADOR DE ALTA TASA FLUJO VERTICAL ASCENDENTE	
$V_{sed} = \frac{V_{S_{LAB}}}{F.S} \rightarrow V_{sed} = 40 \frac{m^3}{m^2} * d$	$Q_D = \frac{Q_{May}}{\#Sed} \rightarrow Q_D = 0,0509 \frac{m^3}{s}$
$V_o = \frac{\left(\frac{V_{sed}}{S}\right) (L \cos(\theta) + \text{sen}(\theta))}{\left(1 + \frac{0,058e \left(\frac{V_{sed}}{S}\right) \cos(\theta)}{\vartheta}\right)}$	$V_o = 0,2585 \frac{cm}{s} \equiv 2,585 \times 10^{-3} m/s$
$Q_o = \frac{V_o}{A_o} \equiv Q_o = 3,7229 \times 10^{-4}$	$A_o = e * \beta_p \equiv 0,144 m^2$
$\text{sen}(30) = \frac{a}{1,20} \rightarrow a = 0,6$	$N_{COND} = \frac{Q_D}{Q_o} \equiv 136,96 \approx 137$
$L_{TSED} = L_{ZSED} + L_{MTTO} \rightarrow L_{TSED} = 8m$	$LZ_{SED} = \left(\frac{[e_p * N_p] + [e_c * N_c]}{\text{sen}(60)}\right) * a \rightarrow LZ_{SED} = 6,1695m$
$L_{CAN} = LZ_{SED} - a \rightarrow L_{CAN} = 7.8m$	$\Delta H = L_{TSED} * m \rightarrow \Delta H = 0,2m$
$h_{max} = \left(\frac{73q}{b}\right)^{2/3} \rightarrow h_{max} = 11,135cm$	$q = \frac{Q_{SED}}{N_c} \rightarrow q = 0,02545 \frac{m^3}{s} \equiv 25,45 \frac{l}{s}$
	$\text{sen}(\theta) = \frac{Hz_{SED}}{1,2} \rightarrow Hz_{SED} = 1,03923m$
$H_T = \Delta H + H_{MTTO} + Hz_{SED} + H_L + B_L \rightarrow H_T = 4m$	

Tabla 7. 36 Diseño de Sedimentador de Alta Tasa Flujo Ascendente.

#### 7.4.6.7 Filtros

Con el fin de reducir costos a la Empresa Aguas del Guainía A.P.C., para la construcción de la sección de filtración se propone mantener el número actual de filtros, planteando cambios en las dimensiones de los mismos con el fin de cumplir con las condiciones y demás parámetros de potabilización, según lo planteado por diferentes expertos en el tema.

A continuación, se presentan los cálculos utilizados para los diseños de esta sección.

CONSIDERACIONES			
$Q_D = 0,07668 \frac{m^3}{s} \equiv 6625,152 \frac{m^3}{d}$			
$\bar{V} = \bar{V}_f = CHS \rightarrow 120 - 300 \left(\frac{m^3}{m^2 * d}\right)$			
$Asum. \bar{V}_f = 200 \left(\frac{m^3}{m^2 * d}\right)$	$0,25 < C < 0,5$ $\rightarrow Asum. C = 0,3$	$V_{LAV} = 0,6 - 0,9 \left(\frac{m^3}{m^2} * d\right)$	$N_f = 4 unid$
$Asum. 0,8 \left(\frac{m^3}{m^2} * min\right) \equiv 1152 \left(\frac{m^3}{m^2 * d}\right)$		$B_F^* = 2,31 \approx 2,35m$	$A_F^* = 8,695m^2$
$CHS^* = 190,4874 \frac{m^3}{m^2 * d}$	$U_{MAX}^* = 247,633 \frac{m^3}{m^2 * d}$	$U_{MIN}^* = 133,34 \frac{m^3}{m^2 * d}$	$0,9 < T_{EAA} < 1 Asum. 0,95$
$0,4 < T_{EAA} < 0,5 Asum. 0,45$	$Asum. H_T = 0,8m$	$f' = 5$ $\vartheta = 8,39 \times 10^{-3} \frac{cm^2}{s}$	$Ce_A = 0,73$ $Ce_a = 0,82$
$P_{O_{A,a}} = 0,4$ $g = 980 \frac{cm}{s^2}$	$\bar{V} = 190,4874 \frac{m^3}{m^2 * d} \equiv 0,2204 \frac{cm^3}{cm^2 * s}$		$Ko = 2,6$ $Asum. H_G = 0,5m$

$Nv = 4$ $Bf = 2,3 = L_{VIGA}$	$B_{cv} = \frac{Lf}{Nv} \rightarrow B_{cv} = 0,925$	$\#o = 360 \text{ de } 3/4''$	$n = 0,013$
$Qo = \frac{Q_f}{\#o} \rightarrow Qo = 4,6008 \frac{m^3}{d} \equiv 5,325 \times 10^5 \frac{m^3}{s}$		$Ao = \frac{\pi}{4} * \phi^2 \rightarrow Ao = 2,85 \times 10^{-4} m^2$	
$Qo = Vo * Ao \rightarrow Vo = \frac{Qo}{Ao} \rightarrow Vo = 0,1808 \frac{m}{s}$		$Rh = \frac{Am}{Pm}$	$Am = a * b$ $Pm = 2a + 2b$
$a = 0,3 - 0,5 \rightarrow a = 0,3 m$	$b = B_F = 2,35 m$	$Q_{LV} = V_{LAV} * A_F \rightarrow Q_{LV} = 0,1159 \frac{m^3}{s}$	
$G_{sA} = 1,4$ $G_{sa} = 2,65$ $PO_{A,a} = 0,4$	$Qo = \frac{Q_{LV}}{\#o} \rightarrow Qo = 3,22 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$		$V_{FF} = \frac{Qo}{Ao} \rightarrow V_{FF} = 1,12 \frac{m}{s}$
$K_{FF} = 2,6$ $K_{DE} = 2,6$	$A_{DE} = A_{DS} = 0,3$	$V_{DE} = \frac{Q_{LV}}{A_{DE}} \rightarrow V_{DE} = 0,3863 \frac{m}{s}$	
$L_{LV} = B_F = 2,35 m$ $Nc = 2$	Asum. $Lv = 0,8 m$ $\#cond = 4$	$Q_{CL} = \frac{Q_{VCL}}{\#cond} \rightarrow Q_{CL} = 0,02897 \frac{m^3}{s}$	
$\#vert = \#cond * 2 \rightarrow \#vert = 8$	$Q_{VCL} = \frac{Q_{CL}}{\#vert} \rightarrow Q_{VCL} = 0,01448 \frac{m^3}{s}$		$L_{VCL} = B_F = 2,3 m$
$H_{MAXCL} = \left(\frac{73Q_{CL}}{b}\right)^{2/3}$	$H_{CL} = H_{MAXCL} + B_{LCL}$	$b = 0,5 m$ Asum. $H_{CL} = 0,3 m$	$\epsilon_a = 0,14$ $\epsilon_A = 0,58$
$B_L = 0,4934 m$ $H_{PCL} = 0,1 m$	$H_{seg} = 0,4934 m$ $H_{MTO} = 1,2 m$	$H_{FF} = 0,3 m$	$H_{PFF} = 0,1 m$

Tabla 7. 37 Consideraciones de Diseño para Filtros.

	Antracita	Arena
$\sum_{i=1}^n \frac{\bar{x}_i}{d_i^2}$	98	192
H	0.53 m	0.26 m

Tabla 7. 38 Consideraciones de Diseño para Filtros.

Conforme a las dimensiones que tiene el actual sistema de filtros en la PTAP del municipio de Inírida, las especificaciones de filtración para abarcar la totalidad del caudal predispuesto para la planta es la siguiente:

FILTRO	
$U_{MAX} = (1 + C) * \bar{V} \rightarrow U_{MAX} = 260 \left(\frac{m^3}{m^2 * d}\right)$	$U_{MIN} = (1 - C) * \bar{V} \rightarrow U_{MIN} = 140 \left(\frac{m^3}{m^2 * d}\right)$
$N_f = 0,044\sqrt{Q} \rightarrow N_f = 3,581$	$N_f = \frac{V_{LAV} + U_{MAX}}{U_{MAX}} \rightarrow N_f = 5,430$
$Q_f = \frac{Q_D}{N_f} \rightarrow Q_f = 1656,288 \frac{m^3}{d} \equiv 0,01917 \frac{m^3}{s}$	$CHS = \frac{Q}{A_F} \rightarrow A_F = 8,28144 m^2$
$\frac{B_F}{L_F} = \frac{N_F + 1}{2N_F} \rightarrow B_F = 0,625 L_F$	$A_F = B_F * L_F^2 \therefore A_F = 0,625 L_F^2 \rightarrow L_F = 3,640 \approx 3,7 m$
$H_T = H_A + H_a \rightarrow H_A = 0,8 - H_a$	$\frac{T_{EAA}}{H_A} = \frac{T_{EAA}}{H_a} \therefore H_a = 0,25 m \leftrightarrow H_A = 0,55 m$

PERDIDAS POR FILTRACION		
$Hf_F = Hf_{FA} + Hf_{Fa} + Hf_{FG} + Hf_{FFF} + Hf_{FCFF} + Hf_{FDS}$		
$Hf_{FA,a} = \frac{f' * \vartheta}{g} * \frac{(1 - Po)^2}{Po^3} * \frac{36}{Ce^2} * H * \sum_{i=1}^n \frac{\bar{x}_i}{d_i^2} * \bar{V}_f$	$Hf_{F,A} = 18,91cm$ $\equiv 0,1891m$	$Hf_{F,a} = 14,05cm$ $\equiv 0,1405m$
$Hf_{FG} = \frac{\bar{V}_f * H_G}{3} \rightarrow Hf_{FG} = 0,02204m$	$Hf_{FFF} = Ko * \frac{Vo^2}{2g} \rightarrow Hf_{FFF} = 4,33x10^{-3}m$	
$Hf_{FCFF} = L * S = \left( \frac{Q * n}{Rh^{\frac{2}{3}} * A} \right)^2 * L_F \rightarrow Hf_{FCFF} = 6,809x10^{-6}m$	$Hf_{DS} = K_{DS} * \frac{V_{DS}^2}{2g} \rightarrow Hf_{DS} = 5,41x10^{-4}$	
$Hf_F = 0,1891 + 0,1405 + 0,0220 + 4,33x10^{-3} + 6,809x10^{-6} + 5,41x10^{-4} \rightarrow Hf_F = 0,36m$		
PERDIDAS POR LAVADO		
$Hf_L = Hf_{LA} + Hf_{La} + Hf_{LG} + Hf_{LFF} + Hf_{LCFF} + Hf_{LDE}$		
$Hf_{LA,a} = (1 - Po_{A,a}) * (GS_{A,a} - 1) * H_{A,a}$	$Hf_{LA} = 0,132m$	$Hf_{La} = 0,2475m$
$Hf_{LG} = \frac{\bar{V}_L * H_G}{3} \rightarrow Hf_{LG} = 0,133m$	$Hf_{LFF} = K_{FF} * \frac{V_{FF}^2}{2g} \rightarrow Hf_{LFF} = 0,1691m$	
$Hf_{LCFF} = L * S = \left( \frac{Q_{LAV} * n}{Rh^{\frac{2}{3}} * A} \right)^2 * L_F \rightarrow Hf_{LCFF} = 2,48x10^{-4}m$	$Hf_{LDE} = K_{DE} * \frac{V_{DE}^2}{2g} \rightarrow Hf_{LDE} = 0,0197m$	
$Hf_L = 0,132 + 0,2475 + 0,133 + 0,1691 + 2,48x10^{-4} + 0,0197 \rightarrow Hf_L = 0,6985m$		
VERTEDEROS		
CANAL DE LAVADO	VERTEDERO DE CONTROL	VERTEDERO CANAL DE LAVADO
$Q_{LV} = 1,84 * L_{LV} * H_{LV}^{3/2}$	$Q_{LV} = 1,84 * (L_V - 0,1 * Nc * H_V) * H_V^{3/2}$	$Q_{VCL} = 1,84 * L_{VCL} * H_{VCL}^{3/2}$
$H_{LV} = 0,08956m$	$H_V = 0,1897m$	$H_{VCL} = 0,02238m$
EXPANSION		$H_{MAXCL} = 0,12139m$
$H\epsilon_T = \frac{H_a \epsilon_a + H_A \epsilon_A}{H_A + H_a}$	$H\epsilon_T = 0,4425m$	$B_{LCL} = 0,1786m$
$H_F = B_L + H_{MTO} + Hf_F + H_{CV} + Hf_L + H_{VCL} + H_{CL} + H_{PCL} + H_{seq} + H_{EXP} + H_a + H_A + H_G + H_{PFF} + H_{FF}$		
$H_F = 6m$		

Tabla 7. 39 Diseño para Filtros.

#### 7.4.6.8 Estación De Cloración

En cuanto a la estación de cloración la recomendación o acción que debe desarrollar la empresa Aguas del Guainía A.P.C para la adición de cloro es volver a utilizar el sistema anterior o como se venía utilizando que era la adición de color gaseoso ya que por el método que esta actual no es eficiente ni exacto, al no serlo la proporción o la dosificación podría ser menor o mayor y al momento de la realización de las muestras en los puntos de muestreo y demás zonas de interés público y sanitario el resultado de la muestra arrojaría valores preocupantes que perjudicarían a la empresa y principalmente a los usuarios del servicio. En cuanto al tanque de cloración, ya que el agua no permanece mucho tiempo en el tanque debido a que es conducida al tanque de almacenamiento la capacidad del tanque podría

soportar el nuevo caudal, aunque cabe resaltar el mantenimiento preventivo al tanque para que no sufra corrosión o genere problemas más adelante.

#### **7.4.6.9 Laboratorio PTAP Y Bodega De Almacenamiento**

Las condiciones actuales del laboratorio y la bodega de almacenamiento en la Planta de Tratamiento como se evidencia en el numeral 7.1.2.7.9 no es la mejor, la infraestructura y las condiciones no se prestan para brindar seguridad al operario de la planta, como mejora o recomendación sería un aislamiento de la bodega ya que allí se almacenan químicos que al inhalarlos podrían ser perjudiciales para la salud, en cuanto al laboratorio de la planta una reorganización en cuanto a los aparatos o equipos que allí se almacenan evitando de igual forma el riesgo al personal, para los equipos de laboratorio por cuestión de tiempo y demás factores denotan cierto deterioro presentado así fisuras en los equipos de vidrio, corrosión en los equipos y por tanto uso en el equipo para el ensayo de jarra el funcionamiento del mismo se ve afectado, no hay calibración de los equipos y por estos factores inciden para un mal procedimiento.

#### **7.4.6.10 Tubería De Tanque De Cloración A Tanque De Almacenamiento**

En este tramo, la tubería cuenta con una capacidad de (10''), la cual soportaría el caudal según el diseño y no presentaría inconvenientes para resistir los volúmenes de agua que debería transportar; como mejoras técnicas se propone el mantenimiento y controles preventivos en la estructura metálica de recubrimiento para evitar problemas a futuro.

#### **7.4.6.11 Tanque De Almacenamiento**

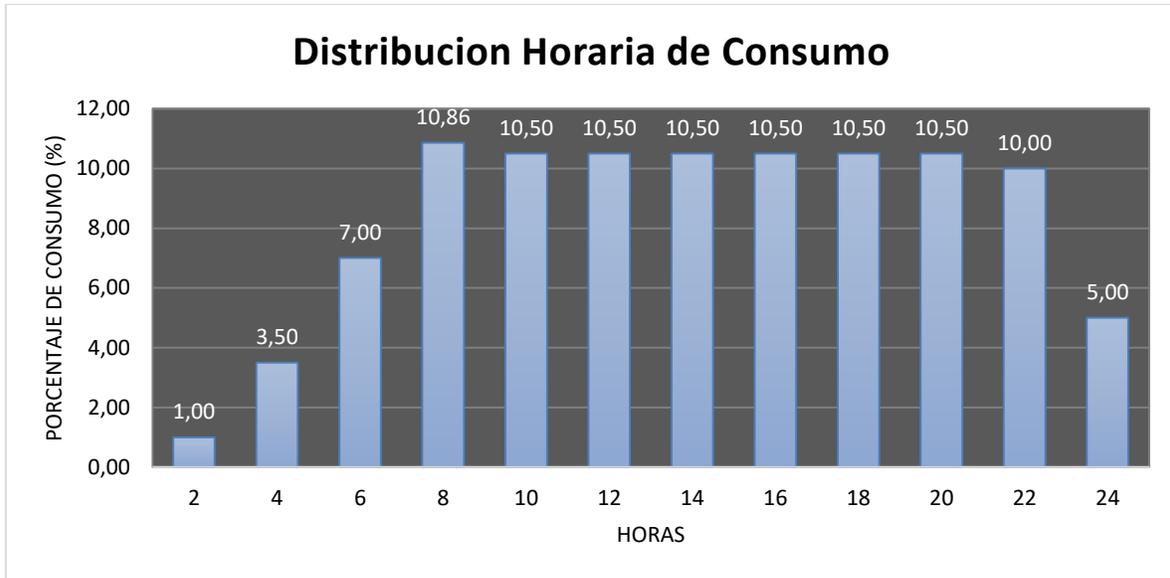
El tanque de almacenamiento actual en la PTAP del municipio de Inírida tiene una capacidad de 390 m<sup>3</sup>, el suministro que se le da a la comunidad del municipio como se viene presentado es discontinuo, con lapsos de servicio de 5 horas aproximadamente debido a que ocurre una recuperación del tanque dura aproximadamente 2 horas, como mejoramiento técnico se optó por diseñar un tanque de almacenamiento de flujo continuo, con continuidad las 24h las especificaciones de diseño se presentan a continuación.

<b>Población</b>	25629
<b>Caudal Máximo Diario (QMD)</b>	0.063514
<b>Caudal Máximo Horario (QMH)</b>	0.0825683
<b>Tiempo de Llenado</b>	7200
<b>Volumen Suministrado</b>	457.3008
<b>Volumen de Regulación</b>	1109.439901
<b>Caudal de Incendios</b>	0.309200106
<b>Volumen de Incendios</b>	2226.240761

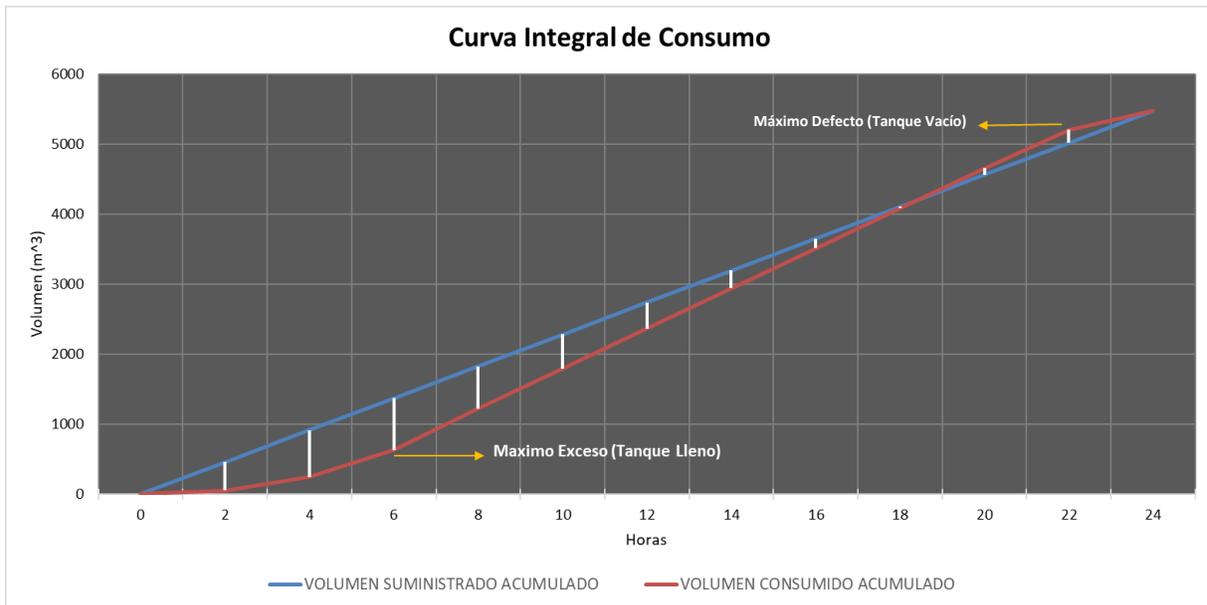
Tabla 7. 40 Parámetros de Diseño para el Tanque de Almacenamiento.

HORA	PORCENTAJE DE CONSUMO	VOLUMEN SUMINISTRADO	VOLUMEN SUMINISTRADO ACUMULADO	VOLUMEN CONSUMIDO	VOLUMEN CONSUMIDO ACUMULADO	DIFERENCIA	HORAS
			0		0		0
<b>0-2</b>	1,00	456,0752339	456,0752339	54,53137482	54,53137482	401,543859	2
<b>2-4</b>	3,50	456,0752339	912,1504677	190,8598119	245,3911867	666,759281	4
<b>4-6</b>	7,00	456,0752339	1368,225702	381,7196237	627,1108104	741,1148911	6
<b>6-8</b>	10,86	456,0752339	1824,300935	592,34476	1219,45557	604,845365	8
<b>8-10</b>	10,50	456,0752339	2280,376169	572,5794356	1792,035006	488,3411633	10
<b>10-12</b>	10,50	456,0752339	2736,451403	572,5794356	2364,614442	371,8369615	12
<b>12-14</b>	10,50	456,0752339	3192,526637	572,5794356	2937,193877	255,3327598	14
<b>14-16</b>	10,50	456,0752339	3648,601871	572,5794356	3509,773313	138,8285581	16
<b>16-18</b>	10,50	456,0752339	4104,677105	572,5794356	4082,352748	22,32435632	18
<b>18-20</b>	10,50	456,0752339	4560,752339	572,5794356	4654,932184	-94,17984543	20
<b>20-22</b>	10,00	456,0752339	5016,827572	545,3137482	5200,245932	-183,4183598	22
<b>22-24</b>	5,00	456,0752339	5472,902806	272,6568741	5472,902806	0	24
	100						

Tabla 7. 41 Suministro por Gravedad o Bombeo Continuo de 24h para el Tanque de Almacenamiento.



*Grafica 7. 3 Distribución Horaria de Consumo.*



*Grafica 7. 4 Curva Integral de Consumo.*

En base a la realización de estos cálculos se procedió a determinar las dimensiones del tanque, los resultados del dimensionamiento fueron los siguientes:

DIMENSIONES DEL TANQUE	
Volumen (Cientos de m <sup>3</sup> )	22.2624
Constante de Capacidad (k)	0.7
H	8.1208
B=L	16.5572

Tabla 7. 42 Dimensionamiento del Tanque de Almacenamiento.

Para una sección cuadrada de lado igual a 16,55m, probablemente resulte un tanque demasiado grande y poco flexible de manejar en el caso de mantenimiento. Se puede adoptar una solución con 3 compartimientos independientes, cuyas dimensiones serían.

Volumen cada Compartimiento	742,0803
Volumen (Cientos de m <sup>3</sup> )	7,4208
Constante de Capacidad (k)	1,5
H	3,9736
B=L	13,6657
Ltot	40,9972

Tabla 7. 43 Dimensionamiento de Compartimientos del Tanque de Almacenamiento.

