

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y RED MATRIZ DE
AGUA POTABLE DE LOS SECTORES: BARRIO POLAR - HUECO DULCE,
EL ENEAL I Y II, EL MIRADOR, LA ISLITA Y LA CEIBITA UBICADOS
EN EL MUNICIPIO SIMÓN BOLÍVAR BARCELONA, ESTADO
ANZOÁTEGUI.**

Realizado por:

CLAUDIA JOSEFINA ANDRADE BARRERA.

Y

MARIELLA NATHALY ORTIZ MICHELANGELLI.

**Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como
Requisito Parcial para optar al Título de Ingeniero Civil**

PUERTO LA CRUZ, MARZO DE 2009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y RED MATRIZ DE
AGUA POTABLE DE LOS SECTORES: BARRIO POLAR - HUECO DULCE,
EL ENEAL I Y II, EL MIRADOR, LA ISLITA Y LA CEIBITA UBICADOS
EN EL MUNICIPIO SIMÓN BOLÍVAR BARCELONA, ESTADO
ANZOÁTEGUI.**

Realizado por:

**CLAUDIA JOSEFINA
ANDRADE BARRERA**

Y

**MARIELLA NATHALY
ORTIZ MICHELANGELLI**

Asesor:

PROF. MOUNIR BOU GHANNAM

PUERTO LA CRUZ, MARZO DE 2009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y RED MATRIZ DE
AGUA POTABLE DE LOS SECTORES: BARRIO POLAR - HUECO DULCE,
EL ENEAL I Y II, EL MIRADOR, LA ISLITA Y LA CEIBITA UBICADOS
EN EL MUNICIPIO SIMÓN BOLÍVAR BARCELONA, ESTADO
ANZOÁTEGUI.**

El Jurado hace constar que asignó a esta tesis la clasificación de:

Asesor:

PROF. MOUNIR BOU GHANNAM
Asesor Académico

Jurado:

PROF. HILDA MORALES
Jurado Principal

PROF. LUIGI COTELLESA
Jurado Principal

PUERTO LA CRUZ, MARZO DE 2009



RESOLUCIÓN

De Acuerdo Al Artículo 44 Del Reglamento De Trabajos De Grado: “Los Trabajos Son Propiedad Exclusiva De La Universidad Y Solo Podrán Ser Utilizados A Otros Fines Con El Consentimiento Del Consejo De Núcleo Respectivo, Quien Lo Participara Al Consejo Universitario”.



DEDICATORIA

Este logro es el cumplimiento de unas de mis metas y el comienzo de nuevas etapas, por ello quiero dedicárselos con mucho orgullo:

A **Dios** y a mi **Angelito de la Guarda** por darme la fortaleza, sabiduría y fe para seguir hacia adelante en busca de cada uno de mis sueños, colocando en mí camino, excelentes personas que me brindaron palabras de aliento y apoyo.

A Mis padres **Edgard Andrade** e **Hilda de Andrade** por darme todo lo que soy como persona ofreciéndome su amor, comprensión y las herramientas necesarias para que este momento llegara a mi vida. Por enseñarme a encarar cada una de las adversidades sin decaer en el intento.

A Mis hermanos **Evelyn Andrade** y **Edgard Andrade** por compartir junto a mí cada uno de mis sueños y poder contar con ustedes en todo momento.

A mi adorado abuelito **Luís Hipólito Andrade** por estar a mi lado en esta etapa tan importarte y ser mi orgullo. Eres único abue!

A todos mis amigos y compañeros de estudio por su amistad, animo y compañía incondicional en la diferentes etapas de mi vida.

A ti **Amor** por ser una persona especial e importante en mi vida y estar a mi lado. Te amo mucho!

Claudia J. Andrade B.



A mi Padre Celestial y mi Dulce Madre la Virgencita; por acompañarme en cada día de mi vida y por darme la virtud, fortaleza y constancia necesaria a lo largo de mi existencia, que me ha permitido llegar a este momento tan especial. Por cada triunfo, por cada tropiezo, puesto que éstos han forjado todo lo que soy; y sobre todo por llenar mi camino de tantos ángeles que me han brindado paz y amor.

A mi ángel materializado, **mi madre Mariela Michelangelli**, por ser mi guía en todo momento y llenar de luz todo lo que emprendo, por levantarme en cada caída, por ser mi pilar de fortaleza. Sobre todo a ti mami porque nunca has contemplado lo imposible. ¡Te adoro!

A ti también papá, **José Alberto Ortiz Bianco**, donde quieras que estés te dedico este triunfo porque aunque no estas en este plano, sé que vez a través de mis ojos y que conmigo estas logrando un sueño.

A mi hermanito bello **José Manuel Ortiz Michelangelli**, por ser mi joven padre, mi amigo, mi fuente de inspiración, mi ejemplo a seguir, cúmulo de grandes virtudes. ¡Te quiero mucho!

A mi súper hermana- madre **Darzy Cerdeira** por estar siempre aún cuando mis ojos no te puedan ver, a su mágico **viejito** por acompañarme en cada momento difícil (son fantásticos).

A todos mis amigos, sobre todo “Mi Bella Gran Familia” a **Claudia Andrade, Delimar Hernández, Lucelys Castañeda y Daniel Cabrera**; por ser mis compañeros de batallas en nuestra preciosa carrera universitaria, por cada momento compartido, cada amanecer, cada risa (los quiero). A mi mejor amigo **Mitchell Márquez** por creer en mi y confiar incluso cuando ni yo creí poder lograr ciertas cosas.



A **mis profesores**, no sólo de la carrera universitaria sino de toda la vida, porque de alguna manera forman parte de lo que ahora soy.

A cada ser estupendo que no nombre por lo difícil de plasmar en un papel un conjunto de sentimientos que se originan en mi pensamiento en tan solo pocos segundos, a ustedes también les dedico éste éxito, porque forman parte de mi presente, de mis recuerdos y de mi futuro, porque cada uno ha dejado una enseñanza y porque en cada paso he dejado una semilla de amor.

Mariella N. Ortiz M.



AGRADECIMIENTOS

Primeramente a **Dios y a la Virgen** por conducir y acompañarnos en nuestros caminos y llegar a esta gran meta anhelada desde niñas (ser profesionales).

A nuestros **familiares** que son la fortaleza de cada una, pero en especial a nuestros padres y hermanos, por que nos han inculcado los valores que nos identifican como persona y por cada palabra de aliento y empuje en los momentos necesarios.

A todo el personal técnico y administrativo de la hidrológica **HIDROCARIBE**, **el Ministerio del Ambiente**, **El Instituto Nacional de Estadística (INE)**, **a la Estación de Bombeo Curaguaro**, **a la Planta de Tratamiento El Rincón**; por colaborar con nosotras, suministrando toda la información referente al tema que poseían en sus diferentes departamentos.

Al profesor **Luís González, Rubén D. Rondón R. y a Valentino Milito** por acompañarnos en el desarrollo de este trabajo de grado y aclarar cada interrogante que se nos presento (y eso que fueron bastantes) con tanta cordialidad y paciencia.

Al profesor **Mounir Bou Boughannam**, quien acepto amablemente ser nuestro asesor academico, brindándonos sabios consejos y por ser un excelente profesor.

A la **Universidad de Oriente**, personal administrativo del departamento de Ingeniería Civil y en especial a los profesores por contribuir en nuestro aprendizaje académico y de vida, Ofreciéndonos lo mas importante, la posibilidad de ser Ingenieros.

Y por supuesto, a **nuestros amigos** por toda su colaboración preocupación, ánimo y alegría en todo momento. ¡Los queremos!



Y por último, pero no menos importante, a cada persona que colaboró de alguna u otra manera para llevar este proyecto a feliz termino.

¡A todos Mil Gracias!

Claudia y Mariella.



RESUMEN

En el presente trabajo de grado se realizó el diseño del sistema de abastecimiento y red matriz de agua potable de los sectores Barrio Polar-Hueco Dulce, El Eneal I y II, El Mirador, La Islita y La Ceibita ubicados en el Municipio Simón Bolívar Barcelona, Estado Anzoátegui. Este deriva del proyecto de Sistema Integral de Abastecimiento de Agua Potable para los Sectores Los Machos, Barrio Polar-El Eneal, Valles y Picas del Neveri, Naricual y Zonas Aledañas, Ubicados en Barcelona, el cual nace debido a la deficiencia de abastecimiento de agua potable que presentan dichos sectores. En el desarrollo del diseño del sistema primeramente se recaudo información en sitio, complementándola con datos suministrados por lo entes competentes en el área y se realizó a su vez un censo poblacional, elaborando así un estudio demográfico de los sectores con el objeto de estipular, a través del método geométrico, la proyección futura de la zona para un periodo de diseño de 30 años, obteniendo así el consumo requerido por la población para el año 2038. Posteriormente se efectuó un levantamiento topográfico para detallar los accidentes y variaciones de cotas del terreno, lo que nos permitió definir la configuración del sistema y su funcionamiento por bombeo. Una vez obtenida la información antes mencionada, se determinó el sistema de abastecimiento mediante el Software Watercad versión 4.5, a través del cual se simuló el sistema que hidráulicamente cumple con los parámetros establecidos en las Normas Sanitarias Venezolanas para este tipo de proyecto. Finalmente para darle curso a la construcción de este proyecto se procedió a la elaboración de los planos y del presupuesto empleando los Software de Autocad 2008 y IP3 (Control de Obras) respectivamente. El proyecto se clasificó en seis capítulos, los cuales presentan la siguiente secuencia lógica: El capítulo uno, muestra las características generales de la zona en estudio, así como el planteamiento del problema y los objetivos. El capítulo dos, establece el marco teórico relacionado con el tema de este proyecto. En el capítulo tres, se señala el comportamiento actual del sistema. En el capítulo cuatro, se describe el marco metodológico empleado y una muestra de los cálculos realizados. En el capítulo cinco, se discuten los resultados así como se proponen soluciones a la problemática existente y en el capítulo seis se muestran las conclusiones y recomendaciones.



INDICE

RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	viii
RESUMEN	x
INDICE	xi
INDICE DE TABLAS	xviii
INDICE DE FIGURAS	xx
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.	23
1.1. GENERALIDADES.	23
1.1.1. Ubicación Geográfica.	25
1.1.2. Hechos Históricos.	26
1.1.3. Aspectos Cartográficos.	26
1.1.3.1. Clima.	27
1.1.3.2. Vegetación.	27
1.1.3.3. Suelos.	27
1.1.3.4. Geología.	27
1.1.3.5. Relieve.	28
1.1.4. Aspectos Socio-Económicos.	28
1.1.4.1. Actividad Económica.	28
1.1.4.2. Actividad Turística.	29
1.1.5. Aspecto del Desarrollo Urbano.	29
1.1.5.1. Tendencia al Crecimiento.	30
1.1.6. Aspectos de Salud.	30
1.1.7. Servicios Básicos.	31
1.1.7.1. Acueducto.	31
1.1.7.2. Cloacas.	31



1.1.7.3. Electricidad.	32
1.1.7.4. Vialidad.	32
1.1.7.5. Teléfono.	33
1.1.7.6. Drenaje.	33
1.1.7.7. Transporte.	33
1.1.7.8. Educación.	34
1.1.7.9. Desechos Sólidos.	34
1.1.7.10. Gas.	34
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	35
1.3. OBJETIVOS.	37
1.3.1. Objetivo General.	37
1.3.2. Objetivos Específicos.	37
CAPITULO II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.	38
2.1. INTRODUCCIÓN.	38
2.2. ANTECEDENTES.	38
2.3. DEFINICIONES BÁSICAS PARA EL DISEÑO.	39
2.3.1. Fluido.	40
2.3.2. Dotación.	40
2.3.3. Caudal.	40
2.4. CONSUMO DE AGUA.	41
2.5. TIPOS DE CONSUMO.	42
2.6. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.	43
2.7. COMPONENTES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.	44
2.7.1. Fuentes de Agua.	44
2.7.2. Tomas.	45
2.7.3. Desarenador.	45
2.7.3.1. Componentes Principales de un Desarenador.	45
2.7.4. Obras de Aducción o Conducción.	46



2.7.5. Estanques de Almacenamiento.	46
2.7.5.1. Tipos de Estanques.	49
2.7.6 Obras de Distribución.	49
2.8. PRINCIPALES SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.	50
2.8.1. Sistema de Alimentación Directa.	50
2.8.2. Sistema de Distribución por Gravedad.	51
2.8.3. Sistema de Distribución por Combinación de Estanque Bajo, Bomba de Elevación y Estanque Alto.	51
2.8.4. Sistema de Distribución con Equipo Hidroneumático.	51
2.9. PÉRDIDAS EN UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.	51
2.9.1. Causas.	52
2.10. CRITERIOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE.	53
2.10.1. Período de Diseño.	53
2.10.1.1. Durabilidad o Vida Útil de las Instalaciones.	53
2.10.1.2. Facilidades de Construcción y Posibilidades de Ampliaciones o Sustituciones.	54
2.10.1.3. Tendencias de Crecimiento de la Población.	54
2.10.1.4. Posibilidades de Financiamiento y Rata de Interés.	55
2.10.1.5. Rango de Valores.	55
2.10.2. Población de Diseño.	57
2.10.2.1. Método Lineal.	58
2.10.2.2. Método Geométrico.	59
2.10.2.3. Método Logarítmico.	60
2.10.2.4. Métodos Estadísticos.	60
2.10.2.5. Método de las Densidades.	61
2.10.3. VARIACIONES PERIÓDICAS DE LOS CONSUMOS.	64



2.13.1. Estudios Demográficos.	96
2.13.2. Estudios Topográficos.	97
2.13.3. Estudios Sanitarios de la Hoya y Calidad del Agua.	97
2.13.4. Estudios Hidrológicos.	98
2.13.5. Estudios Geológicos.	98
2.13.6. Estudios Misceláneos.	99
2.13.7. Estudio de Obras Existentes y Servicios Públicos	100
2.14. SOFTWARE WATERCAD VERSION 4.5.	100
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO.	103
3.1. GENERALIDADES.	103
3.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA EXISTENTE.	103
3.2.1. Fuente de Abastecimiento.	103
3.2.2. Estación de Bombeo.	105
3.2.3. Línea de Aducción Curaguaro- Planta El Rincón.	107
3.1.3. Sistema de Potabilización.	108
3.1.4. Almacenamiento.	108
3.1.5. Tubería de Aducción.	109
3.1.6. Tuberías Matrices y Red de Distribución de los Sectores.	109
CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO Y CÁLCULOS.	112
4.1. GENERALIDADES.	112
4.2. ESTUDIOS PRELIMINARES.	113
4.2.1. Estimación de la Población Futura.	113
4.2.1.1. Métodos Empleados Para la Estimación de la Población Futura.	114
4.2.1.1.1. Método Lineal.	92
4.2.1.1.2. Método Geométrico.	93
4.2.1.1.3. Método Logarítmico.	94
4.2.2. Estimación de la Dotación.	117
4.2.2.1. Dotación por Habitantes.	117



4.2.2.2. Dotación Institucional.

117



4.3.3. Demanda Actual y Futura.	118
4.3.3.1. Consumo Medio Diario (Qm).	118
4.3.3.2. Consumo Máximo Horario (Qmh).	119
4.3.4. Levantamiento Topográfico.	120
4.4. DISEÑO DE RED MATRIZ Y DE DISTRIBUCIÓN.	121
4.4.1. Consideraciones del Diseño.	121
4.4.2. Red Matriz.	122
4.4.3. Red de Distribución.	123
4.4.4. Estanque de Almacenamiento.	124
4.5. APLICACIÓN DEL SOFTWARE WATERCAD.	127
4.6. ELABORACIÓN DE PLANOS DEL PROYECTO.	146
4.7. CÓMPUTOS MÉTRICOS.	147
4.8. PRESUPUESTO.	148
CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS.	149
5.1. GENERALIDADES.	149
5.2. NORMAS QUE SE CONSIDERARON PARA EL ANALISIS DE RESULTADOS QUE ARROJO EL SOFTWARE WATERCAD.	149
5.3. SIMULACION DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SELECCIONADO PARA LOS SECTORES ESTUDIADOS.	150
5.4. DESCRIPCION DEL SISTEMA SELECCIONADO.	158
5.4.1. Red Matriz.	158
5.4.2. Red de Distribución.	159
5.4.3. Unión de los Tramos de Tuberías.	163
5.4.4. Apoyo en los Tramos de Tuberías.	163
5.4.5. Profundidad y Ancho de la Zanja.	163
5.4.6. Estanque de Almacenamiento.	164
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	165
6.1. CONCLUSIONES.	165
6.2. RECOMENDACIONES.	166



BIBLIOGRAFIA.	169
APÉNDICE A: Tablas y Figuras.	151
APÉNDICE B: Cómputos Métricos.	165
APÉNDICE C: Análisis y Precios Unitarios.	178
APÉNDICE D: Presupuestos.	303
APÉNDICE E: Planos.	315



INDICE DE TABLAS

Tabla	Título	Pág.
1.1	Enfermedades más Frecuentes Reportadas Para Todos los Sectores	8
2.1	Consumos Mínimos Permisibles	18
2.2	Tipos de Ciudades Según Densidades de Población	40
2.3	Cálculo del Q_{MD} y Q_{MH} por Diversos Autores	45
2.4	Duraciones de Incendios según Q_I	46
2.5	Valor de Coeficiente C Hazen-Williams	49
2.6	Módulo de Elasticidad de los Materiales usados en Tuberías	52
2.7	Profundidades y Anchos de Zanjas Para Tuberías	54
2.8	Diámetro de Válvula de Acuerdo con el Diámetro de Tubería	60
2.9	Diámetro de la Ventosa Correspondiente al Diámetro de la Tubería	62
2.10	Diámetro de la Purga Correspondiente al Diámetro de la Tubería	63
2.11	Velocidades Máximas Según el Diámetro de la Tubería	66
2.12	Diámetros Mínimos de las Tomas Particulares de Acuerdo con las Dotaciones Asignadas a las Parcelas en Litros por Día	70
2.13	Anclajes para Tees, Codos y Tapones	72
2.14	Presiones Mínimas en la Tubería de la Red	73
4.1	Registro Censales de la Población en Estudio en el Año 1981.	91
4.2	Registro Censales de la Población en Estudio en el Año 2008.	92
4.3	Registro Censales de la Población de Naricual	93
4.4	Tabla Resumen de la Población Futura Empleando Diferentes Métodos	94
4.5	Tabla Resumen de los Caudales Medios	97
4.6	Tabla Resumen de los Caudales Máximos Horarios	98
5.1	Resultados de los Nodos	129



Tabla	Título	Pág.
5.2	Resultados de las Tuberías.	132
5.3	Dimensiones de las Zanjas de Acuerdo a sus Respectivos Diámetros	142

**INDICE DE FIGURAS**

Fig.	Título	Pág.
1.1	Ubicación Geográfica del Sector I	1
1.2	Ubicación Geográfica del Sector II	2
1.3	Ubicación Geográfica del Sector III	2
1.4	Ubicación Geográfica del Sector IV	3
1.5	Ubicación Geográfica de la Zona en Estudio	4
1.6	Distribución Urbanística de los Sectores en Estudio	7
1.7	Módulo Asistencial de Barrio Adentro	9
1.8	Vía Principal	10
1.9	Vías Secundarias	11
1.10	Planteles Educativos	12
2.1	Curva de Variación Horaria	25
2.2	Curva de Consumos Acumulados	25
2.3	Componentes de un Sistema de Abastecimiento	28
2.4	Curva Típica de Variaciones Horarias del Consumo (INOS)	43
2.5	Codo de Anclaje	67
2.6	Reducción con Anclaje	68
2.7	Dirección de la Fuerza Actuante Sobre el Anclaje	69
2.8	Diagrama de Conexiones	71
2.9	Ventana de Inicio	80
3.1	Toma de la Zona de Caratal	82
3.2	Canal de Caratal	83
3.3	Succión de la Estación de Bombeo Curaguaro	84
3.4	Bombas de la Estación de Bombeo Curaguaro	84
3.5	Tubería de Impulsión de la Estación de Bombeo Curaguaro	85
3.6	Tanque de Almacenamiento de la Planta El Rincón	86
4.1	Distribución de las Tuberías del Sistema	101



Fig.	Título	Pág.
4.2	Curva de Variación Horaria de Consumo Para el Año 2038	103
4.3	Curva de Consumos Acumulados Para el Año 2038	104
4.4	Ventana Principal	106
4.5	Ventana “Guardar Como”	107
4.6	Menú “File”	107
4.7	Solicitud de Configuración del Proyecto	108
4.8	Ventana “Create File As”	108
4.9	Ventana “Project Setup Wizard” N° 1	109
4.10	Ventana “Project Setup Wizard” N° 2	110
4.11	Ventana “Project Setup Wizard” N° 3	111
4.12	Ventana “Project Setup Wizard” N° 4	112
4.13	Ventana “Polyline to Pipe Wizard” N°5	113
4.14	Ventana “Polyline to Pipe Wizard” N°6	113
4.15	Ventana “Polyline to Pipe Wizard” N°7	114
4.16	Vista del Dibujo Importado	114
4.17	Ventana “Pattern”	115
4.18	Ventana “Pressure Junction” N°1	117
4.19	Ventana “Pressure Junction” N°2	117
4.20	Ventana “Pressure Pipe”	118
4.21	Ventana de Bomba	119
4.22	Ventana de Reservorio N°1 (Tanque)	120
4.23	Ventana de Reservorio N°2 (Planta El Eneal)	120
4.24	Ventana “Scenario” Pestaña “Calculation”	121
4.25	Ventana “Scenario” Pestaña “Results”	122
4.26	Ventana “Table Manager”	123
4.27	Ventana “Table – Junction Report”	123
4.28	Ventana “Table – Pipe Report”	124



Fig.	Título	Pág.
5.1	Curvas de Isopresión en la Red de Distribución	135



CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES.

Es imprescindible para la comprensión del presente trabajo de grado, tomar en cuenta que la descripción del sistema que se detalla a continuación, abarca una parte (Sector II) del proyecto del Sistema Integral de Abastecimiento de Agua Potable para los Sectores Los Machos, Barrio Polar-El Eneal, Valles y Picas del Neveri, Naricual y Zonas Aledañas, Ubicados en Barcelona, el cual nace debido a la deficiencia de abastecimiento de agua potable que presentan estos sectores, para el desarrollo de dicho proyecto se realizaron cuatro trabajos de investigación que se distribuyeron de la siguiente manera:

- ◆ **Sector I “Los Machos”:** Contiene los sectores Barrio Mallorquín, Vista Alegre, Ojo de Agua y La Caico, el cual se muestra en la figura 1.1.

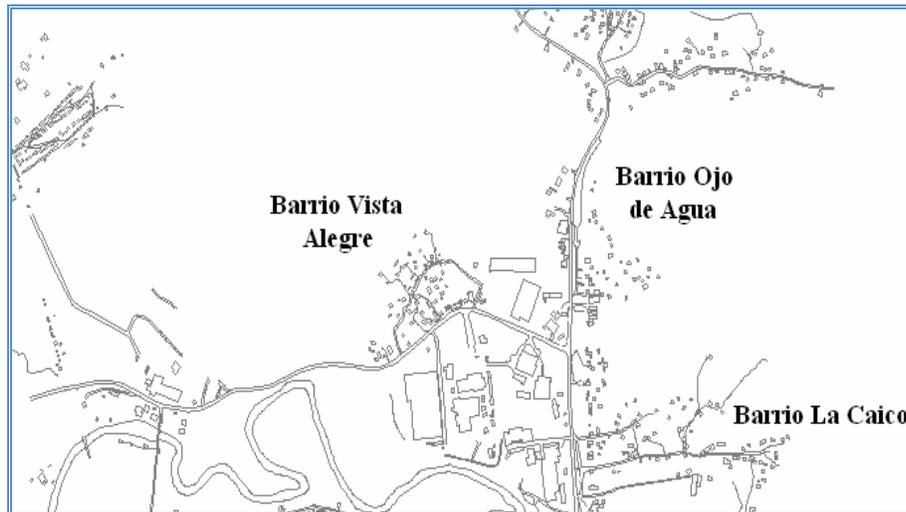


Figura 1.1 Ubicación Geográfica del Sector I.



◆ **Sector II “Barrio Polar – Eneal”:** Comprende los sectores mostrados a continuación en la figura 1.2, tales como: Barrio Polar - Hueco Dulce, El Eneal I y II, El Mirador, La Islita y La Ceibita.

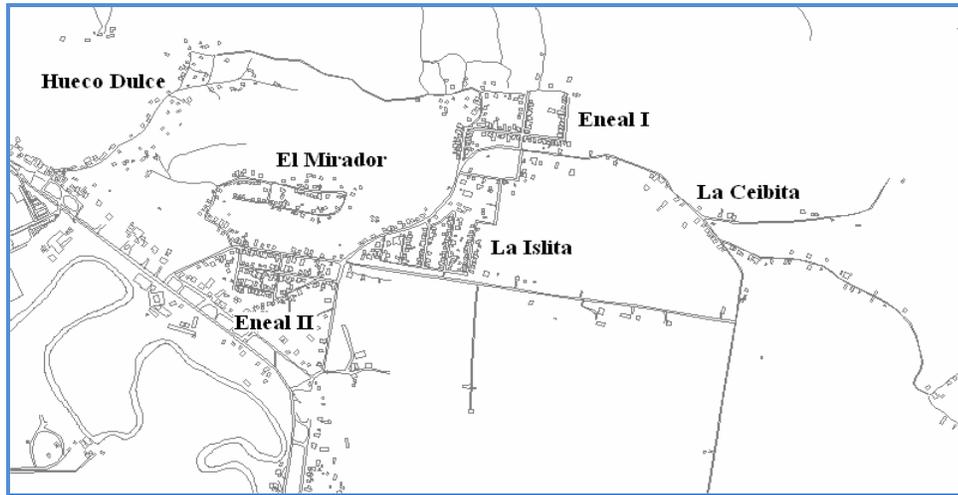


Figura 1.2 Ubicación Geográfica del Sector II.

◆ **Sector III “Valles y Picas del Neverí”:** Incluye los sectores que se aprecian en la figura 1.3, los cuales son: Valles del Neverí, Neverí, Picas del Neverí, Neverí Central, Las Viviendas, Las Margaritas y El Playón.

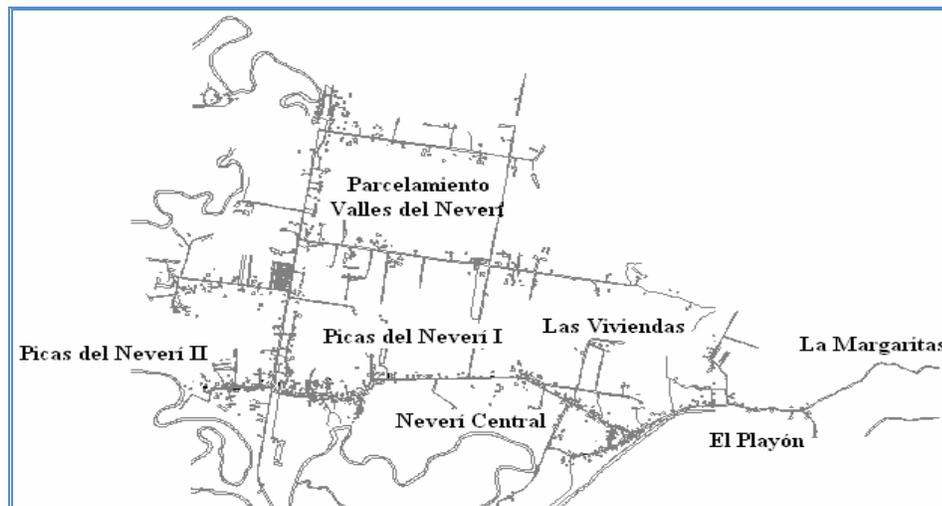


Figura 1.3 Ubicación Geográfica del Sector III.



◆ **Sector IV “Naricual”:** Involucra los sectores Casco Central, Las Minas, Santa Bárbara, Cotoperi, Las Acacias, Zona Militar, José Antonio Anzoátegui, 19 de Abril, Agua Caliente y Villa Teresa (Ver figura 1.4).

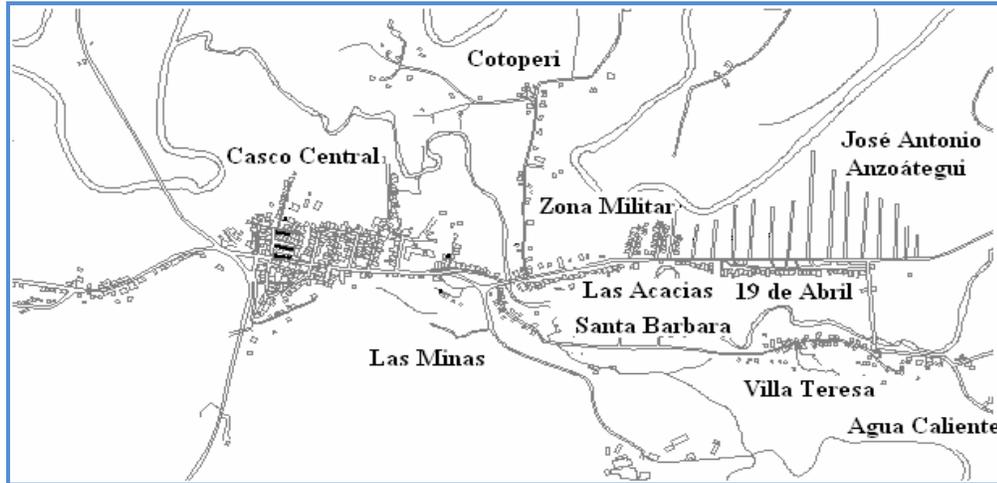


Figura 1.4 Ubicación Geográfica del Sector IV.

Vale la pena destacar que parte de las actividades programadas en este trabajo de grado, se realizaron de manera consecutiva junto a cada grupo, para de esta manera poder avanzar con el cronograma establecido.

1.1.1. Ubicación Geográfica.

El estado Anzoátegui se encuentra ubicado en la región Nor-Oriental del país entre las coordenadas $07^{\circ}40'16''$, $10^{\circ}15'36''$ de latitud Norte y $62^{\circ}41'05''$, $65^{\circ}43'09''$ de latitud Oeste, con una superficie aproximada de 43.300 Km^2 , representando así un 4,75% del Territorio Nacional, se divide en veintiún (21) municipios, entre los cuales destaca el Municipio Simón Bolívar situado al nor-oeste del estado, cuya ubicación se puede observar con mayor claridad en la figura 1.5, este municipio cuenta con una superficie de 1.706 km^2 , altitud 13 msnm y temperatura 32°C , en donde se localiza



los sectores en estudio (Barrio Polar - Hueco Dulce, El Eneal I y II, El Mirador, La Islita y La Ceibita), los cuales presentan dos vías de acceso: Pele el Ojo y Naricual.



Figura 1.5 Ubicación Geográfica de la Zona en Estudio

1.1.2. Hechos Históricos.

Los sectores Barrio Polar - Hueco Dulce, El Eneal I y II, El Mirador, La Islita y La Ceibita, están ubicado en el norte del Municipio Bolívar formando parte de su zona rural, se desconoce con precisión la fecha en la que se fundaron los mismos, pero para el año 1963 ya residían algunas familias.

1.1.3. Aspectos Cartográficos.

Entre los aspectos cartográficos descritos en la zona estudiada se destacan el clima, la vegetación, el tipo de suelo, la geología y el relieve.



1.1.3.1. Clima.

El Municipio presenta dos períodos definidos, secos entre los meses de diciembre y marzo y lluviosos el resto del año con precipitaciones que oscila entre 600 y 1500mm, con una temperatura promedio de 32 °C definiéndose como un clima semi-árido.

1.1.3.2. Vegetación.

El área de estudio presenta una vegetación correspondiente a los bosques muy secos tropicales formado por árboles que tienen entre 5 y 15 metros de altura y arbustos que comprenden los llamados espinares, cujizales, apamate, jabillo, ceiba entre otros.

1.1.3.3. Suelos.

El tipo de suelo predominante es el Aridisol (haplocambids), los cuales se desarrollan en zonas áridas y semiáridas, no tienen acumulación de material orgánico y se localizan en la planicie litoral en diferentes zonas arenosas a la línea de costa. Su textura es franco arcillosa y arcilla muy fina, son moderadamente salinos; siendo sus colores predominantes el marrón amarillento y el gris oscuro, con drenaje externo e interno lento (imperfectamente drenado).

1.1.3.4. Geología.

La geología de esta zona por lo general esta formada por materiales de la eras terciarias y cuaternaria, prevaleciendo las lutitas carbonosas de la formación de Naricual y las areniscas duras de la formación de San Juan respectivamente.



1.1.3.5. Relieve.

El paisaje montañoso de estos sectores está constituido por un tipo de relieve con vertientes irregulares de topografía escarpada, donde las pendientes varían entre 30 y 45%, observándose un especie de lomas suavemente redondeadas, producto del modelado sobre las rocas lutíticas. En esta zona se encuentra también el glacis coluvial presentando una topografía suavemente inclinada con pendientes que varían de 2 a 5%, estando en la actualidad muy intervenido, de manera que la actividad erosiva es moderada a severa, presentando un escurrimiento laminar y en surcos.

1.1.4. Aspectos Socio-Económicos.

Los principales aspectos socio-económicos que presenta la población de los sectores de estudio son:

1.1.4.1. Actividad Económica.

La actividad económica más significativa de los sectores, es la agrícola con la siembra de ocumo, caña, yuca, maíz entre otros productos, por otro lado también son sembrados y recolectados los árboles frutales como el cambur, el merey, la ciruela, el plátano, la lechosa, los cuales son vendidos en el Mercado Municipal de Puerto la Cruz.

El otro tipo de actividad desarrollada como comercio local es la venta en bodegas en toda el área y un mercal donde los habitantes se proveen de los alimentos a consumir.



1.1.4.2. Actividad Turística.

En estos sectores no se desarrollan ninguna actividad turística.

1.1.5. Aspecto del Desarrollo Urbano.

En los sectores predominan los tipos de viviendas rurales, realizadas por los entes gubernamentales. La distribución espacial de esta población no posee ningún tipo de planificación urbanística, puesto que su crecimiento ha sido de manera desorganizada como se muestra en la figura 1.6.

Actualmente existen dos instituciones educativas ubicadas en el sector Barrio Polar y Eneal I, también cuenta con una cancha como lugar de esparcimiento y los comercios que prevalecen son de tipo “bodegas”. En cuanto a los centros asistenciales de salud, se localizan dos módulos asistenciales de “Barrio adentro” en La Ceibita y El Eneal II.



Figura 1.6 Distribución Urbanística de los Sectores en Estudio.



1.1.5.1. Tendencia al Crecimiento.

El crecimiento de esta población está limitado por la topografía de la zona, pero la adición de personas se debe fundamentalmente al crecimiento de los grupos familiares que residen en los diferentes sectores o por las llegadas de nuevos pobladores que se ven atraídos a la población por la cercanía de la ciudad.

1.1.6. Aspectos de Salud.

Las enfermedades de origen hídrico registradas con mayor frecuencia en los Módulos Asistenciales de los Barrios Adentro (figura 1.7) en el presente año para los sectores son las que se reflejan en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Enfermedades más Frecuentes Reportadas para todos los Sectores.

Enfermedades	Casos Reportados (%)
Parasitismo	61.65
Enfermedad Diarreica Aguda (EDA)	27.07
Amebiasis	11.28
Hepatitis	0

Fuente: Módulo Asistencial Barrio Adentro

Es importante destacar que las enfermedades dérmicas de origen hídrico no son atendidas en estos lugares, puesto que no se cuenta con un laboratorio para detectar y tratar estos padecimientos.



Figura 1.7 Módulo Asistencial de Barrio Adentro

1.1.7. Servicios Básicos.

Los principales servicios básicos que se encuentran en la población son los siguientes:

1.1.7.1. Acueducto.

La población posee un servicio de abastecimiento de agua potable deficiente debido a: el deterioro de las tuberías puesto que ya cumplieron con su vida útil; al déficit de presión causado por tomas ilegales en la tubería matriz realizada por los residentes de otros sectores y a la poca calidad del agua que es suministrada; lo que conlleva a que parte de los habitantes se abastezcan de agua cruda.

1.1.7.2. Cloacas.

En relación con el sistema de recolección de aguas servidas, la población de los sectores, no cuenta con este servicio. Para la disposición de estas aguas los habitantes han construido sépticos y letrinas.



1.1.7.3. Electricidad.

Actualmente CADAFE presta este servicio a la población, aunque por medio de conversaciones sostenidas con los habitantes, informaron que el servicio eléctrico es deficiente sobre todo en épocas de lluvia.

1.1.7.4. Vialidad.

Con respecto al trazado vial, es importante mencionar antes que todo, que la población cuenta con dos vías de acceso (Naricual y Pele el Ojo), las cuales se encuentran asfaltadas aunque presentando en ciertos tramos baches, por otra parte estas mismas características se observan en la vía principal de los sectores como se muestra a continuación en la figura 1.8.



Figura 1.8 Vía Principal.

La gran mayoría de las vías secundarias de cada uno de los sectores que permiten el acceso a las viviendas no están pavimentadas y las que están asfaltadas presentan las mismas condiciones antes indicadas que se puede apreciar en la figura 1.9.



Figura 1.9 Vías Secundarias

1.1.7.5. Teléfono.

La Compañía Anónima Nacional de Teléfonos Venezolanos (CANTV) no presta su servicio a esta población, por lo que la gran mayoría de los habitantes cuenta con los servicios de telefonía fija y móvil que ofrecen las empresas Movilnet, Movistar y Digitel.

1.1.7.6. Drenaje.

En los sectores Barrio Polar - Hueco Dulce, El Eneal I y II, El Mirador, La Islita y La Ceibita, no existe sistema de alcantarillado de aguas de lluvia.

1.1.7.7. Transporte.

Existe en la localidad una línea de transporte que se encarga de trasladar a los pobladores hasta la ciudad de Barcelona por medio de autobuses, busetas y en menor proporción hacen uso de los servicios de taxi.



1.1.7.8. Educación.

En la actualidad las instituciones educativas están dispuestas de la siguiente manera: un plantel donde se imparte la educación primaria (Eneal I) y un liceo (Barrio Polar- Hueco Dulce) tal como se observa en la figura 1.10. En cuanto a la educación superior están situadas en las ciudades de Barcelona y Puerto la Cruz.



Figura 1.10 Planteles Educativos.

1.1.7.9. Desechos Sólidos.

El servicio de recolección de desechos sólidos en la gran mayoría de los sectores es realizado dos veces por semana a través de la cooperativa Coperal, la cual trabaja para la alcaldía del Municipio Simón Bolívar; el resto de la población que no se benefician de este servicio, hacen recolección de los desperdicios y los queman.

1.1.7.10. Gas.

En los sectores Barrio Polar - Hueco Dulce, El Eneal I y II, El Mirador, La Islita y La Ceibita, los habitantes se surten de gas mediante la compra de bombonas suministradas por las empresas Tropiven y Lotogas.



1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Existen zonas en nuestro país que carecen de agua potable, debido al incremento poblacional sin planificación, lo cual ha causado una gran demanda de los recursos, por lo que es fundamental para el desarrollo del país buscar soluciones a la problemática del servicio de agua potable y para esto es primordial involucrarse con las necesidades de las comunidades.

Un buen ejemplo de esta problemática se vive en algunos sectores que forman parte del Municipio Simón Bolívar de Barcelona, en el estado Anzoátegui, los cuales presentan carencias y mala calidad de agua potable.

El sector Eneal II, La Islita y El Mirador son afectados por la escasez de agua potable, debido al déficit de presión causado por tomas ilegales en la tubería matriz realizada por los habitantes de otros sectores, lo que ha llevado a la población a proveerse del sistema de riego (agua cruda) para satisfacer sus necesidades, el cual proviene del Canal de Caratal.

El Eneal I y La Ceibita se abastecen de la planta de tratamiento El Eneal, que se encuentra ubicada en el último sector antes mencionado. Esta planta no posee las condiciones ni los elementos necesarios para el tratamiento adecuado del agua, por lo tanto este recurso no cumple con los requisitos mínimos de calidad exigidos por la normativa vigente para el consumo humano.

Las tuberías de la red existente en los sectores anteriores, se encuentran en condiciones inadecuadas, unas asociadas a la falta de mantenimiento y otras porque cumplieron con su vida útil, contribuyendo en parte a la deficiencia del suministro de este vital líquido (agua).



El sector Barrio Polar – Hueco Dulce posee actualmente un sistema de abastecimiento de agua potable suministrado provisionalmente por la empresa polar, tomando en cuenta que dicho sistema no abastece a cierta parte de la población de este sector, debido a que los mismos no cuentan con una red de distribución.

La escasa y mala calidad del agua afecta negativamente a la salud, desencadenando ciertas enfermedades dérmicas, gastrointestinales, entre otras; debido a que no se mantienen las condiciones higiénicas mínimas necesarias para el aseo personal y la preparación de los alimentos.

Esta problemática también perjudica al desarrollo industrial, agrícola y en general a todo el proceso productivo, debido a que el agua es capaz de multiplicar la riqueza de una región, lo que explica que la política hidráulica se contemple no como una simple administración técnica, sino más bien con importantes connotaciones sociales y territoriales.

En éste sentido, debido a la alarmante situación que viven estas comunidades surge el propósito de éste proyecto, el cual se fundamenta en el diseño de un nuevo sistema de abastecimiento y redes de distribución de agua potable, cuya red matriz se iniciará en la Planta de Potabilización José Antonio Anzoátegui y finalizará en el sector Naricual, colocándose en el recorrido de la tubería matriz las tomas pertinentes para abastecer a los sectores en estudio (redes de distribución); para ello se deberá hacer un estudio de toda la red existente, tomando en cuenta también el levantamiento topográfico, la fuente de abastecimiento, la población futura y la demanda de agua; todo esto con la finalidad de garantizar un suministro continuo y con ello mejorar la calidad de vida de los habitantes de éstos sectores.



1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General:

Diseñar un sistema de abastecimiento y red matriz de agua potable de los sectores: Barrio Polar - Hueco Dulce, El Eneal I y II, El Mirador, La Islita y La Ceibita, ubicados en el Municipio Simón Bolívar, Estado Anzoátegui.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- ◆ Recopilar información sobre la situación actual del sistema de abastecimiento de los sectores en estudio.
- ◆ Estudiar la población actual y proyección futura.
- ◆ Realizar el levantamiento topográfico de la zona en estudio.
- ◆ Calcular el sistema de abastecimiento de agua potable.
- ◆ Dibujar los planos de las redes diseñadas y sus detalles.
- ◆ Elaborar los cálculos métricos, análisis de precios unitarios y presupuesto estimado.



CAPITULO II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. INTRODUCCIÓN.

El sistema de transporte de agua más extenso de la antigüedad fue el construido por los romanos, los cuales lo denominaron Acueducto.

A partir del siglo XIX el aumento de la población en las zonas urbanas obligó a realizar grandes obras de conducción y tratamiento de las aguas. Actualmente los acueductos han evolucionado convirtiéndose en sistemas de abastecimiento de agua complejos, conformados por diversas estructuras.

Para el estudio y comprensión de un sistema de abastecimiento, es necesario conocer un conjunto de conceptos, definiciones y términos inherentes a la hidráulica de tuberías, para hacer un análisis objetivo y preciso, orientado a establecer criterios bien fundados para la evaluación de las condiciones que influyen en el sistema y su funcionamiento; en la elaboración de propuestas que permitan mejorar dichas condiciones y por ende el desempeño, permitiendo una mayor eficiencia en el rendimiento del mismo.

2.2. ANTECEDENTES.

A continuación se indican algunos Trabajos de Investigación que se han realizado en la Universidad de Oriente relacionados con esta área, los cuales sirven como referencia para el desarrollo de este proyecto.



En el año 2007, García L. y Perdomo E. Diseñaron el sistema de abastecimiento de agua para el sector El Rincón Adentro, ubicado en el Municipio Sotillo del Estado Anzoátegui, usando como herramienta principal el software WaterCad; todo esto se realizó con la finalidad de proporcionar a la población, una solución con respecto a la escasez de agua potable. [1]

En el año 2007, Fajardo H. y Requena A. Diseñaron el sistema de abastecimiento de agua para los sectores Bahía Costa Mar y el Telésforo en el Municipio Guanta del Estado Anzoátegui, donde emplearon el software WaterCad, mediante el cual se obtuvieron las simulaciones necesarias para la evaluación de dicho sistema. [2]

En el año 2005, Rojas L. y Yaselli R. Determinaron si el sistema de abastecimiento de agua potable en la zona sur del Municipio Juan Antonio Sotillo, era capaz de surtir de agua a la población actual y futura de los sectores estudiados. [3]

En Abril del año 2004, Espinoza E. y Monasterios F. Demostraron a través de un programa de computación que tanto el sistema de abastecimiento como el de distribución de la zona sur de Barcelona presentaba deficiencias, recomendando la ampliación de las instalaciones que conforman dichos sistemas. [4]

2.3. DEFINICIONES BÁSICAS PARA EL DISEÑO.

A continuación se definen los principales conceptos elementales para la mayor comprensión de un diseño.



2.3.1. Fluido.

Es aquella sustancia que, debido a su poca cohesión intermolecular, carece de forma propia y adopta la forma del recipiente que lo contiene. [5]

2.3.2. Dotación.

Es la cantidad de agua por unidad de tiempo que consume una persona. En nuestro país se ha separado la ejecución de programas de acueductos en dos sectores que se han definido como rural y urbano. Para la determinación del consumo mínimo de agua para fines de diseño, las normas del Instituto Nacional de obras Sanitarias “Para el Diseño de Abastecimiento de Agua”, contempla lo siguiente: “Cuando sea necesario proyectar un sistema de abastecimiento de agua para una ciudad y no se tengan datos confiables sobre consumo se sugieren como consumos mínimos permisibles para el objeto de diseño los indicados en la tabla 2.1. [6]

Tabla 2.1. Consumos Mínimos Permisibles. [6]

Población(Hab.)	Servicio con	Servicio sin
	Medidores (Its/pers/día)	Medidores (Its/pers/día)
Hasta 20.000	200	400
20.000 a 50.000	250	500
Mayor de 50.000	300	600

2.3.3. Caudal.

Se llama caudal, en una determinada sección, el volumen líquido que atraviesa esta sección en la unidad de tiempo. En el SI ó MKS y en el STM, el caudal se expresa en m³/s y se calcula con:



$$Q = V * A$$

(2.1)

Donde:

Q = Caudal (m³/s)

V = Velocidad Promedio (m/s)

A = Área transversal del flujo (m²)

2.4. CONSUMO DE AGUA.

El consumo de agua es función de una serie de factores inherentes a la propia localidad que se abastece y varía de una ciudad a otra, así como podrá variar de un sistema de distribución a otro, en una misma ciudad.

Los principales factores que influyen en el consumo de agua en una localidad pueden ser resumidos de la siguiente manera:

- ◆ Clima.
- ◆ Nivel de vida de la población.
- ◆ Sistema de provisión y cobranza (servicio medio o no).
- ◆ Costumbre de la población.
- ◆ Calidad de agua suministrada.
- ◆ Costo del agua (tarifa).
- ◆ Presión en la red de distribución.
- ◆ Consumo comercial.
- ◆ Consumo industrial.



- ◆ Consumo público.
- ◆ Pérdida en el sistema.
- ◆ Existencia de red de alcantarillado, entre otros.

Es oportuno hacer énfasis en que la forma de suministro de agua ejerce notable influencia en el consumo total de una ciudad, pues en las localidades donde el consumo es medido por medio de hidrómetros, se constata que el mismo es sensiblemente menor en relación a aquellas ciudades donde tal medición no es efectuada.

2.5. TIPOS DE CONSUMO.

En el abastecimiento de una localidad, deben ser consideradas varias formas de consumo de agua, que se pueden clasificar de la siguiente manera:

- ◆ **Uso Doméstico:** Constituido por descarga del escusado, aseo corporal, cocina, bebida, lavado de ropa, riego de jardines y patios, limpiezas en general, lavado de automóviles y aire acondicionado, entre otros.
- ◆ **Uso Comercial:** Esta compuesto por tiendas, bares, restaurantes, estaciones de servicios y otros.
- ◆ **Uso Industrial:** Constituido por agua como materia prima, agua consumida en procesamiento industrial, agua utilizada para congelación, agua necesarias para las instalaciones sanitarias, comedores, etc.
- ◆ **Uso Público:** Compuesto por limpiezas de vías públicas, riegos de jardines públicos, fuentes y bebederos, limpieza de la red de alcantarillados sanitarios y



la galería de aguas pluviales, edificios públicos, piscina públicas y recreo y otros.

💧 **Usos Especiales:** Están constituidos por instalaciones deportivas, ferrocarriles y autobuses, puertos y aeropuertos, estaciones terminales de ómnibus.

💧 **Pérdida y Desperdicios:** Es motivado pérdidas en el conducto, pérdidas en la depuración, pérdidas en la red de distribución, pérdidas domiciliarias, desperdicios.[7]

2.6. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.