Si se construirán los 3 compartimientos juntos el largo total serían 41m aproximadamente, el ancho de 13.67m y la profundidad de 3.97m.

#### 7.4.6.12 Lecho De Secado De Lodos

La capacidad actual del lecho de secado de lodos soportaría los caudales y volúmenes de agua entrantes en vista a la proyección determinada, las mejoras técnicas van en aras a la buena utilización del sistema ya que en la PTAP no se hace el uso correcto por los operarios de la misma, ya que las aguas van en su mayoría a la fuente hídrica más cercana que en el caso actual sería “Caño Conejo” y el alcantarillado municipal. De igual forma el mantenimiento preventivo es crucial para el buen funcionamiento del mismo y realizar un cronograma de mantenimiento preventivo o un plan en específico donde se ciñen los parámetros y las metodologías para su aplicación es primordial.

#### **7.4.7 Sistema De Impulsión**

El mantenimiento preventivo es crucial para el buen funcionamiento de todo el sistema la revisión de las válvulas de paso, de las máquinas de bombeo y demás; de igual forma es de importancia adecuar el cuarto de máquinas para brindar seguridad a los operarios ya que estas instalaciones generan gran riesgo laboral, estas acciones van relacionadas a reubicar la maquinaria que no está en uso para prevenir incidentes y generar un mejor ambiente laboral, adecuar un espacio exclusivamente para combustible ya que en el cuarto de máquinas se almacena el combustible con que se surte la maquinaria y podría generar un gran riesgo al ser un material volátil.

#### **7.4.8 Macromedición**

Como se evidencia en el numeral 7.1.2.9 el medidor de caudal a la salida de la PTAP es un Macromedidor, como medida de mejora se opta por el cambio inmediato del dispositivo ya que no está en funcionamiento y es primordial su existencia para cuantificar la cantidad de agua que se distribuye al municipio de Inírida y determinar el porcentaje de fugas que presenta el sistema en el recorrido a la PTAP, una vez instalado el dispositivo el mantenimiento preventivo como lo mencionado anteriormente es primordial para una buena producción y eficiencia en el mismo.

#### **7.4.9 Red De Distribución**

Dado que no hay un factor establecido en cuando a la expansión demográfica de la población, no es posible proporcionar un análisis de una simulación estática de la red de distribución por no conocer hacia donde se va a expandir a población, por ende, las mejoras técnicas que se plantean a continuación son con base a una mejor presentación del recurso a los usuarios del sistema.

Con el fin de evitar fugas y otras dificultades que pueda presentar la red de distribución como consecuencia de su edad, se recomienda como mejoramiento técnico al sistema de acueducto de Inírida, el cambio progresivo de toda la red de distribución y el mantenimiento preventivo de la tubería y otros componentes del sistema como las válvulas de paso que presentan dificultades de uso por deterioro y oxidación.

Al momento de efectuar el cambio en las redes se recomienda que se realice un análisis de factibilidad de la red y se proponga la expansión del sistema de acueducto y el aumento de su cobertura, brindando el servicio a un mayor número de usuarios y disminuyendo la tasa de usuarios que recurren a pozos subterráneos para su abastecimiento; el cual, es un método que podría generar algunas afectaciones en los usuarios ya que el agua subterránea presenta concentraciones de metales y condiciones fisicoquímicas inferiores al agua tratada que ofrece la empresa. Además y teniendo en cuenta la experiencia de campo en el momento de elaborar el diagnóstico para el presente trabajo, al momento de realizar los trabajos de cambio de redes, se deben identificar los tramos de tuberías que no cumplen con las especificaciones técnicas y no presenten los niveles adecuados para que el agua circule con libertad y hacer los ajuste correspondientes, ya que por el desnivel en las tuberías o por fallas en la presión del líquido existen tramos de la ciudad en los que el agua no llega o llega a las viviendas sin la suficiente presión.

Al realizar las mejoras técnicas propuesta por el autor, se mejora sustancialmente la prestación del servicio, se salvaguarda las condiciones de vida de los usuarios y se mejora considerablemente la imagen positiva de la empresa y el municipio de Inírida.

## CONCLUSIONES

Es paradójico que en la ciudad de Inírida, con un valor ecológico y social que trasciende las fronteras nacionales y beneficia la humanidad, sus habitantes presenten dificultades para el suministro de Agua potable; una capital ubicada en la Estrella Fluvial del Inírida, declarada recientemente como Sitio Ramsar, en un Departamento como el Guainía identificando como “Tierra de Muchas Aguas” en la Amazonía colombiana, en un área donde confluyen tres imponentes ríos: como el Guaviare, el Atabapo y el Inírida que al fundirse dan origen al gran Río Orinoco, uno de los más largos del continente y el tercero más caudaloso del mundo.

Partiendo de esta realidad, y conociendo la necesidad del Municipio de Inírida y la Empresa Regional Comunitaria de Servicios Públicos Domiciliarios de contar con un documento que indique las pautas de funcionamiento y operación de su sistema de acueducto, me permití presentar como trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Pamplona, la realización de un “Diagnóstico y Mejoramiento Técnico del Sistema de Acueducto Urbano del Municipio de Inírida – Guainía”, una ardua tarea que me permitió recordar y comprender las restricciones propias de mi niñez, en especial aquellas relacionadas con el uso del agua, cuando aún no comprendía como habiendo tanta agua en la región, debíamos ser tan cuidadosos con el uso del líquido proveniente del acueducto.

Cumplido el estudio y después de haber realizado las actividades propuestas en el trabajo de grado, pude identificar las limitantes del sistema y plantear las siguientes conclusiones.

- Se identificó el estado y comportamiento actual del sistema de acueducto, se detectaron sus puntos críticos y se propusieron mejoras técnicas y administrativas según la normatividad colombiana que regula la materia (Ley 142, Decreto 302, Resolución 1096, Decreto 1575 CIRCULAR EXTERNA 2008100000 0074 entre otros), además, teniendo en cuentas las disposiciones del RAS se calculó el caudal de agua proyectado para el municipio de Inírida en el 2045.
- La importancia de este documento radica en que sirve de base para la elaboración de documentos más complejos como el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado de Inírida, y ofrece soporte para que la Empresa Regional Comunitaria de Servicios Públicos Domiciliarios realice estudios a mayor profundidad e implemente técnicas que permitan optimizar la prestación del servicio y la calidad de vida de la población Iníridense.
- El diagnóstico y proyecciones realizadas permitieron determinar que el nivel de complejidad del sistema de acueducto de Inírida, según los lineamientos establecidos por

la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, teniendo en cuenta proyecciones poblacionales del municipio y un periodo de tiempo de 27 años (2045), lo ubican en un nivel de complejidad Medio Alto, calculando para el 2045 una población en el municipio de Inírida de 25.629 habitantes.

- La evaluación de los componentes del sistema de acueducto, evidenció que gran porcentaje de sus estructuras funcionales se encuentran en estado crítico y requieren una intervención casi inmediata, dichas afectaciones dificultan la operatividad del sistema, provocando el suministro de agua en condiciones no aptas para el consumo humano, generando trastornos en la salud pública de los habitantes y provocando incremento económico en la prestación del servicio.
- El mantenimiento preventivo a las estructuras y el cambio progresivo de las redes urbanas de distribución son una labor de gran importancia para su protección, la prevención de fugas por fracturación de los tramos más antiguos de la tubería, logrando una eficiente circulación del recurso hídrico, la prolongación de su vida útil del sistema y la reducción de los gastos operativos de la empresa.
- Con relación al proceso de captación de agua para el sistema en el río Inírida, la empresa Aguas del Guainía A.P.C debe implementar o fortalecer medidas con las entidades ambientales de control como la Corporación Autónoma Regional CDA, tendientes a controlar la circulación y asentamientos de embarcaciones aguas arriba de la obra de captación, ya que el tránsito de estas embarcaciones pueden alterar las características fisicoquímicas del agua que llegan a la PTAP, generando incremento en el uso de insumos y gastos a la empresa.
- En el plano administrativo, la empresa debe mejorar el manejo documental de planos y procesos operativos, ya que al momento de realizar el diagnóstico se evidenció que se presentan deficiencias en esta área, la entidad no contaba con planos o documentos completos de las redes de acueducto, diseños hidráulicos y demás componentes de la PTAP, lo que dificulta la realización de planes de mejoramiento técnico o estudios posteriores del sistema
- La cuantificación de la demanda de agua potable para el sistema de acueducto de Inírida actual y proyectada, se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por el RAS y la resolución 0330 del 2017, según los cuales, se debe considerar la dotación bruta, la dotación neta y demás factores de almacenamiento, determinando con estos datos los caudales que requiere el diseño. Como muestra información obtenida en el presente trabajo, los caudales que maneja el sistema de acueducto de Inírida reflejan que el Caudal Medio Diario es de 48.857 l.p.s., el Caudal Máximo Diario es de 63.514 l.p.s. y el Caudal Máximo Horario es de 82.568 l.p.s., con en esta investigación y según los

factores de almacenamiento que establece el RAS y la resolución 0330 del 22017, se determinó que el caudal recomendado para hacer diseños fiables en el sistema, es el Caudal Máximo Diario (QMD) el cual debe ser tenido como referencia para posteriores cálculos.

- Según la evaluación del sistema, se reveló que se requieren operaciones de mejoramiento técnico, las cuales se propusieron teniendo en cuenta la capacidad actual de suministro de agua y las proyecciones poblacionales a 2045, recomendaciones que buscan perfeccionar la prestación del servicio de acueducto para la población del municipio en el tiempo programado.
- En relación a la operatividad actual del sistema se pudo concluir mediante el presente trabajo, que algunos elementos del sistema de acueducto no son aptos para funcionar en el estado en que se encuentran y no cumplen con su función; concretamente podemos mencionar el “mezclador rápido” utilizado actualmente, el cual produce su resalto hidráulico mediante bloques de cemento y un tubo adicional, lo que produce fallas en el mezclado del coagulante; igual sucede con otros equipos o implementos de la PTAP como son los dosificadores de coagulante y el regulador de pH que se encuentran obsoletos y están descalibrados generando una adición inadecuada de las dosis de químicos requeridos, además del dosificador de cloro que no es el adecuado para una Planta de Tratamiento. Estas falencias ponen en riesgo potencial a los usuarios del servicio y fueron parte de las propuestas de mejoramiento técnico presentadas a la empresa, manifestando a la administración la urgencia de hacer el cambio de la sección de mezclador rápido y los equipos enunciados ya que son de gran importancia en el tratamiento del agua que se suministra a los habitantes del municipio.
- La mala planificación por parte de los entes gubernamentales en el departamento del Guainía y el municipio de Inírida inciden en los datos presentados en cuanto a la operación de la red de distribución del sistema, ya que por el poco mantenimiento y cambio en las tuberías de la red de distribución ocasionaron falencias en los parámetros obligatorios establecidos por la legislación colombiana en cuanto a velocidades, lo que genera una afectación al usuario del sistema, ya que no se está prestando el servicio en las condiciones óptimas.

## BIBLIOGRAFIA

AGREDA CHICUNQUE, en AJUSTE DEL PROGRAMA DE USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE INÍRIDA (2013). Oferta 048 de 2012

ARBOLEDA TRIVIÑO, RUIZ CORREDOR, en DIAGNÓSTICO Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE MESITAS DEL COLEGIO (CUNDINAMARCA) (2017). Disponible en <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15224/1/Trabajo%20de%20grado.pdf>

BENAVIDES G.DAVID, CASTRO.Y, VIZCAÍNO.H, “Optimización del Acueducto por Gravedad del Municipio De Timaná (Huila)” UNIVERSIDAD DE LA SALLE FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL BOGOTÁ D.C. 2006. Disponible en: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/15343/40012062.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.

BENAVIDES GARZON, CATRO MOLANO, VIZCANO CAGÜENO (2006), en OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO POR GRAVEDAD DEL MUNICIPIO DE TIMANÁ (HUILA). Disponible en <http://repository.lasalle.edu.co/handle/10185/15343>

CLAVIJO ANGARITA, en EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE GARZÓN – HUILA. Disponible en <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/11706/Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20planta%20de%20tratamiento%20de%20agua%20potable%20del%20municipio%20de%20Garz%C3%B3n-%20Huila.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

DIAGNÓSTICO DE LA PRESTACIÓN ACTUAL DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA CREACIÓN DE UN ACUEDUCTO REGIONAL EN EL MUNICIPIO DE GUASCA, LINA MARÍA BERNAL MARTÍNEZ, MARÍA CATALINA RAMÍREZ CAJIAO, PHD, UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, BOGOTÁ D.C., AGOSTO 2011, DISPONIBLE EN <https://isfcolombia.uniandes.edu.co/images/documentos/documento%20tesis%20borrador%2029%20de%20noviembre%20del%202011.pdf>

DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAMPUÉS - SUCRE, JORGE LUIS MONTIEL PERALTA, CÉSAR DARÍO PACHECO RUÍZ, MARIO JAVIER TREJO HERNÁNDEZ, UNIVERSIDAD DE SUCRE, SINCELEJO, 2007, DISPONIBLE EN <http://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/328/2/T628.15%20M791.pdf>

Garcés Ricardo José Ignacio, Caicedo Escamilla Diego Alexander. En “DIAGNÓSTICO TÉCNICO DEL ACUEDUCTO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE CUNDINAMARCA” Universidad Católica De Colombia Facultad De Ingeniería Programa De Ingeniería Civil Bogotá D.C. 2016 disponible en: <http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14066/1/Proyecto%20De%20grado%20DIAGNOSTICO%20TECNICO%20DEL%20ACUEDUCUTO%20URBANO%20DEL%20MUNICIPIO%20DE%20QUIPILE%20CUND.pdf>

González Scancellia Terry. EN “EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE EXCRETAS DE LA POBLACIÓN DEL CORREGIMIENTO DE MONTERREY, MUNICIPIO DE SIMITÍ, DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR, PROPONIENDO SOLUCIONES INTEGRALES AL MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS Y LA SALUD DE LA COMUNIDAD”. Pontificia Universidad Javeriana Facultad De Estudios Ambientales Y Rurales Carrera De Ecología Bogotá D.C, Julio De 2013.

GONZÁLEZ SCANCELLA, en EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE EXCRETAS DE LA POBLACIÓN DEL CORREGIMIENTO DE MONTERREY, MUNICIPIO DE SIMITÍ, DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR, PROPONIENDO SOLUCIONES INTEGRALES AL MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS Y LA SALUD DE LA COMUNIDAD (2013). Disponible en <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/12488/GonzalezScancelliaTerry2013.pdf?sequence=1>

HERNÁNDEZ PLATA DIEGO ARMANDO. EN “DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO PUERTO SALGAR (CUNDINAMARCA)”, UNIVERSIDAD DE LA SALLE FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL BOGOTÁ D.C. 2011, DISPONIBLE EN: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/15437/T40.11%20H430d.pdf?sequenc>.

LERMA ARIAS, VELEZ ARCILA, MONTES BERMUDEZ, CEDEÑO LOPEZ, NAVAZ MAECHA (2014), en DIAGNÓSTICO TÉCNICO DEL ACUEDUCTO COMUNITARIO DE SAN FERNANDO DEL MUNICIPIO DE DOSQUEBRADAS. Disponible en <http://repositorio.unilibrepereira.edu.co:8080/pereira/bitstream/handle/123456789/1093/DIAGN%20T%20C%20NICO%20DEL%20ACUEDUCTO%20COMUNITARIO.pdf?sequence=1>

LOAIZA SOTO JUAN CAMILO (2018), en DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA OPERATIVO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP) GUACAVÍA EN EL MUNICIPIO DE CUMARAL, DEPARTAMENTO DEL META.

Disponible en  
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/12021/2018juanloaiza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LÓPEZ NÚÑEZ, JIMÉNEZ SABOGAL (2016), en DIAGNOSTICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SAN ANTONIO- ASOCIACION SUCUNETA. Disponible en  
<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4195/3/Diagnostico%20de%20la%20PTAP%20San%20Antonio-%20Asociacion%20Sucuneta.pdf>

MARÍN BEDOYA, VILLADA VILLADA, en EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DEL SERVICIO DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTOS RURALES EN LA CUENCA DEL RÍO LA VIEJA (2008). Disponible en  
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/1276/62815M337.pdf?sequence=1>

MÉNDEZ RAMÍREZ, en DIAGNÓSTICO TÉCNICO-OPERATIVO, AMBIENTAL, LEGAL Y FINANCIERO DE LOS ACUEDUCTOS COMUNITARIOS EN LA CIUDAD DE IBAGUÉ (2014). Disponible  
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/16410/MendezRamirezAlejandro2014.pdf?sequence=1>

MONTIEL PERALTA, PACHECHO RUIZ, TREJO HERNANDEZ, en DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAMPUES-SUCRE. Disponible en  
<http://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/328/2/T628.15%20M791.pdf>

PÉREZ CUADROS, en DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE GUATEQUE EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ-COLOMBIA. Disponible en  
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13991/4/DIAGN%20C%20STICO%20Y%20EVALUACI%20N%20PTAP%20GUATEQUE%20ZAIDA%20CAMILA%20PEREZ%20CUADROS%20503120.pdf>

PLAN BÁSICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, 2000. MUNICIPIO DE INÍRIDA GUAINÍA, DISPONIBLE EN  
[http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/politico\\_administrativo\\_inirida\\_\(95\\_pag\\_1103\\_kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/politico_administrativo_inirida_(95_pag_1103_kb).pdf)

PLANTILLA DEPARTAMENTO, DEPARTAMENTO DEL GUAINÍA, SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL TERRITORIAL DE LA AMAZONIA COLOMBIANA, 2010, DISPONIBLE EN <http://siatac.co/Atlas/guainia.html>

REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO - RAS, TÍTULO B SISTEMAS DE ACUEDUCTO, MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO, VICEMINISTERIO DE AGUA Y SANEAMIENTO BÁSICO, 07/07/2014, DISPONIBLE EN PROPUESTA TRABAJO DE GRADO, DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS A.C.Q CÓDIGO 00 PÁGINA 23 DE 24 <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULO B%20030714.pdf>

REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO - RAS, TÍTULO A ASPECTOS GENERALES DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO, MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO, VICEMINISTERIO DE AGUA Y SANEAMIENTO BÁSICO, SANTAFÉ DE BOGOTÁ NOVIEMBRE DEL 2000, DISPONIBLE EN [http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710\\_ras\\_titulo\\_a\\_.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_a_.pdf)

RIÑO MAHECHA, QUINTERO VERA (2016), en DIAGNOSTICO TECNICO DE LA PLANTA DE POTABILIZACION DE AGUA DEL MUNICIPIO DE CAPARRAPI CUNDINAMARCA AL AÑO 2016. Disponible en [http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/20433/41102061\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/20433/41102061_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

RIOS AVILA, RODRIGUEZ TAFUR, en DIAGNOSTICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE GUATAQUÍ CUNDINAMARCA (2017). Disponible en <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/7146/1/Rodr%C3%ADguezTafurAndersonDavid2017.pdf>

Robles Cindy Milena Toquica. En “ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA DE DISEÑO DEL ACUEDUCTO DE SAN GIL (SANTANDER) PARA SOPORTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO PROYECTADO AL ESCENARIO 2071- 2100” Universidad Militar Nueva Granada Facultad De Ingeniería Programa De Ingeniería Civil Bogotá D.C. 2014; disponible en <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/12130/1/doc%20final.pdf>.

SARMIENTO HUERTAS, SILVA DIAZ, en SIMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE ACUEDUCTO URBANO DEL MUNICIPIO DE TIBANÁ-BOYACÁ (2017). Disponible en <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15487/1/Modelaci%C3%B3n%20y%20optimizaci%C3%B3n%20de%20la%20red%20de%20acueducto%20urbano%20del%20municipio%20de%20Tiban%C3%A1-Boyac%C3%A1.pdf>

TERENCE J, Mcghee. Abastecimiento de agua y alcantarillado ingeniería ambiental. Bogotá.2001. 6 ed. P 2,112.