Un sistema de abastecimiento de agua se proyecta para atender las necesidades de una comunidad durante un periodo determinado suministrándoles agua en forma continua y con presión suficiente, satisfaciendo así razones sanitarias, sociales, económicas y de confort, propiciando su desarrollo[8]. El tamaño del proyecto para distribución de agua suele estar basado en el consumo anual promedio por persona. En consecuencia, los pronósticos demográficos para el periodo que abarca el proyecto son de máxima importancia y deben hacerse con cuidado para tener la certeza de que los componentes del proyecto son del tamaño adecuado [9].

Este sistema está constituido por una serie de estructuras presentando características diferentes, que serán afectadas por coeficientes de diseño distintos en razón de la función que cumplen dentro del sistema. Por tanto, para su diseño es preciso conocer el comportamiento de los materiales bajo el punto de vista de su resistencia física a los esfuerzos y daños a que estarán expuestos, así como desde el punto de vista funcional su aprovechamiento y eficiencia, para ajustarlos a criterios económicos. [8]



2.7. COMPONENTES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.

Los sistemas de abastecimientos están conformados por los siguientes elementos:

2.7.1. Fuentes de Agua.

Básicamente las fuentes son recursos hídricos naturales de agua, como: ríos, lagos, mesas de agua e incluso mares, de los cuales se tomará el agua a ser suministrada a la población. En general, las fuentes de abastecimiento deben proveer agua en forma continua y en volúmenes tales que puedan satisfacer la demanda del sistema.

De acuerdo a la forma de aprovechamiento, se consideran dos tipos principales de fuentes de agua: superficiales y subterráneas. Las primeras fuentes incluían solo las aguas dulces naturales, como lagos, ríos y arroyos, pero con la expansión demográfica y el aumento del uso de agua por persona en relación con estándares de vida más altos, deben tenerse también en cuenta la desalinización y el aprovechamiento de aguas de desechos o negras.

Para la determinación de la fuente es necesario realizar estudios hidrológicos, de manera tal de garantizar en base a estadísticas que el suministro será constante y eficiente. [10]



2.7.2. Tomas.

Pueden ser superficiales o subterráneas, sean de ríos, lagos, pozos, llevaran obras de captación adaptadas a las condiciones imperantes de esas masas de aguas. Estas tomas deben aportar a la aducción entre el 125% y 160% del consumo medio diario durante la vida útil de la obra. [9]

2.7.3. Desarenador.

Se colocan únicamente en tomas superficiales su función fundamental es separar las partículas más gruesas que entran por la toma (arenas), en caso de que la fuente en su estado de análisis no transporte arenas se podría omitir este desarenador; debe tener capacidad suficiente para el caudal que entra por la toma. [11]

2.7.3.1. Componentes Principales de un Desarenador.

- ◆ Dispositivos de entrada y salida que aseguren una distribución uniforme de velocidades en la sección transversal.
- ◆ Volumen útil del agua para la sedimentación de las partículas, con sección transversal suficiente para reducir la velocidad de flujo por debajo de un valor predeterminado, y con longitud adecuada para permitir el asentamiento de las partículas en su trayectoria.
- ◆ Volumen adicional en el fondo para almacenar las partículas removidas, durante el intervalo entre limpiezas.
- ◆ Dispositivo de limpieza y rebose. [12]



2.7.4. Obras de Aducción o Conducción.

Las aguas captadas deben en general, ser conducidas al sitio de consumo, para lo cual se requieren las líneas de aducción, pudiendo estas ser por gravedad, bombeo o al caso mixto (gravedad y bombeo), representadas en el terreno mediante canales abiertos o conductos a presión dependiendo de la topografía de la zona. La aducción comienza en la toma y termina en el tanque de almacenamiento, pudiéndose encontrar en este trayecto la planta de tratamiento.

2.7.5. Estanques de Almacenamiento.

Es el elemento intermedio entre la conducción y la red de distribución, generalmente antes de éste se encuentra la etapa de tratamiento, de su función depende en gran parte el que pueda proyectarse y ofrecerse un servicio continuo a la comunidad. Su función es:

💧 **Compensar las Fluctuaciones del Consumo:** Una manera precisa de calcular el volumen para compensar las fluctuaciones del consumo durante el día sería obteniendo un diagrama de consumo para un día promedio como el que se muestra en la figura 2.1, y con este, elaborar una curva de consumos acumulados (figura 2.2), teniendo que el volumen a almacenar es igual a la suma de las máximas ordenadas referente al consumo medio, que esta representado por la pendiente entre el punto de inicio y el punto de culminación de la curva de los consumos acumulados. [10] Cuando no se dispone de una curva aplicable al caso estudiado, el volumen de compensación para localidades pequeñas debe ser del 30 al 45% del consumo diario de diseño. [13]

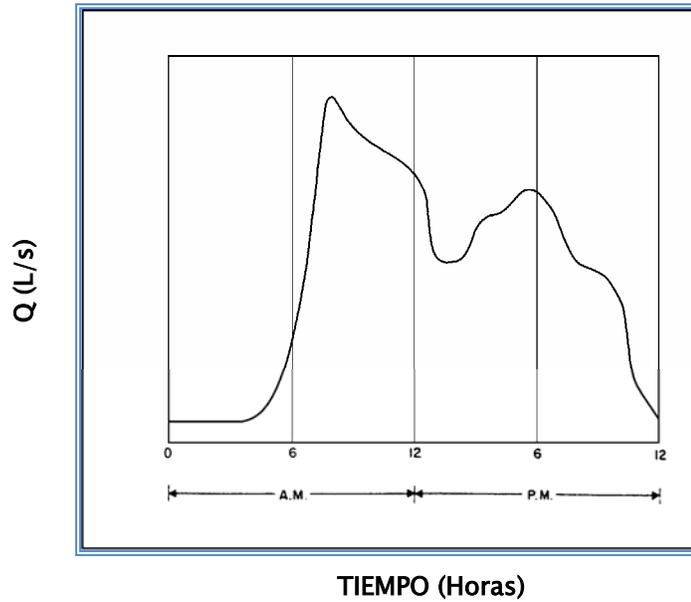


Figura 2.1. Curva de Variación Horaria.

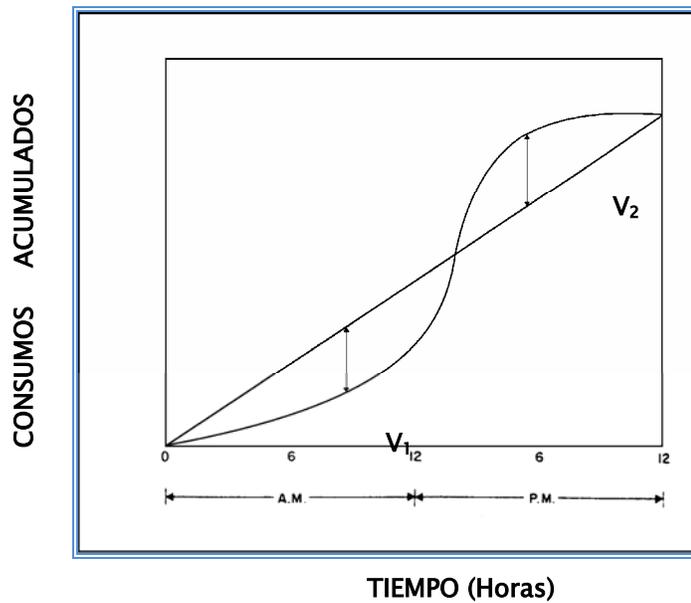


Figura 2.2. Curva de Consumos Acumulados.

💧 **Reserva para Emergencias por Incendios:** En redes de distribución se asignaron gastos de incendios de 10, 16 ó 32 L/s. De acuerdo a la importancia y



densidad de la zona a servir. Dicho gasto se supone puede ser requerido en cualquier instante y, por lo tanto, debe existir en el estanque de almacenamiento para atender contingencias de incendio durante un determinado lapso. La previsión de gasto de incendio para localidades pequeñas, no se justifica en la mayoría de los casos, por consiguiente, este volumen es cero. [13]

💧 **Provisión de Reserva para Cubrir Interrupciones por Daños en la Aducción o en Bombas:** Ante la eventualidad de que en la línea de aducción puedan ocurrir daños que mantendrían una situación de déficit en el suministro de agua mientras se hacen las reparaciones pertinentes, es aconsejable un volumen adicional que dé oportunidad a restablecer la conducción de agua hasta el estanque. En tal caso, puede estimarse un período de interrupción de 4 horas y el gasto medio de consumo para la determinación de esa capacidad [10]. Por otro lado el MSAS en las Normas y Modelos Para Estudios de Campo y Diseño de Acueductos Rurales estipula lo siguiente “El volumen de reserva para contingencias, depende principalmente de la fuente de abastecimiento de agua y de las características de las instalaciones entre la fuente y el estanque. Cuando el suministro de agua pueda considerarse seguro y continuo, en la cantidad prevista en el proyecto, se prescinde del volumen de reserva para contingencias, a fin de mantener bajo costo inicial del sistema”. De acuerdo a todo lo anterior, el volumen total de tanque de almacenamiento será de 30 a 45% del consumo diario de diseño, salvo en aquellos casos en los cuales amerite un estudio para prever capacidad adicional para contingencias e incendios. [13]

💧 **Funcionamiento como parte Integrante del Sistema:** En algunas ocasiones los estanques de almacenamiento sirven de almacenamiento parcial y de tanquilla de bombeo o de rebombeo a otras redes más altas, simultáneamente



a su condición de servicio para una red baja. En esas condiciones debe darse consideraciones especiales para la determinación de la capacidad [8].

2.7.5.1. Tipos de Estanques.

Dependiendo de las condiciones en cada caso del proyecto, los estanques podrán ser enterrados o superficiales, generalmente de concreto armado o post-tensado, y elevados, en cuya fabricación se utilizan con frecuencia láminas de acero. [12]

Según su localización, los estanques se pueden clasificar en dos tipos:

💧 **Estanque de Distribución:** Se tendrá un estanque de distribución cuando el agua llegue a éste antes de llegar a la población.

💧 **Estanque de Compensación:** Este tipo de estanques se sitúa en el extremo opuesto de la entrada de agua a la red de distribución. Cuando el consumo es nulo la totalidad del agua llega al estanque de compensación a través de la red de distribución. Cuando el consumo iguala al suministro, no entra ni sale agua del estanque, y cuando el consumo es mayor que el suministro, la población será surtida tanto por la línea directa como por el tanque de compensación. [8]

2.7.6 Obras de Distribución.

Consiste en llevar el agua a los diferentes sectores de la comunidad, para lo cual se requiere un sistema de conductos a presión que tengan la capacidad necesaria para suministrar cantidades suficientes y dentro de ciertas normas estipuladas para cada zona en particular. [11]



Una vez definidos los principales componentes de un sistema de abastecimiento, se muestra a continuación un ejemplo (figura 2.3) para la mejor comprensión de los antes referido.

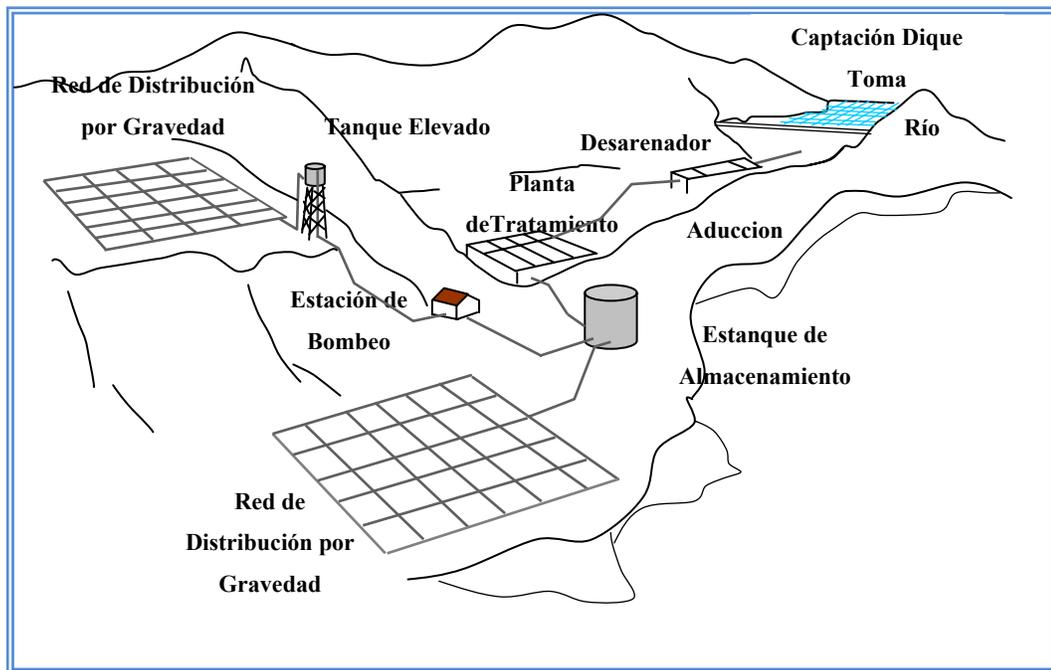


Figura 2.3. Componentes de un Sistema de Abastecimiento.

2.8. PRINCIPALES SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.

Los principales sistemas de abastecimientos de agua potables están compuestos por cuatro tipos que se describen a continuación:

2.8.1. Sistema de Alimentación Directa.

El sistema de alimentación directa se utiliza cuando el abastecimiento de agua público es continuo y mantiene una presión mínima adecuada.



2.8.2. Sistema de Distribución por Gravedad desde un Tanque Elevado.

El sistema de distribución por gravedad desde un tanque elevado se emplea en sectores donde el abastecimiento de agua al público no es continuo o carece de presión adecuada.

2.8.3. Sistema de Distribución por Combinación de Estanque Bajo, Bomba de Elevación y Estanque Alto.

La distribución por combinación de estanque bajo, bomba de elevación y estanque alto se utiliza cuando el servicio no es continuo y la presión no es adecuada para llenar el tanque elevado.

2.8.4. Sistema de Distribución con Equipo Hidroneumático.

La distribución con equipo hidroneumático se emplea en zonas donde el abastecimiento de agua no garantiza la presión suficiente y se desea mantener una presión adecuada.

2.9. PÉRDIDAS EN UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.

Si en un sistema de agua potable se produce un servicio para satisfacer las necesidades de los diversos centros de una comunidad, se define como pérdidas la porción del volumen total suministrado que no alcanza su destino proyectado de consumo, porque se “queda” en el camino.



2.9.1. Causas.

💧 **Fugas:** Cuando el flujo de agua que transita por la tubería se escapa a través de: fisuras, grietas, roturas, empalmes deficientes o piezas filtrantes.

💧 **Evaporación y Desbordamiento de Tanques:** En la etapa de almacenamiento de agua potable, se puede perder una gran cantidad de agua por evaporación en tanques abiertos, o derrames productos de una mala operación o falta de control en el sistema.

💧 **Empotramientos Ilegales:** Hay dos tipos de irregularidades:

1. Cuando una persona o institución se beneficia del servicio de agua sin autorización.
2. Cuando la persona esta legalmente empotrada al acueducto pero su aporte es incompleto.

💧 **Errores de Medición:** La imprecisión de macro medidores y micro medidores acarrea pérdidas. En primer lugar, porque los volúmenes medidos no son reales, hay ciertas cantidades de agua que aunque pase por el medidor no son contabilizadas, y aunque son consumidas no se facturan.

💧 **Uso no medido:** En una comunidad existen ciertos usos necesarios que no se miden, entre ellos se encuentran:

1. Combate de incendio.
2. Lavado de redes
3. Uso del sector público.
4. Lavado de calles. [12]



2.10. CRITERIOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE.

En el diseño o evaluación de sistemas de agua potable existen ciertos parámetros, condiciones y normas a seguir para lograr sistemas eficientes y cuyas implicaciones económicas sean las más factibles, tanto para quienes proveerán del servicio a las poblaciones, como a los mismos pobladores en la percepción y el aprovechamiento del servicio.

2.10.1. Período de Diseño.

Un sistema de abastecimiento de agua se proyecta de modo de atender las necesidades de una comunidad durante un determinado período. En la fijación del tiempo para el cual se considera funcional el sistema, intervienen una serie de variables que deben ser evaluadas para lograr un proyecto económicamente aconsejable.

Por lo tanto, el período de diseño puede definirse como el tiempo para el cual el sistema es eficiente 100 por 100, ya sea capacidad en la conducción del gasto deseado, o por la resistencia física de las instalaciones. A continuación se explican los factores determinantes para los periodos de diseño.

2.10.1.1. Durabilidad o Vida Útil de las Instalaciones.

Dependerá de la resistencia física del material a factores adversos por desgaste u obsolescencia. Todo material se deteriora con el uso y con el tiempo, pero su resistencia a los esfuerzos y los daños a los cuales estará sometido es variable, dependiendo de las características del material empleado. Así, al hablar de tuberías, como elemento de primer orden dentro de un acueducto, encontramos distintas



resistencias al desgaste por corrosión, erosión y fragilidad; factores estos que serán determinantes en su durabilidad o en el establecimiento de períodos de diseño, puesto que sería ilógico seleccionarlos con capacidad superior al máximo que les fija su resistencia física. Siendo un sistema de abastecimiento de agua una obra muy compleja, constituida por obras de concreto, metálicas, tuberías, estaciones de bombeo, etc., cuya resistencia física es variable, no es posible pensar en períodos de diseño uniformes.

2.10.1.2. Facilidades de Construcción y Posibilidades de Ampliaciones o Sustituciones.

La fijación de un período de diseño está íntimamente ligada a factores económicos. Por ello, al analizar uno cualquiera de los componentes de un sistema de abastecimiento de agua, la asignación de un período de diseño ajustado a criterios económicos estará regida por la dificultad o facilidad de su construcción (costos) que inducirán a mayores o menores períodos de inversiones nuevas, para atender las demandas que el crecimiento poblacional obliga.

2.10.1.3. Tendencias de Crecimiento de la Población.

El crecimiento poblacional es función de factores económicos, sociales y de desarrollo industrial.

Un sistema de abastecimiento de agua debe ser capaz de propiciar y estimular ese desarrollo, no de frenarlo, pero el acueducto es un servicio cuyos costos deben ser retribuidos por los beneficiarios, pudiendo resultar en costos muy elevados si se toman períodos muy largos para ciudades con desarrollos muy violentos, con lo cual podría proporcionarse una quiebra administrativa.



Esto nos induce a señalar que de acuerdo a las tendencias de crecimiento de la población es conveniente elegir períodos de diseño más largos para crecimientos lentos y viceversa.

2.10.1.4. Posibilidades de Financiamiento y Rata de Interés.

Las razones de durabilidad y tendencia al desgaste físico es indudable que representa un factor importante para el mejor diseño, pero adicionalmente habrá que hacer esas estimaciones de interés y de costo capitalizado para que pueda aprovecharse más útilmente la inversión hecha. Esto implica el conocimiento del crecimiento poblacional y la fijación de una capacidad de servicio del acueducto para diversos años futuros, con lo cual se podrá obtener un período óptimo de obsolescencia, al final de la cual se requeriría una nueva inversión o una ampliación del sistema actual.

No parece lógica la utilización de períodos de diseño generalizados, cuando existen una serie de variables que hacen de cada caso una situación particular. Esta es una condición que conduce a hacer un análisis económico incluyendo las diversas variables que interviene en la fijación de un periodo de diseño adecuado.

La determinación de la capacidad del sistema de abastecimiento de agua de una localidad debe ser dependiente de su costo total capitalizado. Generalmente los sistemas de abastecimiento de agua se diseñan y se construyen para satisfacer una población mayor que la actual (población futura).

2.10.1.5. Rango de Valores.

A continuación se indican algunos rangos de valores de periodos de diseños asignados a los diversos componentes de los sistemas de abastecimiento de agua.



💧 **Fuentes Superficiales:**

1. Sin regulación: de 20 a 30 años.
2. Con regulación: de 20 a 30 años.

💧 **Fuentes Subterráneas:** El acuífero debe ser capaz de satisfacer la demanda para una población futura de 20 a 30 años, pero su aprovechamiento puede ser por etapas, mediante la perforación de pozos con capacidad dentro de períodos de diseño menores (10 años).

💧 **Obras de Captación:** Se podrán utilizar períodos de diseño entre 20 y 40 años.

1. Diques- tomas: 15-25 años.
2. Diques- represas: 30-50 años.

💧 **Estaciones de Bombeo:**

1. Bombas y motores: 10 y 15 años.
2. Instalaciones y edificios: 20 y 25 años.

💧 **Líneas de Aducción:** Tiene un período de diseño aconsejable entre 20 y 40 años.

💧 **Plantas de Tratamiento:** Presentan periodos de diseño de 10 a 15 años.



💧 **Estanques de Almacenamiento:**

1. De concreto 30-40 años.
2. Metálicos 20-30 años.

Los estanques de concreto permiten también su construcción por etapas, por lo cual los proyectos deben contemplar la posibilidad de desarrollo parcial.

💧 **Redes de Distribución:** Se estiman períodos de diseño de 20 años, pero cuando la magnitud de la obra lo justifique estos períodos pueden hacerse mayores: 30 a 40 años. [8]

2.10.2. Población de Diseño.

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 determinar la población futura es necesario estudiar las características sociales, culturales y económicas de sus habitantes en el pasado y en el presente, y hacer predicciones sobre su futuro desarrollo, especialmente en lo concerniente a turismo y desarrollo industrial y comercial. La base de cualquier tipo de proyección son los censos.

Debido a factores imprevisibles, una población no puede ser extrapolada con seguridad a más de 20 años, pues durante periodos más largos, podrían ocurrir fenómenos de crecimiento que distorsionen en alto grado la magnitud del proyecto que se vaya a adoptar.



Existen varias metodologías para la proyección de población entre las cuales se describirán las principales.

2.10.2.1. Método Lineal.

El método de proyección lineal es un método completamente teórico y rara vez se da el caso de que una población presente este tipo de crecimiento. Consiste esencialmente en agregar a la población actual del último censo, un número fijo de habitantes para cada período en el futuro, resultando, al hacer una representación gráfica, una línea recta. Se utiliza en aquellos casos, en que el aumento de la población es constante e independiente del tamaño de ésta, como lo es en pequeñas comunidades, en especial rurales y en ciudades grandes con crecimiento muy estabilizado y que posean áreas de extensión futura casi nulas.

Dado por las fórmulas:

$$P_f = P_{uc} + K_a (T_f - T_{uc}) \quad (2.2)$$

$$K_a = \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} \quad (2.3)$$

Donde:

P_f = Población proyectada (habitantes).

P_{uc} = Población del último censo (habitantes).

K_a = Pendiente de la recta.

T_f = Año de la proyección.

T_{uc} = Año del último censo.



P_{ci} = Población del censo inicial (habitantes).

T_{ci} = Año del censo inicial.

2.10.2.2. Método Geométrico.

Algunas poblaciones crecen manteniendo un porcentaje uniforme igual al ocurrido en los pasados períodos y la representación gráfica sería una curva de interés compuesto.

Este método produce a veces resultados muy elevados, en especial en poblaciones comenzando a desarrollarse, ya que ellas tienden al principio a crecer rápidamente hasta que alcanzan su estabilización.

Dado por las fórmulas:

$$P_f = P_{uc} (1 + r)^{T_f - T_{uc}} \quad (2.4)$$

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{T_{uc} - T_{ci}}} - 1 \quad (2.5)$$

Donde:

r = Tasa de crecimiento anual.



2.10.2.3. Método Logarítmico.

La mayoría de las poblaciones crecen a porcentaje decreciente a medida que tienden a alcanzar su estabilización. Si el crecimiento de la población es de tipo exponencial, la población se proyecta a partir de la siguiente ecuación:

Dado por las fórmulas:

$$\text{Ln}P_f = \text{Ln}P_{ci} + \bar{K}_g (T_f - T_{ci}) \quad (2.6)$$

$$K_g = \frac{\text{Ln}P_{cp} - \text{Ln}P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}} \quad (2.7)$$

Donde el subíndice “cp” corresponde al censo posterior y el subíndice “ca” al censo anterior. La aplicación de este método requiere el conocimiento de por lo menos tres censos, ya que al evaluar un “ K_g ” promedio se requiere de un mínimo de dos valores de “ K_g ”.

2.10.2.4. Métodos Estadísticos.

Además de los métodos de proyección anterior, pueden emplearse métodos estadísticos para ajustar los valores históricos a la ecuación de regresión para una curva lineal, exponencial, potencial o logarítmica que se indican a continuación:



◆ **Línea Recta (Regresión Lineal):**

$$y = a + bx \quad (2.8)$$

◆ **Curva Exponencial ($a > 0$):**

$$y = ae^{bx} \quad (2.9)$$

◆ **Curva Logarítmica:**

$$y = a + b\text{Ln}(x) \quad (2.10)$$

◆ **Curva Potencial ($a > 0$):**

$$y = ax^b \quad (2.11)$$

Donde:

a, b = Constantes [10].

2.10.2.5. Método de las Densidades.

Pasos a seguir para el cálculo del método de las densidades:

1º Paso: Generalmente se dibuja un plano en pequeña escala de la población y se señalan las diferentes zonas en colores distintos. Se usa el mismo color para las zonas del mismo tipo, pero se marcan con letras diferentes.



2° Paso: Las áreas se obtienen por procedimientos geométricos o con el planímetro. Las superficies deben expresarse en hectáreas. Las superficies de las calles se incluyen también para el cálculo de las áreas. La suma total de estas áreas representa la superficie de la ciudad que se tomará en cuenta en el proyecto.

3° Paso: Las densidades necesitan cierto criterio y experiencia acerca del lugar, sin embargo, se presentan dos maneras de enfocar el problema:

El Ministerio de Infraestructura (MINFRA), en la Dirección del Planeamiento Urbano de Caracas se encuentran los diferentes planos rectores de las principales áreas metropolitanas del país con las diferentes densidades de saturación de la zona o en su defecto la ordenanza de zonificación del municipio respectivo.

En caso de no tener el plan rector, según listado de las series de publicaciones de la actualización del Plan nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR) [14], las densidades brutas de población del área residencial y obrera se pueden estimar por la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Tipos de Ciudades Según Densidades de Población. [10]

Tipo	Densidad bruta del agua residencial
Ciudad poco desarrollada	80 hab/ha
Ciudad con desarrollo medio	100 hab./ha
Ciudad desarrollada sin restricción de espacio	140 hab./ha
Ciudad desarrollada con alguna restricción de espacio	180 hab./ha
Caracas	220 hab./ha



En parques y otras áreas verdes se adoptó una densidad bruta de 1000 hab./Ha como índice normativo deseable.

En zonas comerciales e industriales existe una recomendación de la Organización Mundial de la Salud (OMS), para países en vías de desarrollo que fija un área de 6 Ha para cada 1000 hab. en poblaciones pequeñas.

4° Paso: La población futura de cada zona es el producto de la cifra correspondiente al paso 2 y 3, es decir:

$$P = d * A \quad (2.12)$$

Donde:

P= Población, (hab.)

A= Área, (Ha)

d= Densidad de población, (hab./Ha)

En la práctica se encuentra necesario realizar ajustes o modificaciones a la cifras encontradas en el paso 3, para que la suma total en el paso 4 represente aproximadamente la población futura supuesta.

5° Paso: El consumo normal medio (L/hab./Día), requiere de un estudio cuidadoso de las condiciones de cada zona, éste puede resumirse en cuatro grupos básicos: consumo doméstico, comercial e industrial, público y consumo por pérdidas.

6° Paso: El consumo normal medio diario en litros por hectáreas (L/Ha/ Día), para cada zona, resulta del producto de la cifras correspondiente a los pasos tres y cinco.



7° Paso: Las fugas y las tomas clandestinas deben ser factores a considerar, se pueden estimar entre un 15 % y 20% en consumo total.

8° Paso: El consumo diario previsto (L/ Día/ Ha), la suma de las cifras de los pasos 6 y 7.

9° Paso: Los consumos medios totales diarios, que se proveerán para el proyecto, son los productos de las cifras correspondientes a los pasos 2 y 8. la suma total de las cifras del paso 9 representa el consumo medio total diario en litros. El cociente de esa suma por la población supuesta, es el consumo medio per capita.

10° Paso: El porcentaje de la superficie de la zona con respecto a la superficie total, no amerita explicación. La suma total de los porcentajes debe ser 100.

11° Paso: El porcentaje del consumo de cada zona con respecto al consumo medio total tampoco amerita explicación, y también la suma de los porcentajes debe ser 100. [12].

2.10.3. VARIACIONES PERIÓDICAS DE LOS CONSUMOS.

La finalidad de un sistema de abastecimiento de agua es la de suministrar agua a una comunidad en forma continua y con presión suficiente. Para lograr tales objetivos, es necesario que cada una de las partes que constituyen el acueducto este satisfactoriamente diseñada y funcionalmente adaptada al conjunto. Esto implica el conocimiento cabal del funcionamiento del sistema de abastecimiento a las variaciones en los consumos de agua que ocurrirán para diferentes momentos durante el período de diseño previsto, como se muestran en la curva típica de variaciones horarias del INOS (figura 2.4).

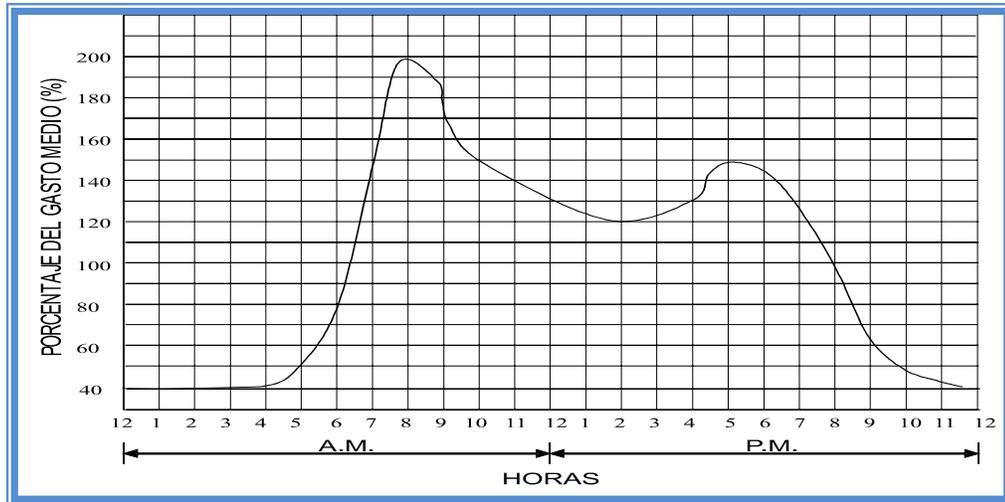


Figura 2.4. Curva Típica de Variaciones Horarias del Consumo (INOS).

Los consumos de agua de una localidad muestran variaciones estacionales, mensuales, diarias y horarias. Estas variaciones pueden expresarse en función (%) del Consumo Medio (Q_m).

2.10.3.1. Consumo Medio Diario (Q_m):

Puede Ser Obtenido:

- Como la sumatoria de las dotaciones asignadas a cada parcela en atención a su zonificación, de acuerdo al plano regulador de la ciudad.
- Como el resultado de una estimación de consumo per cápita para la población futura del período de diseño.
- Como el promedio de los consumos diarios registrados en una localidad durante un año de mediciones consecutivas.



$$Q_m = (\text{Dotación} * \text{Población}) / (86400) \quad (2.13)$$

Donde:

Q_m : (L/s.)

Dotación: (litros/personas/día)

Población: (Habitantes)

2.10.3.2. El Consumo Máximo Diario (Q_{MD}).

Se define como el día de máximo consumo de una serie de registros observados durante los 365 días del año.

2.10.3.3. El Consumo Máximo Horario (Q_{MH}).

Se define como la hora de máximo consumo del día de máximo consumo. [10]

En la tabla 2.3, se presentan el cálculo del QMD y QMH por diversos autores



Tabla 2.3 Cálculo del Q_{MD} y Q_{MH} por Diversos Autores [10]:

Autor Caudal	Arocha (1997)	Rivas (1983)	INOS (1965)	MSAS (1989)
$Q_{MD}=K_1 \cdot Q_m$	$K_1=(1,2-1,6)$	$K_1=1,25$	$K_1=1,20$	$K_1=1,25$
$Q_{MH}=K_2 \cdot Q_m$	$K_2= (2-3)$	$K_2= 2,75-0,0075.X$ (1000Hab.<Pob.<10.000Hab.) $X=$ población en miles de Hab. $K_2=2$ (Pob. ≥ 100.000 Hab.) $K_2=2,75$ (Pob. ≤ 1.000 Hab.)		$K_2= 2,5$

2.10.3.4 Gasto de Incendio.

Es un factor considerado en el diseño de algunos componentes del sistema de abastecimiento de agua, de acuerdo a la importancia relativa en el conjunto y de lo que esto puede significar para el conglomerado que sirve. Se calculan según los siguientes casos: [6]

💧 **En Sectores Comerciales e Industriales, puede obtenerse con la formula:**

$$Q_I = 15\sqrt{X} \tag{2.14}$$

Donde:

X = Población en miles de habitantes.



Q_I = Gasto de Incendio requerido (L/s).

◆ **En Sectores Residenciales:** En Ciudades con una población menor a 5.000 habitantes debe ser posible considerar todo el gasto requerido por la fórmula 2.13, en cualquier punto del sector residencial, con la presión especificada en estas Normas.

◆ **En Ciudades Grandes:** El gasto de incendio dependerá del carácter y el congestionamiento de los edificios. En las secciones no muy densamente construidas y con edificios pequeños, el gasto contra incendio no debe ser menor de 32 L/s. En las secciones densamente construidas con edificios que no tengan más de tres pisos, el gasto no debe ser menor de 64 L/s. En las áreas densamente pobladas, en las cuales el tamaño de los edificios se acerque a los hoteles o apartamentos, de más de tres pisos el gasto contra incendio no será menor de 96 L/s. Las presiones residenciales deben ser las especificadas en estas normas. [6]

La duración de los incendios debe suponerse según la tabla 2.4.

Tabla 2.4. Duración de Incendios según Q_I . [6]

Gasto Requerido de Incendio (L/s)	Duración (horas)
Menor de 30	3
De 30 hasta 106	4
De 106 hasta 150	5
Mayor de 150	6



2.10.3.4.1. Almacenamiento de Agua para Combatir Incendios.

- ◆ En ciudades con una población menor a 200.000 habitantes, se debe suponer que habrá solamente un incendio a la vez.
- ◆ Para ciudades con una población mayor de 200.000 habitantes, debe suponerse que mientras ocurre un incendio en el sector comercial e industrial a la rata de máxima demanda, habrá otro incendio en un sector residencial. Este segundo incendio debe considerarse que ejerce una demanda de 32 L/s. La duración de cada incendio debe suponerse según la tabla indicada arriba. Estas demandas añadidas darán la capacidad requerida para el almacenamiento.

Es importante destacar que en muchos casos estos gastos de incendios resultan iguales o superiores al consumo medio de la población, ocasionando duplicación en las instalaciones, e inversiones injustificadas. A razón de respetar los lineamientos, también se puede seguir la Norma del M.S.A.S. [15] que dicta:

- ◆ Para zonas residenciales destinadas a viviendas unifamiliares, o bifamiliares aisladas, 10 L/s.
- ◆ Para zonas residenciales destinadas a viviendas multifamiliares, comerciales o mixtas e industriales, 16 L/s para baja densidad y 32 L/s para alta densidad.
- ◆ La duración de los incendios se supondrá de cuatro (4) horas.

Según estudios de Rivas [12], Solo en poblaciones por encima de 2000 habitantes, y en su zona central, se recomienda considerar la colocación de bocas de



incendio. Estas no requieren suministrar más de 5 L/s., a una presión de 10 metros. La duración del incendio se estimara en dos horas para efectos de almacenamiento.

2.10.4. Selección de Tuberías.

Cuando se conduce agua a presión es necesario usar conductos cerrados que soporten las presiones internas que se producen. La sección más conveniente para resistir esas presiones, además de presentar las mejores características hidráulicas es la de forma circular; Estas tuberías pueden ser construidas de diversos materiales, dependiendo de las presiones internas y externas a que puedan estar sometidas; de los costos y de las características físicas y químicas del suelo con el que estarán en contacto.

- ◆ **En Función de las Presiones:** Las clases de tubería a seleccionar estarán definidas por las máximas presiones que ocurran en la línea, lo cual estará representado por la línea de carga estática. La mejor solución consistirá en determinar las longitudes correspondientes a cada clase de forma de aprovechar al máximo la de menor costo hasta su límite de aceptación. La presión que resista cada tubería vendrá determinada por el fabricante.
- ◆ **En Función del Material:** Se elige el tipo de material requerido por la naturaleza del terreno, condiciones topográficas o de utilización para optar por el tipo de coeficiente C Hazen-Williams (tabla 2.5).



Tabla 2.5. Valor de Coeficiente C Hazen-Williams. [10]

Material	Condición	Diámetro (Pulg)	C_{HW}
Hierro Dulce	Nuevo	Todos	130
	5 años de edad	$d \geq 12$	120
		$8 \leq d \leq 10$	119
		$4 \leq d \leq 6$	118
	10 años de edad	$d \geq 24$	113
		$12 \leq d \leq 20$	111
		$4 \leq d \leq 10$	107
	20 años de edad	$d \geq 24$	100
$12 \leq d \leq 20$		96	
$4 \leq d \leq 10$		89	
30 años de edad	$d \geq 30$	90	
	$16 \leq d \leq 24$	87	
	$4 \leq d \leq 14$	75	
40 años de edad	$d \geq 30$	83	
	$16 \leq d \leq 24$	80	
	$4 \leq d \leq 14$	64	
50 años de edad	$d \geq 40$	77	
	$24 \leq d \leq 36$	74	
	$4 \leq d \leq 20$	55	
Acero Soldado	Constante	$d \geq 12$	120
		$8 \leq d \leq 10$	119
		$4 \leq d \leq 6$	118



Tabla 2.5. Valor de Coeficiente C Hazen-Williams. [10] (Continuación).

Material	Condición	Diámetro (Pulg)	C _{HW}
Acero Bridado	Constante	d ≥ 24	113
		12 ≤ d ≤ 20	11
		4 ≤ d ≤ 10	107
Asbesto Cemento	Constante	Todos	140
PVC	Constante	Todos	150
Hierro Galvanizado	Constante	Todos	100

2.10.5. Determinación de Diámetros para las Tuberías de Acueductos.

Para el cálculo se utiliza la ecuación de Hazen-Williams:

$$h_f = \frac{10,675 \cdot Q^{1,852} \cdot L}{C^{1,852} \cdot \varphi^{4,8704}} \quad (2.15)$$

Donde:

h_f = Pérdida de carga (m).

Q = Caudal de Diseño (m³/s).

L = Longitud de la tubería (m).

C = Coeficiente de Fricción (Tabla 2.5).

φ = Diámetro de la tubería (m).



La pérdida de carga es la suma de las pérdidas por fricción más las pérdidas por accesorios, aunque por lo general las pérdidas por accesorios se desprecian. También se recomienda chequear que la velocidad en la tubería este en el rango de la velocidad económica (1-2) m/s.

$$V_{\text{tubería}} = \frac{Q}{\text{Área}_{\text{tubería}}} \quad (2.16)$$

Cabe destacar que el rango de la velocidad económica es aconsejable para un diseño bajo esa limitante, ya que el rango de las velocidades permitidas para evitar el desgaste en la tubería la determinara la resistencia de la misma. [10]

2.10.6. Chequeo de Sobrepresión por Golpe de Ariete.

El golpe de ariete es un fenómeno transitorio de exceso de presión, que se produce en las tuberías al cerrar o abrir una válvula y al poner en marcha o parar una bomba, o también al disminuir bruscamente el caudal. Este exceso momentáneo de presión puede determinarse por la fórmula:

$$\rho = 10,1 \cdot V_o \cdot \sqrt{\frac{K \cdot e \cdot E}{(E \cdot e) + (K \cdot d)}} \quad (2.17)$$

$$V_o = \frac{Q}{\frac{\pi \cdot \varphi^2}{4}} \quad (2.18)$$



Donde:

ρ = Sobrepresión por Golpe de Ariete. (Kg/m²)

V_o = Velocidad de circulación (m/s).

K = Módulo de elasticidad del agua. (2,8x10⁸Kg/m²)

e = Espesor de la tubería. (m)

E = Módulo de elasticidad del material de la tubería. (Kg/m²). Tabla 2.6.

D = Diámetro exterior de la tubería. (m)

ϕ = Diámetro interior de la tubería (m).

Q = Caudal (m³/s).

Tabla 2.6. Módulos de Elasticidad de los Materiales Usados en Tuberías. [15]

Material	E (Kgf/m ²)
Acero (HG, AG)	2,1 x 10 ¹⁰
Hierro fundido (HF)	6,0 x 10 ⁹
Cobre	1,3 x 10 ¹⁰
Concreto armado (tubería)	3,5 x 10 ⁹
PVC	2,6 x 10 ⁸
PEAD	2,0 x 10 ⁷

La tubería estará expuesta en cualquier sitio a la carga total de presión más el exceso de presión provocado por golpe de ariete, de modo que la tubería debe tener una presión admisible mayor a la máxima que se pueda generar.

$$\rho_{\text{máxima}} = h_G + \rho$$

(2.19)



Donde:

$\rho_{\text{máxima}}$ = Presión Máxima que se pueda generar en la tubería. (m)

h_G = Carga Estática de la conducción. (m)

Para determinar la presión admisible de las tuberías de acero se usa la fórmula:

$$\rho_{\text{admisible-acero}} = \frac{2 \cdot 35000 \cdot e}{d} \quad (2.20)$$

Donde las variables e y d, se colocan en pulgadas, y el presión obtenida será en lbf/pulg². Para comparar con presiones admisibles de tuberías de otro material, estas se obtienen por el catalogo que suministra el fabricante. [15]

2.10.7. Profundidades de Tuberías.

Cuando se instalan tuberías para la conducción de agua potable, paralelamente a tramos de tuberías de recolección de aguas residuales, colector cloacal o ramal de empotramiento, se alejara una de otra la mayor distancia libre horizontal posible. La distancia libre mínima horizontal exterior entre las tuberías para la conducción de agua potable y los colectores cloacales será de dos (2) metros, y la cresta del colector cloacal o ramal de empotramiento deberá quedar a una distancia vertical exterior, no menor de 0.20 metros por debajo de la parte inferior de la tubería de agua potable.

En ocasiones en las que circunstancias debidamente justificadas no se pueda mantener la distancia vertical mínima de 0.20 metros entre ambas tuberías, se tomarán las precauciones necesarias para proteger la tubería de agua potable, tales



como la utilización de juntas herméticas, y el recubrimiento del colector cloacal con envoltura de concreto resistencia de 28 días , de 140kg/cm^2 , de 10 cm. de espesor como mínimo alrededor de toda la tubería y en una longitud igual a la del paralelismo entre ambos conductos, más un exceso de 1.50 metros en ambos extremos; o la utilización e instalación de cualquier otro material que garantice la ausencia de filtraciones en el colector cloacal, a juicio de la autoridad sanitaria competente, tal como lo señala el artículo 33 de la Gaceta Oficial Extraordinario N° 4.103 [15].

En general, las profundidades mínimas y anchos de zanjas recomendados, a que deben de instalarse las tuberías y llaves de paso, medidas desde la rasante definitiva del pavimento de la calle al eje de tubería serán las especificadas en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7. Profundidades y Anchos de Zanjas Para Tuberías. [15]

Diámetro nominal tubería mm.(Pulgadas)	Profundidad de la zanja (cm).	Ancho de la zanja (cm).
100 (4")	70	45
150 (6")	89	53
200 (8")	90	60
250 (10")	105	65
300 (12")	120	75

2.10.8. Pérdidas en Tuberías.

La pérdida de carga representa la cantidad de energía usada cuando el agua se mueve desde un punto a otro a través de una tubería; o más simplemente, la pérdida de carga representa un decrecimiento en la presión y siempre está referida en términos de metros de presión. Existen básicamente dos tipos de pérdida de cargas: Pérdidas por fricción y Pérdidas menores.



2.10.8.1. Pérdidas por Fricción.

Resultan del movimiento del agua por el interior de una tubería. Entre las fórmulas para determinar las pérdidas de energía en tubos bajo presión, se encuentra la de Darcy-Weisbach, que permite evaluar propiamente los factores que afectan esas pérdidas, mediante graficación del factor F y del número de Reynolds.

$$h_f = F * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \quad (2.21)$$

Donde:

F = Factor de fricción, sin dimensiones.

g = Aceleración de la gravedad, en m/s^2 .

h_f = Pérdida por fricción, en m.

D = Diámetro, en m.

L = Longitud del tubo, en m.

2.10.8.2. Pérdidas Menores.

Tienen su origen en los cambios de dirección de la corriente, en las contracciones, ensanchamientos, codos, diafragma, válvulas, entre otros; en general todos los accesorios de tuberías. Estos elementos producen una perturbación de la corriente que origina remolinos y desprendimientos, que intensifican las pérdidas. La expresión generalizada de esta pérdida es:



$$h = K * \frac{V^2}{2g} \quad (2.22)$$

Donde:

h = Pérdida de energía, en m.

K = Coeficiente sin dimensiones que depende del tipo de pérdida que se trate, del número de Reynolds y de la rugosidad del tubo. En el Anexo B, se aprecian estos valores.

$V^2/2g$ = La carga de velocidad, aguas abajo, de la zona de alteración del flujo en m. [16]

2.11. REDES DE DISTRIBUCIÓN.

Son aquellas que permiten la conducción de agua a fin de garantizar el abastecimiento de las unidades componentes de la localidad abastecida, lugares de consumo como casas, industrias, edificios, etc.

2.11.1. Componentes de las Redes de Distribución.

Los componentes básicos de las redes de distribución son tuberías o conductos cerrados que permiten distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo. Según Rivas [12], se pueden clasificar según su función de la siguiente manera:

💧 **Tubería Matriz (mayores de 400 mm):** Conducen el agua desde los tanques de almacenamiento o estaciones de bombeo o aducción a las tuberías



arteriales. No se deberían hacer tomas sobre esta tubería sino sobre tuberías de distribución paralelas.

💧 **Tuberías Arteriales o Principales:** Suplen los gastos a los hidratantes y consumos en general.

💧 **Tuberías de Relleno:** Pueden hacer la misma función de las arteriales pero en general se utilizan para intercomunicar redes para formar mallas por lo cual generalmente son de diámetros menores que las arteriales. Deben tener diámetro suficiente para servir a los hidrantes y garantizar presiones mínimas.

💧 **Tuberías de Servicio:** Suplen el consumo desde las tuberías a los medidores comerciales instalados en la residencia o institución que reciba el servicio. En medio urbanos el $\varphi \geq \frac{3}{4}$ "", se puede aceptar en medios rurales hasta diámetros de $\frac{1}{2}$ ". Las tuberías de distribución, en general, se colocan a un lado de la calle para dejar el centro a los colectores cloacales. Si el ancho de la calle fuese mayor de 17m. se podría recomendar dos líneas de alimentación. La tubería de distribución debe estar como mínimo a 20 cm. por encima de la cloaca y a una separación horizontal mayor de 2m.

2.11.2. Clasificación de Redes de Distribución.

Las redes de distribución se pueden clasificar, de acuerdo a distintos autores según la energía disponible y según su estructura.



◆ Según la Energía Disponible:

Los sistemas de distribución se clasifican, atendiendo a la energía disponible para el transporte del agua en:

- 1. Por Gravedad:** Cuando la fuente de abastecimiento esta a una elevación tal que suministra el agua bajo la acción misma de la gravedad.
- 2. Por Bombeo con Almacenamiento:** En este sistema, la presión necesaria que debe suministrarse al liquido se obtiene mediante el uso de bombas y motores. El exceso de agua bombeada durante las horas de bajo consumo es almacenado para suplirla en las horas de máximo consumo.
- 3. Por Bombeo sin Almacenamiento:** En este caso, las bombas impulsan el agua directamente en las tuberías de distribución. Este sistema obliga a tener unidades de reserva que funcionen en el caso de desperfecto de las unidades en servicio. [12]

◆ Según su Estructura:

Dependiendo de la topografía, de la vialidad y de la ubicación de las fuentes de abastecimiento y del estanque, puede determinarse el tipo de red de distribución:

- 1. Ramificado:** Son redes de distribución constituidas por un ramal troncal y una serie de ramificaciones o ramales que pueden constituir pequeñas mallas, o constituidos por ramales ciegos. Se usa cuando la topografía impide la interconexión entre ramales.



2. Mallado: Son aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando mayas. Este tipo de red de distribución es el más conveniente y trata siempre de lograrse mediante la interconexión de las tuberías, a fin de crear un circuito cerrado que permita un servicio más eficiente y permanente. [8]

3. Mixto: Este tipo de red posee tramos ramificados y mallas.

2.11.3. Elementos Complementarios.

Entre los cuales se destacan válvulas, hidrantes y tanquillas rompe carga.