VARGAS PEREZ, en ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS (2013) Consorcio Aguas del Oriente, Contrato 085 de 2013

## ANEXOS

NODO	POINT Z	AREA m2	AREA Km2	Densidad Poblacional (Hab/Km^2)	Dotacion Neta (L*Hab/d)	Dotacion (L/d)	Dotacion (L/s)	NODO	POINT Z	AREA m2	AREA Km2	Densidad Poblacional (Hab/Km^2)	Dotacion Neta (L*Hab/d)	Dotacion (L/d)	Dotacion (L/s)
n1	98.6354423	0.36549554	365495.538	5702.165179	140	291776.2304	3.3770397	n20	96.483732	0.01681345	16813.4533	5702.165179	140	13422.2323	0.15534991
n2	99	0.00990853	9908.53213	5702.165179	140	7910.012166	0.09155107	n21	98.2446135	0.03061268	30612.6846	5702.165179	140	24438.2018	0.28284956
n3	98.5025002	0.03342377	33423.7718	5702.165179	140	26682.30147	0.30882293	n22	97.2204381	0.05320489	53204.8914	5702.165179	140	42473.631	0.49159295
n4	97.1200868	0.08341244	83412.4375	5702.165179	140	66588.40954	0.77069918	n23	93.0291465	0.1011377	101137.696	5702.165179	140	80738.5389	0.93447383
n5	94.395182	0.0294596	29459.6018	5702.165179	140	23517.69221	0.27219551	n24	93.0665459	0.00193094	1930.93533	5702.165179	140	1541.47171	0.01784111
n6	94.9263683	0.19433687	194336.872	5702.165179	140	155139.7325	1.79559876	n25	102.24242	0.09753463	97534.628	5702.165179	140	77862.1984	0.90118285
n7	93.7638245	0.1091375	109137.5	5702.165179	140	87124.80766	1.00838898	n26	102.027407	0.0343592	34359.2017	5702.165179	140	27429.0581	0.31746595
n8	93.2966518	0.32019186	320191.858	5702.165179	140	255610.1606	2.95845093	n27	99.413339	0.03142826	31428.263	5702.165179	140	25089.2805	0.29038519
n9	95.6060162	0.2070563	207056.296	5702.165179	140	165293.6881	1.91312139	n28	98.0337315	0.0537791	53779.1025	5702.165179	140	42932.0256	0.49689844
n10	95.356865	0.03704251	37042.5055	5702.165179	140	29571.14787	0.34225866	n29	98	0.10194894	101948.94	5702.165179	140	81386.1576	0.94196942
n11	95.9140482	0.28344528	283445.275	5702.165179	140	226275.2491	2.61892649	n30	98.3701515	0.04950408	49504.0764	5702.165179	140	39519.2589	0.45739883
n12	94.9989142	0.120395	120394.999	5702.165179	140	96111.70365	1.11240398	n31	98.0381034	0.04712151	47121.5105	5702.165179	140	37617.2491	0.43538483
n13	92.8899281	0.02161733	21617.3318	5702.165179	140	17257.18354	0.19973592	n32	93.2193932	0.06849554	68495.5389	5702.165179	140	54680.2027	0.63287272
n14	95.9032295	0.00681658	6816.58275	5702.165179	140	5441.699313	0.06298263	n33	92.9028952	0.11796488	117964.879	5702.165179	140	94171.7314	1.08995059
n15	95.3576484	0.09590632	95906.3221	5702.165179	140	76562.31665	0.88613792	n34	92.2560499	0.15399187	153991.872	5702.165179	140	122932.192	1.4228263
n16	93.4681085	0.01108213	11082.1343	5702.165179	140	8846.902417	0.1023947	n35	94.8313343	0.05534972	55349.717	5702.165179	140	44185.8521	0.51141032
n17	93	0.10944474	109444.738	5702.165179	140	87370.07623	1.01122773	n37	92.392393	0.15990485	159904.854	5702.165179	140	127652.544	1.47746001
n18	98.7325854	0.02884766	28847.6576	5702.165179	140	23029.17521	0.26654138	n38	95.8058793	0.10085281	100852.815	5702.165179	140	80511.117	0.93184163
n19	94.1902606	0.15845048	158450.478	5702.165179	140	126491.5115	1.46402212	n39	98.8047834	0.04345984	43459.8406	5702.165179	140	34694.1265	0.40155239

NODO	POINT Z	AREA m2	AREA Km2	Densidad Poblacional (Hab/Km^2)	Dotacion Neta (L*Hab/d)	Dotacion (L/d)	Dotacion (L/s)
n40	97.7493342	0.05717234	57172.3386	5702.165179	140	45640.8566	0.52825065
n41	96.7333191	0.0232234	23223.3977	5702.165179	140	18539.311	0.21457536
n42	94.444419	0.01476423	14764.2306	5702.165179	140	11786.3314	0.13641587
n43	95.7577264	0.01649566	16495.6569	5702.165179	140	13168.5344	0.15241359
n44	90.7754394	0.11098114	110981.138	5702.165179	140	88596.5892	1.02542349
n45	91.0505261	0.03696844	36968.4433	5702.165179	140	29512.0238	0.34157435
n46	90.8921451	0.02255034	22550.3416	5702.165179	140	18002.0082	0.20835658
n47	98.1949784	0.01920779	19207.791	5702.165179	140	15333.6396	0.17747268
n48	95.7214942	0.04273432	42734.3169	5702.165179	140	34114.9388	0.39484883
n49	95.6910931	0.01797259	17972.5859	5702.165179	140	14347.5715	0.16605986

*Anexo I Areas Aferentes y Dotacion Neta por Nodo de la red matriz*

Network Table - Links				Network Table - Links				Network Table - Links			
Link ID	Length	Diameter	Status	Link ID	Length	Diameter	Status	Link ID	Length	Diameter	Status
	m	mm			m	mm			m	mm	
Pipe p1	64.48	256.23	Open	Pipe p20	120.4	256.23	Open	Pipe p40	48.69	256.23	Open
Pipe p2	945.6	256.23	Open	Pipe p21	41.15	256.23	Open	Pipe p41	114.7	256.23	Open
Pipe p3	141.2	256.23	Open	Pipe p22	140.1	256.23	Open	Pipe p42	146.8	256.23	Open
Pipe p4	189.2	256.23	Open	Pipe p23	16.57	256.23	Open	Pipe p43	14.45	256.23	Open
Pipe p5	17.87	256.23	Open	Pipe p24	247.3	256.23	Open	Pipe p44	32.3	256.23	Open
Pipe p6	413.1	256.23	Open	Pipe p25	119.3	256.23	Open	Pipe p45	266.95	256.23	Open
Pipe p7	23.33	256.23	Open	Pipe p26	84.45	256.23	Open	Pipe p46	70.54	256.23	Open
Pipe p8	348.97	256.23	Open	Pipe p27	90.13	256.23	Open	Pipe p47	45.65	256.23	Open
Pipe p9	17.86	256.23	Open	Pipe p28	7.731	256.23	Open	Pipe 1	12.61	256.23	Open
Pipe p10	11.34	256.23	Open	Pipe p29	19.09	256.23	Open	Pipe 2	9.97	256.23	Open
Pipe p11	148.46	256.23	Open	Pipe p30	138.9	256.23	Open				
Pipe p12	44.26	256.23	Open	Pipe p31	15.8	256.23	Open				
Pipe p13	185.16	256.23	Open	Pipe p32	208.43	256.23	Open				
Pipe p14	26.82	256.23	Open	Pipe p33	218.6	256.23	Open				
Pipe p15	80.46	256.23	Open	Pipe p35	17.91	256.23	Open				
Pipe p16	22.21	256.23	Open	Pipe p36	81.55	256.23	Open				
Pipe p17	74.33	256.23	Open	Pipe p37	248.59	256.23	Open				
Pipe p18	456.11	256.23	Open	Pipe p38	77.99	256.23	Open				
Pipe p19	136.3	256.23	Open	Pipe p39	15.55	256.23	Open				

Anexo 2 Parámetros de la red matriz

Network Table - Nodes			Network Table - Nodes			Network Table - Nodes		
Node ID	Demand	Pressure	Node ID	Demand	Pressure	Node ID	Demand	Pressure
	LPS	m		LPS	m		LPS	m
Junc n1	1.92	36.36	Junc n20	0.09	38.1	Junc n40	0.3	37.23
Junc n2	0.05	35.98	Junc n21	0.16	36.34	Junc n41	0.12	38.25
Junc n3	0.18	36.24	Junc n22	0.28	37.36	Junc n42	0.08	40.53
Junc n4	0.44	37.62	Junc n23	0.53	41.55	Junc n43	0.09	39.22
Junc n5	0.16	40.35	Junc n24	0.01	41.51	Junc n44	0.58	44.2
Junc n6	1.02	39.82	Junc n25	0.51	32.34	Junc n45	0.19	43.93
Junc n7	0.57	40.9	Junc n26	0.18	32.55	Junc n46	0.12	44.09
Junc n8	1.69	41.37	Junc n27	0.17	35.16	Junc n47	0.1	36.78
Junc n9	1.09	39.02	Junc n28	0.28	36.54	Junc n48	0.22	39.26
Junc n10	0.19	39.27	Junc n29	0.54	36.58	Junc n49	0.09	39.29
Junc n11	1.49	38.71	Junc n30	0.26	36.63	Resvr 1	-20.56	0
Junc n12	0.63	39.61	Junc n31	0.25	36.96			
Junc n13	0.11	41.72	Junc n32	0.36	41.77			
Junc n14	0.04	38.7	Junc n33	0.62	42.09			
Junc n15	0.5	39.24	Junc n34	0.81	42.72			
Junc n16	0.06	41.13	Junc n35	0.29	40.15			
Junc n17	0.58	41.6	Junc n37	0.84	42.59			
Junc n18	0.15	35.86	Junc n38	0.53	39.17			
Junc n19	0.83	40.39	Junc n39	0.23	36.17			

Anexo 3 Presiones de la red matriz

Network Table - Links			Network Table - Links			Network Table - Links		
Link ID	Flow	Velocity	Link ID	Flow	Velocity	Link ID	Flow	Velocity
	LPS	m/s		LPS	m/s		LPS	m/s
Pipe p1	12.54	0.24	Pipe p20	0.44	0.01	Pipe p40	0.08	0
Pipe p2	12.49	0.24	Pipe p21	0.28	0.01	Pipe p41	1.4	0.03
Pipe p3	1.62	0.03	Pipe p22	2.22	0.04	Pipe p42	1.32	0.03
Pipe p4	1.18	0.02	Pipe p23	1.69	0.03	Pipe p43	0.19	0
Pipe p5	1.02	0.02	Pipe p24	1.68	0.03	Pipe p44	0.54	0.01
Pipe p6	10.7	0.21	Pipe p25	1.17	0.02	Pipe p45	0.42	0.01
Pipe p7	1.69	0.03	Pipe p26	0.99	0.02	Pipe p46	0.32	0.01
Pipe p8	8.44	0.16	Pipe p27	0.82	0.02	Pipe p47	0.09	0
Pipe p9	7.35	0.14	Pipe p28	0.54	0.01	Pipe 1	-6.1	0.12
Pipe p10	7.15	0.14	Pipe p29	5.84	0.11	Pipe 2	14.46	0.28
Pipe p11	5.66	0.11	Pipe p30	5.59	0.11			
Pipe p12	5.03	0.1	Pipe p31	5.23	0.1			
Pipe p13	4.91	0.1	Pipe p32	4.61	0.09			
Pipe p14	4.88	0.09	Pipe p33	0.29	0.01			
Pipe p15	4.37	0.08	Pipe p35	3.51	0.07			
Pipe p16	0.58	0.01	Pipe p36	1.26	0.02			
Pipe p17	3.74	0.07	Pipe p37	0.73	0.01			
Pipe p18	3.59	0.07	Pipe p38	0.5	0.01			
Pipe p19	2.75	0.05	Pipe p39	0.2	0			

Anexo 4 Velocidades de la red matriz

NODO	POINT X	POINT Y	POINT Z	AREA m2	AREA Km2	Densidad Poblacional (Hab/Km <sup>2</sup> )	Dotacion Neta (L*Hab/d)	Dotacion (L/d)	Dotacion (L/s)	NODO	POINT X	POINT Y	POINT Z	AREA m2	AREA Km2	Densidad Poblacional (Hab/Km <sup>2</sup> )	Dotacion Neta (L*Hab/d)	Dotacion (L/d)	Dotacion (L/s)
0	1684968	9219215	94.9417555	70507.6558	0.070508	3936.448193	140	38856.9628	0.44973337	34	1685591.75	921588.375	99	101796.834	0.10179683	3936.448193	140	56100.515	0.64931152
1	1685141.88	921833.625	96.2239304	3703.92133	0.003704	3936.448193	140	2041.24122	0.02362548	35	1685563.63	921554.125	99.0482253	4197.48185	0.00419748	3936.448193	140	2313.24378	0.02677365
2	1685244.38	922005.25	95.82209307	33360.4116	0.03336	3936.448193	140	18385.0145	0.21278952	36	1685172.5	921875.375	99.3973008	38961.3601	0.03896136	3936.448193	140	21471.7126	0.24851519
3	1685232.25	921987.439	95.7097048	20278.7069	0.020279	3936.448193	140	11175.6511	0.12934781	37	1685023.5	921953.75	96.3698983	15194.3122	0.01519431	3936.448193	140	8373.62722	0.09691638
4	1685274.88	922536.438	99.7894306	369170.784	0.369171	3936.448193	140	203451.033	2.35475733	38	1685014.88	921967.688	96.7906093	17799.9582	0.01779996	3936.448193	140	9809.60584	0.1135371
5	1685180.38	922677	95.2674805	7005.41481	0.007005	3936.448193	140	3860.70334	0.04468407	39	1685025	921959.063	96.3313514	3527.95618	0.00352796	3936.448193	140	1944.26634	0.02250308
6	1685175.25	922675.25	95.1494737	3733.25381	0.003733	3936.448193	140	2057.40643	0.02381257	40	1685011.75	921965.563	96.7631277	4963.23322	0.00496323	3936.448193	140	2735.25146	0.031658
7	1685184.25	922678.313	95.1855403	10516.6093	0.010517	3936.448193	140	5795.73227	0.06708023	41	1684918.63	922013.188	97.9081004	6318.1653	0.00631817	3936.448193	140	3481.95825	0.04030044
8	1684269.63	922348.188	85.2686002	199318.364	0.199318	3936.448193	140	109844.898	1.27135298	42	1684783.5	922079.563	97.4167739	2900.30378	0.0029003	3936.448193	140	1598.36538	0.0184996
9	1684288.38	922391.625	85.5186431	71088.6966	0.071089	3936.448193	140	39177.176	0.45343954	43	1684778.38	922033.188	98.3868124	7339.93517	0.00733994	3936.448193	140	4045.05844	0.04681781
10	1684110.13	922419.813	90.9837543	8879.59459	0.00888	3936.448193	140	4893.56897	0.05663853	44	1684838.5	922188.188	91.5575313	144714.018	0.14471402	3936.448193	140	79752.2929	0.92305895
11	1684084.38	922431.438	90.5359717	661.00543	0.000661	3936.448193	140	364.281908	0.00421623	45	1684794.38	922093	96.7722407	16085.2472	0.01608525	3936.448193	140	8864.6239	0.10259981
12	1684154.5	922469.813	91.1395962	15205.7783	0.015206	3936.448193	140	8379.9462	0.09639012	46	1684791.5	922094.438	97.0329656	23155.6357	0.02315564	3936.448193	140	12761.1344	0.14763832
13	1684125.25	922415.938	90.3971975	28501.138	0.028501	3936.448193	140	15707.0554	0.18179462	47	1684847.25	922172.5	92.0365076	71109.3091	0.07110931	3936.448193	140	39188.5356	0.45357109
14	1684096.5	922396.5	91.6510523	54094.8768	0.054095	3936.448193	140	29811.8352	0.34504439	48	1684662.63	922162.625	97	105345.406	0.10534541	3936.448193	140	58056.1426	0.67194609
15	1684013	922466.125	88.4246784	4839.29961	0.004839	3936.448193	140	2666.95131	0.03086749	49	1684665	922166.063	97	333446.655	0.33344665	3936.448193	140	183763.368	2.12689083
16	1684741.25	922050.938	98.6945528	36425.0513	0.036425	3936.448193	140	20073.9458	0.23233734	50	1684660.38	922159.5	97	168991.645	0.16899164	3936.448193	140	93131.7595	1.07791388
17	1684625.13	922109.5	97	124289.415	0.124289	3936.448193	140	68496.2382	0.79278053	51	1684750.25	922287.375	90.4374654	16805.3453	0.01680535	3936.448193	140	3261.80264	0.10719679
18	1684878.38	921964.438	98.6060307	25823.7239	0.025824	3936.448193	140	14231.5252	0.16471673	52	1684678.13	922150.75	97	8777.58728	0.00877759	3936.448193	140	4837.35246	0.05598788
19	1684704.25	921945.375	101.070825	13398.403	0.013398	3936.448193	140	7383.89671	0.08546177	53	1684657.63	922160.938	97	5418.17775	0.00541818	3936.448193	140	2985.97264	0.03455987
20	1684268	922339.563	84.3372804	16856.3168	0.016856	3936.448193	140	9289.56248	0.10751808	54	1684622.63	922109.313	97	3779.19984	0.0037792	3936.448193	140	2082.72741	0.02410564
21	1684238.13	922266.875	81.7502065	7678.27615	0.007678	3936.448193	140	4231.51908	0.04897592	55	1684618.88	922247.5	88.5914169	6001.58104	0.00600158	3936.448193	140	3307.4878	0.03828111
22	1684620.75	922110.25	97	10985.3563	0.010985	3936.448193	140	6054.06003	0.07007014	56	1684583	922198.25	91.0410651	51693.466	0.05169347	3936.448193	140	28488.4111	0.32972698
23	1684741.5	922048.563	98.7635899	4148.70411	0.004149	3936.448193	140	2286.36223	0.02646253	57	1684457.5	922233.063	91.664381	1637.76754	0.00163777	3936.448193	140	902.578193	0.01044651
24	1684587.63	922068.688	87.8795108	32396.7861	0.032387	3936.448193	140	18179.1084	0.21040635	58	1684420.88	922179.938	95.2711163	10048.4437	0.01004844	3936.448193	140	5537.72495	0.06409404
25	1684713.75	922007.375	98.3055453	116072.096	0.116072	3936.448193	140	63967.8511	0.74036633	59	1684448.75	922259.813	88.0636681	18439.3192	0.01843932	3936.448193	140	10161.9595	0.11761527
26	1684720.63	921988.938	99.4777215	18028.9656	0.018029	3936.448193	140	8935.81246	0.11499783	60	1684444.88	922254.438	88.5400826	249386.419	0.24938642	3936.448193	140	137437.541	1.59071228
27	1684750.38	922029.25	98.8177622	11478.3684	0.011478	3936.448193	140	6325.76037	0.07321482	61	1684472.38	922252.688	89.5436076	14906.6561	0.01490666	3936.448193	140	8215.09914	0.09508217
28	1684632.13	921949.688	101.500298	5404.5371	0.005405	3936.448193	140	2978.48831	0.03447324	62	1684465.75	922256.813	89.306347	18542.03	0.01854203	3936.448193	140	10218.5637	0.11827041
29	1684879.75	921966.375	98.5620628	14216.0355	0.014216	3936.448193	140	7834.4962	0.09067704	63	1684509.5	922328.688	84.5985841	36432.2703	0.03643227	3936.448193	140	20077.9242	0.23238338
30	1684885.75	921963.313	98.3702029	5694.84181	0.005695	3936.448193	140	3138.44297	0.03632457	64	1684451.63	922355	84.2465398	172777.413	0.17277741	3936.448193	140	95218.1068	1.10206142
31	1684958	921923.375	95.4397706	10091.9644	0.010092	3936.448193	140	5561.70933	0.06437164	65	1684515.75	922338.313	84.7984381	25493.9225	0.02549392	3936.448193	140	14049.7707	0.16261309
32	1684968.38	921923.25	95.002856	23982.557	0.023983	3936.448193	140	13216.853	0.15297284	66	1684497.13	922307.688	84.9926701	10560.3655	0.01056037	3936.448193	140	5819.84644	0.06735933
33	1684888.63	921963.875	98.2782701	27231.6726	0.027232	3936.448193	140	15007.4496	0.17369733	67	1684636.5	922273.75	88.5243212	133656.296	0.1336563	3936.448193	140	73658.3517	0.85252722

NODO	POINT X	POINT Y	POINT Z	AREA m2	AREA Km2	Densidad Poblacional (Hab/Km <sup>2</sup> )	Dotacion Neta (L*Hab/d)	Dotacion (L/d)	Dotacion (L/s)	NODO	POINT X	POINT Y	POINT Z	AREA m2	AREA Km2	Densidad Poblacional (Hab/Km <sup>2</sup> )	Dotacion Neta (L*Hab/d)	Dotacion (L/d)	Dotacion (L/s)
68	1684675.25	922326.563	88.202356	24788.2099	0.02478821	3936.448193	140	13660.8506	0.1581117	102	1685777.13	921915	92.8733777	8763.81039	0.00876381	3936.448193	140	4829.75998	0.0559
69	1684506.25	922342.625	84.494466	11361.9358	0.01136194	3936.448193	140	6261.59405	0.07247215	103	1685197.5	922165.125	95.2666147	3995.1061	0.00399511	3936.448193	140	2201.71395	0.0254828
70	1684533.38	922388.188	86.7741578	14543.147	0.01454315	3936.448193	140	8014.76824	0.09276352	104	1685216.13	922208.563	95.2564449	12457.3391	0.01245734	3936.448193	140	6865.27381	0.07945919
71	1684904.38	922283.375	98.9561065	28781.168	0.02878117	3936.448193	140	15861.3808	0.1835808	105	1685188.5	922139.688	96.0793885	3353.65091	0.00335365	3936.448193	140	1848.20623	0.02139128
72	1684851.38	922178.938	92.2320024	10418.7862	0.01041879	3936.448193	140	5741.8217	0.06645627	106	1684979.75	922105.875	96.1672049	8762.55625	0.00876256	3936.448193	140	4829.06827	0.05589199
73	1684827.25	922191.5	91.305617	2640.29983	0.0026403	3936.448193	140	1455.07649	0.01684116	107	1685012.38	922152.25	99.9371159	2564.08807	0.00256409	3936.448193	140	1413.07598	0.01635605
74	1684874.38	922222.563	95.585198	2566.6691	0.00256667	3936.448193	140	1414.49839	0.01637151	108	1685704.75	921881.938	92.1241919	16160.1608	0.01616016	3936.448193	140	8905.90899	0.10307765
75	1684981.63	922108.563	96.4250166	10278.5119	0.01027851	3936.448193	140	5664.51616	0.06556153	109	1685167.38	922148.188	95.5472864	10673.1819	0.01067318	3936.448193	140	5882.01984	0.06807893
76	1685014.25	922154.875	100.128976	10438.1588	0.01043816	3936.448193	140	5752.49798	0.06657984	110	1685050.38	922208.375	100.333318	1036.6286	0.00103663	3936.448193	140	571.288871	0.00661214
77	1684915.75	922014.625	97.862134	3083.19876	0.0030832	3936.448193	140	1699.16331	0.0196662	111	1684713.5	922381.563	93.4016072	5903.98251	0.00590398	3936.448193	140	3253.70098	0.03765858
78	1685142.13	922076.75	98.2274072	45456.4889	0.04545649	3936.448193	140	25051.1959	0.2893444	112	1684788.63	922339.438	89.7735885	18075.7558	0.01807576	3936.448193	140	9961.59867	0.11529628
79	1685146	922085.563	98.7928066	3696.7329	0.00369673	3936.448193	140	2037.27966	0.02357963	113	1684916.75	922275.25	99.3631178	39893.6843	0.03989368	3936.448193	140	21985.519	0.25446203
80	1685139.5	922033.5	93.4435839	2617.31739	0.00261732	3936.448193	140	1442.4108	0.01669457	114	1685220.25	922218.563	95.2222545	6601.65868	0.00660166	3936.448193	140	3638.19224	0.04210871
81	1685153.63	922068.813	97.1827645	6284.14058	0.00628414	3936.448193	140	3463.20713	0.04008342	115	1685276.75	922191.875	97.3822844	15322.2191	0.01532222	3936.448193	140	8444.11704	0.09773284
82	1685226.63	921976.75	95.7107743	7977.35228	0.00797735	3936.448193	140	4396.34075	0.05088357	116	1685236.5	922257.875	94.3667226	3047.75336	0.00304775	3936.448193	140	1679.62525	0.01944011
83	1685116.88	922030.438	95.2330679	2776.02575	0.00277603	3936.448193	140	1529.87542	0.01770689	117	1685094	922269.938	97.3961931	6368.26059	0.00636826	3936.448193	140	3509.56591	0.04061998
84	1685122.75	922035.313	95.0157604	9711.28223	0.00971128	3936.448193	140	5351.91431	0.06194345	118	1684957.63	922333.188	93.9781599	4316.695	0.0043167	3936.448193	140	2378.94248	0.02753406
85	1685127.75	922039.313	94.7763109	5890.25103	0.00589025	3936.448193	140	3246.13352	0.03757099	119	1685131.88	922322.875	96.4947156	8948.028	0.00894803	3936.448193	140	4931.28281	0.05707503
86	1685215.75	921962.188	96.7006881	25457.3169	0.02545732	3936.448193	140	14029.5973	0.1623796	120	1685135.38	922328.5	96.786503	64310.7928	0.06431079	3936.448193	140	35441.8546	0.41020665
87	1685338.63	921958.625	96.6528261	3790.83207	0.00379083	3936.448193	140	2089.13797	0.02417984	121	1685178.88	922301.313	96.9979493	4016.54637	0.00401655	3936.448193	140	2213.52974	0.02561956
88	1685434.63	921873.938	95.7709548	63717.3994	0.0637174	3936.448193	140	35114.8339	0.40642169	122	1685188.75	922303.75	96.8033856	165802.268	0.16580227	3936.448193	140	91374.0853	1.05757043
89	1685325.75	921939.875	97.2523882	9062.65531	0.00906266	3936.448193	140	4994.45424	0.05780618	123	1684992.88	922381.5	94.2821334	9038.55288	0.00903855	3936.448193	140	4981.17132	0.05765245
90	1685440.25	921882.688	94.8238156	7360.02636	0.00736003	3936.448193	140	4056.13075	0.04694596	124	1684977.13	922388.125	93.2208489	13725.3897	0.01372539	3936.448193	140	7564.09999	0.08754745
91	1685445.88	921868.25	95.500521	9192.16401	0.00919216	3936.448193	140	5065.82684	0.05863226	125	1684876.88	922479.688	96.0090049	14425.015	0.01442502	3936.448193	140	7949.66541	0.09201002
92	1685433.88	921848.813	97.9091117	28103.3263	0.02810333	3936.448193	140	15487.8203	0.17925718	126	1684859.13	922444.813	94.4506571	75396.4484	0.07539645	3936.448193	140	41551.1898	0.48091655
93	1685570.13	921863.25	97.3415936	7967.4747	0.00796747	3936.448193	140	4390.89719	0.05082057	127	1685147.25	922884.125	96.9912043	18339.6806	0.01833968	3936.448193	140	10107.0484	0.11639793
94	1685357.75	921969.375	96.3090772	1013.46302	0.00101346	3936.448193	140	558.522254	0.00646438	128	1685156.88	922886.75	97.3235993	1547.66954	0.00154767	3936.448193	140	852.924398	0.00987182
95	1685573.25	921807.375	97.9483703	4784.92768	0.00478493	3936.448193	140	2636.98679	0.03052068	129	1684942.75	922338.875	93.2107985	1190.05753	0.00119006	3936.448193	140	655.843973	0.00759079
96	1685649.88	921778.125	94.145929	66855.1634	0.06685516	3936.448193	140	36844.0642	0.42643593	130	1684980.25	922392.625	93.8066239	3231.3465	0.00323135	3936.448193	140	1780.80393	0.0206116
97	1685672.63	921810.625	90.3160983	29379.722	0.02937972	3936.448193	140	16191.2455	0.18739868	131	1684673.38	922323.813	88.0413427	3955.00915	0.0039501	3936.448193	140	2179.61641	0.02522704
98	1685665.5	921770.188	93.9081027	3488.4192	0.00348842	3936.448193	140	1922.4774	0.0222509	132	1684790	922341.313	89.820404	2621.99972	0.0026222	3936.448193	140	1444.99125	0.01672444
99	1685778.63	921913.875	92.834215	16814.6413	0.01681464	3936.448193	140	9266.59502	0.10725226	133	1684915.5	922273.625	93.4303342	4114.24854	0.00411425	3936.448193	140	2267.37367	0.02624275
100	1685970.88	921811.688	95.2672212	11483.0983	0.0114831	3936.448193	140	6328.36702	0.07324499	134	1685048.5	922205.688	100.505192	9730.47963	0.00973048	3936.448193	140	5362.49405	0.0620659
101	1685622.63	921991.188	96.9251963	18174.4632	0.01817446	3936.448193	140	10015.9966	0.11592589	135	1685092.13	922267.313	97.5640705	1232.42651	0.00123243	3936.448193	140	679.193637	0.00786104

NODO	POINT X	POINT Y	POINT Z	AREA m2	AREA Km2	Densidad Poblacional (Hab/Km <sup>2</sup> )	Dotacion Neta (L/Hab/d)	Dotacion (L/d)	Dotacion (L/s)	NODO	POINT X	POINT Y	POINT Z	AREA m2	AREA Km2	Densidad Poblacional (Hab/Km <sup>2</sup> )	Dotacion Neta (L/Hab/d)	Dotacion (L/d)	Dotacion (L/s)
136	1684827.38	922393.438	91.2510192	7518.09232	0.00751809	3936.448193	140	4143.24133	0.04795418	170	1685058.38	922863.375	97.0866372	4316.01322	0.00431601	3936.448193	140	2378.56674	0.02752971
137	1684955.75	922330.625	94.1726727	9988.69354	0.00998869	3936.448193	140	5504.79645	0.06371292	171	1685032.63	922813	97.4142969	2344.39163	0.00234439	3936.448193	140	1292.00061	0.01495371
138	1685591.88	922906	98.2086899	16413.4741	0.01641347	3936.448193	140	9045.51065	0.10469341	172	1685079	922832.125	97.0494916	1888.86196	0.00188886	3936.448193	140	1040.95701	0.01204811
139	1685514	922832.125	97.7876982	3392.66846	0.00339267	3936.448193	140	1869.70891	0.02164015	173	1685183.63	922828.813	97.5174677	311.748292	0.00031175	3936.448193	140	171.80534	0.00198849
140	1685660.63	922920.75	98.4536501	196.208802	0.00019621	3936.448193	140	108.13121	0.00125152	174	1685094.63	922809.938	97.5637616	3824.13429	0.00382413	3936.448193	140	2107.49091	0.02439226
141	1685554.25	922961.438	96.6586419	5753.75037	0.00575375	3936.448193	140	3170.90763	0.03670032	175	1685138	922742.938	98.2022926	3015.1525	0.00301515	3936.448193	140	1661.65883	0.01923216
142	1685628	922977.125	99.8307753	3995.69701	0.0039957	3936.448193	140	2202.0396	0.02548657	176	1685035.63	922722	98.4718347	5590.25903	0.00559026	3936.448193	140	3080.80711	0.03565749
143	1685558.38	922962.188	96.8285881	604.28117	0.00060428	3936.448193	140	333.021013	0.00385441	177	1684957.5	922954.625	97.4158656	4327.54105	0.00432754	3936.448193	140	2384.91976	0.02760324
144	1685478.75	922947.438	93.2781532	6686.13573	0.00668614	3936.448193	140	3684.74777	0.04264754	178	1684926.88	922857.5	100.769449	4988.51174	0.00498851	3936.448193	140	2749.18252	0.03181924
145	1685594.88	923031.125	100.747401	13784.2928	0.01378429	3936.448193	140	7596.56165	0.08792317	179	1684986.25	922703.875	95.2612585	3079.13833	0.00307914	3936.448193	140	1696.92159	0.0196403
146	1685521.63	923017.938	102.212267	351033721	0.00035103	3936.448193	140	193.455648	0.00223907	180	1685038.25	922718.938	98.8635367	7070.49671	0.0070705	3936.448193	140	3896.57016	0.04509919
147	1685444.13	923000.938	99.4946169	1895.15978	0.00189516	3936.448193	140	1044.42776	0.01208828	181	1684957	922816.438	100.849534	483.570573	0.00048357	3936.448193	140	266.497071	0.00308446
148	1685481.5	922947.938	92.39047	6336.74837	0.00633675	3936.448193	140	3492.19943	0.04041897	182	1685069.5	922846.25	96.897344	7780.14771	0.00778015	3936.448193	140	4287.66078	0.0496257
149	1685390.13	922928.625	96.5472722	387.372182	0.00038737	3936.448193	140	213.481873	0.00247086	183	1684965	922804.813	100.175	1633.96717	0.00163397	3936.448193	140	900.483797	0.01042227
150	1685354.63	922981.625	94.2680524	3764.02187	0.00376402	3936.448193	140	2074.36279	0.02400883	184	1684994.88	922766.563	97.3646103	3238.33226	0.00323833	3936.448193	140	1784.6538	0.02065572
151	1685280.5	922965.688	96.2719934	58.2974072	5.8297E-05	3936.448193	140	32.1278613	0.00037185	185	1684981.63	922783.875	98.8566466	3543.20821	0.00354321	3936.448193	140	1952.67178	0.02260037
152	1685196.5	922946.688	100.533736	2371.46166	0.00237146	3936.448193	140	1306.91904	0.01512638	186	1685128.5	922611.188	96.3939393	3414.8015	0.0034148	3936.448193	140	1881.90649	0.02178133
153	1685227.25	922897.188	97.330416	3343.1004	0.0033431	3936.448193	140	1842.39182	0.02132398	187	1685133.63	922614.688	96.1181398	2122.19947	0.0021222	3936.448193	140	1169.54996	0.01353646
154	1685129.13	922935.188	97.4121132	3318.53333	0.00331853	3936.448193	140	1828.85284	0.02116728	188	1685586.63	922605.25	99.0577876	4806.61626	0.00480662	3936.448193	140	2648.93942	0.03065902
155	1685128.63	923031.688	97.3961249	482.937597	0.00048294	3936.448193	140	266.148236	0.00308042	189	1685629.63	922593.563	99.8174965	2228.295	0.0022283	3936.448193	140	1228.0195	0.01421319
156	1685086.5	923000	97.335804	2468.74462	0.00246874	3936.448193	140	1359.42974	0.01573414	190	1685506.88	922587.688	98.4912912	8303.4452	0.00830345	3936.448193	140	4576.05146	0.05296356
157	1685078.5	923012.688	96.9474429	5899.39434	0.00589939	3936.448193	140	3251.17243	0.03762931	191	1685629.25	922465.125	96.3693729	3891.4421	0.00389144	3936.448193	140	2144.58443	0.02482158
158	1685024.38	923116.563	98.9608459	3654.77121	0.00365477	3936.448193	140	2014.15446	0.02331197	192	1685654.5	922484.625	95.6212669	366.72996	0.00036673	3936.448193	140	202.105888	0.00233919
159	1685037.88	923113.188	98.6373285	3411.99088	0.00341199	3936.448193	140	1890.35755	0.0217634	193	1685569.88	922546.563	97.5687598	1758.96451	0.00175896	3936.448193	140	969.370175	0.01121956
160	1685034.88	922986.813	98.82063	652.046211	0.00065205	3936.448193	140	359.344458	0.00415908	194	1685552.5	922532.688	98.1142935	5001.96092	0.00500196	3936.448193	140	2756.5944	0.03190503
161	1684986.5	923057.25	98.7028883	8333.28721	0.00833329	3936.448193	140	4592.49747	0.05315391	195	1685545	922526.688	98.7205496	12825.2681	0.01282527	3936.448193	140	7068.0405	0.08180602
162	1684965.88	922985.875	98.1886683	7937.26246	0.00793726	3936.448193	140	4374.24714	0.05062786	196	1685527.88	922539.375	99.7433745	11194.192	0.01119419	3936.448193	140	6169.14998	0.0714022
163	1684912.25	923072.688	96.0744878	4328.34322	0.00432834	3936.448193	140	2385.36184	0.02760835	197	1685656.63	922472.875	96.1378781	12444.9282	0.01244493	3936.448193	140	6858.4341	0.07938002
164	1684977.63	922972.813	99.1051964	2525.50082	0.0025255	3936.448193	140	1391.81044	0.01610892	198	1685281.75	922538	99.691991	2617.05222	0.00261705	3936.448193	140	1442.26467	0.01669288
165	1684874	922933.813	97.4696008	4850.25562	0.00485026	3936.448193	140	2672.98919	0.03093737	199	1685509.13	922237.063	98.5779491	10363.7954	0.01036378	3936.448193	140	5711.51613	0.06610551
166	1684781.25	923050.875	96.3865014	400.73158	0.00040073	3936.448193	140	220.844275	0.00255607	200	1685201.38	922520.188	98.8891161	5254.14304	0.00525414	3936.448193	140	2895.57266	0.03351357
167	1685048.13	922920.563	99.1067086	4528.46337	0.00452846	3936.448193	140	2495.6486	0.02888482	201	1685041.88	922487.313	95.4396151	15427.0305	0.01542703	3936.448193	140	8501.87889	0.09840138
168	1685019.75	922914.5	98.9128502	4933.95385	0.00493395	3936.448193	140	2719.11552	0.03147124	202	1685149.13	922349.5	97.8460453	2827.75501	0.00282776	3936.448193	140	1588.38356	0.01803685
169	1685046.5	922920.188	99.0947174	2964.42495	0.00296442	3936.448193	140	1633.70273	0.0189086	203	1684979.75	922391.75	93.54007	1264.12007	0.00126412	3936.448193	140	696.660044	0.00806319

NODO	POINT X	POINT Y	POINT Z	AREA m2	AREA Km2	Densidad Poblacional (Hab/Km <sup>2</sup> )	Dotacion Meta (L/Hab/d)	Dotacion (L/d)	Dotacion (L/s)	NODO	POINT X	POINT Y	POINT Z	AREA m2	AREA Km2	Densidad Poblacional (Hab/Km <sup>2</sup> )	Dotacion Meta (L/Hab/d)	Dotacion (L/d)	Dotacion (L/s)
204	1685072	922446.313	95.0823491	14951.0689	0.01495107	3936.448193	140	8239.57513	0.09536545	237	1686390.75	922278.063	95.1641561	11469.2756	0.01146928	3936.448193	140	6320.74329	0.07315682
205	1685037.5	922475.813	95.5772384	1605.93574	0.00160594	3936.448193	140	885.035596	0.01024347	238	1686399.38	922479.688	100.999452	10325.2896	0.01032529	3936.448193	140	5690.29547	0.06585599
206	1685035.75	922473.188	95.6877837	24790.1572	0.02479016	3936.448193	140	13661.9237	0.15812412	239	1686250.13	922689.875	105.635339	5316.18486	0.00531618	3936.448193	140	2929.76408	0.03390931
207	1685002.88	922477.375	96.6492952	5115.83896	0.00511584	3936.448193	140	2819.35291	0.0326314	240	1686126.25	922768.625	109.587887	4597.40449	0.0045974	3936.448193	140	2533.64224	0.02932456
208	1685042.13	922480.813	95.3815624	4683.60605	0.00468361	3936.448193	140	2581.14816	0.0298774	241	1686442.75	922418.75	106.063499	5546.34341	0.00554634	3936.448193	140	3056.60509	0.03637737
209	1684793.75	922474.313	96.3993458	50005.1009	0.05000051	3936.448193	140	27557.9484	0.31895774	242	1686407.38	922360.563	103.001378	8250.06528	0.00825007	3936.448193	140	4546.63364	0.05262307
210	1684795.75	922481.375	97.0473437	1840.71301	0.00184071	3936.448193	140	1014.422	0.011741	243	1686333.25	922370.625	93.2702383	3104.2875	0.00310429	3936.448193	140	1710.78137	0.01980071
211	1684775.75	922482.188	97.0099946	7544.14192	0.00754414	3936.448193	140	4157.59734	0.04812034	244	1686167.13	922097.063	95.1078645	1633.72669	0.00163373	3936.448193	140	900.351266	0.01042073
212	1684600.63	922469.813	90.8753507	1282.55756	0.00128256	3936.448193	140	706.820992	0.0081808	245	1686294.13	922049.375	95.3389933	4420.55094	0.00442055	3936.448193	140	2436.17777	0.0281965
213	1684617	922489.688	91.7196558	14008.6734	0.01400867	3936.448193	140	7720.21841	0.08935438	246	1686225.13	922192.438	95.8237134	2297.04379	0.00229704	3936.448193	140	1285.90714	0.0146517
214	1684862.13	922443.563	94.6025462	9568.23442	0.00956823	3936.448193	140	5273.08027	0.06103102	247	1686464.88	922082.688	93.3463936	5233.81287	0.00523381	3936.448193	140	2884.36865	0.03338539
215	1684747.38	922429.125	95.2939047	14012.4225	0.01401242	3936.448193	140	7722.28451	0.08937829	248	1686198.63	922148.813	93.6510041	2916.94327	0.00291694	3936.448193	140	1607.53545	0.01860573
216	1684825.5	922390.813	91.1670805	2669.05487	0.00266905	3936.448193	140	1470.92347	0.01702458	249	1686439.38	922038.625	93.0946945	502.518021	0.00050252	3936.448193	140	276.939062	0.00320531
217	1684745.63	922426.625	95.279803	30405.6535	0.03040565	3936.448193	140	16756.6392	0.19394258	250	1686172.13	922105.188	94.3970147	4379.43268	0.00437943	3936.448193	140	2413.51738	0.02793423
218	1684711.63	922378.938	93.2646559	22395.5549	0.02239555	3936.448193	140	12342.2518	0.14285014	251	1686412	921995.375	93.7044491	3404.47133	0.00340447	3936.448193	140	1876.2195	0.0217145
219	1684584.38	922446	88.8569074	19737.2101	0.01973721	3936.448193	140	10877.2307	0.12589387	252	1686283.75	922289.813	92.0628607	36.5169612	3.6517E-05	3936.448193	140	20.1245976	0.00023292
220	1684411.38	922562.438	92.4338856	5657.73502	0.00565774	3936.448193	140	3117.99331	0.03608789	253	1686405.75	922234.125	94.0734479	2856.58017	0.00285658	3936.448193	140	1574.26918	0.01822071
221	1685267.5	922842.063	93.500765	36187.4843	0.03618748	3936.448193	140	19943.022	0.23082201	254	1686368.25	922236	94.3808719	3304.55108	0.00330455	3936.448193	140	1821.14718	0.02107809
222	1685347.63	922858.938	92.9276097	2308.83784	0.00230884	3936.448193	140	1272.40688	0.01472693	255	1686314.25	922338.938	91.9253069	2880.92373	0.00288092	3936.448193	140	1587.68498	0.01837598
223	1685229.63	922897.625	97.2604031	3124.13022	0.00312413	3936.448193	140	1721.71675	0.01992728	256	1686975.75	922863.188	111.04921	3367.56983	0.00336757	3936.448193	140	1855.87698	0.02148006
224	1685312.13	922913.188	96.7417617	12833.7108	0.01283371	3936.448193	140	7072.6933	0.08185988	257	1686951.13	921685.438	97.4228468	1520.23185	0.00152023	3936.448193	140	837.80395	0.00969668
225	1685350.38	922859.5	92.8963785	11743.1433	0.01174314	3936.448193	140	6471.67851	0.07490369	258	1686475.5	921475.5	92.047184	3980.0227	0.00398002	3936.448193	140	2193.40145	0.02538659
226	1685314.75	922913.688	96.7737384	2451.64016	0.00246164	3936.448193	140	1356.61665	0.01570158	259	1686582.75	921599.375	97.879302	268.293592	0.00026829	3936.448193	140	147.857336	0.00171131
227	1685436.13	922815.313	94.0592582	3365.19443	0.00336519	3936.448193	140	1854.5679	0.02146431	260	1686599.13	921524.25	95.875101	2653.51107	0.00265351	3936.448193	140	1462.35724	0.01632543
228	1685466.38	922791.5	95.3924741	12696.5292	0.01269653	3936.448193	140	6997.09209	0.08098486	261	1686598.88	921525.5	95.9070776	2940.00573	0.00294001	3936.448193	140	1620.24523	0.01875284
229	1685394.63	922868.875	94.7561803	17630.8917	0.01763089	3936.448193	140	9716.43283	0.11245871	262	1686474.88	921475.25	92.0487095	3604.66477	0.00364066	3936.448193	140	2006.38036	0.02322199
230	1685422.38	922873.75	95.7008988	8042.05117	0.00804205	3936.448193	140	4431.99649	0.05129626	263	1686654.75	921621.813	97.5663321	6998.26826	0.00699827	3936.448193	140	3856.76486	0.04463848
231	1685423	922874.938	95.8197596	3792.91323	0.00379291	3936.448193	140	2090.2849	0.02419311	264	1686255.88	921748.375	94.8339208	6503.3438	0.00650334	3936.448193	140	3584.01063	0.0414816
232	1685392.75	922929.188	96.55704	2552.61998	0.00255262	3936.448193	140	1406.75589	0.0162819	265	1686581.88	921881.563	99.1818547	9918.27026	0.00991827	3936.448193	140	5465.98599	0.06326373
233	1686427.5	922269.313	97.2295852	5564.20535	0.00556421	3936.448193	140	3066.44885	0.03549131	266	1686598.88	921761.813	99.0537703	640.270627	0.00064027	3936.448193	140	352.854902	0.00408397
234	1686483	922361.938	105.361047	3371.17675	0.00337118	3936.448193	140	1857.86477	0.02160306	267	1686450.13	921872.625	96.0433791	3858.61874	0.00385862	3936.448193	140	2126.49539	0.02461222
235	1686396.63	922218.313	94	8669.42647	0.00866943	3936.448193	140	4777.74474	0.05529797	268	1686594.38	921793	100.013572	3910.99858	0.003911	3936.448193	140	2155.36206	0.02494632
236	1686419.25	922255.375	95.1138487	9810.22713	0.00981023	3936.448193	140	5406.44312	0.06257457	269	1686660.88	921696.063	95.7359868	3288.29142	0.00328829	3936.448193	140	1812.18644	0.02097438
						3936.448193				270	1686569.38	921724.688	98.4042667	9949.49946	0.0099495	3936.448193	140	5483.19648	0.06346292