2.11.3.1. Válvulas

Son elementos que se colocan en las tuberías como auxiliares indispensables para la adecuada operación, mantenimiento y seguridad de los sistemas de conducción de los fluidos. Entre la gran variedad de obras hidráulicas, donde las válvulas encuentran aplicabilidad, se encuentran los acueductos. [17]

Se usaran válvulas de compuerta de doble disco. Las válvulas colocadas en las calles o subterráneos tendrán extremos de campana y serán de tipo varilla no ascendente. Los diámetros correspondientes de las mismas respecto al de la tubería se aprecian en la tabla 2.8.



Tabla 2.8. Diámetro de Válvula de Acuerdo con el Diámetro de Tubería. [15]

Diámetro Nominal de la Tubería		Diámetro Nominal de la Válvula	
mm	pulgadas	mm	pulgadas
100	4	100	4
150	6	150	6
200	8	200	8
250	10	250	10
300	12	300	12
350	14	350	12
400	16	400	12
450	18	450	16
500	20	500	16
600	24	600	20
750	30	750	24

2.11.3.1.1. Ubicación de las Válvulas.

Las válvulas deben colocarse:

- ◆ En los ramales de distribución en los puntos donde estos se interceptan las tuberías principales.
- ◆ En las tuberías principales en todas las intersecciones con otras tuberías principales y además las válvulas deben estar de manera que en caso de una ruptura no sean afectadas más de 400 m de tubería principal.



- ◆ En ramales pequeños deben proveerse con dos válvulas en cada esquina de manera que solo estén dos cuadras fuera de servicio al mismo tiempo.
- ◆ Para válvulas de un tamaño de 12 pulgadas o mayor, deben colocarse en tanquillas cubiertas adecuadamente y protegidas contra el tráfico y aguas superficiales. [6]

2.11.3.1.2. Válvulas que se Emplean en los Sistemas de Abastecimiento.

En los puntos siguientes se destacan las características generales de algunas válvulas que se utilizan en los sistemas de abastecimiento de agua:

- ◆ **Válvulas de Retención:** Para permitir el flujo en la tubería sólo en un sentido.
- ◆ **Válvula de Paso:** Para obstruir en un momento dado el paso del agua de un punto a otro de la tubería. Entre las más usadas para distribuciones se tienen las de doble disco.
- ◆ **Válvulas de Altitud:** Estas válvulas son utilizadas para evitar el rebose de tanques cuando existen otros en el sistema a mayor elevación [18].
- ◆ **Válvulas de Admisión y Expulsión de Aire:** Estos dispositivos se conocen también con el nombre de ventosa, y se colocan en determinados sectores de la tubería para permitir la entrada o la salida del aire, cuando así se requiera durante diferentes fases de operación del sistema. Las válvulas de admisión de aire generalmente se instalan en puntos altos de la conducción, bien sea, para mantener las presiones que se puedan generar por encima de cierto valor



compatible con la resistencia estructural de la tubería, o para acelerar su vaciado, cuando sea necesario por razones de mantenimiento.[17] En tuberías de distribución (hasta Φ 14” o 350 mm inclusive) se admiten tomas de servicio en el punto alto para servir de ventosa. En tuberías de 12” o mayores y que no tengan tomas de servicio, así como en tuberías matrices deberán preverse ventosas automáticas o manuales en todo los puntos altos, así como próximo a las llaves maestras (del lado aguas abajo) [18].en este sentido a continuación se presenta la tabla 2.9 en la que se establecen los diámetros de las ventosas según el diámetro nominal de la tubería.

Tabla 2.9. Diámetro de la Ventosa Correspondiente al Diámetro de la Tubería. [15]

Diámetro Nominal de la Tubería		Diámetro Nominal Ventosa Manual		Diámetro Nominal Ventosa Automática	
mm	Pulgadas	mm	Pulgada	mm	Pulgadas
300	12	100	4	19-1	$\frac{3}{4}$
350	14	100	4	19-1	$\frac{3}{4}$
400	16	150	6	25	1
450	18	150	6	25	1
500	20	150	6	50	2
600	24	200	8	50	2
750	30	200	8	50	2

💧 **Purgas o Válvulas de Limpieza:** En tuberías de ϕ 12” (ϕ 300mm) o mayores deben preverse purgas en los puntos bajos de la línea ya que existirá la tendencia a la acumulación de sedimentos, en los cuales estas válvulas permitirán la limpieza periódica de los tramos de tubería (Ver tabla 2.10.). En los ramales de tuberías en bajada, que no estén mallados, debe instalarse un hidrante de poste adecuado, que servirán de purga. [18]



Tabla 2.10. Diámetro de la Purga Correspondiente al Diámetro de la Tubería. [15]

Diámetro Nominal Tubería		Diámetro Nominal Purga	
mm	Pulgadas	mm	Pulgadas
300	12	150	6
350	14	150	6
400	16	150	6
450	18	150	6
500	20	200	8
600	24	200	8
750	30	250	10

💧 **Válvulas Reductoras de Presión y Válvulas Reguladoras de Presión:** En el diseño de abastecimiento de agua, las válvulas automáticas de alivio, tienen la función de proteger a las tuberías de sobrepresiones. Estas válvulas pueden ser de dos tipos:

1. **Válvulas Reductoras de Presión:** Que producen en su interior una carga de pérdida constante, cualquiera que sea la presión de entrada y el gasto, estas pueden ser instaladas sin mayor conveniente en líneas de aducción ya que no hay requerimientos de mantener presiones limitadas por razones de servicio, como lo sería en tuberías de distribución.
2. **Válvulas Reguladoras de Presión:** Se usan para mantener una presión constante en la descarga, aunque en la entrada varía el flujo o la presión.



Estas válvulas son más útiles en las redes de distribución que en la línea de aducción. [19].

2.11.3.2. Hidrantes.

Los tipos permisibles tendrán un barril o cuerpo cilíndrico y serán construidos de tal manera que en caso de romperse el barril, la válvula del hidrante permanezca cerrada. El espaciamiento de los hidrantes en los sectores comerciales e industriales es de 100 metros; en los sectores residenciales la distancia máxima permisible es de 200 metros.

2.11.3.3. Tanquillas Rompe Carga.

Estructuras empleadas para la disipación de la carga de energía que puede tener el flujo por diferencias de elevación en su recorrido, generalmente se ubican entre tomas y las obras de tratamiento, así impiden posibles daños estructurales en otros elementos del sistema por exceso de presión. [8]

2.12. DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.

Para el diseño de las redes de distribución es imprescindible haber definido la fuente de abastecimiento y la ubicación tentativa del tanque de almacenamiento.

El análisis de la red debe contemplar las condiciones más desfavorables, lo cual hace pensar en la aplicación de factores para las condiciones de caudal máximo horarios y la estimación de la demanda de incendio.



Las presiones en la red deben satisfacer ciertas condiciones mínimas y máximas para las diferentes situaciones de análisis que puedan ocurrir; esto obliga en muchos casos (ciudades con topografía muy irregular) a separar redes mediante estanques, válvulas reductoras de presión o tanquillas rompe carga, a fin de mantener estas presiones dentro de los valores máximos tolerables en la red de distribución.

Diversos métodos se han seguido para determinar los gastos por cada nodo de una red, entre los cuales los más generalizados son los siguientes:

◆ **Método de las Áreas:** Se trata de determinar el gasto o consumo medio para toda la zona a proyectar y los áreas de influencia de cada nodo con su peso respectiva, a fin de definir una demanda unitaria. Se entiende por peso de un nodo a rata de ocupación del nodo o de desarrollo en el período de diseño. Se enumeran los nodos que configuran la malla y se determinan las áreas de influencia de cada uno, trazando las mediatrices de los tramos. Se procura tener áreas de figuras geométricas conocidas o en caso contrario debe disponerse de planímetros para su medición.

◆ **Método de Repartición Media:** Este método muy generalizado, para la concentración de los gastos en los nodos, es mediante la repartición del gasto por mitad a ambos extremos de cada tramo. Para ello, una vez que se ha definido la malla y se han determinado los gastos medios de consumo en cada tramo de todo el sistema (tubería principal, secundaria y ramales abiertos), se asignan los gastos de las tuberías secundarias y ramales ciegos a las tuberías principales, de acuerdo a una distribución lógica. Asignando a cada tramo de la tubería principal (la malla) el gasto correspondiente, se multiplica por el factor de diseño (K_2 y K_3 , etc.) y se reparten dichos gastos por mitad de cada nodo que constituye el tramo.



En caso de mallas cerradas, el equilibrio hidráulico de la red puede hacerse por cualquier método que permite el cierre o diferencia de presiones entre la entrada y la salida a menor de un metro. Los métodos tradicionales de cálculo son: Hardy-Cross y longitudes equivalentes. También se pueden usar programas de computación como: El Acueducto, Kypipe, Watercad, Espanet y Cybernet. [8]

2.12.1 Velocidades en las tuberías de la Red de Distribución.

Según las “Normas Para el Diseño y Construcción de acueductos para Pequeñas Poblaciones” [20] la velocidad en las tuberías no debe sobrepasar los límites fijados por la tabla 2.11 cuando se estudian máximo horarios, ni de 2 m/s cuando se verifica por incendio.

Tabla 2.11 Velocidades Máximas Según el Diámetro de la Tubería. [20]

(") (Pulgadas)	Velocidad (m/s)	Gasto Máximo
2	0.70	1.40
3	0.70	3.20
4	0.75	5.89
6	0.80	14.14
8	0.90	28.27
10	1.00	49.09
12	1.10	77.75

2.12.2 Consideraciones Complementarias de Orden Práctico para el Diseño de las Redes de Distribución: [10]

- 💧 **Tapones:** En ramales ciegos, en cuya extremidad se coloque un tapón, existirá una presión hidráulica que generará una fuerza aplicada



perpendicularmente a la sección transversal de la tubería; la magnitud de dicha fuerza dependerá por tanto de la presión en el punto y del área de dicha sección.

💧 **Codos:** En los cambios de dirección, codos, la fuerza va dirigida en la dirección de la bisectriz del ángulo y tiende a empujar el codo hacia afuera, estando la magnitud de esta fuerza representada por la expresión:

$$f = 2 * P \text{sen} \frac{\alpha}{2} \quad (2.23)$$

Donde:

f = Fuerza Actuante en el codo (Kg/cm²)

P = Presión (Kg/cm²)

α = Angulo de inclinación en grados.

La figura 2.2, muestra las condiciones de esta situación. Generalmente los codos que se obtienen de los fabricantes son de 90°, 45°(1/8), 22°30'(1/16), 1°15'(1/32).

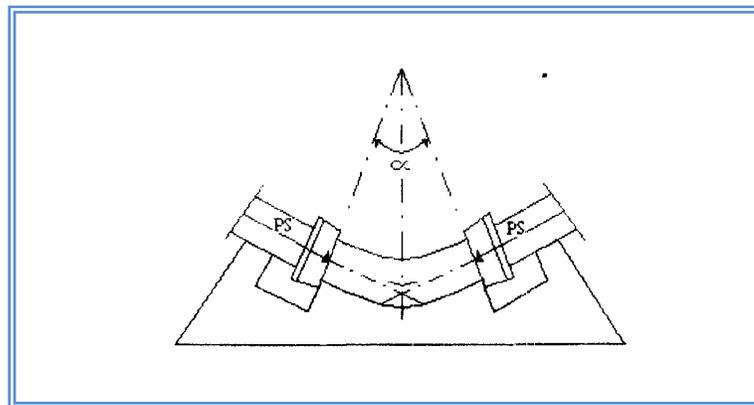


Figura 2.5 Anclaje de Codo



◆ **Reducciones:** Cuando se producen cambios de diámetros en una red de distribución y se hace por tanto necesario su unión mediante conos de reducción, la fuerza actuante en el sentido del diámetro menor tiende a empujarlo en esa dirección (figura 2.3), la magnitud de dicha fuerza puede calcularse como:

$$f = \frac{F}{2 * \text{sen} \frac{\alpha}{2}} \quad (2.24)$$

Donde:

f = Fuerza Actuante en el codo (Kg/cm^2)

F = Fuerza de empuje del agua (Kg/cm^2)

α = Angulo de inclinación en grados.

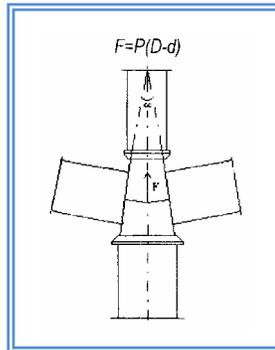


Figura 2.6 Reducción con Anclaje

◆ **Tees:** En redes de distribución es frecuente la utilización de piezas de conexión en forma de ‘T’; en tales casos la fuerza actuante viene dada por la expresión

$$F = P \times D \quad (2.25)$$

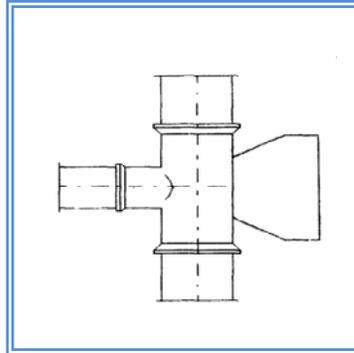


Figura 2.7 Dirección de la Fuerza Actuante Sobre el Anclaje.

◆ **Conexiones Domiciliarias:** Las tomas o conexiones domiciliarias hechas en la red de distribución para servir a las edificaciones serán individuales; al respecto las Normas Sanitarias vigentes establecen lo siguiente:

Para cada parcela se instalará una toma particular. Dicha toma se hará con tubería de cobre aprobado por la autoridad sanitaria competente, y de 19 mm (3/4" de diámetro como mínimo). Estas tomas se instalarán en la tubería de distribución mediante las piezas de conexión correspondientes (corporation cock). El diámetro mínimo de 19 mm será para viviendas unifamiliares, para otros tipos de edificaciones se instalarán tomas particulares de mayor diámetro, de acuerdo con el consumo de agua según se indica en la tabla 2.12.



Tabla 2.12 Diámetros Mínimos de las Tomas Particulares de Acueducto con las Dotaciones Asignadas a las Parcelas en Litros por Día. [8]

Dotación asignada a la Parcela o lote en litros por día.				Diámetros Mínimo de la Toma Particular	
				mm	Pulg.
	Hasta	-	3.500	19.1	¾”
De	3.501	-	8.000	25.4	1”
“	8.001	-	17.000	31.8	1 ¼”
“	17.001	-	30.000	38.1	1 ½”
“	30.001	-	50.000	50.8	2”
“	50.001	-	80.000	63.5	2 ½”
“	80.001	-	100.000	76.2	3”
“	100.001	-	200.000	101.6	4”

💧 **Diagrama de Conexiones:** En la preparación del proyecto se incluyen todos los accesorios que permiten configurar la red; así se tienen: cruces, tees, codos, tapones, etc. para lo cual resulta conveniente hacer un diagrama de cada nodo, como los que ilustran en la figura 2.8.

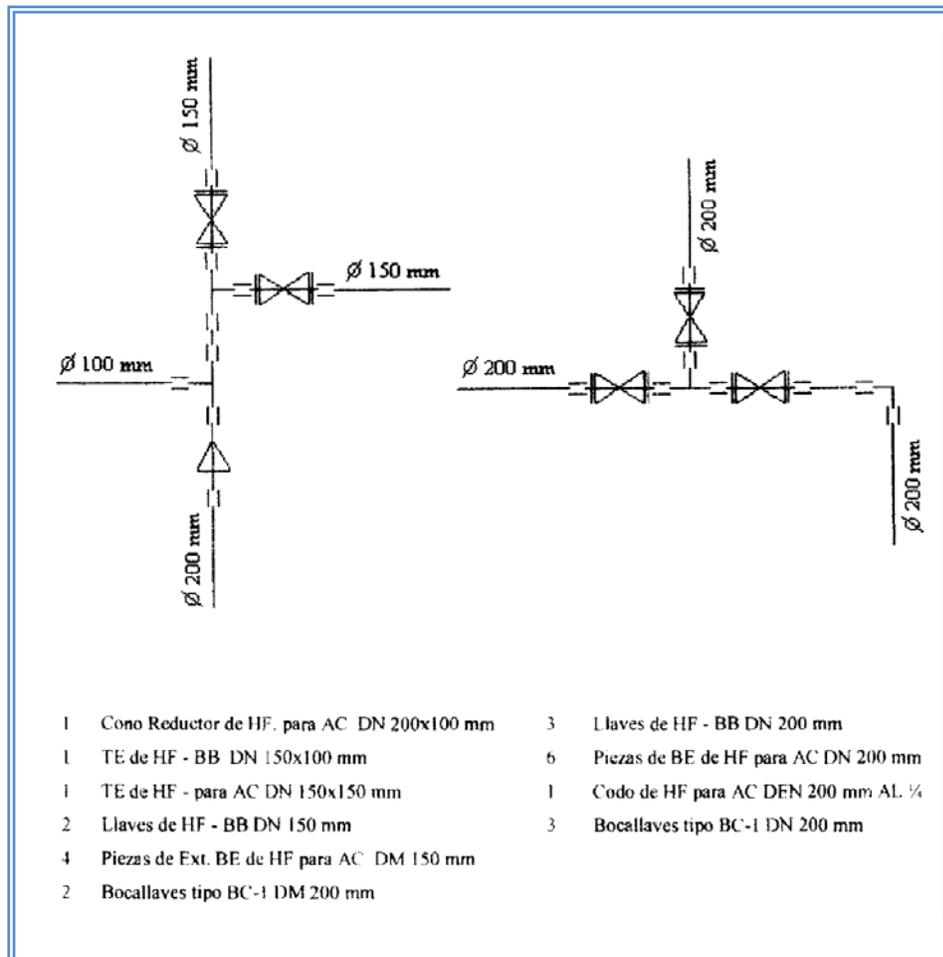


Figura 2.8 Diagrama de Conexiones [10].

💧 **Anclajes:** Dado que la magnitud de las presiones en la red de distribución es relativamente baja, los anclajes no revisten la importancia que se señalan para las líneas de aducción, por lo cual ellos no precisan de cálculos individuales y pueden normalizarse adoptando los anclajes que se indican en las tablas 2.13 (OSERS. 1987) las cuales corresponden a normas INOS [6].



Tabla 2.13. Anclajes para Tees, Codos y Tapones [6].

PLANTA	SECCION O VISTA	CODOS A 90°										
		TEES (Segun Ø de salida)										
		Ø	MM	150	200	250	300	350	400	450	500	600
		Ø	Pulg.	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"
		E	Cm	30	30	30	30	30	30	40	50	50
		L	Cm	45	60	75	85	105	125	135	135	175
		A	Cm	30	40	50	60	70	70	85	100	110
		C	Cm	25	35	45	55	75	90	95	110	125
		CODOS A 45°										
		Ø	MM	150	200	250	300	350	400	450	500	600
		Ø	Pulg.	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"
		E	Cm	15	15	15	15	20	20	25	25	40
		L	Cm	30	40	50	60	70	85	100	115	140
		A	Cm	30	35	40	45	50	55	65	70	80
		C	Cm	25	35	40	50	55	65	70	80	90
<p>COLOQUESE UNA LAMINA DE HIERRO # 16 DETRAS DEL TAPON MACHO</p> <p>TAPON MACHO</p>	<p>VISTA DEL TAPON</p>	TAPONES										
		Ø	MM	150	200	250	300	350	400	450	500	600
		Ø	Pulg.	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"
		E	Cm	15	15	15	15	20	25	30	35	45
		A	Cm	30	40	50	60	70	80	90	100	120

2.12.3 Presiones y Diámetros Normalizados.

Las normas sanitarias establecen los siguientes parámetros, en cuanto a presiones y diámetros:



💧 **Presiones:** Las redes de distribución tienen limitaciones en cuanto a presiones de servicio, estableciéndose un valor de presión mínima de acuerdo a la importancia y desarrollo de la ciudad, y a una presión máxima la cual esta limitada por razones de utilización en las viviendas. Las presiones mínimas según las Normas INOS 1965 son las que se muestran en la tabla 2.14 [6].

Tabla 2.14 Presiones Mínimas en la tubería de la Red. [6]

a) Durante Incendios		
Uso	Disposición Final	Presión Mínima
Núcleos Urbanos	Carros-Bomba	14 m
Ciudad Sector Comercial e Industrial	Sin Carro-Bomba	42 m
Ciudades Sector Residencial	Sin Carro-Bomba	35 m
Población Rural	Sin Carro-Bomba	10 m
b) Durante Consumo Máximos		
Uso	Presión Mínima	
Barrios Surtidos con Plumas Públicas	5 m	
Barrios de Segunda Categoría	15 m	
Áreas Residenciales con Edificaciones hasta 3 pisos	25 m	
Áreas con Edificios de 4 a 6 Pisos	35 m	
En zonas Comerciales e Industriales Exclusivamente:		
Para Ciudades hasta 15000 hab.	25 m	
Para Ciudades de 15000 a 50000 hab.	35 m	
Para Ciudades de más de 50000 hab.	50 m	

Por otra parte las normas INOS recomiendan que la presión estática máxima permisible en las tuberías de distribución sea de 70 m.; en zonas



rurales con población hasta de 5000 habitantes Rivas Mijares (1983 Pág. 368) recomienda presión mínima 10 m y máxima 40 m.

💧 **Diámetros:** En redes de distribución de los sistemas de abastecimientos de agua de zonas rurales (<5000 hab) las Normas de MSAS recomiendan:

Art. 76: El diámetro mínimo a usarse en redes de distribución es de 3". Y casos especiales para tuberías de relleno y ramales de poca importancia pueden usarse diámetros de 2".

En sistemas urbanos, el diámetro mínimo aconsejable es de 4", exigiéndose un mínimo de 6" cuando el tramo sirva a un hidrante. En zonas de alta densidad es conveniente no usar diámetros menores de 8". [8]

2.13. INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS PRELIMINARES.

Cuando se ha de diseñar un sistema de abastecimiento de agua, es necesario proceder con una investigación, en sitio, de todas las condiciones que pueda significar aporte de datos para un diseño equilibrado, suficientemente económico y capaz de llenar las necesidades bases de la obra que se desea construir. Estas investigaciones previas en sitio se pueden agrupar dentro de los apartados siguientes:

2.13.1. Estudios Demográficos.

Es un censo para determinar la población actual y su distribución. Los puntos más importantes son: densidades, categoría destino para cada manzana, con el objeto de poder clasificar posteriormente la zona edificada en consideración, ya que esa característica definirán las dotaciones de agua necesarias.



2.13.2. Estudios Topográficos.

Una vez reconocida el área perimetral de la población de diseño y preseleccionada las fuentes de abastecimiento probables, sitios convenientes para tanques de almacenamiento, planta de tratamiento (en casos de requerirse) y lugar para descarga de las aguas negras, se procederá a efectuar los levantamientos topográficos de conjunto plani-altimétricos, con enlaces poligonales y los de relleno para detalles. Básicamente, estos levantamientos deben dar una perfecta idea de conjunto y tener detalles suficientes para una ejecución posterior bien ubicada y deberán referirse a los puntos más cercanos de Cartografía Nacional.

En los datos de investigación de obras existentes deben incluirse datos topográficos que puedan privar en el diseño; cursos de aguas existentes y su recorrido urbano; tuberías y colectores enterrados; puentes y alcantarillas; líneas de ferrocarriles; zonas de aeropuertos, etc.

2.13.3. Estudios Sanitarios de la Hoya y Calidad del Agua.

Debe llevarse a cabo un reconocimiento sanitario del lugar, con inclusión de las hoyas hidrográficas de los cursos de agua incluidos entre los preseleccionados para abastecer la población y para recibir descargas cloacales.

Este reconocimiento comprende: tipo de disposición de excretas, sistemas de aguas cloacales, que descargan en la hoya, localizando las aldeas ribereñas con su número de habitantes. Si las aguas tienen o no, tratamiento y su alcance. Población de animales. Presencia de industrias que puedan contaminar el agua, indicando sus distancias del sitio elegible como lugar de captación.



2.13.4. Estudios Hidrológicos.

Este debe comprender un estudio de caudales máximos y mínimos de los cursos antes mencionados. Recopilación de aforos, si existen, o determinaciones de gasto mínimo en las épocas de sequías; oxígeno disuelto; constante de reaeración y desoxigenación. Esto, unido a las informaciones de los lugareños, mostrarán la posibilidad de ser suficiente para las demandas de consumo, o capaces de soportar las demandas bioquímicas de oxígeno de las aguas usadas. Si puede o no ser regulado para satisfacer los requerimientos de consumo. En este último caso, podrá ser necesario adicionar un levantamiento topográfico del posible vaso de agua del embalse y del sitio mismo donde ha de colocarse la presa. De la extensión superficial de la hoya; datos de materiales en sitio que puedan utilizarse en esas obras, hojas pluviográficas, en caso de existir estaciones hidrológicas cercanas, datos de evaporación, temperatura, humedad relativa del aire, velocidad y dirección de los vientos, etc. En caso contrario, será conveniente determinar algunos valores guías para comparaciones posteriores con sitios cercanos ya estudiados. En los ríos es muy importante incluir perfiles transversales en los sitios de captación de agua y descargas cloacales. En los lagos: profundidad y corrientes, oleajes, etc. Las aguas subterráneas, en caso de requerirse como fuentes deben también ser investigadas en relación a su calidad y cantidad. Si hay pozos, determinarles: diámetro, caudal, niveles estáticos y de bombeo, pendiente de la mesa alimentadora, peligros inmediatos de Contaminación de esas aguas, llevando a cabo un estudio geológico complementario de las formaciones adyacentes: tipo de formación, fallas, etc.

2.13.5. Estudios Geológicos.

Estos estudios comprenderán básicamente: prueba para fundaciones de estructuras pesadas: diques, plantas de tratamientos, tanque de almacenamiento. Geología de las cuencas de embalse. Situación y clases de canteras, minas de arena



y arcilla. Deben tomarse, de los últimos, muestras para fijar posteriormente la calidad de los materiales. Geología de las capas superficiales mediante excavaciones, con objeto de estimar costos de excavaciones, de perforaciones, etc.

2.13.6. Estudios Misceláneos.

Esto comprende la recolección de datos complementarios a los ya obtenidos en las investigaciones de cada uno de los apartados ya considerados. Estos datos comprenderán esencialmente:

- ◆ **Climatología:** Su influencia en los consumos de agua del lugar: temperatura, humedad relativa del aire, influencia de vientos, fertilidad de la zona.
- ◆ **Economía:** Posibilidades de desarrollo por influencias no ocurridas hasta el momento de estos estudios: nuevas vías de comunicación, productividad mineral, establecimiento del sistema de abastecimiento de agua y redes cloacales.
- ◆ **Corrientes Migratorias:** Estadísticas sobre emigración e inmigración en la región y sus influencias sobre la población futura.
- ◆ **Estadísticas Vitales:** Índice de mortalidad y nacimientos.
- ◆ **Condiciones de Transporte y Costo de Vida:** Estos datos serán de gran utilidad en la elaboración posterior de presupuesto y planes de ejecución de las obras.



2.13.7 Estudio de Obras Existentes y Servicios Públicos.

En aquellos sitios donde existe un sistema de abastecimiento o de alcantarillado se deberán investigar todas sus características y aun su funcionamiento. Esos datos podrán determinar si pueden aprovecharse en su totalidad o parcialmente esas obras.

Deberán determinarse mediante sondeo las profundidades, diámetros, tipo y condiciones actuales de las tuberías y colectores. Definir mediante mediciones las características de las obras de tomas y definir las capacidades de los tanques de almacenamiento, con las situaciones y condiciones actuales de las estructuras. Líneas de aducción y su perfil longitudinal. Redes de cloacas y sus pendientes y diámetros.

Por último, tratar de determinar los consumos medios diarios y sus máximos horarios, y las variaciones anuales con relación al medio diario. Si las aguas se utilizan para riego y en que porcentaje y condiciones. Deberán a su vez, tomarse en cuenta las características de todos los otros servicios públicos existentes o de inmediata realización en la zona, que puedan inferir en el diseño del proyecto o en la ejecución del mismo. [9]

2.14. SOFTWARE WATERCAD VERSION 4.5.

Es un Software fácil de manejar que forma parte de una amplia gama de programas que la casa Haestad Methods de los Estados Unidos, ha desarrollado para el Ingeniero Civil.

Este programa se basa en simulaciones hidráulicas que sirve como herramienta tanto para el análisis como en el diseño de sistema de distribución de agua potable. Dentro de las capacidades de análisis del programa se encuentran: las simulaciones hidráulicas que se pueden utilizar en estado estable, es decir, bajo condiciones de



flujo uniformes permanentes o bajo la figura de periodos de tiempo extendido. Se pueden hacer estudios de sustancias conservativas y no conservativas, determina los tiempos de retención y las edades del agua en cada uno de los puntos de la red de distribución. También este programa permite modelar varios de los componentes hidráulicos típicos de las redes de distribución, tales como: válvulas reguladoras, estaciones de bombeo, y controles automatizados sensibles a la presión o al caudal. Así mismo es posible manejar y simular diferentes escenarios a fin de evaluar el comportamiento del sistema de distribución que se este diseñando frente a demandas diferentes a las escogidas inicialmente, a calidades de agua y a condiciones de emergencia, tales como: incendios y racionamientos, los cuales implican condiciones de operación muy variables. Permite calcular las pérdidas por fricción mediante las dos principales metodologías de hidráulica de tuberías: Hazen-Williams y Darcy-Weisbach en conjunto con la ecuación de Colebrook-White; además el WaterCAD permite el empleo de la ecuación de Manning.

WaterCAD se distingue por la alta calidad de la interfaz gráfica, la cual puede usarse en dos modalidades:

- ◆ **“Stand-Alone” (autosuficiente):** Esta modalidad tiene la ventaja de presentar interacciones más rápidas y dinámicas, en virtud de que el ambiente de edición es un editor de redes exclusivo.
- ◆ **AutoCAD:** Puede crear y modelar la red directamente desde su ambiente primario de dibujo, permitiendo el acceso a todas las poderosas herramientas de dibujo y presentación que posee AutoCAD., mientras WaterCAD realiza las tareas modeladas como la corrección, resolución, y manejo de datos. Esta relación entre WaterCAD y AutoCAD hace posible una cartografía sumamente detallada y exacta del modelo, y proporciona la amplia gama de salida de presentaciones disponibles en AutoCAD.



El estilo *Drag and Drop* de las aplicaciones CAD, permite realizar de manera sencilla e intuitiva la entrada de datos, cambios en la red y la visualización de los resultados. Una vez que se realiza la simulación del comportamiento de la red, el programa ofrece la posibilidad de visualizar por pantalla, con una alta calidad gráfica, los resultados obtenidos, pudiendo generarse códigos de colores para el análisis de los resultados y mapas de superficie y de contorno para todas las variables de interés.

El acceso al Software WaterCAD, se puede realizar de dos maneras, mediante el icono  ubicado en el escritorio de Windows o a través de la ruta: Menú inicio/programas/Haestad Methodes/WaterCAD, tomando en cuenta que dicho acceso será en modo Stand-Alone. Una vez ejecutado, aparecerá en pantalla la imagen de la figura 2.9, indicando el cargado del programa, para luego mostrar la interfaz de trabajo.

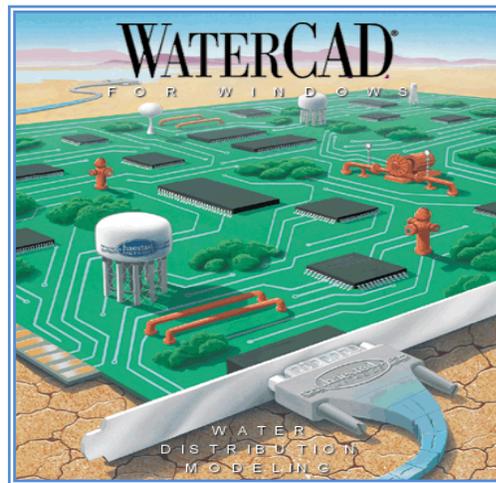


Figura 2.9 Ventana de Inicio.



CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO.

3.1. GENERALIDADES.

A continuación se describirá el funcionamiento del sistema de abastecimiento actual de los sectores en estudios, los cuales fueron obtenidos en la fase previa al trabajo de investigación y los que surgieron a lo largo de los trabajos de campo realizados.

3.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA EXISTENTE.

El sistema existente esta compuesto por de los elementos que se describen a continuación:

3.2.1. Fuente de Abastecimiento.

La fuente de agua del sistema es el río Neverí, dichas aguas son reguladas en la represa Turimiquire (el cual abastece también a Cumana, Araya, Coche y Margarita), vuelve al cauce natural del río hasta llegar a un dique conocido como La Toma (figura 3.1), ubicado en la zona Caratal, donde una parte es captada y transportada a través de un canal de concreto con una capacidad de diseño de 4 m³/seg, el cual conduce el agua cruda que alimenta a la Estación de Bombeo Curaguaro. Este canal presenta las siguientes características:

- 💧 Caudal: 4500 L/s.
- 💧 Longitud: 18 Kilómetros.
- 💧 Profundidad: 1.5 metros.



- ◆ Ancho: 3.2 metros aproximadamente.
- ◆ Posee 5 compuertas para descarga de aguas y sedimentos ubicadas a lo largo de su trayectoria. Estas son:
 1. Descargas dobles km. 1.
 2. Descarga El Salto (km. 7).
 3. Descarga Los Mangos.
 4. Descarga El Eneal.



Figura 3.1 Toma de la Zona de Caratal

Es importante destacar que en la trayectoria del Canal de Caratal (figura 3.2) están dispuestos diversos tipos de estructuras, tales como tramos elevados, sifones, rejillas para retención de sólidos, drenajes de sifones, etc.



Figura 3.2 Canal de Caratal.

3.2.2. Estación de Bombeo.

Para incorporar el agua cruda conducida por el canal de concreto, a la Estación de Bombeo Curaguaro (Cota 12 m.s.n.m), existe una toma lateral ubicada a 11 km. Del dique de Caratal, diseñada para captar 4700 L/s de agua. Esta toma lateral es conocida como “La Captación” y consiste en la derivación de un cierto caudal hacia la Estación Curaguaro, por medio de una tubería de acero de calidad metalúrgica API 5L grado B de 1524 mm (60”) de diámetro y 9 mm de espesor (figura 3.3), la cual posee una longitud de 242 m., iniciándose en la tanquilla receptora de la toma sobre el canal y finalizando en su conexión con una válvula mariposa en la entrada del manifold de succión. Es importante acotar que la presión del agua que circula a través de ésta tubería es de 75 PSI.

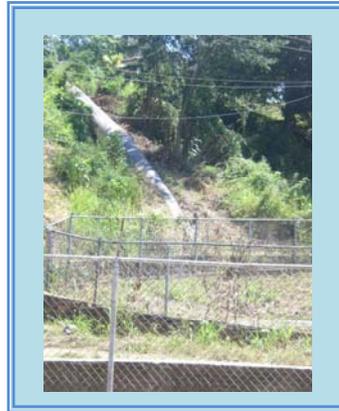


Figura 3.3 Succión de la Estación de Bombeo Curaguaro.

La Estación de Bombeo está dotada de un múltiple de entrada, conocido también como múltiple de succión, que permite suministrar simultáneamente agua cruda a todas las unidades de bombeo que se encuentran en el patio de Bombas de la Estación (figura 3.4), es importante resaltar que actualmente se cuenta con tres líneas de bombeo de agua cruda conectadas en paralelo (el tercer equipo se mantiene como equipo de reserva para poder efectuar maniobras de mantenimiento en algunas de las dos líneas que lo amerite), las cuales son capaces de suministrar individualmente 1700 L/s.; el sistema está dispuesto de esta manera con la finalidad de aumentar el caudal para suministrar a la planta potabilizadora y a su vez abastecer del vital líquido a la zona norte del estado, el flujo de salida es regulado aproximadamente a 3000 L/s. con una presión de 180 PSI.



Figura 3.4 Bombas de la Estación de Bombeo Curaguaro.



Una vez que el agua es impulsada por las bombas centrífugas, llega a un múltiple de salida, conocido como también como múltiple de impulsión, donde convergen todas las tuberías de salida de los grupos de bombeo. Del múltiple de Impulsión de la E/B Curaguaro sale la tubería que conduce el agua hasta La Planta de Tratamiento El Rincón, esta tubería es de acero de calidad metalúrgica API 5L grado B, de 1.524 mm (60”) de diámetro y 10 mm de espesor, con una longitud aproximada de 5.380 m (figura 3.5).



Figura 3.5 Tubería de Impulsión de la Estación de Bombeo Curaguaro.

El agua que fluye de la E/B llega a la Planta de Tratamiento el Rincón, donde se potabiliza por medio de procesos químicos, a su vez es monitoreada y examinada para luego ser distribuida.

3.2.3. Línea de Aducción Curaguaro- Planta El Rincón.

Esta línea de aducción posee una longitud de (5.863,47 m.) dicha longitud total no incluye la longitud equivalente por codos que es de 465.00 m, lo que nos daría un total de 6.328,47 m de tubería. A lo largo de la tubería se encuentran ubicadas (07) descargas y 22 ventosas. La tubería de impulsión entre la Estación de bombeo y la Planta el Rincón se encuentra enterrado en casi todo el tendido.



3.1.3. Sistema de Potabilización.

La potabilización de las aguas derivadas del Canal de Caratal se realiza en la Planta de Tratamiento El Rincón, la cual es alimentada por una tubería de acero de 1524 mm (60") de diámetro y 10 mm de espesor proveniente de la Estación de Bombeo Curaguaro. Ésta planta fue diseñada para demandar hasta 5000 L/s y actualmente impulsa un caudal medio de 1650 L/s y una caudal máximo de 3200 L/s surtiendo de agua potable a la zona alta de Puerto la Cruz, Fundación Mendoza, Tronconal y Lechería.

Esta planta recibe aguas tipo 1B que son tratadas por medio de los cinco tratamientos convencionales respectivos como son coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección con la aplicación de cloro gaseoso.

3.1.4. Almacenamiento.

Dentro de la Planta de Tratamiento El Rincón existe un tanque de almacenamiento de concreto (figura 3.6), el cual cumple con la función de mantener la presión y compensar las fluctuaciones horarias en la red de distribución.



Figura 3.6 Tanque de Almacenamiento de la Planta El Rincón.



3.1.5. Tubería de Aducción.

La línea de aducción que sale de la Planta de Tratamiento El Rincón que dirige el agua potable hacia los sectores esta conformada por una serie de tuberías de acero que poseen los siguientes cambios de diámetros 1524 mm (60”) después 1372 mm (54”) seguidamente 914 mm (36”) y luego 406 mm (16”) 305 mm (12”) las cuales tienen en funcionamiento más de 50 años y una tuberías de 152 mm (6”) de PVC con 32 años aproximadamente; estas tuberías a lo largo de su trayecto poseen varias tomas ilegales.

3.1.6. Tuberías Matrices y Red de Distribución de los Sectores.

El sistema de abastecimiento de agua potable de los sectores Barrio Polar - Hueco Dulce, El Eneal I y II, El Mirador, La Islita y La Ceibita; abarca actualmente un área aproximada de 410.92 Ha con una población de 5256 habitantes (Densidad 12.79 hab./Ha).

El Río Neverí es actualmente la fuente que poseen los sectores en estudios, cuyas aguas son tratadas en diferentes zonas, una en la planta de tratamiento del Rincón mencionada anteriormente, otra en la planta de la empresa Polar y por último en la planta ubicada en el Eneal, tomando en cuenta que esta última se encuentra en un estado deplorable.

En cuanto a las tuberías de aducción del sistema existente, esta se encuentra dispuesta de la siguiente manera, un conducto que proviene de la Planta del Rincón de Hierro Fundido de 16”, de la cual a la altura de Barrio Polar se deriva otra tubería de PVC de 6”, que abastece con ciertas deficiencias a la población del Eneal I y II, El Mirador y La Islita, debido al déficit de presión causado por tomas ilegales en la tubería matriz realizadas por los habitantes de otros sectores. Vale la pena destacar



que en el sector del Mirador, la red de distribución es de PVC de 4” pero no se encuentra en funcionamiento.

El sector Barrio Polar – Hueco Dulce, se abastece provisionalmente de agua potable mediante una tubería de 4” de PVC suministrada por la empresa polar, tomando en cuenta que parte de los habitantes de dicho sector no gozan de este vital líquido, debido a que los mismos no cuentan con una red de distribución.

En cambio, la Ceibita y parte del Eneal I se abastecen de agua mediante una tubería de HG de 4” que proviene de la pequeña planta de tratamiento El Eneal, situada en el Pantalón, exactamente en el primer sector antes citado. Esta planta también abastece al Estanque ubicado en el sector las viviendas mediante una red, que presenta las mismas condiciones de la tubería previamente mencionada.

El agua potable que resulta de la planta antes mencionada es de poca calidad, puesto que la misma no posee las condiciones ni los reactivos necesarios para el tratamiento adecuado de este vital líquido, según normas vigentes. Actualmente existe un proyecto a cargo de PDVSA para el rediseño de dicha planta, el cual se está tramitando para ser ejecutado.

También es fundamental mencionar que algunas tuberías de las redes existentes en ciertos sectores, se encuentran en condiciones inadecuadas, bien sea por la falta de mantenimiento o porque ya cumplieron con su vida útil, lo cual contribuye en gran parte a la deficiencia del sistema de abastecimiento de agua potable.

Todas estas irregularidades han impulsado a que gran parte de la población, realice conexiones ilegales en la tubería de HF de 54” que transporta agua cruda proveniente del Canal de Caratal, la cual se dirige hacia la Planta de Tratamiento José Antonio Anzoátegui, causando así la proliferación de ciertas enfermedades dérmicas,



gastrointestinales, entre otras; debido a que las condiciones de este recurso no son aptas para el consumo humano.



CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO Y CÁLCULOS

4.1. GENERALIDADES.

En el presente capítulo se describe el procedimiento que se utilizó tanto en la etapa previa como para el análisis y diseño del sistema de abastecimiento de agua potable de las poblaciones Barrio Polar - Hueco Dulce, El Eneal I y II, El Mirador, La Islita y La Ceibita; que son fundamentales para que cada uno de los componentes del sistema estén adecuadamente diseñados; para esto se obtuvo la demanda de agua de los sectores, proyectando la población actual para un periodo de 30 años.

Se recopiló toda la información valiosa de la zona estudiada, buscando asesoría de expertos en el tema, solicitando reuniones con el personal de Hidrocaribe Anzoátegui, Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (M.A.R.N), el Instituto Nacional de Estadística (I.N.E), entre otros. También se consultaron bibliografías, normativas y trabajos de grados relacionados con el tema, con la finalidad de obtener referencias consideradas imprescindibles para el soporte técnico de este trabajo.

Es importante resaltar que los planos de detalles, cómputos métricos y presupuestos se elaboraran uno para la red matriz y otros para la distribución, debido a que en el proyecto macro, se desarrollara primero la alimentación (red matriz) de los de los cuatros sectores y luego las redes de distribución de los mismos.



4.2. ESTUDIOS PRELIMINARES.

Para la ejecución del diseño de abastecimiento fueron indispensables los siguientes cálculos:

4.2.1. Estimación de la Población Futura.

La variable demográfica es de gran importancia para poder realizar el diseño de un sistema de abastecimiento y proyectar las soluciones a futuro. Para obtener las demandas del sistema, se busco registros censales en el Instituto Nacional de Estadística (INE) y la oficina de Gestión Comunitaria de HIDROCARIBE, así como también se realizó un censo con la finalidad de obtener la población actual de la zona y corroborar la información antes mencionada.

El censo suministrado por el INE para el año 1981, fue encontrado bajo el Nomenclador del Centro del Poblado de 1982, en donde todos los Sectores poblaciones Barrio Polar - Hueco Dulce, El Eneal I y II, El Mirador, La Islita y La Ceibita, conformaban lo que para esa época se conocía como El Eneal. (Ver tabla 4.1).

Tabla 4.1. Registro Censales de la Población en Estudio en el Año 1981

Centro Poblado	Año	Numero de Habitantes	Numero de Casas
Eneal	1981	483	97

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE)



Actualmente el sector El Eneal esta constituido de la manera que se muestra en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Registro Censales de la Población en Estudio en el Año 2008

Centro Poblado	Año	Numero de Viviendas	Numero de Habitantes
Hueco Dulce	2008	175	977
El Eneal II / El Mirador	2008	400	1.796
El Eneal I	2008	203	1.205
La Islita	2008	250	1.000
La Ceibita	2008	69	252
Total	2008	1.097	5.230

Fuente: Realizado por los Autores de este Trabajo de Grado

Vale la pena destacar que dicho censo se realizó contando el número de viviendas en cada sector, multiplicando a su vez el mismo por una factor de 5, el cual representa el número de personas que habita en cada vivienda; a pesar de que el INE recomienda para el Estado Anzoátegui 4.5 hab/vivienda.

4.2.1.1. Métodos Empleados Para la Estimación de la Población Futura.

La población obtenida de los censos se proyectó para un período de diseño de 30 años a través de los siguientes métodos:

4.2.1.1.1. Método Lineal.

Para estimar el comportamiento de la población actualmente y proyectarla para el año o periodo establecido, se empleo la ecuación 2.1 y la 2.2 del capítulo 2



Muestra de cálculo (Para el año 2038):

$$K_a = (5.230 - 483) / (2008 - 1981) = 175,81$$

$$P_f = 5.230 + 175,81 * (2038 - 2008) = 10.504 \text{ Habitantes.}$$

4.2.1.1.2. Método Geométrico.

De acuerdo a las ecuaciones 2.4 y 2.5 referidas en el Capítulo 2, se calcularon los valores de la población actual y futura. Es importante aclarar, que para el cálculo de la tasa de crecimiento se tomaron en cuenta los censos suministrados por el INE de la población de Naricual (tabla 4.3), puesto que no se contó con la información requerida para la Parroquia El Carmen que es la que corresponde a los sectores de este trabajo de grado, adicionalmente este recurso es valioso debido a que la Parroquia de Naricual presenta similitudes de crecimiento y economía con el sector de estudio.

Tabla 4.3. Registro Censales de la Población de Naricual

Año	Población
1990	19.031
2001	9.786

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE)

Muestra de cálculo (Para el año 2038):

$$r = \left(\frac{19031}{9786} \right)^{\frac{1}{2001-1990}} - 1 = 0.0623$$

$$P_f = 5.230 * (1 + 0,0623)^{(2038-2008)} = 32.057 \text{ Hab.}$$



4.2.1.1.3. Método Logarítmico.

Este método no fue empleado, ya que para su aplicación se requiere como mínimo de tres censos poblacionales y para este proyecto solo se contaron con dos censos.

A continuación en la tabla 4.4 se observa para diferentes años una comparación entre los métodos utilizados, la cual sirvió como herramienta para la selección de la población correspondiente al diseño de abastecimiento.

Tabla 4.4. Tabla Resumen de la Población Futura Empleando Diferentes Métodos

Años	Población estimada para el año 2.038 (hab.)	
	M. Lineal	M. Geométrico
1988	1.714	738
1998	3.472	1.350
2008	5.230	5.230
2018	6.988	9.572
2028	8.746	17.517
2038	10.504	32.057

Fuente: Realizado por los Autores de este Trabajo de Grado

Para la población futura del año 2038 se consideró la utilización del método de crecimiento geométrico con un crecimiento uniforme de $r=6,23$ % anual en toda la comunidad, debido que este método arroja los valores más desfavorables.



4.2.2. Estimación de la Dotación.

Esta información es de gran importancia en el diseño para el logro de sistemas funcionales, dentro del lapso económicamente aconsejable. Mediante investigaciones realizadas, se ha llegado a aproximaciones que hacen cada vez más precisas las estimaciones sobre consumos de agua. Nuestras normas basadas en algunas investigaciones propias y apoyadas en las de otros países, asignan cifras para las dotaciones de agua tomando en cuenta el uso de la tierra, la zonificación, y en otros casos las características de la población, o en casos de industrias, en función del tipo y de la unidad de producción. Estas cifras nos conducen a la determinación de un gasto o consumo medio, lo cual a de constituir la base de todo diseño, requiriéndose, por lo tanto, un conocimiento de estas estimaciones.

4.2.2.1. Dotación por Habitantes.

Las Normas INOS 1965 recomiendan utilizar una dotación de 250 l/hab./día para poblaciones con un número de personas comprendido entre 20000 a 50000 habitantes y donde se desconozca el consumo requerido por los mismos; considerando lo anterior y tomando en cuenta que la población comprende un total de 32216 habitantes para el año 2038 se utilizó dicha dotación.

4.2.2.2. Dotación Institucional.

Según las Normas Sanitarias para Proyectos, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones, en su artículo 110 cita que para:

💧 Centros Asistenciales:

- Con Consultas Externas: 500 litros/ Consultorios / días.



💧 Planteles Educativos:

- Con alumnado Externo: 40 litros/ alumnos / días.
- Por Personal No Residente: 50 litros/ personas/ días.

4.3.3. Demanda Actual y Futura.

La determinación de la demanda esta basada en el caudal medio diario. Para la red de distribución se utiliza el caudal máximo horario respectivamente.