NODO	POINT X	POINT Y	POINT Z	AREA m2	AREA Km2	Densidad Poblacional (Hab/Km <sup>2</sup> )	Dotacion Meta (L*Hab/d)	Dotacion (L/d)	Dotacion (L/s)	NODO	POINT X	POINT Y	POINT Z	AREA m2	AREA Km2	Densidad Poblacional (Hab/Km <sup>2</sup> )	Dotacion Meta (L*Hab/d)	Dotacion (L/d)	Dotacion (L/s)
271	1686405.75	921809.25	95.3287443	1544.64466	0.00154464	3936.448193	140	851.257918	0.00985252	305	1685646.88	922187.313	94.7237898	3312.98966	0.00331299	3936.448193	140	1825.7977	0.02113192
272	1686361.88	921746.563	97.6626468	3866.60733	0.00386661	3936.448193	140	2130.89792	0.02466317	306	1685755.13	922097.625	93.7562725	17645.4296	0.01764543	3936.448193	140	9724.44417	0.11255144
273	1686663.63	921649.813	95.7831932	2969.51518	0.00296952	3936.448193	140	1636.50798	0.01894106	307	1685666	922357.75	98.4379081	8896.00141	0.008896	3936.448193	140	4902.61081	0.05674318
274	1686466.38	921895.813	96.8342421	1365.65141	0.00136565	3936.448193	140	752.614243	0.00871081	308	1685786.25	922138.813	91.861145	1892.85943	0.00189286	3936.448193	140	1043.16003	0.01207361
275	1686343.63	921720.5	96.4292844	6707.08195	0.00670708	3936.448193	140	3696.29129	0.04278115	309	1685780.5	922145.375	91.7696933	1823.08991	0.00182309	3936.448193	140	1004.70986	0.01162859
276	1686587.25	921762.813	99.0857469	5296.2896	0.00529629	3936.448193	140	2918.79975	0.0337824	310	1685458.38	922073.25	94	525.823236	0.00052582	3936.448193	140	289.78263	0.00335397
277	1686526.63	921617.438	94.6920843	3260.10714	0.00326011	3936.448193	140	1796.654	0.02079461	311	1685451	922272.813	98.9975542	10503.8236	0.01050382	3936.448193	140	5788.68602	0.06699868
278	1686625.13	921585.688	99	10592.9883	0.01059299	3936.448193	140	5837.82495	0.06756742	312	1685435.5	922214.5	99.268056	1420.49966	0.0014205	3936.448193	140	782.841264	0.00960666
279	1686666.75	921572.313	97.8405245	4099.21127	0.00409921	3936.448193	140	2259.08659	0.02614684	313	1685485.63	922164.5	95.6725192	175.337152	0.00017534	3936.448193	140	96.6287963	0.0011839
280	1686674.63	921558.813	97.6264708	14975.5093	0.01497551	3936.448193	140	8253.04433	0.09552135	314	1685382.5	922196.938	96.9950804	10132.6201	0.01013262	3936.448193	140	5584.11476	0.06463096
281	1686683.88	921497.313	96.3403408	708.173586	0.00070817	3936.448193	140	390.276409	0.00451709	315	1685495.13	922196.25	96.9456243	8248.31328	0.00824891	3936.448193	140	4545.99877	0.05261573
282	1686550.25	921448.125	92.9769038	3181.47244	0.00318147	3936.448193	140	1753.3182	0.02029303	316	1685394.5	922227	98.7247375	16177.9912	0.01617799	3936.448193	140	8915.7354	0.10319138
283	1686610.88	921470.438	95.5870164	2493.35061	0.00249335	3936.448193	140	1374.09237	0.01590385	317	1685505.38	922225	98.3464495	5125.91762	0.00512592	3936.448193	140	2824.90728	0.03269569
284	1686172.13	921671.875	97.3916601	2772.48022	0.00277248	3936.448193	140	1527.92146	0.01768428	318	1685400.13	922258.5	99.1555685	9076.8357	0.00907684	3936.448193	140	5002.26909	0.05789663
285	1686152.75	921685.625	96.1993595	5977.51204	0.00597751	3936.448193	140	3294.22331	0.03812758	319	1685408	922290	97.7828964	23443.6096	0.02344361	3936.448193	140	12919.8377	0.14953516
286	1685795.5	921944.813	92.1835195	19639.5676	0.01963957	3936.448193	140	10956.4859	0.12565377	320	1685471.25	922114.563	93.5492335	6384.91825	0.00638492	3936.448193	140	3518.74599	0.04072623
287	1685798.5	921944.813	92.1835195	4519.24683	0.00451925	3936.448193	140	2490.56934	0.02882603	321	1685596.13	922046.063	97.0443117	272.433077	0.00027243	3936.448193	140	150.138617	0.00173772
288	1686096.63	922116.875	98.9846629	4126.8025	0.0041268	3936.448193	140	2274.29219	0.02632283	322	1684524	921989.188	98.6553437	1610.0639	0.00161006	3936.448193	140	887.31064	0.0102698
289	1686144.13	922055.063	97.8824009	1894.85962	0.00189486	3936.448193	140	1044.26234	0.01208637	323	1684461.38	921712.938	98.9109806	228.427743	0.00022843	3936.448193	140	125.887157	0.00145703
290	1686180.63	922090.563	94.4339074	4007.38354	0.00400738	3936.448193	140	2208.48007	0.02556111	324	1684345.5	921888	96.3858944	3041.81721	0.00304182	3936.448193	140	1676.35382	0.01940224
291	1685606.88	921655.188	98.3557396	36412.7728	0.03641277	3936.448193	140	20067.1791	0.23225902	325	1684496.63	921868.375	99.4525119	2006.87238	0.00200687	3936.448193	140	1105.99288	0.01280084
292	1685554.88	921779.75	99.9574119	3945.33807	0.00394534	3936.448193	140	2174.28665	0.02516535	326	1684657.5	921854.875	96.652455	1104.98735	0.00110499	3936.448193	140	608.961563	0.00704817
293	1685914.88	921952.063	92.2746543	4558.59304	0.00455959	3936.448193	140	2512.25315	0.029077	327	1684677.38	921972.125	101.247106	4630.98779	0.00463099	3936.448193	140	2552.15009	0.02953877
294	1685801.88	922145.125	91.138037	7127.76403	0.00712776	3936.448193	140	3928.13034	0.04544447	328	1684434.38	922012.313	98	7944.90369	0.0079449	3936.448193	140	4378.45825	0.0506766
295	1685788.75	922151.25	91.2328304	12164.3571	0.01216436	3936.448193	140	6703.81059	0.0775904	329	1684684.5	921972.375	101.01885	19095.4682	0.01909547	3936.448193	140	10523.565	0.12180052
296	1685660.75	922467.875	96.3257409	5413.4585	0.00541346	3936.448193	140	2983.37185	0.03452977	330	1684865.63	921973.188	99.0163033	18062.4879	0.01806249	3936.448193	140	9954.28668	0.11521165
297	1685988.25	921741.5	97.6648337	1005.94896	0.00100595	3936.448193	140	554.381234	0.00641645	331	1684535.25	922143.688	94.7775704	9487.94278	0.00948794	3936.448193	140	5228.83133	0.06051888
298	1686405.5	921655.313	96.6482575	52510.8768	0.05251088	3936.448193	140	28938.8885	0.33494084	332	1684644.13	921721.5	99.1160089	100890.338	0.10089034	3936.448193	140	55600.9422	0.64352942
299	1685659.63	922470.625	96.1858431	21768.648	0.02176865	3936.448193	140	11996.7617	0.13885141	333	1684648.5	921765.438	100.043338	5510.59955	0.0055106	3936.448193	140	3036.90655	0.03514938
300	1685738	922479.688	94.0090049	3942.34632	0.00394235	3936.448193	140	2172.63822	0.02514628	334	1684482.5	921806.25	101.125702	21489.6754	0.02148968	3936.448193	140	11843.0192	0.13707198
301	1685701.75	922453.5	95.335321	8938.33508	0.00893834	3936.448193	140	4925.94102	0.05701321	335	1684647.63	921756.375	99.893411	6594.45805	0.00659446	3936.448193	140	3634.22394	0.04206278
302	1685505.13	922478.688	99.9440562	3346.37559	0.00334638	3936.448193	140	1844.52744	0.0213487	336	1684745.75	921742.438	99.8019805	1099.66708	0.00109967	3936.448193	140	606.029549	0.00710423
303	1685636.88	922321.438	100.233935	5169.86383	0.00516986	3936.448193	140	2849.12616	0.032976	337	1684719.75	921834.813	99.9336084	5877.53194	0.00587753	3936.448193	140	3239.124	0.03748986
304	1685768.63	922227.688	93.9645252	3315.84041	0.00331584	3936.448193	140	1827.36876	0.0211501	338	1684530.25	922145.813	94.2790416	3199.01641	0.00319902	3936.448193	140	1762.98673	0.02040494

NODO	POINT X	POINT Y	POINT Z	AREA m2	AREA Km2	Densidad Poblacional (Hab/Km <sup>2</sup> )	Dotacion Meta (L/Hab/d)	Dotacion (L/d)	Dotacion (L/s)	NODO	POINT X	POINT Y	POINT Z	AREA m2	AREA Km2	Densidad Poblacional (Hab/Km <sup>2</sup> )	Dotacion Meta (L/Hab/d)	Dotacion (L/d)	Dotacion (L/s)
339	1684184.75	922288.813	87.3927345	1992.77048	0.00199277	3936.448193	140	1098.22129	0.01271089	373	1684768.25	922854.25	98.2788998	2809.0695	0.00280907	3936.448193	140	1548.08592	0.01791766
340	1684103.75	922217.75	87.3850022	4247.51247	0.00424751	3936.448193	140	2340.81579	0.02709278	374	1684885.5	922917.313	97.9972155	7814.48453	0.00781448	3936.448193	140	4306.58389	0.04984472
341	1684173.88	922260	86.9407803	823.253303	0.00082325	3936.448193	140	453.697157	0.00525112	375	1684996.75	922945.813	99.1638145	2886.61959	0.00288662	3936.448193	140	1590.82399	0.01841231
342	1684020.38	922201.625	87.9915204	3799.2358	0.00379924	3936.448193	140	2093.76929	0.02423344	376	1684857.63	922954.563	97.411918	345.430198	0.00034543	3936.448193	140	190.367531	0.00220333
343	1684097.88	922214.875	87.6687949	6407.17195	0.00640717	3936.448193	140	3531.01006	0.04088817	377	1684793.5	922947.313	97.6541704	48004.4604	0.04800446	3936.448193	140	26455.39	0.30619664
344	1684129.75	922169.438	85.5043532	3742.86225	0.00374286	3936.448193	140	2062.70167	0.02387386	378	1684736.63	923047.875	98.6691848	4751.61708	0.00475162	3936.448193	140	2618.62922	0.03030821
345	1684167.13	922205.938	83.4386612	5886.13805	0.00588614	3936.448193	140	3243.86685	0.03754476	379	1684806.88	922923.75	97.2086342	3040.0121	0.00304001	3936.448193	140	1675.35902	0.01939073
346	1684294.88	922151.375	87.7480875	16497.0247	0.01649702	3936.448193	140	9091.55562	0.10522634	380	1684849.75	923054.375	97.6796665	3908.42311	0.00390842	3936.448193	140	2153.94271	0.02492989
347	1684343.38	922223.25	86.1738055	7895.80923	0.00789581	3936.448193	140	4351.40216	0.05036345	381	1684908.88	922962.688	97.2017159	5865.48746	0.00586549	3936.448193	140	3232.48625	0.03741304
348	1684236.13	922064.438	93.922964	2758.74149	0.00275874	3936.448193	140	1520.35001	0.01759664	382	1684819.5	923002.563	96.7825507	26090.0903	0.02609009	3936.448193	140	14378.3204	0.16641575
349	1684183.75	922201.375	83.3244817	1093.12011	0.00109312	3936.448193	140	602.421494	0.00697247	383	1684875	923015.25	98	1802.44316	0.00180244	3936.448193	140	993.331376	0.01149689
350	1684153	922140.063	86.3339321	2579.19941	0.00257932	3936.448193	140	1421.40388	0.01645143	384	1684944.13	923020.938	96.4964338	2973.0139	0.00297301	3936.448193	140	1638.43613	0.01896338
351	1684163.13	922160.5	84.7691588	9076.44345	0.00907644	3936.448193	140	5002.05292	0.05789413	385	1684879.38	923008.438	97.9645001	3642.39295	0.00364239	3936.448193	140	2007.33276	0.02323302
352	1684252.88	922089.125	93.7800081	3642.89938	0.00364239	3936.448193	140	2007.61185	0.02323625	386	1685671.25	922777.313	93	3378.88748	0.00337889	3936.448193	140	1862.11417	0.02155225
353	1684118.63	922068.375	87.0417383	2351.35827	0.00235136	3936.448193	140	1295.84	0.01499815	387	1685703.88	922856.688	98.4497094	10407.3491	0.01040735	3936.448193	140	5735.51867	0.06638322
354	1684240.25	922064.25	93.9938732	2148.65404	0.00214865	3936.448193	140	1184.12915	0.0137052	388	1685724.88	922810.938	98.0782265	3954.49163	0.00395449	3936.448193	140	2179.3312	0.02522374
355	1684246.75	922080	94.0619634	2538.38651	0.00253869	3936.448193	140	1399.24244	0.01619494	389	1685659.88	922795.813	93.0902674	3685.59668	0.00368566	3936.448193	140	2031.14246	0.02350859
356	1684308.88	922047.125	97.1083024	3318.54671	0.00331855	3936.448193	140	1828.86021	0.02116736	390	1685782.25	922872.188	102.273968	735.462089	0.00073546	3936.448193	140	405.315178	0.00469115
357	1684413.75	922194.125	95.1133179	6093.04705	0.00609305	3936.448193	140	3357.89497	0.03886453	391	1685647.38	922816.938	93.0286722	3008.04475	0.00300804	3936.448193	140	1657.74173	0.01918683
358	1684128.63	922171.063	85.5217047	4171.41695	0.00417142	3936.448193	140	2298.87934	0.02666074	392	1685718.88	922834.563	98.2541144	1577.51763	0.00157752	3936.448193	140	869.374298	0.0100622
359	1684060.25	922155.938	89.4537924	4874.61379	0.00487461	3936.448193	140	2686.41305	0.03109274	393	1685842.25	922880.5	102.131877	15465.8551	0.01546586	3936.448193	140	8523.27526	0.09864902
360	1684292	921813	91.1301566	2441.57485	0.00244157	3936.448193	140	1345.55861	0.01557359	394	1685805	922937.188	95.7720168	1373.79994	0.00137338	3936.448193	140	757.104191	0.00876279
361	1684777.5	921816.25	102.794499	3491.23938	0.00349124	3936.448193	140	1924.03161	0.02228898	395	1685617.5	923453	96.5822065	1806.94303	0.00180694	3936.448193	140	995.81265	0.01152559
362	1684408.25	921781.875	100.001353	1836.49146	0.00183649	3936.448193	140	1012.09549	0.01171407	396	1685747.63	922929	100.172739	14098.2276	0.01409823	3936.448193	140	7769.57197	0.0899256
363	1684400	921740.875	102.13434	6147.23568	0.00614724	3936.448193	140	3387.75847	0.03921017	397	1685609.13	923463.125	95.5228504	2013.65933	0.00201366	3936.448193	140	1109.73319	0.01284413
364	1684423	921810	100.665208	2409.7009	0.0024097	3936.448193	140	1327.99278	0.01537029	398	1685562	923400.625	97.6242136	5428.85952	0.00542886	3936.448193	140	2991.85939	0.034628
365	1684316.25	921847	94.1282041	7898.61737	0.00789862	3936.448193	140	4352.94973	0.05038136	399	1685505.88	923255	95.1991019	2994.11991	0.00299412	3936.448193	140	1650.06771	0.01909801
366	1684720.25	921676.875	98.0000917	5349.84627	0.00534985	3936.448193	140	2948.31498	0.03412402	400	1685563	923403.313	97.7273725	2952.9651	0.00295297	3936.448193	140	1627.38718	0.0188355
367	1684641.5	921695.313	99.7116793	1964.33381	0.00196433	3936.448193	140	1082.54976	0.01252951	401	1685504.25	923250.688	95.3370012	893.810492	0.00089381	3936.448193	140	492.581418	0.00570117
368	1684760.88	921777.563	101.275595	1334.41275	0.00133441	3936.448193	140	735.398532	0.00851156	402	1685533.88	923327.813	96.400482	2561.71322	0.00256171	3936.448193	140	1411.76719	0.0163399
369	1684684.25	921971.313	101.060619	3705.56183	0.00370556	3936.448193	140	2042.1453	0.02363594	403	1685675.75	923274.063	98.9436118	3755.61208	0.00375561	3936.448193	140	2069.72814	0.02395519
370	1684092.13	922505.438	90.6299697	3426.34732	0.00342635	3936.448193	140	1888.26942	0.02185497	404	1685765.38	923324.125	104.019828	9850.39499	0.00985039	3936.448193	140	5428.57974	0.06283078
371	1684741.5	922914.438	100.932867	1906.81061	0.00190681	3936.448193	140	1050.84956	0.0121626	405	1685647.75	923198.563	95.9960163	4377.6261	0.00437763	3936.448193	140	2412.52177	0.02792271
372	1684912.5	922878.375	99.3598664	2289.44557	0.00228945	3936.448193	140	1261.71974	0.01460324	406	1685523.38	923141	92.1744663	5093.82328	0.00509382	3936.448193	140	2807.22	0.03249097

NODO	POINT X	POINT Y	POINT Z	AREA m2	AREA Km2	Densidad Poblacional (Hab/Km <sup>2</sup> )	Dotacion Neta (L*Hab/d)	Dotacion (L/d)	Dotacion (L/s)	NODO	POINT X	POINT Y	POINT Z	AREA m2	AREA Km2	Densidad Poblacional (Hab/Km <sup>2</sup> )	Dotacion Neta (L*Hab/d)	Dotacion (L/d)	Dotacion (L/s)
407	1685679.75	923158.688	94.6794928	2169.81106	0.00216981	3936.448193	140	1195.78884	0.01384015	441	1684962	923418.375	97.9965879	67305.2571	0.06730526	3936.448193	140	37092.1121	0.42930685
408	1685797.63	923056.125	92.7699564	3132.03582	0.00313204	3936.448193	140	1726.07354	0.0199777	442	1685412.13	922130.938	95.47257	14959.5583	0.01495956	3936.448193	140	8244.25365	0.0954196
409	1685749.75	923049.25	94.8499542	3928.09065	0.00392809	3936.448193	140	2164.78155	0.02505534	443	1686024.5	921784.688	97.8284385	39604.5266	0.03960453	3936.448193	140	21275.0606	0.24623913
410	1685597.5	923026.813	100.717423	17153.7247	0.01715372	3936.448193	140	9453.46479	0.1094151	444	1686024.5	921784.75	97.8304371	3263.01194	0.00326301	3936.448193	140	1798.25485	0.02081313
411	1685562.25	923081.875	97.7505943	2742.92289	0.00274292	3936.448193	140	1511.63234	0.01749574	445	1686024.5	921784.75	97.8304371	18949.594	0.01894959	3936.448193	140	10443.1733	0.12087006
412	1685755.38	923112	93.3119248	4892.84402	0.00489284	3936.448193	140	2696.45978	0.03120903										
413	1685817.38	922997	95.18863	2150.19057	0.00215019	3936.448193	140	1184.97593	0.013715										
414	1685631.75	922970.688	99.419076	7829.26216	0.00782926	3936.448193	140	4314.72789	0.04993898										
415	1685022.63	923188.5	98	2785.5508	0.00278555	3936.448193	140	1535.1247	0.01776765										
416	1685497.5	923183	93.5917659	8600.83633	0.00860084	3936.448193	140	4739.94453	0.05486047										
417	1685316.88	923198.563	95.9968539	3454.20649	0.00345421	3936.448193	140	1903.62269	0.02203267										
418	1685233.13	923198.688	98.5246312	6771.67879	0.00677168	3936.448193	140	3731.89078	0.04319318										
419	1685411.75	923196.25	94.4378168	3584.75509	0.00358476	3936.448193	140	1975.56838	0.02286537										
420	1685489	923071	100.165609	10667.8538	0.01066785	3936.448193	140	5879.08356	0.06804495										
421	1685249	923026	96.799902	6617.36722	0.00661737	3936.448193	140	3646.84926	0.0422089										
422	1685208.13	922949.313	100.887801	2376.60365	0.0023766	3936.448193	140	1309.7528	0.01515918										
423	1685518.38	922893.188	97.7348978	4501.6516	0.00450165	3936.448193	140	2480.87256	0.0287138										
424	1685577.88	922787.5	95.0353221	2313.92355	0.00231392	3936.448193	140	1275.20962	0.01475937										
425	1685564.25	922798.688	95.3508051	3467.06714	0.00346707	3936.448193	140	1910.71023	0.0221147										
426	1685407.5	922767.563	92.5278938	2399.76376	0.00239976	3936.448193	140	1322.5164	0.0153069										
427	1685225.5	922835.375	94.8185772	5647.95895	0.00564796	3936.448193	140	3112.60569	0.03602553										
428	1685366.5	922756.25	93.2919596	17764.153	0.01776415	3936.448193	140	9789.87351	0.11330872										
429	1685334.5	922738.063	95.4787416	8570.13558	0.00857014	3936.448193	140	4723.02526	0.05466464										
430	1685178	922687.25	95.6211293	38617.0827	0.03861708	3936.448193	140	21281.9804	0.24631922										
431	1685620.25	921647.063	98.7321933	6638.60835	0.00663861	3936.448193	140	3658.5553	0.04234439										
432	1684440.88	922166.375	94.1916265	4942.11141	0.00494211	3936.448193	140	2723.61117	0.03152328										
433	1684747.88	922042.813	98.7484408	5679.7052	0.00567971	3936.448193	140	3130.10114	0.03622802										
434	1684965	922392.188	92.7153887	6266.66727	0.00626667	3936.448193	140	3453.57755	0.03997196										
435	1684986.13	922382.313	93.7668141	9460.75027	0.00946075	3936.448193	140	5213.84546	0.06034543										
436	1685657.75	922795.563	93.0692339	5994.97064	0.00599497	3936.448193	140	3303.84479	0.03823894										
437	1685669	922776.438	93	4703.80708	0.00470381	3936.448193	140	2592.281	0.03000325										
438	1685615.38	923451.5	96.7437645	8325.62059	0.00832562	3936.448193	140	4588.27238	0.053105										
439	1685532	923328.625	96.3404363	6530.58107	0.00653058	3936.448193	140	3599.02117	0.04165534										
440	1685401.88	923380.375	91.8375766	6665.48987	0.00666549	3936.448193	140	3673.36978	0.04251585										

Anexo 5 Áreas Aferentes y Dotación Neta por Nodo de la red de Distribución

Network Table - Links															
Link ID	Length	Diameter	Status	Link ID	Length	Diameter	Status	Link ID	Length	Diameter	Status	Link ID	Length	Diameter	Status
	m	mm			m	mm			m	mm			m	mm	
Pipe p1	194.8	55.7	Open	Pipe p20	92.27	83.42	Open	Pipe p39	4.178	55.7	Open	Pipe p58	59.77	107.28	Open
Pipe p2	21.55	83.42	Open	Pipe p21	11.57	55.7	Open	Pipe p40	3.851	55.7	Open	Pipe p59	24.38	107.28	Open
Pipe p3	169.4	107.28	Open	Pipe p22	143.8	55.7	Open	Pipe p41	148.3	55.7	Open	Pipe p60	31.62	55.7	Open
Pipe p4	9.507	401.6	Open	Pipe p23	77.93	55.7	Open	Pipe p42	129.8	157.92	Open	Pipe p61	136.9	55.7	Open
Pipe p5	47.31	55.7	Open	Pipe p24	44.32	25.4	Open	Pipe p43	62.37	55.7	Open	Pipe p62	65.5	55.7	Open
Pipe p6	28.25	55.7	Open	Pipe p25	512.4	55.7	Open	Pipe p44	22.89	157.92	Open	Pipe p63	53.03	107.28	Open
Pipe p7	61.3	55.7	Open	Pipe p26	51.78	55.7	Open	Pipe p45	60.93	55.7	Open	Pipe p64	115.8	157.92	Open
Pipe p8	27	55.7	Open	Pipe p27	67.4	55.7	Open	Pipe p46	83.43	157.92	Open	Pipe p65	7.646	107.28	Open
Pipe p9	123	55.7	Open	Pipe p28	69.14	55.7	Open	Pipe p47	64.53	157.92	Open	Pipe p66	27.2	107.28	Open
Pipe p10	130.1	157.92	Open	Pipe p29	169.6	55.7	Open	Pipe p48	199.7	55.7	Open	Pipe p67	49.32	107.28	Open
Pipe p11	175.2	107.28	Open	Pipe p30	13.11	55.7	Open	Pipe p49	196.3	83.42	Open	Pipe p68	148.8	55.7	Open
Pipe p12	159.5	55.7	Open	Pipe p31	106.5	107.28	Open	Pipe p50	24.63	157.92	Open	Pipe p69	56.65	55.7	Open
Pipe p13	177.1	55.7	Open	Pipe p32	59.74	55.7	Open	Pipe p51	7.804	83.42	Open	Pipe p70	114.7	55.7	Open
Pipe p14	78.59	55.7	Open	Pipe p33	60.24	55.7	Open	Pipe p52	17.26	83.42	Open	Pipe p71	9.627	55.7	Open
Pipe p15	135.6	55.7	Open	Pipe p34	64.1	157.92	Open	Pipe p53	6.626	83.42	Open	Pipe p72	38.03	55.7	Open
Pipe p16	140.2	55.7	Open	Pipe p35	104.1	157.92	Open	Pipe p54	123.3	157.92	Open	Pipe p73	122.2	55.7	Open
Pipe p17	50.1	55.7	Open	Pipe p36	17.29	107.28	Open	Pipe p55	63.58	55.7	Open	Pipe p74	119.8	107.28	Open
Pipe p18	48.51	55.7	Open	Pipe p37	95.93	107.28	Open	Pipe p56	11.48	107.28	Open	Pipe p75	7.634	107.28	Open
Pipe p19	6.736	83.42	Open	Pipe p38	150.5	107.28	Open	Pipe p57	135.8	55.7	Open	Pipe p76	6.403	107.28	Open