4.3.3.1. Consumo Medio Diario (Qm).

El consumo medio diario viene dado de acuerdo a la población a servir y a la dotación. Este consumo se obtiene por medio de la ecuación 2.13, señalada en el capítulo 2. Para determinar el consumo medio de la población, se tomaron los valores aportados por el método de proyección geométrico con el cual se determinó el gasto medio actual y futuro para un período de 30 años (tabla 4.5). Cabe resaltar que para el caudal de las instituciones, la dotación dependerá del tipo de la misma; es decir, para las del tipo asistencial se relaciona con la cantidad de consultorios que esta posea y para las instituciones educativas depende de la cantidad de personas que hacen viva en la misma. El caudal medio diario es el resultado de la sumatoria de los caudales institucionales y residenciales.

Muestra de Calculo (Para el año 2038):

💧 Consumo Residencial:

$$Q_m = (250 \text{ l/hab./día} * 32.057) / (86.400) = 92,76 \text{ L/s.}$$



Consumo Institucional:

- Planteles Educativos:

$$Q_m = [(((646+236) \text{ alumnos} * 40 \text{ l/alumno/día}) + ((38+14) \text{ personas} * 50 \text{ l/personas/día})) / 86.400] = 0,438 \text{ L/s}$$

- Centros Asistenciales (Barrio Adentro):

$$Q_m = [((500 \text{ l/personas/día} * 1 \text{ consultorio}) + (250 \text{ l/hab./día} * 2 \text{ hab.})) / 86.400] * 2 \text{ Barrio Adentro} = 0,024 \text{ L/s}$$

Consumo Total:

$$Q_{mTotal} = 92,76 \text{ L/s.} + 0,438 \text{ L/s} + 0,024 \text{ L/s} = 93,22 \text{ L/s}$$

Tabla 4.5. Tabla Resumen de los Caudales Medios.

Años	Población (Hab)	Consumo Medio (L/s)
2008	5.230	15,59
2038	32.057	93,22

Fuente: Realizado por los Autores de este Trabajo de Grado

4.3.3.2. Consumo Máximo Horario (Qmh).

El consumo máximo horario permitirá dar a conocer la capacidad de la red. En el capítulo 2, en la tabla 2.3, se menciona el cálculo de este caudal, así como los diferentes valores de “K”, sugeridos por diferentes autores. En este para el consumo máximo horario, se asumió un valor de $K_2=2$.



Muestra de Calculo (Para el año 2038):

$$QM\text{H}=2*93.22 \text{ L/s} = 186.43 \text{ L/s}$$

En la tabla 4.6 se reflejan los caudales máximos horarios actuales y futuros de los años 2008 y 2038 respectivamente.

Tabla 4.6. Tabla Resumen de los Caudales Máximos Horarios.

Años	Consumo Máximos Horarios (L/s)
2008	31,18
2038	186,43

Fuente: Realizado por los Autores de este Trabajo de Grado.

4.3.4. Levantamiento Topográfico.

El levantamiento topográfico, es un factor determinante a la hora de diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable, ya que permite conocer los desniveles del terreno y las cotas de los puntos de interés.

Antes de efectuar el levantamiento topográfico, es importante destacar que se realizo un análisis de la posible solución para el sistema de abastecimiento, mediante un plano suministrado por Hidrocaribe, el cual nos permitió verificar las condiciones actuales de los sectores que no se ven reflejados en el mismo, definiendo a la vez los puntos estratégicos para realizar la toma de cotas con el equipo necesario. Tomando en cuenta que gran parte del recorrido para la obtención de dichos puntos, se realizo considerando la ubicación de las tuberías existentes, cuya información fue suministrada por algunos habitantes de estos sectores.



Este levantamiento fue efectuado por medio del equipo de Sistema de Posicionamiento Global (GPS. Marca Gamin, Modelo E3 Vista. Apreciación ± 1 m).

Una vez finalizada esta actividad de campo, la información obtenida se procesa en el computador a través del programa MapSource, complementándose con el plano antes mencionado, en el cual se visualizan pocas diferencias entre los datos recolectados y las curvas de nivel previstas, por lo que para tales casos, se realizaron una serie de ajustes con la ayuda de las curvas de niveles, obteniendo de esta manera la verdadera cota.

4.4. DISEÑO DE RED MATRIZ Y DE DISTRIBUCIÓN.

Para este ítem se establecieron los siguientes parámetros:

4.4.1. Consideraciones del Diseño.

En el diseño se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se seleccionó para el cálculo del consumo medio, la población obtenida mediante el método geométrico por ser el más desfavorable y el que mejor se asemejaba a las características de crecimiento de la población rural para un periodo de 30 años.
- La red matriz y de distribución se diseño para la hora de máximo consumo diario.
- Los diámetros definidos para el sistema, se obtuvieron mediante diversas simulaciones realizadas con el software WaterCARD, partiendo de los diámetros que existen actualmente en los sectores, los cuales fueron aumentados progresivamente hasta lograr que el sistema integral presentara las mejores condiciones de diseño que fuesen económicamente viable.



- ◆ La mayoría de los tramos de las tuberías serán de Policloruro de Vinilo de alta densidad clase AB, con la excepción de algunos tramos cuyo material será de Hierro Galvanizado.
- ◆ No se considero el caudal de incendio en dicho diseño, debido a que la población es rural y no presenta zonas comerciales e industriales relacionadas con el sistema de abastecimiento.
- ◆ Para obtener la capacidad del estanque recomendado a futuro para el año 2038, se tomo el consumo medio para ese mismo año de todos los sectores correspondientes a este trabajo de grado.

4.4.2. Red Matriz.

La red matriz (alimentación) al igual que la distribución serán dotadas de agua potable de la Planta de Tratamiento José Antonio Anzoátegui ubicada en el Sector I “Ojo de Agua”, puesto que la misma es la que se encuentra más cerca a la población y por recomendación de los expertos de Hidrocaribe. El sistema estará provisto de dos bombas que funcionaran en paralelo; vale la pena destacar que esta alimentación emana de dicha planta culmina en Villa Teresa en el sector IV “Naricual”.

Los datos de las bombas seleccionadas para el proyecto macro del cual se deriva el presente trabajo fueron suministradas por los tesisistas del sector I “Ojo de Agua” las cuales poseen las siguientes características:

- ◆ Marca: Peerles o Similar.
- ◆ Modelo: 16 H H/4.
- ◆ 2 Bombas en paralelo.
- ◆ Caudal (L/s): 221,44-575,90.
- ◆ HD (m): 107,52-66,99.
- ◆ Velocidad de Rotación a 1785 rpm.



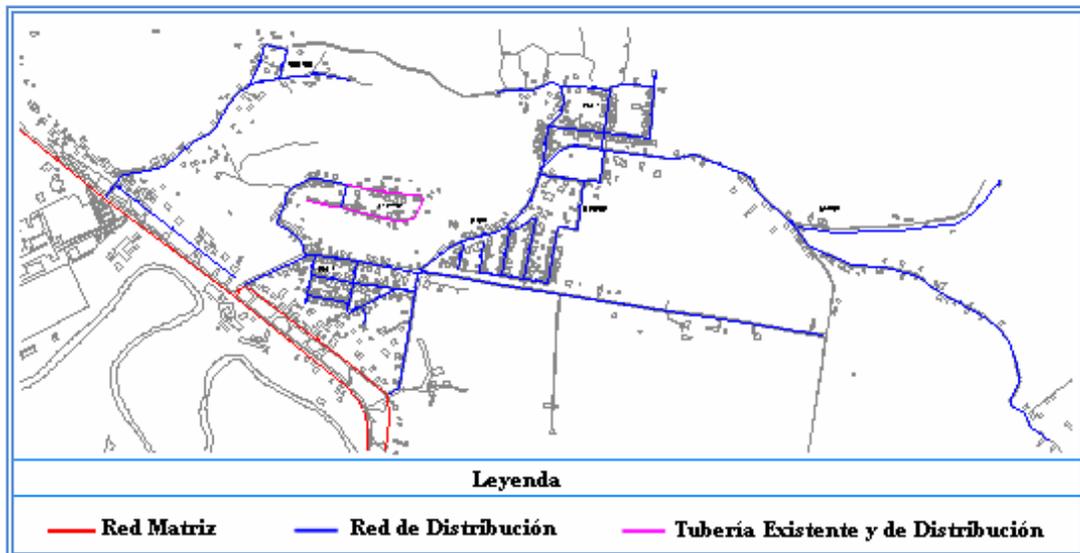
- ◆ Alimentación eléctrica disponible 220-440 volt., 60 Hz.
- ◆ La eficiencia 50-73 %.
- ◆ P_{MB} Nominal (Hp): 2 x 400.

En el Apéndice A.2 se presentan todas las características de las bombas.

4.4.3. Red de Distribución.

El tipo de red es mixto, debido a la disposición de las viviendas establecidas. De la tubería matriz se deriva la red de distribución para el sector de Hueco Dulce y el conocido antiguamente como El Eneal, para mayor comprensión ver la figura 4.1

Figura 4.1. Distribución de las Tuberías del Sistema.



Fuente: Realizado por los Autores de este Trabajo de Grado

Siguiendo la forma de crecimiento de toda la población, se proyectaron las tuberías a 1 m de la acera del lado donde actualmente se aprecien el mayor número de vivienda. Es importante aclarar que en algunos sectores no se sustituirán las tuberías existentes (figura 4.1), puesto que las mismas son relativamente nuevas y se presume



que se encuentran en buen estado y se adaptan perfectamente para el diseño elaborado, el cual es económicamente viable.

4.4.4. Estanque de Almacenamiento.

En este diseño se calculó únicamente la capacidad del estanque de almacenamiento, el cual surge de una recomendación a futuro (año 2.038) para el buen funcionamiento del sistema de distribución permitiendo compensar las variaciones de consumo horarias que presenta la localidad. La capacidad que debe tener un estanque de almacenamiento, varía de acuerdo a las condiciones y requerimientos para los cuales funcionará. En el caso del sistema diseñado se recomienda un estanque que tenga capacidad para cubrir las siguientes necesidades: capacidad para compensar las fluctuaciones del consumo y capacidad para suplir agua en caso de interrupciones del abastecimiento matriz.

Los volúmenes de almacenamiento para el año 2.038 de la población se calcularon teniendo en cuenta un periodo de diseño de 30 años a partir del año 2.008 y los requerimientos de almacenamiento antes mencionados.

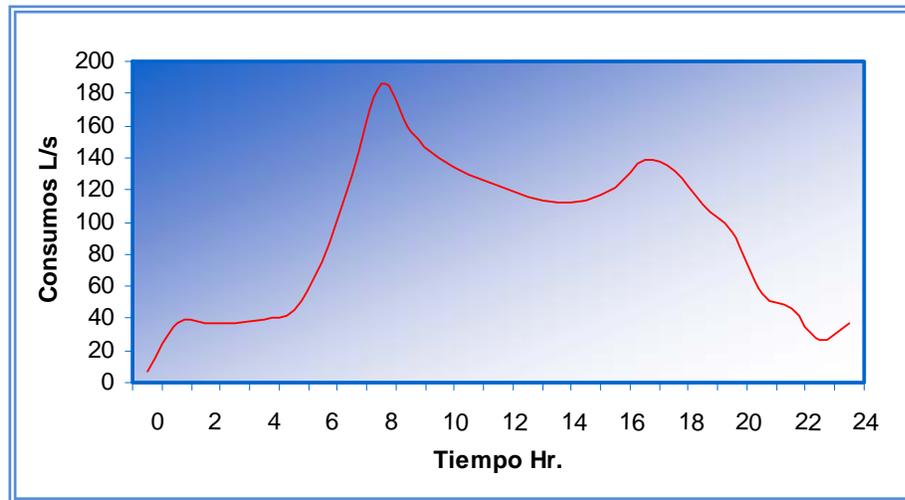
Para determinar la capacidad de almacenamiento necesaria para compensar las fluctuaciones del consumo horario, se elaboró primeramente la curva de variación del consumo horario (ver figura 4.2) para el año 2.038. Los valores graficados se obtuvieron multiplicando para cada hora del día, el consumo medio de todos los sectores en estudio para el año antes mencionado el cual es: $Q_m = 93,22$ L/s por los factores de consumo obtenidos de la curva típica de variaciones horarias de consumo desarrollada por el INOS (ver Tabla A.3 en el Apéndice A).

Muestra de Calculo (Para el año 2038 y 1 hora):

$$Q_{m(Hr)} = 93,22 \text{ l/s} * 0,40 = 37,29 \text{ l/s}$$



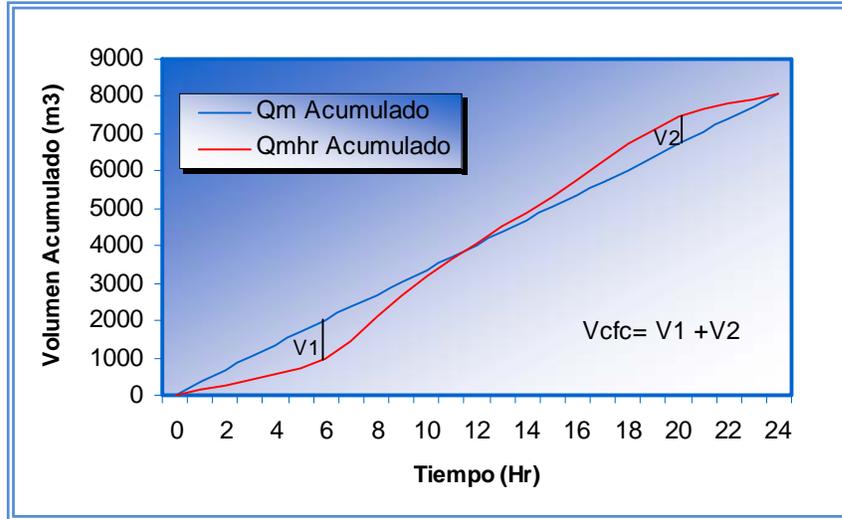
Figura 4.2. Curva de Variación Horaria de Consumo Para el Año 2038.



En base a los consumos obtenidos, se elaboró la curva de volumen acumulado o volumen para compensar las fluctuaciones del consumo “V_{cf}” (ver figura 4.3), en la que se graficó los valores de los volúmenes correspondiente a los consumos horarios de manera acumulada durante las 24 horas del día y así mismo los valores de los volúmenes correspondiente a los consumos medios acumulados durante el día.



Figura 4.3. Curva de Consumos Acumulados Para el Año 2038



De la figura 4.3 tenemos que:

$$V_{cfc} = V_1 + V_2$$

Muestra de Calculo

$$V_{cfc} = 1.040,33 + 745,01 = 1.785,34 \text{ m}^3$$

En el Apéndice A en la tabla A.4 se pueden observar los valores usados para la elaboración de la figura 4.3

En la determinación de la capacidad de almacenamiento por interrupción “Vint” se considero según INOS un periodo de interrupción de 4 horas y el gasto medio de consumo.

$$V_{int} = Q_m * \text{Tiempo de interrupción}$$

Muestra de Calculo

$$V_{int} = 93,22 \text{ L/s} * 4\text{h} * 3600 \text{ s/h} * 0,001 \text{ m}^3/\text{L} = 1.342,37 \text{ m}^3$$



Finalmente se procede a calcular el volumen total de almacenamiento mínimo (V_t) para el año 2038:

$$V_t = V_{cfc} + V_{int}$$

Muestra de Calculo

$$V_t = 1.785,34 \text{ m}^3 + 1.342,37 \text{ m}^3 = 3.127,71 \text{ m}^3 \approx 3.128 \text{ m}^3$$

La capacidad del estanque se aproximó a 3.200 m^3 ($25,60 \times 25,00 \times 5,00$) m

4.5. APLICACIÓN DEL SOFTWARE WATERCAD.

Con el propósito de apreciar las deficiencias que pudiera presentar el sistema actual y con la ayuda del programa de computación WaterCAD versión 4.5, se evaluó el comportamiento del flujo en la red.

Actualmente los sectores no cuentan con un plan de ordenamiento urbano para conocer los posibles desarrollos que pudiera tener esta localidad en un futuro, es por ello que se realizó la evaluación del sistema en funcionamiento (2.008), es decir, los diámetros del diseño fueron obtenidos mediante evaluaciones realizadas al sistema existente aumentando progresivamente los diámetros del mismo hasta seleccionar los que cumplieran con las presiones y velocidades recomendadas por la norma para el periodo de diseño (2.038) y como aspecto fundamental se consideró solamente el crecimiento de la población y no un crecimiento urbanístico en si.

Cabe resaltar que la simulación de la red se realizó una vez que los cuatros grupos descargaran ciertos valores fundamentales de sus respectivos sectores mencionados en el capítulo 1; requeridos por el Software WaterCAD, tales como las



cotas en los nodos y los parámetros de cómo funciona o funcionará el sistema de abastecimiento.

Una vez recaudado la información necesaria se ejecuta el programa para comenzar con la creación del nuevo proyecto, el cual inicialmente debe ser configurado para llevar a cabo la evaluación. A continuación se establecen los pasos que se realizaron para introducir los datos y evaluar de esta manera el sistema existente de agua potable.

1. Abrir el Programa: Haciendo click en el acceso directo , se cargo el programa, donde apareció la siguiente ventana principal(figura 4.4).

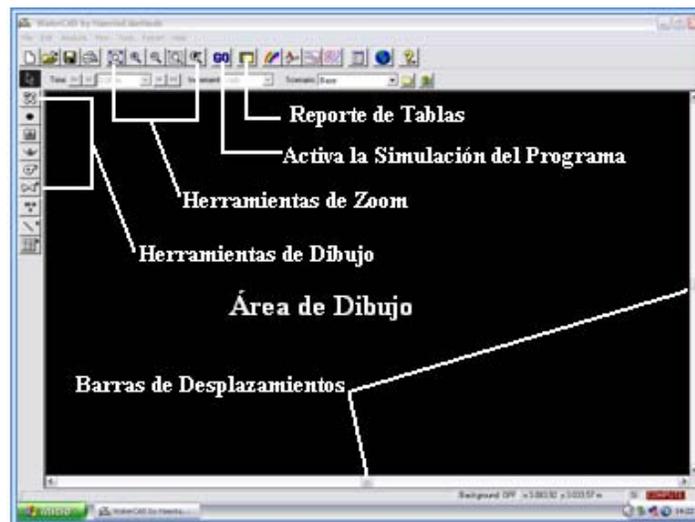


Figura 4.4. Ventana Principal.

En el área de dibujo de esta ventana, se realizó el trazado del sistema de impulsión a través de la barra de herramientas (dibujo) que se aprecia en el lado izquierdo de la misma, tomando como referencia el trazado elaborado en el programa AutoCAD, cuyo archivo se convirtió en formato DXF AutoCAD, en la opción:



“Guardar como” (figura 4.5), para de esta manera importar dicho plano directamente al Software WaterCAD.

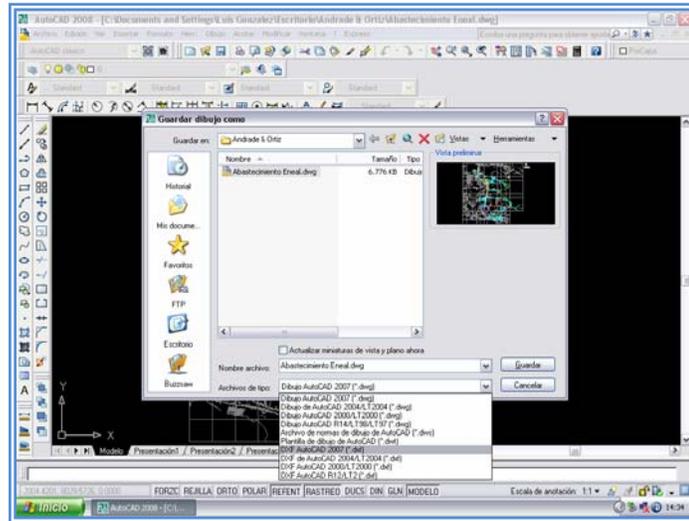


Figura 4.5. Ventana “Guardar Como”.

2. **Configuración del Proyecto:** Para importar el archivo DXF se hizo click en “File”, “Import”, “Polyline to pipe”, tal como se muestra en la figura 4.6:

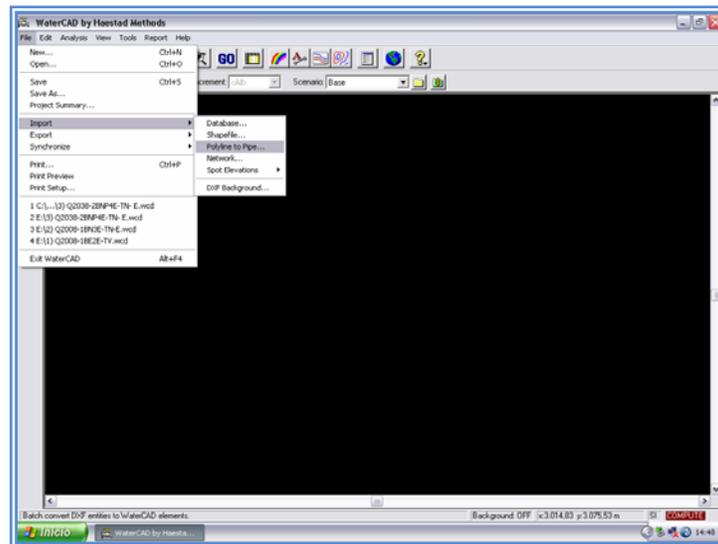


Figura 4.6. Menú “File”.



El programa simultáneamente solicitó la configuración del proyecto (figura 4.7).

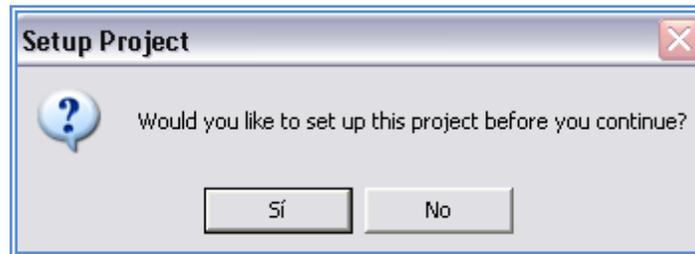


Figura 4.7. Solicitud de Configuración del Proyecto.

Luego de hacer click en “Sí” se procedió a la configuración del proyecto, donde apareció en la pantalla la ventana “Create File As” (figura 4.8), donde se definió el directorio, en el cual fue guardado el proyecto. Seguidamente, apareció la ventana mostrada en la figura 4.9, en donde se ubicó el título del proyecto, nombre del ingeniero proyectista y la fecha de creación del proyecto.

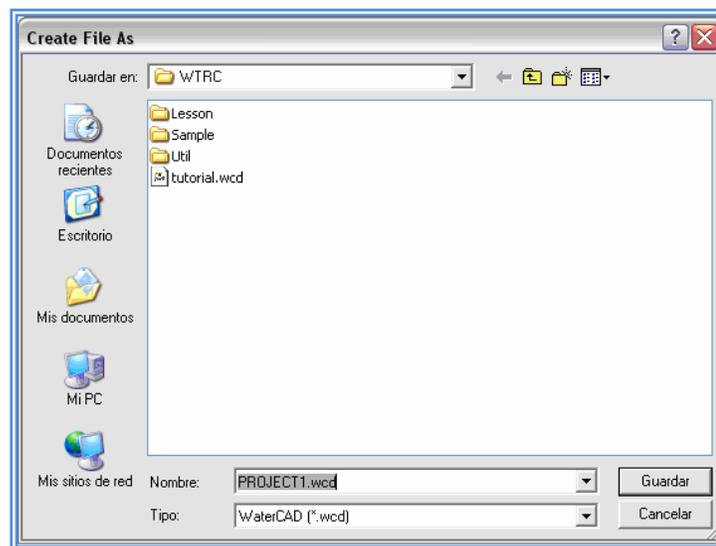


Figura 4.8. Ventana “Create File As”.