Network Table - Links				Network Table - Links				Network Table - Links				Network Table - Links			
Link ID	Length	Diameter	Status	Link ID	Length	Diameter	Status	Link ID	Length	Diameter	Status	Link ID	Length	Diameter	Status
	m	mm			m	mm			m	mm			m	mm	
Pipe p77	13.11	83.42	Open	Pipe p96	159.5	55.7	Open	Pipe p115	9.977	55.7	Open	Pipe p134	63.35	55.7	Open
Pipe p78	18.18	55.7	Open	Pipe p97	240.9	55.7	Open	Pipe p116	65.09	55.7	Open	Pipe p135	66.77	55.7	Open
Pipe p79	103.6	83.42	Open	Pipe p98	149.3	55.7	Open	Pipe p117	75.45	55.7	Open	Pipe p136	74.43	55.7	Open
Pipe p80	105.2	55.7	Open	Pipe p99	577	55.7	Open	Pipe p118	67.48	157.92	Open	Pipe p137	79.34	55.7	Open
Pipe p81	232	55.7	Open	Pipe p100	66.17	55.7	Open	Pipe p119	65.54	157.92	Open	Pipe p138	64.59	55.7	Open
Pipe p82	22.74	55.7	Open	Pipe p101	64.55	55.7	Open	Pipe p120	155.4	55.7	Open	Pipe p139	87.92	55.7	Open
Pipe p83	128	55.7	Open	Pipe p102	66.99	55.7	Open	Pipe p121	85.07	55.7	Open	Pipe p140	63.73	55.7	Open
Pipe p84	22.84	55.7	Open	Pipe p103	64.68	55.7	Open	Pipe p122	142.9	55.7	Open	Pipe p141	63.79	55.7	Open
Pipe p85	12.61	55.7	Open	Pipe p104	67.61	107.28	Open	Pipe p123	131.6	55.7	Open	Pipe p142	91.56	55.7	Open
Pipe p86	237.4	55.7	Open	Pipe p105	62.49	55.7	Open	Pipe p124	154.7	55.7	Open	Pipe p143	75.82	55.7	Open
Pipe p87	141.2	55.7	Open	Pipe p106	53.36	107.28	Open	Pipe p125	149.3	55.7	Open	Pipe p144	11.92	55.7	Open
Pipe p88	82.51	55.7	Open	Pipe p107	136.7	55.7	Open	Pipe p126	149.8	55.7	Open	Pipe p145	58.27	55.7	Open
Pipe p89	39.67	55.7	Open	Pipe p108	70.91	107.28	Open	Pipe p127	142.9	55.7	Open	Pipe p146	68.35	55.7	Open
Pipe p90	17.53	55.7	Open	Pipe p109	6.625	55.7	Open	Pipe p128	74.8	55.7	Open	Pipe p147	53.08	55.7	Open
Pipe p91	217.72	55.7	Open	Pipe p110	51.3	55.7	Open	Pipe p129	70.5	55.7	Open	Pipe p148	80.26	55.7	Open
Pipe p92	172.3	55.7	Open	Pipe p111	10.17	55.7	Open	Pipe p130	67	55.7	Open	Pipe p149	15	55.7	Open
Pipe p93	47.26	55.7	Open	Pipe p112	59.81	107.28	Open	Pipe p131	57.69	55.7	Open	Pipe p150	13.92	55.7	Open
Pipe p94	26.98	55.7	Open	Pipe p113	17.09	107.28	Open	Pipe p132	71.21	55.7	Open	Pipe p151	53.28	55.7	Open
Pipe p95	40.1	107.28	Open	Pipe p114	40.5	55.7	Open	Pipe p133	80.98	55.7	Open	Pipe p152	73.97	83.42	Open

Network Table - Links				Network Table - Links				Network Table - Links				Network Table - Links			
Link ID	Length	Diameter	Status	Link ID	Length	Diameter	Status	Link ID	Length	Diameter	Status	Link ID	Length	Diameter	Status
	m	mm			m	mm			m	mm			m	mm	
Pipe p153	41.26	55.7	Open	Pipe p176	6.407	55.7	Open	Pipe p197	123.8	55.7	Open	Pipe p216	64.75	55.7	Open
Pipe p154	17.57	83.42	Open	Pipe p177	73.49	55.7	Open	Pipe p198	101	157.92	Open	Pipe p217	158.9	55.7	Open
Pipe p156	82.31	55.7	Open	Pipe p178	45.82	55.7	Open	Pipe p199	33.6	55.7	Open	Pipe p218	210.7	55.7	Open
Pipe p157	27.35	55.7	Open	Pipe p179	81.66	83.42	Open	Pipe p200	46	55.7	Open	Pipe p219	28.83	107.28	Open
Pipe p158	91.27	55.7	Open	Pipe p180	31.9	55.7	Open	Pipe p201	6.811	157.92	Open	Pipe p220	77.09	107.28	Open
Pipe p159	23.48	55.7	Open	Pipe p181	104.9	55.7	Open	Pipe p202	6.505	157.92	Open	Pipe p221	42.38	83.42	Open
Pipe p160	90.98	83.42	Open	Pipe p182	22.24	55.7	Open	Pipe p203	131.9	83.42	Open	Pipe p222	71.14	83.42	Open
Pipe p161	104.5	55.7	Open	Pipe p183	104.3	55.7	Open	Pipe p204	71.72	83.42	Open	Pipe p223	66.2	55.7	Open
Pipe p162	74.3	83.42	Open	Pipe p184	21.31	55.7	Open	Pipe p205	126	55.7	Open	Pipe p224	81.89	83.42	Open
Pipe p165	64.08	83.42	Open	Pipe p185	9.605	55.7	Open	Pipe p206	81.14	55.7	Open	Pipe p225	67.24	55.7	Open
Pipe p166	37.44	83.42	Open	Pipe p186	72.17	55.7	Open	Pipe p207	20.02	55.7	Open	Pipe p226	61.29	55.7	Open
Pipe p168	54.14	55.7	Open	Pipe p189	230.5	83.42	Open	Pipe p208	25.75	107.28	Open	Pipe p227	86.37	55.7	Open
Pipe p169	116.4	55.7	Open	Pipe p190	82.33	107.28	Open	Pipe p209	60.99	55.7	Open	Pipe p228	64.85	55.7	Open
Pipe p170	50.93	107.28	Open	Pipe p191	140.55	107.28	Open	Pipe p210	87.01	55.7	Open	Pipe p229	38.5	83.42	Open
Pipe p171	48.53	107.28	Open	Pipe p192	116.59	107.28	Open	Pipe p211	143.3	55.7	Open	Pipe p230	45.23	55.7	Open
Pipe p172	60.39	107.28	Open	Pipe p193	162.85	157.92	Open	Pipe p212	66.46	55.7	Open	Pipe p231	67.76	83.42	Open
Pipe p173	114.8	55.7	Open	Pipe p194	60.52	55.7	Open	Pipe p213	86.54	55.7	Open	Pipe p232	93.45	83.42	Open
Pipe p174	83.47	83.42	Open	Pipe p195	167	83.42	Open	Pipe p214	144.3	55.7	Open	Pipe p233	79.51	55.7	Open
Pipe p175	68.57	83.42	Open	Pipe p196	25.1	55.7	Open	Pipe p215	58.39	55.7	Open	Pipe p234	62.11	55.7	Open

Network Table - Links				Network Table - Links				Network Table - Links				Network Table - Links			
Link ID	Length	Diameter	Status	Link ID	Length	Diameter	Status	Link ID	Length	Diameter	Status	Link ID	Length	Diameter	Status
	m	mm			m	mm			m	mm			m	mm	
Pipe p235	28.17	55.7	Open	Pipe p255	133.12	55.7	Open	Pipe p279	381.83	256.23	Open	Pipe p307	246.5	107.28	Open
Pipe p236	108	55.7	Open	Pipe p257	121	55.7	Open	Pipe p280	33.18	55.7	Open	Pipe p308	155	55.7	Open
Pipe p237	16.2	55.7	Open	Pipe p258	164.8	55.7	Open	Pipe p281	261.4	256.23	Open	Pipe p309	49.66	55.7	Open
Pipe p238	36.43	55.7	Open	Pipe p259	95.87	55.7	Open	Pipe p283	415.5	256.23	Open	Pipe p310	45.61	55.7	Open
Pipe p239	257.79	55.7	Open	Pipe p260	184.2	55.7	Open	Pipe p284	316.4	55.7	Open	Pipe p311	188.3	107.28	Open
Pipe p240	146.79	55.7	Open	Pipe p261	198.87	55.7	Open	Pipe p285	1.875	55.7	Open	Pipe p312	165.6	55.7	Open
Pipe p241	69.63	55.7	Open	Pipe p262	118	55.7	Open	Pipe p286	126.9	55.7	Open	Pipe p313	152.8	83.42	Open
Pipe p242	68.1	55.7	Open	Pipe p264	85.39	55.7	Open	Pipe p287	41.51	55.7	Open	Pipe p315	170.9	55.7	Open
Pipe p243	36.95	55.7	Open	Pipe p265	11.67	55.7	Open	Pipe p288	279.05	55.7	Open	Pipe p316	99.11	55.7	Open
Pipe p244	197.6	55.7	Open	Pipe p267	43.72	55.7	Open	Pipe p290	43.55	55.7	Open	Pipe p317	65.4	55.7	Open
Pipe p245	263.7	55.7	Open	Pipe p268	62.19	55.7	Open	Pipe p293	51.63	55.7	Open	Pipe p324	68.59	55.7	Open
Pipe p246	264.8	55.7	Open	Pipe p270	55.08	55.7	Open	Pipe p294	8.725	55.7	Open	Pipe p325	34.55	55.7	Open
Pipe p247	129.66	55.7	Open	Pipe p271	113.4	55.7	Open	Pipe p298	108.11	55.7	Open	Pipe p326	114.7	55.7	Open
Pipe p248	134.1	55.7	Open	Pipe p272	239.79	55.7	Open	Pipe p300	110.45	55.7	Open	Pipe p327	79.5	83.42	Open
Pipe p249	75.49	55.7	Open	Pipe p273	23.76	55.7	Open	Pipe p301	46.31	55.7	Open	Pipe p328	121.7	83.42	Open
Pipe p250	68.99	55.7	Open	Pipe p274	230.95	55.7	Open	Pipe p302	142.4	55.7	Open	Pipe p329	70.29	55.7	Open
Pipe p251	127.54	55.7	Open	Pipe p275	330.03	256.23	Open	Pipe p303	184.01	55.7	Open	Pipe p330	70.73	55.7	Open
Pipe p252	177.74	55.7	Open	Pipe p276	77.96	256.23	Open	Pipe p305	152.4	55.7	Open	Pipe p331	180.57	55.7	Open
Pipe p254	75.61	55.7	Open	Pipe p277	65.87	256.23	Open	Pipe p306	161.4	55.7	Open	Pipe p332	130.2	107.28	Open

Network Table - Links				Network Table - Links				Network Table - Links				Network Table - Links			
Link ID	Length	Diameter	Status	Link ID	Length	Diameter	Status	Link ID	Length	Diameter	Status	Link ID	Length	Diameter	Status
	m	mm			m	mm			m	mm			m	mm	
Pipe p333	85.13	55.7	Open	Pipe p352	115.54	55.7	Open	Pipe p372	131.18	55.7	Open	Pipe p393	22.19	256.23	Open
Pipe p334	70.02	55.7	Open	Pipe p353	44.73	55.7	Open	Pipe p373	129.91	55.7	Open	Pipe p394	828.2	256.23	Open
Pipe p335	41.76	55.7	Open	Pipe p354	109.1	55.7	Open	Pipe p374	153.9	55.7	Open	Pipe p395	142.08	256.23	Open
Pipe p336	65.4	55.7	Open	Pipe p355	68.59	55.7	Open	Pipe p375	195.5	55.7	Open	Pipe p396	565.4	256.23	Open
Pipe p337	182.6	55.7	Open	Pipe p356	56.93	55.7	Open	Pipe p376	187.5	55.7	Open	Pipe p397	86.77	55.7	Open
Pipe p338	68.48	55.7	Open	Pipe p357	65.95	55.7	Open	Pipe p378	235	55.7	Open	Pipe p398	7.34	55.7	Open
Pipe p339	41.82	55.7	Open	Pipe p358	104.94	55.7	Open	Pipe p379	248.8	55.7	Open	Pipe p399	10.4	55.7	Open
Pipe p340	113	55.7	Open	Pipe p359	26.73	55.7	Open	Pipe p380	378.99	55.7	Open	Pipe p400	12.87	107.28	Open
Pipe p341	70.35	55.7	Open	Pipe p360	76.51	55.7	Open	Pipe p381	147.16	55.7	Open	Pipe p401	2.376	107.28	Open
Pipe p342	26.32	55.7	Open	Pipe p361	132.5	55.7	Open	Pipe p382	244.2	55.7	Open	Pipe p402	66.22	107.28	Open
Pipe p343	42.11	55.7	Open	Pipe p362	73.64	55.7	Open	Pipe p383	109.5	55.7	Open	Pipe 1	11.49	256.23	Open
Pipe p344	60.66	55.7	Open	Pipe p363	140.46	55.7	Open	Pipe p384	121.3	55.7	Open	Pipe 2	4.09	83.42	Open
Pipe p345	119.5	83.42	Open	Pipe p364	87.39	55.7	Open	Pipe p385	85.1	55.7	Open	Pipe 3	3.33	55.7	Open
Pipe p346	1.092	83.42	Open	Pipe p365	816.1	55.7	Open	Pipe p386	269.1	55.7	Open	Pipe 4	10.82	55.7	Open
Pipe p347	129.5	55.7	Open	Pipe p366	79.15	55.7	Open	Pipe p387	173.5	55.7	Open	Pipe 5	65.56	107.28	Open
Pipe p348	67.87	55.7	Open	Pipe p367	78.06	55.7	Open	Pipe p388	146.83	55.7	Open	Pipe 6	4.03	107.28	Open
Pipe p349	146.3	55.7	Open	Pipe p369	464.2	55.7	Open	Pipe p389	164.5	55.7	Open	Pipe 7	14.11	107.28	Open
Pipe p350	114.8	83.42	Open	Pipe p370	151.7	55.7	Open	Pipe p391	414.79	256.23	Open	Pipe 8	44.72	55.7	Open
Pipe p351	64.53	55.7	Open	Pipe p371	143.4	55.7	Open	Pipe p392	863	256.23	Open	Pipe 11	17.91	256.23	Open

Network Table - Links				Network Table - Links				Network Table - Links				Network Table - Links			
Link ID	Length	Diameter	Status	Link ID	Length	Diameter	Status	Link ID	Length	Diameter	Status	Link ID	Length	Diameter	Status
	m	mm			m	mm			m	mm			m	mm	
Pipe 12	2.81	55.7	Open	Pipe 32	150.87	55.7	Open	Pipe 52	95.67	55.7	Open	Pipe 70	129.87	55.7	Open
Pipe 13	2.68	83.42	Open	Pipe 33	44.54	55.7	Open	Pipe 53	54.48	86.42	Open	Pipe 71	50.36	55.7	Open
Pipe 14	25.18	55.7	Open	Pipe 34	58.95	55.7	Open	Pipe 54	30.8	86.42	Open	Pipe 72	25.35	55.7	Open
Pipe 15	18.26	55.7	Open	Pipe 35	77.79	55.7	Open	Pipe 55	78.62	55.7	Open	Pipe 73	47.38	107.28	Open
Pipe 16	57.82	55.7	Open	Pipe 36	64.6	55.7	Open	Pipe 56	6.54	55.7	Open	Pipe 74	20.11	55.7	Open
Pipe 18	134.16	55.7	Open	Pipe 37	165.6	55.7	Open	Pipe 57	146.91	55.7	Open	Pipe 75	38.85	83.42	Open
Pipe 19	51.04	55.7	Open	Pipe 39	43.27	55.7	Open	Pipe 58	121.86	55.7	Open	Pipe 76	33.08	83.42	Open
Pipe 20	51.04	55.7	Open	Pipe 40	51.97	55.7	Open	Pipe 59	17.24	55.7	Open	Pipe 77	61.63	55.7	Open
Pipe 21	113.66	55.7	Open	Pipe 41	33.34	55.7	Open	Pipe 60	18.84	55.7	Open	Pipe 78	61.3	55.7	Open
Pipe 22	28.78	55.7	Open	Pipe 42	30.52	55.7	Open	Pipe 61	10.99	55.7	Open	Pipe 79	51.89	55.7	Open
Pipe 23	74.8	55.7	Open	Pipe 43	12.63	55.7	Open	Pipe 62	75.09	55.7	Open	Pipe 80	27.09	55.7	Open
Pipe 24	1.27	55.7	Open	Pipe 44	62.36	55.7	Open	Pipe 63	86.71	55.7	Open	Pipe 81	66.04	55.7	Open
Pipe 25	326.4	55.7	Open	Pipe 45	42.86	55.7	Open	Pipe p188	377.18	55.7	Open	Pipe 82	60.78	55.7	Open
Pipe 26	418.47	55.7	Open	Pipe 46	1000	55.7	Open	Pipe 65	75.65	55.7	Open	Pipe 83	28.53	55.7	Open
Pipe 27	31.81	55.7	Open	Pipe 47	75.27	107.28	Open	Pipe 66	151.56	55.7	Open	Pipe 84	57.95	55.7	Open
Pipe 28	76.52	55.7	Open	Pipe 48	34.23	55.7	Open	Pipe p291	291.04	55.7	Open	Pipe 85	60.33	55.7	Open
Pipe 29	77.37	55.7	Open	Pipe 49	9.98	55.7	Open	Pipe 67	46.55	55.7	Open	Pipe 86	70.75	55.7	Open
Pipe 30	28.31	55.7	Open	Pipe 50	89.89	86.42	Open	Pipe 68	1.98	55.7	Open	Pipe 87	49.33	55.7	Open
Pipe 31	72.28	55.7	Open	Pipe 51	63.71	55.7	Open	Pipe 69	53.53	55.7	Open	Pipe 88	74.09	55.7	Open

Network Table - Links				Network Table - Links			
Link ID	Length	Diameter	Status	Link ID	Length	Diameter	Status
	m	mm			m	mm	
Pipe 89	4.61	55.7	Open	Pipe 108	991.49	256.23	Open
Pipe 90	2.86	55.7	Open	Pipe 109	346.82	256.23	Open
Pipe 91	78.01	55.7	Open	Pipe 110	23.33	256.23	Open
Pipe 92	48.37	55.7	Open	Pipe 111	24.08	157.22	Open
Pipe 93	157.37	55.7	Open	Pipe 112	15.88	55.7	Open
Pipe 94	7.45	55.7	Open	Pipe 113	13.34	107.28	Open
Pipe 95	74.2	55.7	Open	Pipe 114	17.93	83.42	Open
Pipe 96	68.04	55.7	Open	Pipe 115	9.33	55.7	Open
Pipe 97	62.29	55.7	Open	Pipe 116	14.84	256.23	Open
Pipe 98	210.75	55.7	Open	Pipe 117	94.19	55.7	Open
Pipe 99	83.75	55.7	Open	Pipe 118	12.74	256.23	Open
Pipe 100	94.9	55.7	Open	Pipe 119	14.31	55.7	Open
Pipe 101	4.51	55.7	Open	Pipe 120	3.57	256.23	Open
Pipe 102	24.55	55.7	Open	Pipe 121	3.53	55.7	Open
Pipe 103	21.71	55.7	Open	Pipe 122	10.83	55.7	Open
Pipe 104	42.53	83.42	Open	Pipe 123	1.27	256.23	Open
Pipe 105	36.81	55.7	Open	Pipe 124	1.15	55.7	Open
Pipe 106	10.91	55.7	Open	Pipe 125	1.49	256.23	Open
Pipe 107	9.84	256.23	Open	Pipe 126	1.12	55.7	Open

*Anexo 6 Parámetros de la red de Distribución*

Network Table - Nodes													
Node ID	Pressure												
	m.c.a												
Junc n1	24.97	Junc n20	18.84	Junc n39	23.04	Junc n58	28.32	Junc n77	17.31	Junc n96	21.82	Junc n115	22.22
Junc n2	23.68	Junc n21	35.63	Junc n40	23.57	Junc n59	24.74	Junc n78	19.53	Junc n97	25.62	Junc n116	20.06
Junc n3	23.95	Junc n22	38.21	Junc n41	23.14	Junc n60	31.91	Junc n79	21.53	Junc n98	29.45	Junc n117	23.08
Junc n4	24.06	Junc n23	22.92	Junc n42	21.97	Junc n61	31.43	Junc n80	20.87	Junc n99	25.85	Junc n118	20.08
Junc n5	17.99	Junc n24	21.16	Junc n43	22.52	Junc n62	30.44	Junc n81	26.33	Junc n100	26.61	Junc n119	23.27
Junc n6	22.5	Junc n25	22.04	Junc n44	19.4	Junc n63	30.66	Junc n82	22.59	Junc n101	24.61	Junc n120	20.9
Junc n7	22.62	Junc n26	21.62	Junc n45	26.23	Junc n64	35.35	Junc n83	24.06	Junc n102	22.18	Junc n121	20.63
Junc n8	22.58	Junc n27	20.43	Junc n46	23.18	Junc n65	35.71	Junc n84	24.54	Junc n103	26.57	Junc n122	20.44
Junc n9	34.69	Junc n28	21.1	Junc n47	20.24	Junc n66	35.15	Junc n85	24.76	Junc n104	22.18	Junc n123	20.64
Junc n10	34.44	Junc n29	18.41	Junc n48	25.24	Junc n67	34.96	Junc n86	25	Junc n105	22.19	Junc n124	22.96
Junc n11	28.98	Junc n30	21.35	Junc n49	21.69	Junc n68	31.11	Junc n87	23.07	Junc n106	21.37	Junc n125	24.01
Junc n12	29.43	Junc n31	21.54	Junc n50	21.69	Junc n69	30.51	Junc n88	23.12	Junc n107	23.61	Junc n126	21.97
Junc n13	28.82	Junc n32	24.39	Junc n51	21.69	Junc n70	33.93	Junc n89	24	Junc n108	19.72	Junc n127	23.5
Junc n14	29.56	Junc n33	24.83	Junc n52	28.28	Junc n71	31.65	Junc n90	22.52	Junc n109	25.32	Junc n128	20.53
Junc n15	28.31	Junc n34	21.55	Junc n53	22.96	Junc n72	18.83	Junc n91	24.95	Junc n110	23.44	Junc n129	20.18
Junc n16	31.53	Junc n35	20.89	Junc n54	22.96	Junc n73	25.04	Junc n92	24.26	Junc n111	17.32	Junc n130	24.57
Junc n17	19.09	Junc n36	20.85	Junc n55	22.96	Junc n74	25.96	Junc n93	21.86	Junc n112	25.03	Junc n131	24.17
Junc n18	20.79	Junc n37	20.51	Junc n56	31.23	Junc n75	21.68	Junc n94	22.41	Junc n113	28.95	Junc n132	30.71
Junc n19	21.3	Junc n38	23.54	Junc n57	28.92	Junc n76	20.97	Junc n95	23.44	Junc n114	17.89	Junc n133	27.43

Network Table - Nodes		Network Table - Nodes		Network Table - Nodes		Network Table - Nodes		Network Table - Nodes		Network Table - Nodes		Network Table - Nodes	
Node ID	Pressure												
	m.c.a												
Junc n134	17.83	Junc n153	16.97	Junc n172	20.32	Junc n192	21.41	Junc n212	21.01	Junc n231	21.69	Junc n251	21.86
Junc n135	16.75	Junc n154	20.17	Junc n173	20.66	Junc n193	22.16	Junc n213	27.19	Junc n232	21.56	Junc n252	22.55
Junc n136	19.68	Junc n155	20.09	Junc n174	19.95	Junc n194	20.21	Junc n214	26.7	Junc n233	20.94	Junc n253	24.19
Junc n137	27.47	Junc n156	20.11	Junc n175	19.9	Junc n195	19.67	Junc n215	23.82	Junc n234	20.27	Junc n254	22.18
Junc n138	24.55	Junc n157	20.18	Junc n176	19.54	Junc n196	19.06	Junc n216	23.43	Junc n235	10.89	Junc n255	21.88
Junc n139	19.13	Junc n158	20.56	Junc n177	19.28	Junc n197	18.03	Junc n217	27.07	Junc n236	22.26	Junc n256	24.33
Junc n140	19.58	Junc n159	18.76	Junc n179	16.98	Junc n198	21.47	Junc n218	22.95	Junc n237	21.14	Junc n257	25.21
Junc n141	19.01	Junc n160	19.09	Junc n180	22.5	Junc n200	19.21	Junc n219	25.16	Junc n238	21.09	Junc n258	18.83
Junc n142	20.68	Junc n161	18.69	Junc n181	18.9	Junc n201	19.55	Junc n220	29.87	Junc n239	15.26	Junc n259	27.81
Junc n143	17.65	Junc n162	19.02	Junc n182	16.91	Junc n202	22.34	Junc n221	25.99	Junc n240	10.62	Junc n260	28.98
Junc n144	20.66	Junc n163	19.53	Junc n183	20.86	Junc n203	19.93	Junc n222	24.92	Junc n241	16.67	Junc n261	28.98
Junc n145	24.22	Junc n164	21.64	Junc n184	17.58	Junc n204	23.91	Junc n223	24.52	Junc n242	20.18	Junc n262	29.95
Junc n146	16.74	Junc n165	18.61	Junc n185	20.39	Junc n205	22.17	Junc n224	20.15	Junc n243	13.25	Junc n263	29.81
Junc n147	15.27	Junc n166	20.26	Junc n186	18.87	Junc n206	22.11	Junc n225	20.71	Junc n244	22.99	Junc n265	25.03
Junc n148	17.99	Junc n167	21.35	Junc n187	21.38	Junc n207	22.09	Junc n226	24.6	Junc n245	21.15	Junc n266	20.75
Junc n149	24.39	Junc n168	18.39	Junc n188	21.65	Junc n208	21.33	Junc n227	20.64	Junc n247	20.43	Junc n267	26.8
Junc n150	20.95	Junc n169	18.81	Junc n189	18.73	Junc n209	22.6	Junc n228	23.35	Junc n248	22.91	Junc n268	23.81
Junc n151	23.23	Junc n170	18.62	Junc n190	17.97	Junc n210	21.38	Junc n229	22	Junc n249	22.61	Junc n269	24.85
Junc n152	21.22	Junc n171	20.63	Junc n191	19.29	Junc n211	20.97	Junc n230	22.64	Junc n250	23.16	Junc n270	25.13

Network Table - Nodes		Network Table - Nodes		Network Table - Nodes		Network Table - Nodes		Network Table - Nodes		Network Table - Nodes		Network Table - Nodes	
Node ID	Pressure												
	m.c.a												
Junc n271	26.45	Junc n290	18.96	Junc n310	24.48	Junc n329	21.96	Junc n349	26.04	Junc n368	20.21	Junc n387	23.72
Junc n272	24.53	Junc n291	21.93	Junc n311	24.75	Junc n330	18.9	Junc n350	36.64	Junc n369	18.64	Junc n388	18.49
Junc n273	23.19	Junc n292	36.22	Junc n312	19.5	Junc n331	20.94	Junc n351	33.62	Junc n370	18.86	Junc n389	18.85
Junc n274	22.08	Junc n293	19.81	Junc n313	19.24	Junc n332	25.18	Junc n352	35.19	Junc n371	29.33	Junc n390	23.79
Junc n275	29.02	Junc n294	27.5	Junc n314	22.9	Junc n333	20.81	Junc n353	26.18	Junc n372	16.81	Junc n391	14.66
Junc n276	25.43	Junc n295	25.43	Junc n315	21.58	Junc n334	19.88	Junc n354	32.92	Junc n373	18.37	Junc n392	23.96
Junc n277	20.77	Junc n297	21.28	Junc n316	21.56	Junc n335	18.81	Junc n355	25.97	Junc n374	19.46	Junc n393	18.69
Junc n278	25.16	Junc n298	19.78	Junc n317	19.79	Junc n336	20.03	Junc n356	25.9	Junc n375	19.74	Junc n394	14.81
Junc n279	28.86	Junc n299	29.21	Junc n318	20.11	Junc n337	20.13	Junc n357	22.85	Junc n376	18.56	Junc n395	21.77
Junc n280	30.01	Junc n300	21.42	Junc n319	19.3	Junc n338	19.99	Junc n358	24.89	Junc n377	20.32	Junc n396	21.64
Junc n281	32.23	Junc n301	23.6	Junc n320	20.72	Junc n340	32.56	Junc n359	34.44	Junc n378	20.08	Junc n397	17.36
Junc n282	38.51	Junc n302	22.27	Junc n321	25.12	Junc n341	32.58	Junc n360	30.51	Junc n379	19.06	Junc n398	21.96
Junc n283	36.88	Junc n303	17.67	Junc n322	21.63	Junc n342	33.02	Junc n361	28.82	Junc n380	20.52	Junc n399	19.86
Junc n284	34.27	Junc n304	16.02	Junc n323	21.27	Junc n343	31.97	Junc n362	17.13	Junc n381	20.05	Junc n400	22.29
Junc n285	32.47	Junc n305	22.29	Junc n324	21.03	Junc n344	32.29	Junc n363	19.94	Junc n382	20.53	Junc n401	19.76
Junc n286	23.67	Junc n306	21.53	Junc n325	23.56	Junc n345	34.46	Junc n364	17.8	Junc n383	20.95	Junc n402	22.15
Junc n287	27.69	Junc n307	22.5	Junc n326	20.48	Junc n346	36.52	Junc n365	19.28	Junc n384	19.73	Junc n403	21.08
Junc n288	28.24	Junc n308	17.82	Junc n327	23.27	Junc n347	32.21	Junc n366	25.82	Junc n385	21.23	Junc n404	18.54
Junc n289	18.41	Junc n309	24.39	Junc n328	18.71	Junc n348	33.78	Junc n367	21.92	Junc n386	19.76	Junc n405	13.46

Network Table - Nodes		Network Table - Nodes	
Node ID	Pressure	Node ID	Pressure
	m.c.a		m.c.a
Junc n406	21.49	Junc n425	22.34
Junc n407	25.31	Junc n426	21.74
Junc n408	22.81	Junc n427	24.92
Junc n409	24.72	Junc n428	22.64
Junc n410	22.64	Junc n429	24.3
Junc n411	16.77	Junc n430	22.12
Junc n412	19.73	Junc n431	22.12
Junc n413	24.17	Junc n432	36.19
Junc n414	22.29	Junc n433	32.93
Junc n415	18.06	Junc n434	28.37
Junc n416	19.49	Junc n435	31.14
Junc n417	23.89	Junc n436	30.09
Junc n418	21.49	Junc n437	24
Junc n419	18.96	Junc n438	23.73
Junc n420	23.05	Junc n439	21.48
Junc n421	17.32	Junc n441	25.65
Junc n422	20.7	Junc n442	19.49
Junc n423	16.61	Junc n443	23.03
Junc n424	19.63		

*Anexo 7 Presiones de la red de Distribución*

Network Table - Links														
Link ID	Velocity	Status												
	m/s			m/s			m/s			m/s			m/s	
Pipe p1	0.02	Open	Pipe p20	0.01	Open	Pipe p39	0.04	Open	Pipe p58	0.14	Open	Pipe p77	0.01	Open
Pipe p2	0.01	Open	Pipe p21	0	Open	Pipe p40	0.02	Open	Pipe p59	0.09	Open	Pipe p78	0	Open
Pipe p3	0.06	Open	Pipe p22	0.05	Open	Pipe p41	0.08	Open	Pipe p60	0.48	Open	Pipe p79	0.01	Open
Pipe p4	0	Open	Pipe p23	0	Open	Pipe p42	0.09	Open	Pipe p61	0.29	Open	Pipe p80	0.01	Open
Pipe p5	0.01	Open	Pipe p24	0	Open	Pipe p43	0	Open	Pipe p62	0.75	Open	Pipe p81	0.02	Open
Pipe p6	0	Open	Pipe p25	0.01	Open	Pipe p44	0.09	Open	Pipe p63	0	Open	Pipe p82	0.01	Open
Pipe p7	0	Open	Pipe p26	0.01	Open	Pipe p45	0.29	Open	Pipe p64	0.01	Open	Pipe p83	0.01	Open
Pipe p8	0.01	Open	Pipe p27	0	Open	Pipe p46	0.09	Open	Pipe p65	0.04	Open	Pipe p84	0	Open
Pipe p9	0	Open	Pipe p28	0.01	Open	Pipe p47	0.2	Open	Pipe p66	0	Open	Pipe p85	0.02	Open
Pipe p10	0	Open	Pipe p29	0	Open	Pipe p48	0.04	Open	Pipe p67	0.04	Open	Pipe p86	0	Open
Pipe p11	0.01	Open	Pipe p30	0	Open	Pipe p49	0.02	Open	Pipe p68	0.16	Open	Pipe p87	0.01	Open
Pipe p12	0.01	Open	Pipe p31	0.19	Open	Pipe p50	0.2	Open	Pipe p69	0.16	Open	Pipe p88	0.01	Open
Pipe p13	0.01	Open	Pipe p32	0.11	Open	Pipe p51	0.28	Open	Pipe p70	0	Open	Pipe p89	0	Open
Pipe p14	0.03	Open	Pipe p33	0.1	Open	Pipe p52	0.05	Open	Pipe p71	0.64	Open	Pipe p90	0	Open
Pipe p15	0	Open	Pipe p34	0	Open	Pipe p53	0.03	Open	Pipe p72	0	Open	Pipe p91	0.26	Open
Pipe p16	0	Open	Pipe p35	0	Open	Pipe p54	0.13	Open	Pipe p73	0.03	Open	Pipe p92	0.26	Open
Pipe p17	0.05	Open	Pipe p36	0.19	Open	Pipe p55	0.02	Open	Pipe p74	0.19	Open	Pipe p93	0	Open
Pipe p18	0.05	Open	Pipe p37	0	Open	Pipe p56	0.08	Open	Pipe p75	0.18	Open	Pipe p94	0	Open
Pipe p19	0.04	Open	Pipe p38	0.16	Open	Pipe p57	0.18	Open	Pipe p76	0.18	Open	Pipe p95	0.17	Open

Network Table - Links			Network Table - Links			Network Table - Links			Network Table - Links			Network Table - Links		
Link ID	Velocity	Status												
	m/s			m/s			m/s			m/s			m/s	
Pipe p96	0	Open	Pipe p115	0.12	Open	Pipe p134	0.04	Open	Pipe p153	0	Open	Pipe p176	0.03	Open
Pipe p97	0	Open	Pipe p116	0.2	Open	Pipe p135	0.01	Open	Pipe p154	0	Open	Pipe p177	0.03	Open
Pipe p98	0	Open	Pipe p117	0.29	Open	Pipe p136	0.04	Open	Pipe p156	0	Open	Pipe p178	0	Open
Pipe p99	0	Open	Pipe p118	0.01	Open	Pipe p137	0.03	Open	Pipe p157	0	Open	Pipe p179	0	Open
Pipe p100	0.64	Open	Pipe p119	0.01	Open	Pipe p138	0	Open	Pipe p158	0.28	Open	Pipe p180	0	Open
Pipe p101	0.35	Open	Pipe p120	0.19	Open	Pipe p139	0.04	Open	Pipe p159	0.15	Open	Pipe p181	0	Open
Pipe p102	0.4	Open	Pipe p121	0.09	Open	Pipe p140	0	Open	Pipe p160	0	Open	Pipe p182	0	Open
Pipe p103	0.01	Open	Pipe p122	0	Open	Pipe p141	0	Open	Pipe p161	0.07	Open	Pipe p183	0	Open
Pipe p104	0.09	Open	Pipe p123	0.64	Open	Pipe p142	0.03	Open	Pipe p162	0	Open	Pipe p184	0	Open
Pipe p105	0	Open	Pipe p124	0.25	Open	Pipe p143	0.03	Open	Pipe p165	0.06	Open	Pipe p185	0.01	Open
Pipe p106	0.02	Open	Pipe p125	0	Open	Pipe p144	0.06	Open	Pipe p166	0.06	Open	Pipe p186	0	Open
Pipe p107	0.08	Open	Pipe p126	0	Open	Pipe p145	0.06	Open	Pipe p168	0	Open	Pipe p189	0	Open
Pipe p108	0.09	Open	Pipe p127	0	Open	Pipe p146	0	Open	Pipe p169	0	Open	Pipe p190	0.06	Open
Pipe p109	0.31	Open	Pipe p128	0.11	Open	Pipe p147	0	Open	Pipe p170	0.04	Open	Pipe p191	0.06	Open
Pipe p110	0.11	Open	Pipe p129	0.25	Open	Pipe p148	0	Open	Pipe p171	0.04	Open	Pipe p192	0.07	Open
Pipe p111	0.11	Open	Pipe p130	0	Open	Pipe p149	0	Open	Pipe p172	0.04	Open	Pipe p193	0.04	Open
Pipe p112	0.09	Open	Pipe p131	0.08	Open	Pipe p150	0	Open	Pipe p173	0	Open	Pipe p194	0.06	Open
Pipe p113	0.09	Open	Pipe p132	0.05	Open	Pipe p151	0	Open	Pipe p174	0.07	Open	Pipe p195	0.23	Open
Pipe p114	0.13	Open	Pipe p133	0.04	Open	Pipe p152	0	Open	Pipe p175	0.04	Open	Pipe p196	0.2	Open

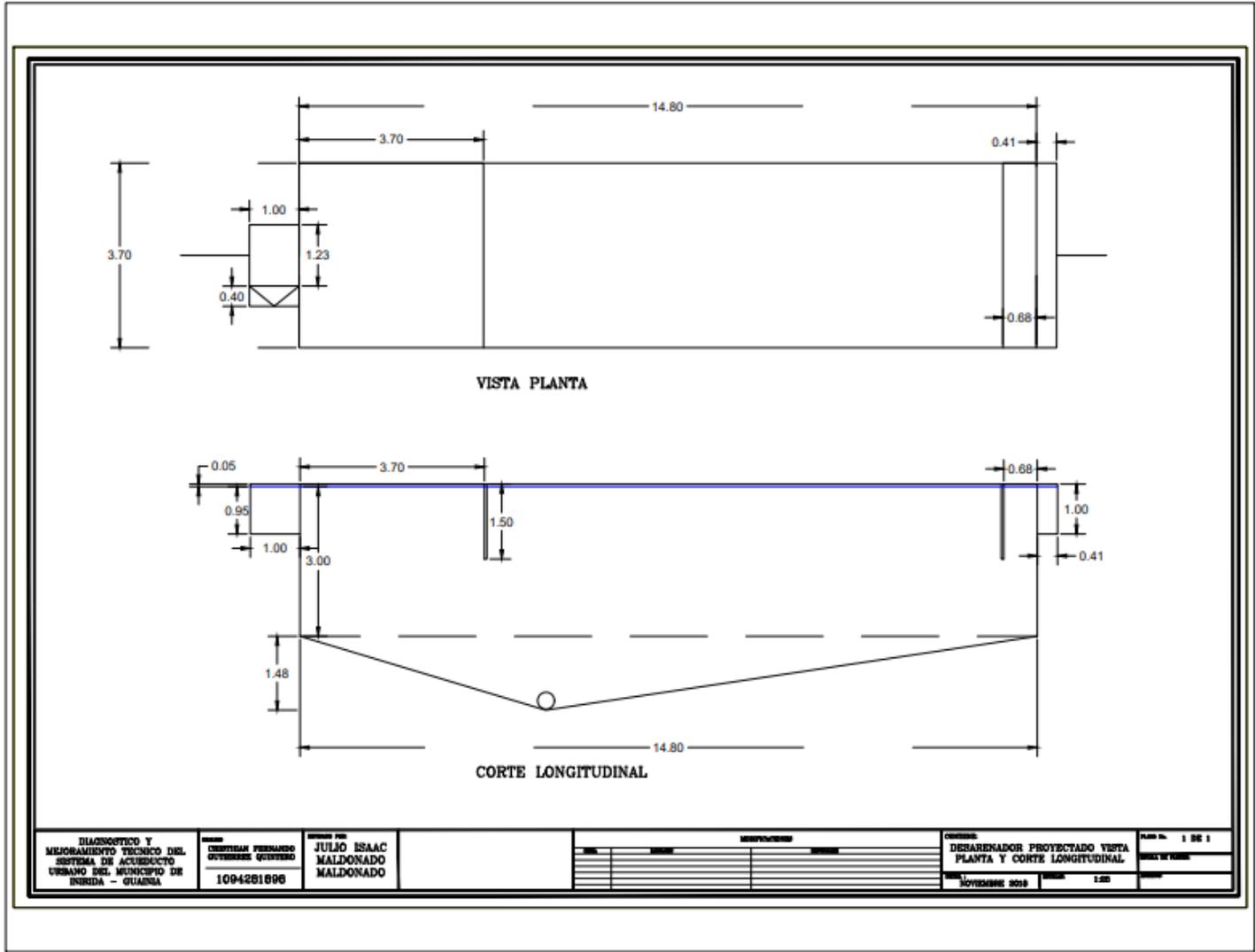
Network Table - Links			Network Table - Links			Network Table - Links			Network Table - Links			Network Table - Links		
Link ID	Velocity	Status												
	m/s			m/s			m/s			m/s			m/s	
Pipe p197	0.26	Open	Pipe p216	0.35	Open	Pipe p235	0.11	Open	Pipe p255	0	Open	Pipe p279	3.38	Open
Pipe p198	0.07	Open	Pipe p217	0.28	Open	Pipe p236	0	Open	Pipe p257	0	Open	Pipe p280	0	Open
Pipe p199	0	Open	Pipe p218	0	Open	Pipe p237	0	Open	Pipe p258	0	Open	Pipe p281	1.91	Open
Pipe p200	0.26	Open	Pipe p219	0.08	Open	Pipe p238	0	Open	Pipe p259	0	Open	Pipe p283	0.83	Open
Pipe p201	0.04	Open	Pipe p220	0.07	Open	Pipe p239	0	Open	Pipe p260	0	Open	Pipe p284	0	Open
Pipe p202	0.04	Open	Pipe p221	0.07	Open	Pipe p240	0	Open	Pipe p261	0.02	Open	Pipe p285	0.26	Open
Pipe p203	0.27	Open	Pipe p222	0.05	Open	Pipe p241	0	Open	Pipe p262	0	Open	Pipe p286	0.01	Open
Pipe p204	0.22	Open	Pipe p223	0.15	Open	Pipe p242	0	Open	Pipe p264	0	Open	Pipe p287	0	Open
Pipe p205	0	Open	Pipe p224	0.14	Open	Pipe p243	0	Open	Pipe p265	0	Open	Pipe p288	0	Open
Pipe p206	0.13	Open	Pipe p225	0	Open	Pipe p244	0	Open	Pipe p267	0	Open	Pipe p290	0	Open
Pipe p207	0.28	Open	Pipe p226	0.02	Open	Pipe p245	0	Open	Pipe p268	0	Open	Pipe p293	0	Open
Pipe p208	0.08	Open	Pipe p227	0.06	Open	Pipe p246	0	Open	Pipe p270	0	Open	Pipe p294	0	Open
Pipe p209	0	Open	Pipe p228	0	Open	Pipe p247	0	Open	Pipe p271	0.02	Open	Pipe p298	0	Open
Pipe p210	0	Open	Pipe p229	0	Open	Pipe p248	0.01	Open	Pipe p272	0.03	Open	Pipe p300	0	Open
Pipe p211	0	Open	Pipe p230	0.12	Open	Pipe p249	0	Open	Pipe p273	0.02	Open	Pipe p301	0	Open
Pipe p212	0	Open	Pipe p231	0	Open	Pipe p250	0	Open	Pipe p274	0.29	Open	Pipe p302	0	Open
Pipe p213	0	Open	Pipe p232	0.05	Open	Pipe p251	0	Open	Pipe p275	1.45	Open	Pipe p303	0.26	Open
Pipe p214	0.04	Open	Pipe p233	0.04	Open	Pipe p252	0	Open	Pipe p276	1.45	Open	Pipe p305	0.06	Open
Pipe p215	0.36	Open	Pipe p234	0	Open	Pipe p254	0	Open	Pipe p277	1.45	Open	Pipe p306	0.05	Open

Network Table - Links			Network Table - Links			Network Table - Links			Network Table - Links			Network Table - Links		
Link ID	Velocity	Status												
	m/s			m/s			m/s			m/s			m/s	
Pipe p307	0	Open	Pipe p333	0.03	Open	Pipe p352	0	Open	Pipe p372	0	Open	Pipe p393	2.14	Open
Pipe p308	0	Open	Pipe p334	0	Open	Pipe p353	0	Open	Pipe p373	0	Open	Pipe p394	0.61	Open
Pipe p309	0	Open	Pipe p335	0.04	Open	Pipe p354	0	Open	Pipe p374	0	Open	Pipe p395	0	Open
Pipe p310	0.02	Open	Pipe p336	0.03	Open	Pipe p355	0	Open	Pipe p375	0	Open	Pipe p396	0	Open
Pipe p311	0	Open	Pipe p337	0.05	Open	Pipe p356	0	Open	Pipe p376	0	Open	Pipe p397	0	Open
Pipe p312	0	Open	Pipe p338	0.04	Open	Pipe p357	0	Open	Pipe p378	0	Open	Pipe p398	0.15	Open
Pipe p313	0.04	Open	Pipe p339	0	Open	Pipe p358	0.35	Open	Pipe p379	0.01	Open	Pipe p399	0.01	Open
Pipe p315	0.04	Open	Pipe p340	0	Open	Pipe p359	0	Open	Pipe p380	0.02	Open	Pipe p400	0.01	Open
Pipe p316	0	Open	Pipe p341	0	Open	Pipe p360	0.13	Open	Pipe p381	0	Open	Pipe p401	0.01	Open
Pipe p317	0.03	Open	Pipe p342	0	Open	Pipe p361	0	Open	Pipe p382	0.02	Open	Pipe p402	0.02	Open
Pipe p324	0.01	Open	Pipe p343	0	Open	Pipe p362	0.14	Open	Pipe p383	0.03	Open	Pipe 1	3.38	Open
Pipe p325	0	Open	Pipe p344	0.05	Open	Pipe p363	0	Open	Pipe p384	0	Open	Pipe 2	0.12	Open
Pipe p326	0	Open	Pipe p345	0.01	Open	Pipe p364	0.16	Open	Pipe p385	0.2	Open	Pipe 3	0.65	Open
Pipe p327	0.01	Open	Pipe p346	0.01	Open	Pipe p365	0.16	Open	Pipe p386	0.2	Open	Pipe 4	0.08	Open
Pipe p328	0.01	Open	Pipe p347	0	Open	Pipe p366	0	Open	Pipe p387	0	Open	Pipe 5	0.09	Open
Pipe p329	0.01	Open	Pipe p348	0.01	Open	Pipe p367	0	Open	Pipe p388	0.17	Open	Pipe 6	0.06	Open
Pipe p330	0.01	Open	Pipe p349	0	Open	Pipe p369	0	Open	Pipe p389	0.17	Open	Pipe 7	0.04	Open
Pipe p331	0.08	Open	Pipe p350	0.06	Open	Pipe p370	0	Open	Pipe p391	1.52	Open	Pipe 8	0	Open
Pipe p332	0.03	Open	Pipe p351	0	Open	Pipe p371	0	Open	Pipe p392	1.52	Open	Pipe 11	3.37	Open

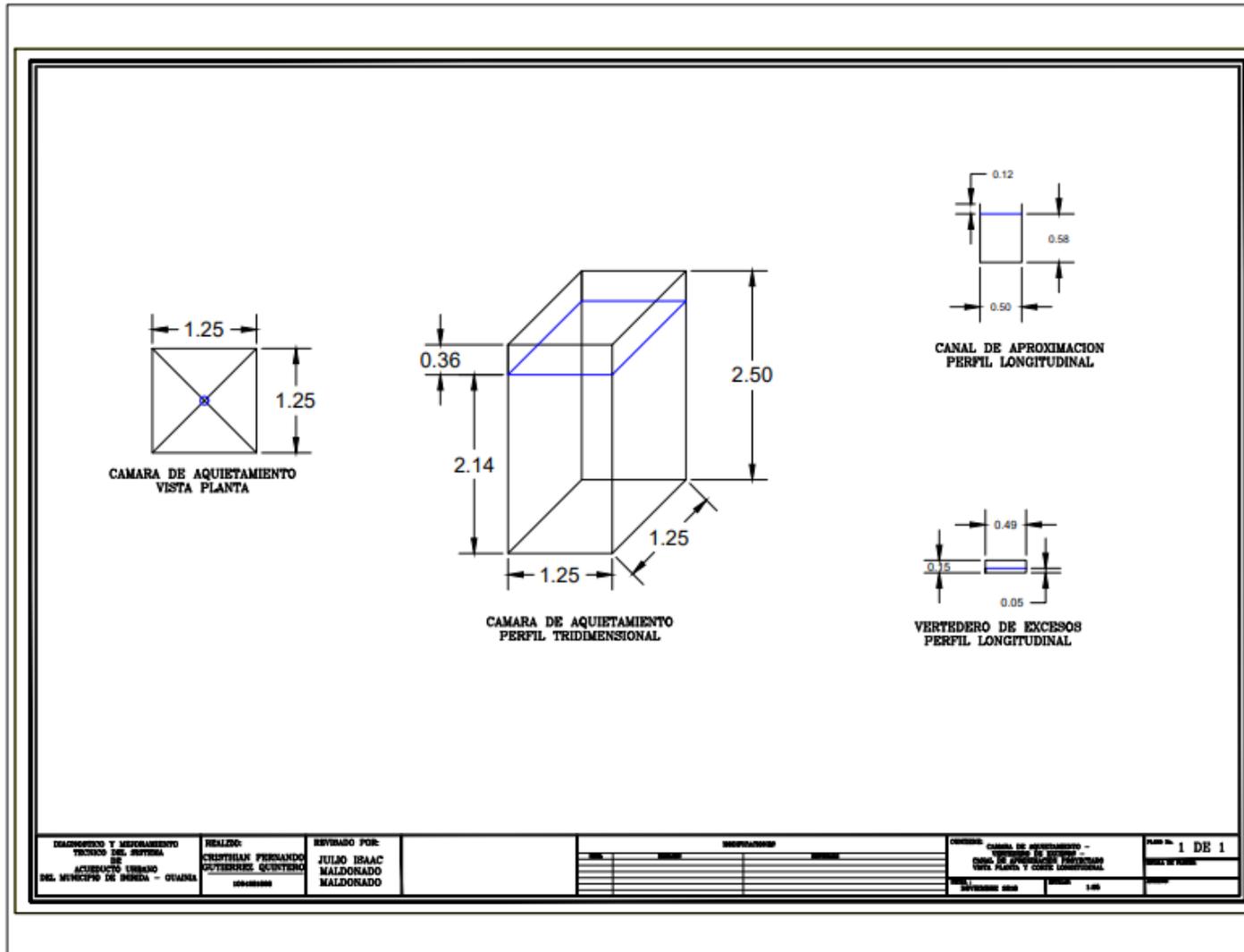
Network Table - Links			Network Table - Links			Network Table - Links			Network Table - Links			Network Table - Links		
Link ID	Velocity	Status												
	m/s			m/s			m/s			m/s			m/s	
Pipe 12	0.12	Open	Pipe 32	0	Open	Pipe 52	0.04	Open	Pipe 70	0.04	Open	Pipe 89	0.01	Open
Pipe 13	0.02	Open	Pipe 33	0	Open	Pipe 53	0	Open	Pipe 71	0.04	Open	Pipe 90	0	Open
Pipe 14	0.01	Open	Pipe 34	0	Open	Pipe 54	0	Open	Pipe 72	0.15	Open	Pipe 91	0.01	Open
Pipe 15	0	Open	Pipe 35	0	Open	Pipe 55	0	Open	Pipe 73	0.04	Open	Pipe 92	0	Open
Pipe 16	0	Open	Pipe 36	0	Open	Pipe 56	0.01	Open	Pipe 74	0.01	Open	Pipe 93	0	Open
Pipe 18	0	Open	Pipe 37	0	Open	Pipe 57	0.01	Open	Pipe 75	0.06	Open	Pipe 94	0.09	Open
Pipe 19	0.01	Open	Pipe 39	0.26	Open	Pipe 58	0.01	Open	Pipe 76	0	Open	Pipe 95	0.03	Open
Pipe 20	0.01	Open	Pipe 40	0.26	Open	Pipe 59	0.01	Open	Pipe 77	0	Open	Pipe 96	0.01	Open
Pipe 21	0.01	Open	Pipe 41	0.26	Open	Pipe 60	0	Open	Pipe 78	0	Open	Pipe 97	0.02	Open
Pipe 22	0	Open	Pipe 42	0.25	Open	Pipe 61	0.01	Open	Pipe 79	0	Open	Pipe 98	0	Open
Pipe 23	0	Open	Pipe 43	0.24	Open	Pipe 62	0.01	Open	Pipe 80	0.01	Open	Pipe 99	0.01	Open
Pipe 24	0	Open	Pipe 44	0.01	Open	Pipe 63	0	Open	Pipe 81	0	Open	Pipe 100	0.01	Open
Pipe 25	0	Open	Pipe 45	0	Open	Pipe p188	0.24	Open	Pipe 82	0	Open	Pipe 101	0.11	Open
Pipe 26	0.02	Open	Pipe 46	0	Open	Pipe 65	0	Open	Pipe 83	0.14	Open	Pipe 102	0.41	Open
Pipe 27	0.02	Open	Pipe 47	0.01	Open	Pipe 66	0	Open	Pipe 84	0	Open	Pipe 103	0.55	Open
Pipe 28	0	Open	Pipe 48	0.01	Open	Pipe p291	0	Open	Pipe 85	0	Open	Pipe 104	0.14	Open
Pipe 29	0	Open	Pipe 49	0.02	Open	Pipe 67	0	Open	Pipe 86	0	Open	Pipe 105	0	Open
Pipe 30	0	Open	Pipe 50	0.01	Open	Pipe 68	0	Open	Pipe 87	0.01	Open	Pipe 106	0.26	Open
Pipe 31	0.01	Open	Pipe 51	0.01	Open	Pipe 69	0	Open	Pipe 88	0.01	Open	Pipe 107	1.52	Open

Network Table - Links		
Link ID	Velocity	Status
	m/s	
Pipe 108	1.52	Open
Pipe 109	0	Open
Pipe 110	0	Open
Pipe 111	0.22	Open
Pipe 112	0.08	Open
Pipe 113	0.09	Open
Pipe 114	0.23	Open
Pipe 115	0.01	Open
Pipe 116	1.45	Open
Pipe 117	0	Open
Pipe 118	2.75	Open
Pipe 119	0.01	Open
Pipe 120	0.83	Open
Pipe 121	0	Open
Pipe 122	0.01	Open
Pipe 123	2.14	Open
Pipe 124	0.54	Open
Pipe 125	0.61	Open
Pipe 126	0.16	Open

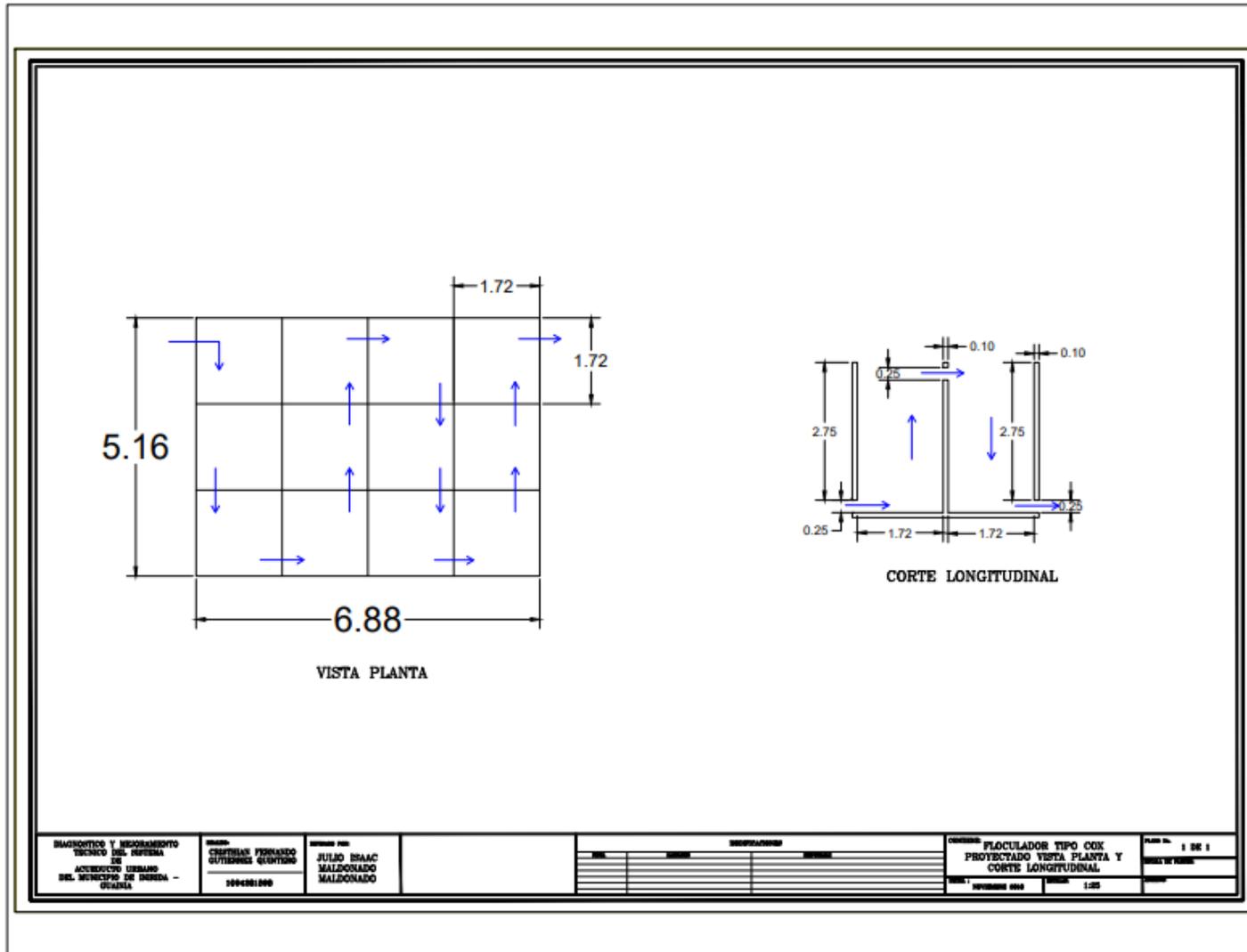
*Anexo 8 Velocidades de la red de Distribución*



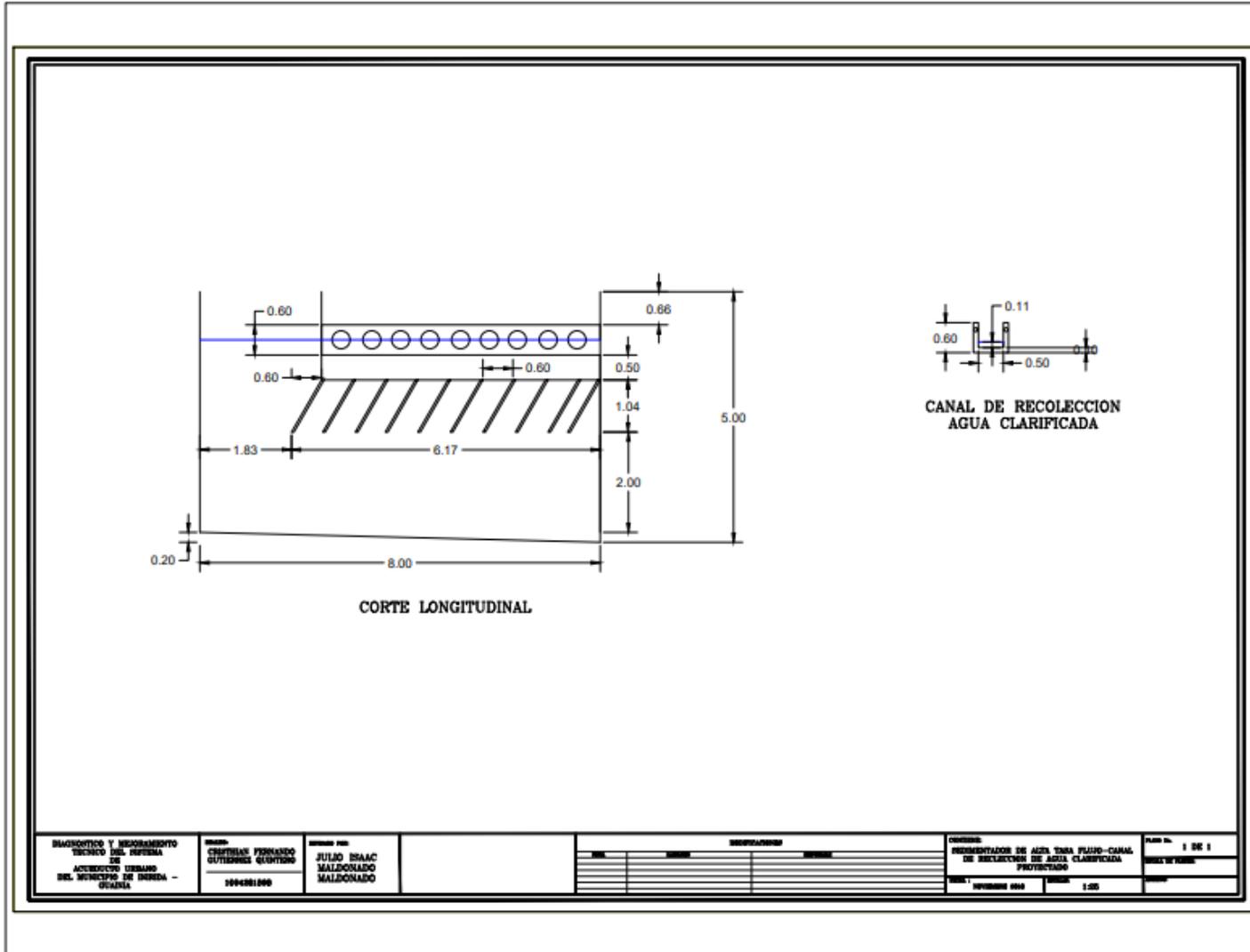
Anexo 9 Desarenador Proyectado



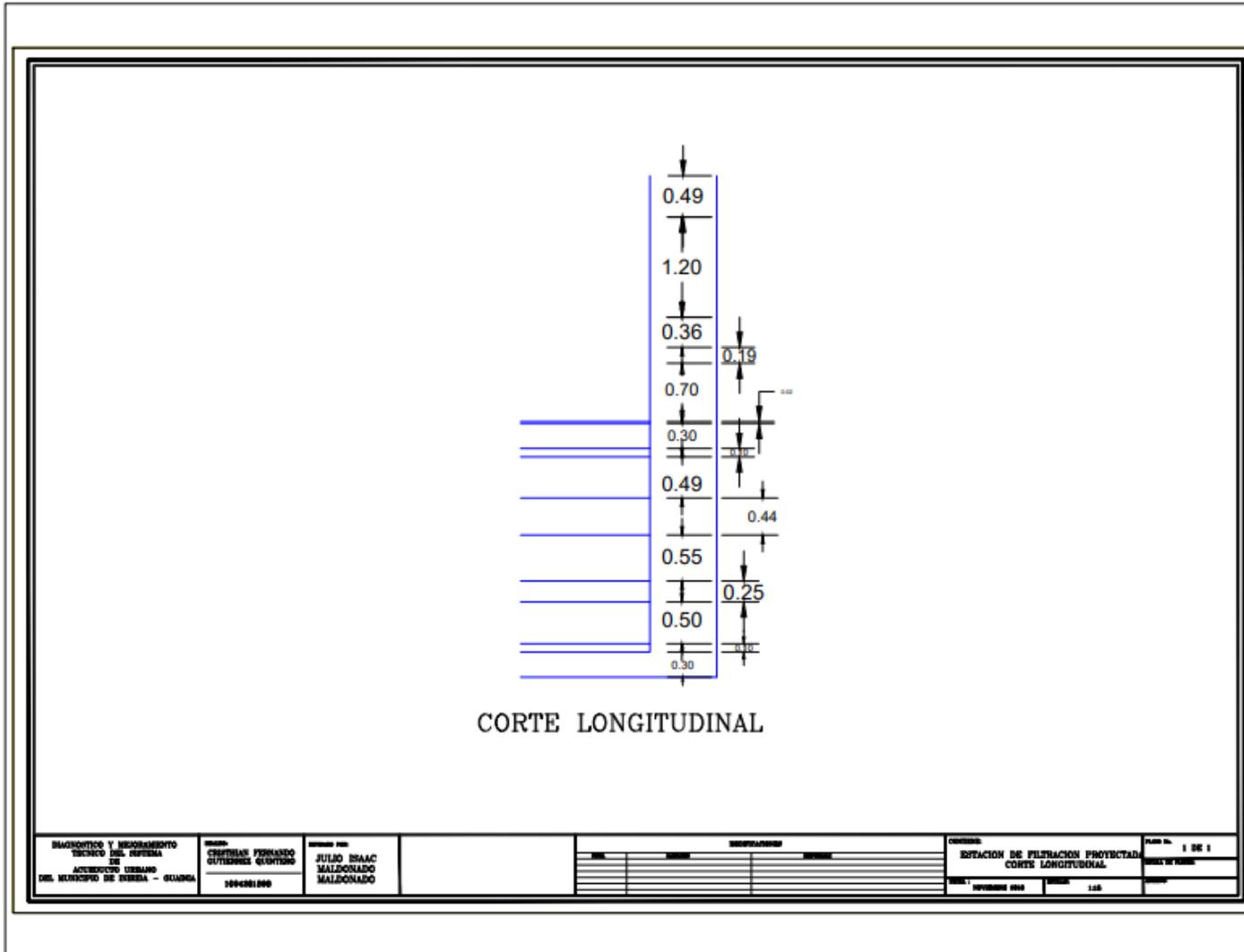
Anexo 10 Cámara de Aquietamiento-Vertedero de Excesos-Canal de Aproximación Proyectado



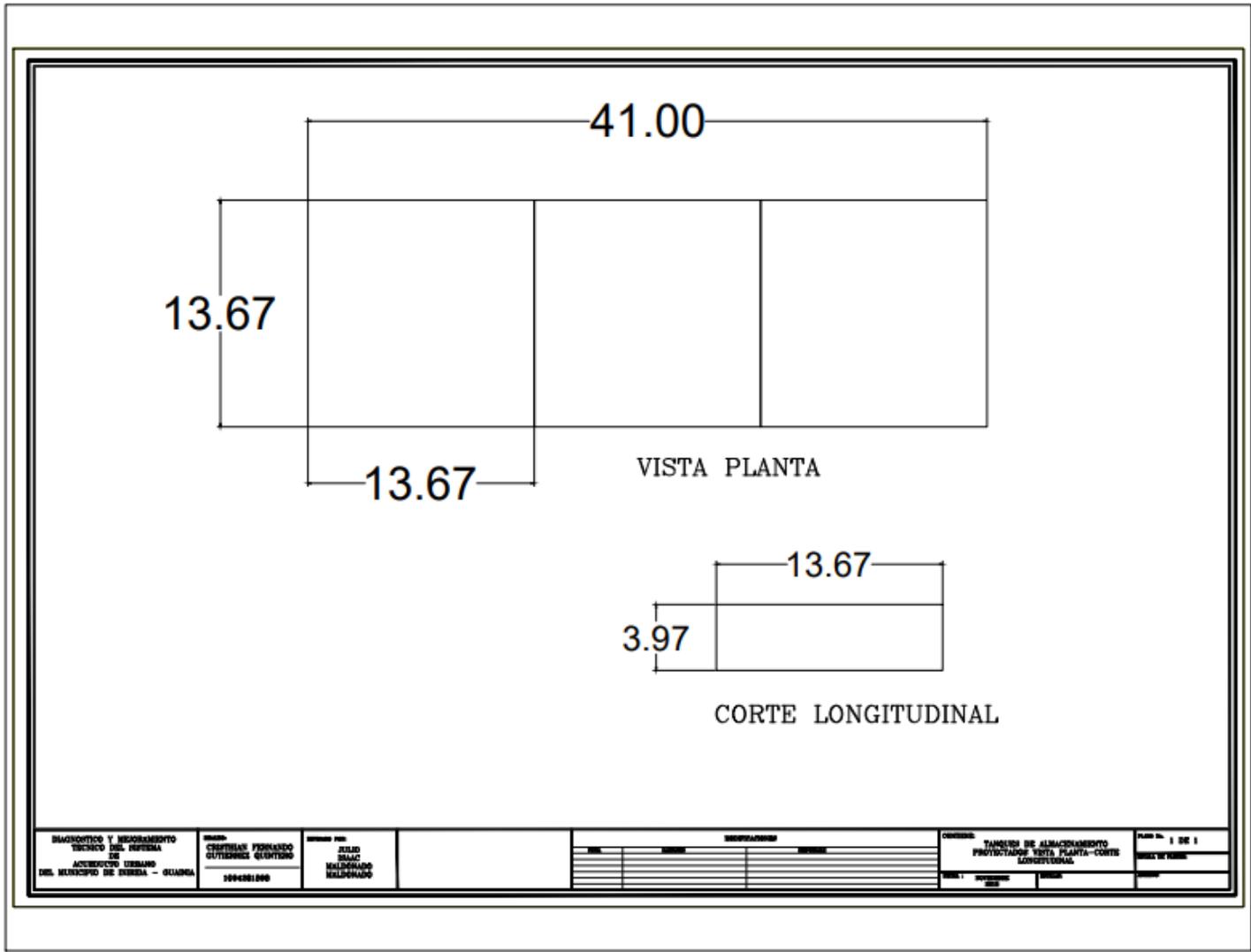
Anexo 11 Floculador Tipo COX Proyectado



Anexo 12 Sedimentador de Alta Tasa-Canal de Recolección de Agua Clarificada



Anexo 13 Estación de Filtración Proyectada



Anexo 14 Estación de Filtración Proyectada