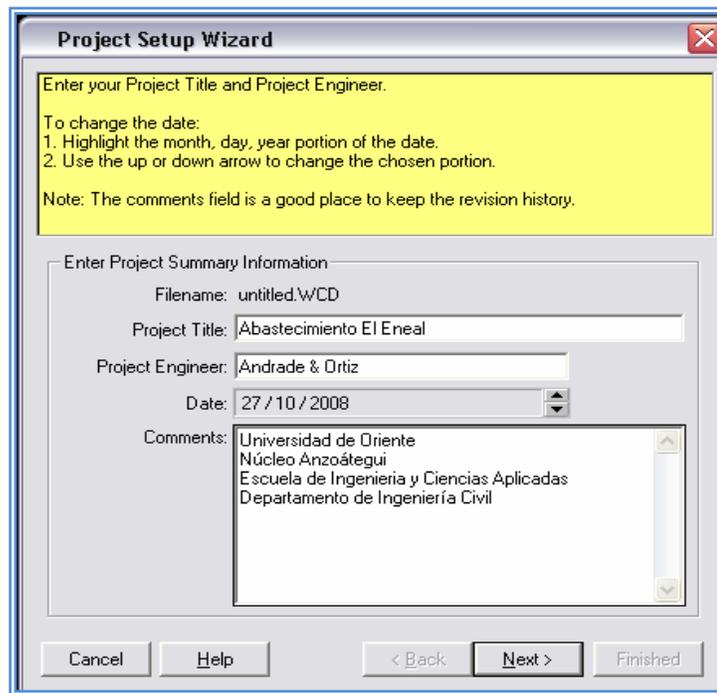


Figura 4.9. Ventana “Project Setup Wizard” N° 1.

La siguiente ventana (figura 4.10) permite elegir los parámetros hidráulicos, tales como: el método para el cálculo de las presiones, fricción, tipo de líquido, temperatura con el cual se trabajará, sistema de coordenadas y la apreciación que se tomará. En la ejecución de este proyecto se utilizó la fórmula de Hazen-Williams, se trabajó lógicamente con agua a 20°C y para un sistema de coordenadas cartesiano (X, Y), en cuanto al resto de los parámetros antes señalados se utilizaron los preestablecidos por el software.

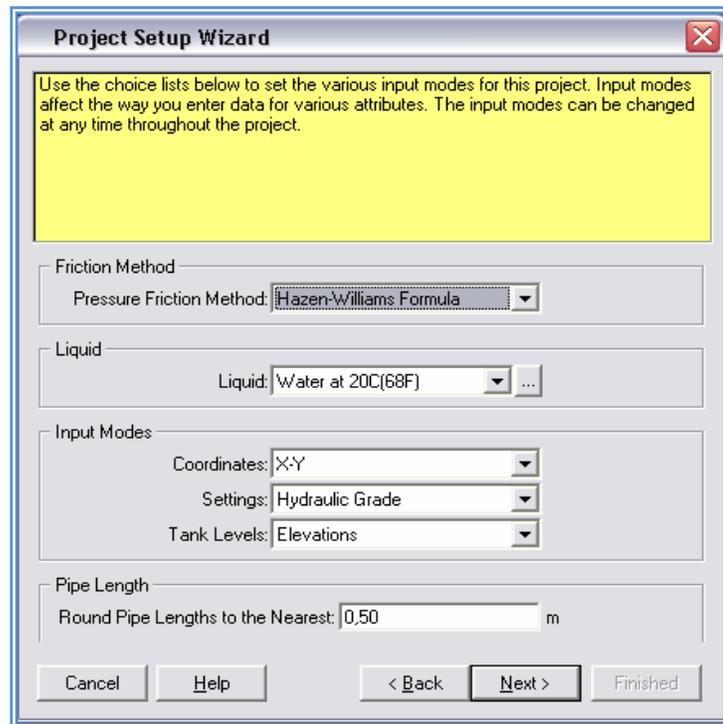


Figura 4.10. Ventana “Project Setup Wizard” N° 2.

Con la posterior ventana mostrada en la figura 4.11, se puede definir la escala del dibujo o elegir la opción del dibujo esquemático, donde no tendrán efecto las distancias y longitudes del dibujo de la red, adicionalmente se puede optar por el tamaño de los símbolos, textos y demás anotaciones.

Para la simulación se ajusto la escala horizontal como 1:500 y la vertical 1:50, además se importó el fondo del sistema elaborado en AutoCAD a escala 1:1 donde se contempla toda la zona de estudio con la red actual, la cual sirve como referencia para el trazado de la red; para buscar dicho archivo se hizo click en “Browse...” observando así los documentos guardados en la computadora.

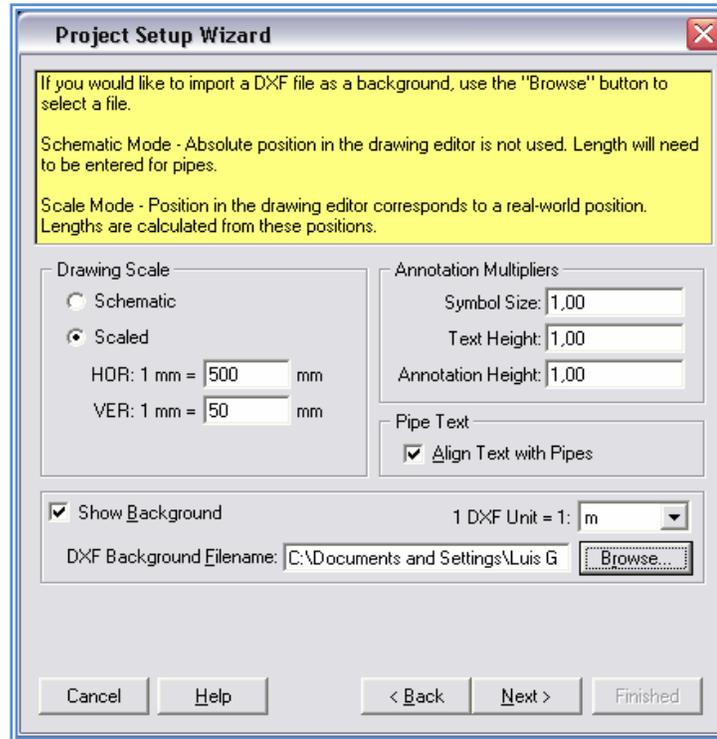


Figura 4.11. Ventana “Project Setup Wizard” N° 3

Sino se desea tener fondo del sistema se desactiva la selección “Show Background”

En la sucesiva ventana de configuración del proyecto se accede a la sub-ventana (figura 4.12), en la cual se configuran los valores por defecto de cada uno de los elementos a introducir en el proyecto como: tubería, juntas de presión, tanques, bombas y válvulas.



Figura 4.12. Ventana “Project Setup Wizard” N° 4

Después de configurar los parámetros se hizo click en “Finished”, posteriormente se visualizó la ventana de importación de documentos mostrada en la figura 4.13 donde se seleccionó “Browse...” para buscar el archivo a importar.



Figura 4.13. Ventana “Polyline to Pipe Wizard” N° 5.

En la ventana siguiente (figura 4.14) se definió una apreciación de 0,50m; estableciendo a la vez el tipo de trazados (polilíneas y líneas) del archivo DXF que se requieren se conviertan en tuberías, y luego se asignaron nodos, en los quiebres de las tuberías.

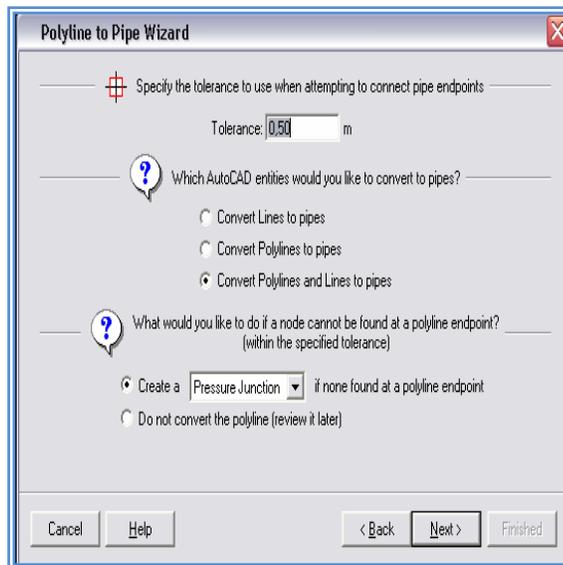


Figura 4.14. Ventana “Polyline to Pipe Wizard” N° 6.



En la última ventana de configuración del proyecto (Figura 4.15) se finalizó la importación del mismo en la opción de “Finished”:



Figura 4.15. Ventana “Polyline to Pipe Wizard” N° 7.

Consiguiendo la siguiente ventana reflejada en la figura 4.16, donde se puede apreciar el dibujo importado del programa AutoCAD.

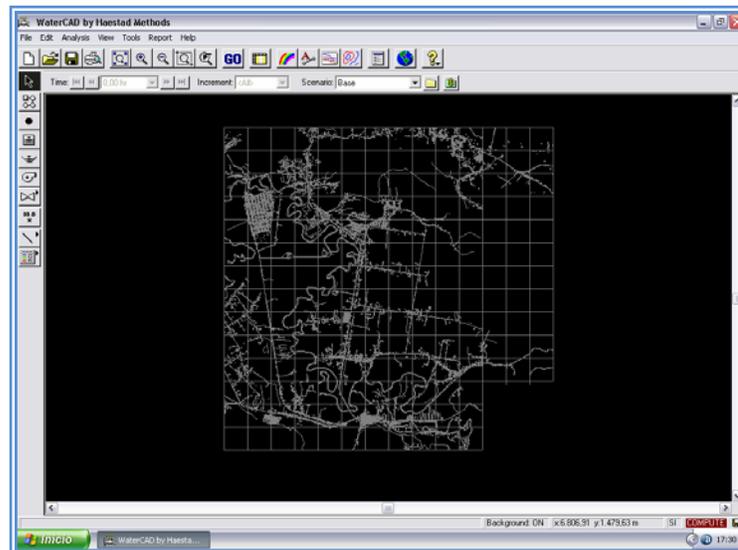


Figura 4.16. Vista del Dibujo Importado.



Es importante aclarar que el software de WaterCAD permite la utilización de un patrón de consumo, para el diseño del sistema. En este proyecto se consideró la curva típica de variación horaria de consumo, establecida por el I.N.O.S que se muestra en la figura 2.2 del capítulo 2 para observar el comportamiento del sistema a lo largo de las 24 horas del día. La figura 4.17 muestra la ventana “Pattern” donde se introducen los datos de la curva de consumo.

Los valores introducidos en el campo “Multiplier” fueron extraídos de la curva típica de variaciones horarias de consumo desarrollada por el INOS, estos son multiplicados automáticamente por los consumos medios en los nodos, generando distintos valores a lo largo de las horas de simulación.

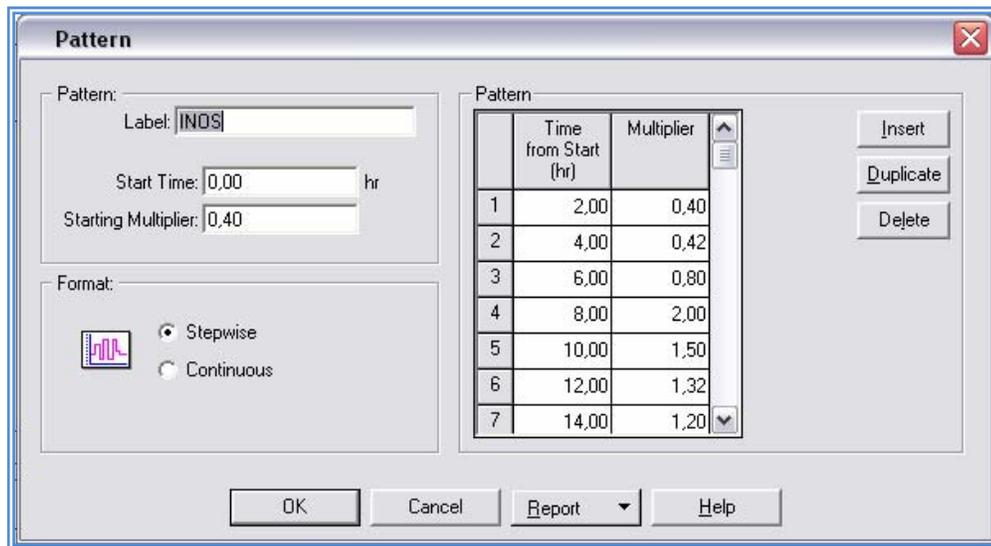


Figura 4.17. Ventana “Pattern”

3. Introducción Datos: Luego de la configuración del proyecto, se dibujo la red sobre el plano de fondo (plano base) importado desde AutoCAD como se explicó anteriormente, para de esta manera obtener un trazado con mejor precisión con respecto a cada elemento que conformaba la red. Siguiendo esta condición resulto



cada detalle de las tuberías y nodos de los sectores Barrio Polar - Hueco Dulce, El Eneal I y II, El Mirador, La Islita y La Ceibita; quedando conformada por 92 tramos de tuberías y 74 nodos; considerando éstos como los puntos donde se interceptaban dos o más tuberías, donde cambiaba de sección (diámetro) o material y cualquier otro sitio intermedio que por razones de distribución se consideró conveniente establecer. Es importante resaltar que en el plano AutoCAD se consideraron también como nodos las curvas de 11,25; 22,50 y los codos de 45° y 90°, cuyos detalles pueden ser observados en el plano AC-2

Por otra parte, después de haber realizado los cálculos de los distintos consumos por sectores, se introdujo los respectivos datos en cada elemento integrante de la red resultante.

Antes de explicar la secuencia que se uso para introducir los datos, es importante aclarar que el programa automáticamente asigna la nomenclatura a los nodos y tramos de tuberías que fueron importados en el paso anterior; por lo que la enumeración se debe cambiar manualmente haciendo doble click en cada nodo y tramo.

Al definir un nodo aparece la ventana respectiva (figura 4.18), en la ficha “General”, donde se introduce la nomenclatura deseada y se colocan las cotas del terreno establecidas por el levantamiento topográfico:

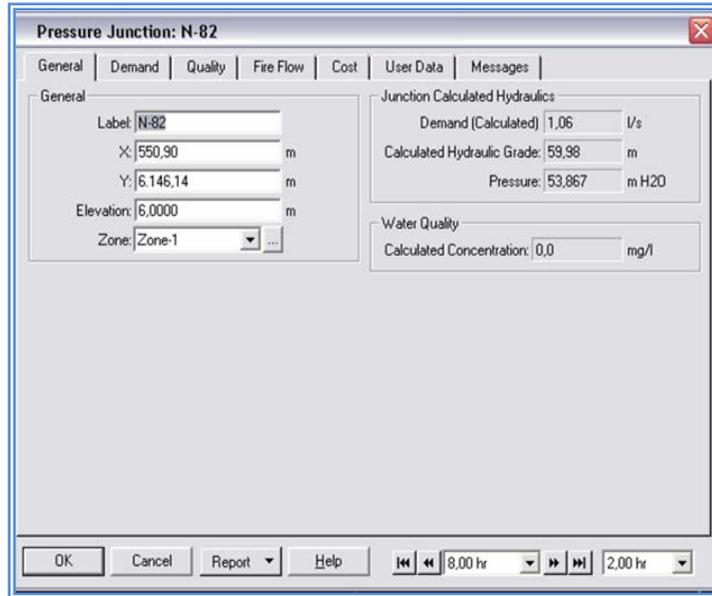


Figura 4.18. Ventana "Pressure Junction" N°1

Ahora en la pestaña "Demand" se introdujo el valor de la demanda por nodo y el patrón de consumo de la junta editada, tal como se aprecia en la figura 4.19 (como se habló anteriormente se utilizó el patrón de consumo del INOS).

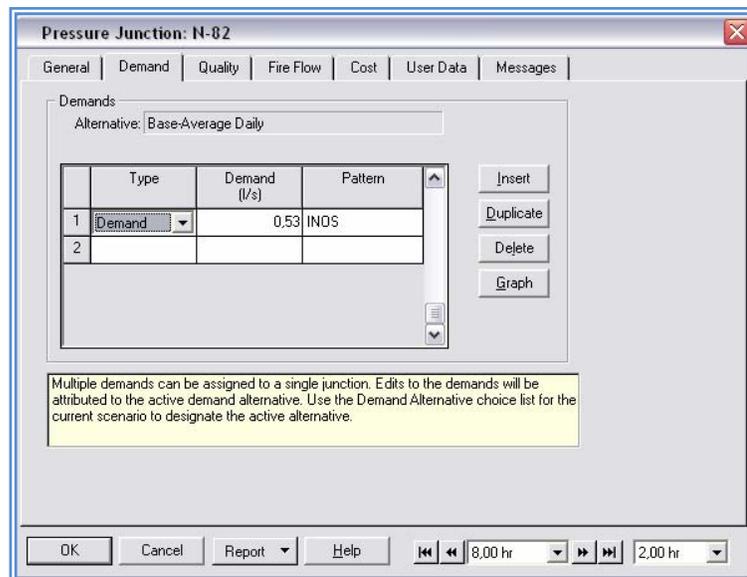


Figura 4.19. Ventana "Pressure Junction" N°2



Las demandas introducidas en cada nodo de la red fueron obtenidas de dividir los consumos por sector, extraídos de la tabla 4.6 del presente capítulo, entre la cuantía de nodos en cada sector. En las tablas A.5 correspondiente a el Apéndice A, se puede observar en resumen el total de nodos establecidos con sus respectivas demandas.

Siguiendo esta misma tónica se hizo doble click en los tramos de tuberías, apareciendo la ventana respectiva (figura 4.20) donde se estableció el material, diámetro, coeficiente de rugosidad, la suma de los coeficientes de pérdidas de los accesorios que se encuentren en el tramo y muy importante se reviso la dirección del fluido, en caso de no ser la correcta se cambia en “Reverse”:

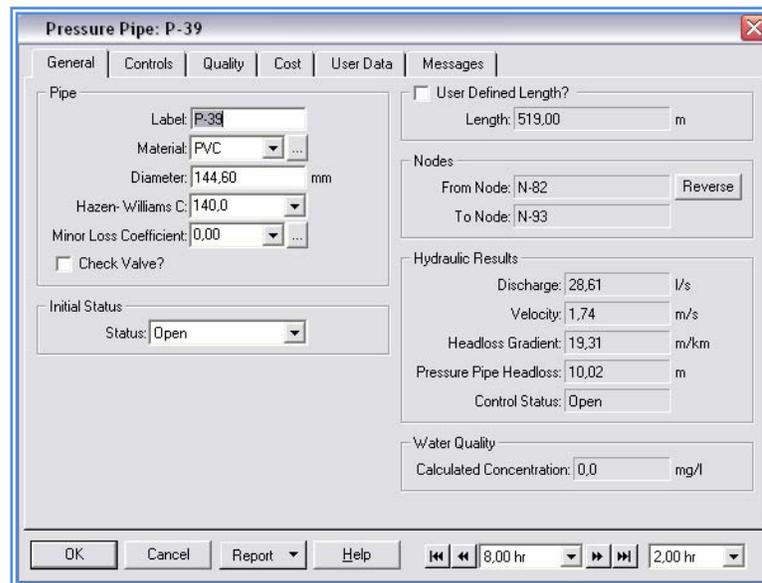


Figura 4.20. Ventana Pressure Pipe.

Debido a que el sistema en general es por bombeo en la ventana siguiente (figura 4.21) se introducen todos los datos de la bomba, tales como su elevación, estatus (encendido) y puntos de la curva provenientes de la grafica suministrada por el fabricante, lo cual recomiendan introducir 8 puntos para que los datos sean más



exactos. Es importante mencionar que los valores descargados en la ventana de la bomba fueron colocados por las personas encargadas del primer sector (Ojo de Agua).

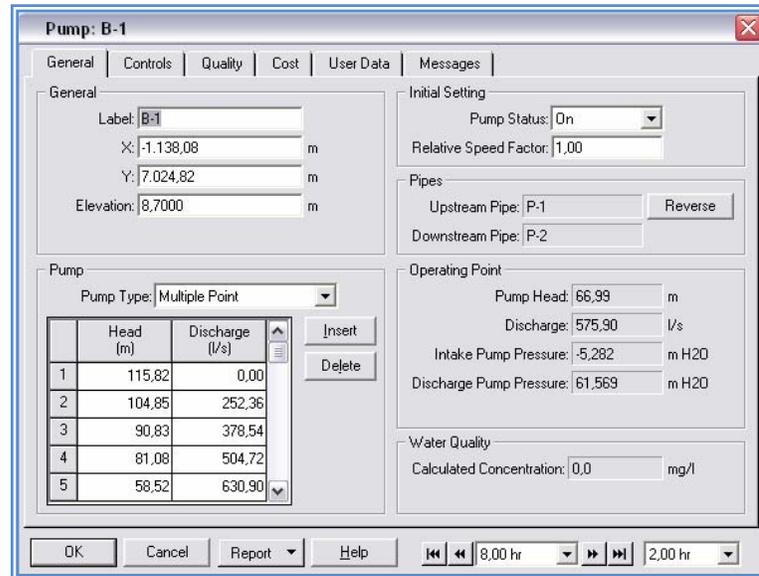


Figura 4.21. Ventana de Bomba

Cabe destacar que una vez realizada la simulación se puede acceder a esta ventana nuevamente y en “Report” se obtiene la curva de operación de la bomba.

Para la simulación del sistema se colocaron como reservorios, el Tanque ubicado en la Planta de tratamiento José Antonio Anzoátegui (Nº1) situada en el sector I (figura 4.22) y la pequeña planta del Eneal (Nº2) localizada en el sector la ceibita (figura 4.23), el cual corresponde al presente trabajo de grado, encontrándose a una elevación de 4,70m y 82.60m respectivamente.

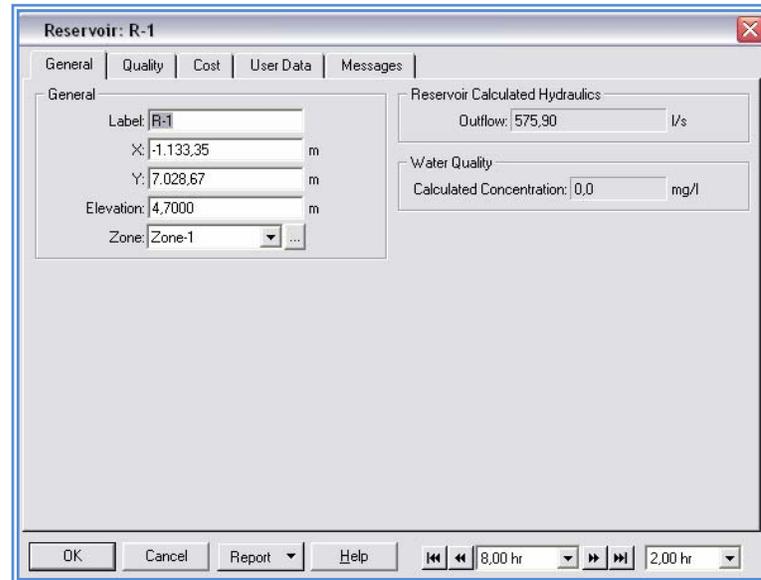


Figura 4.22. Ventana de Reservoirio N°1 (Tanque).

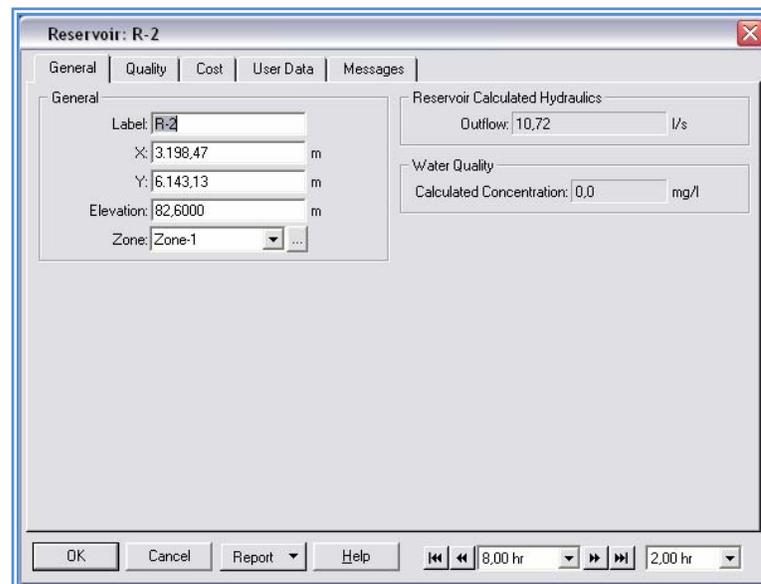


Figura 4.23. Ventana de Reservoirio N°2 (Planta El Eneal).

Una vez ingresado y revisado todos los datos, se procede a ejecutar la simulación.



4. Simulación del Proyecto: Luego de cargar todos los datos que conforman la red, se inicio la simulación haciendo click en el botón **GO** que se encuentra en la barra de herramientas donde se activa la misma (Ver figura 4.24). Al presionar dicho botón se desprende una ventana de dialogo “Scenario” donde se selecciono para la corrida y cálculo del sistema, la opción de periodo extendido para observar el funcionamiento de la red durante el transcurso de un día típico, además se estableció el tiempo de inicio a las 0 horas y un periodo de 24 horas de duración con un intervalo de 1 hora.

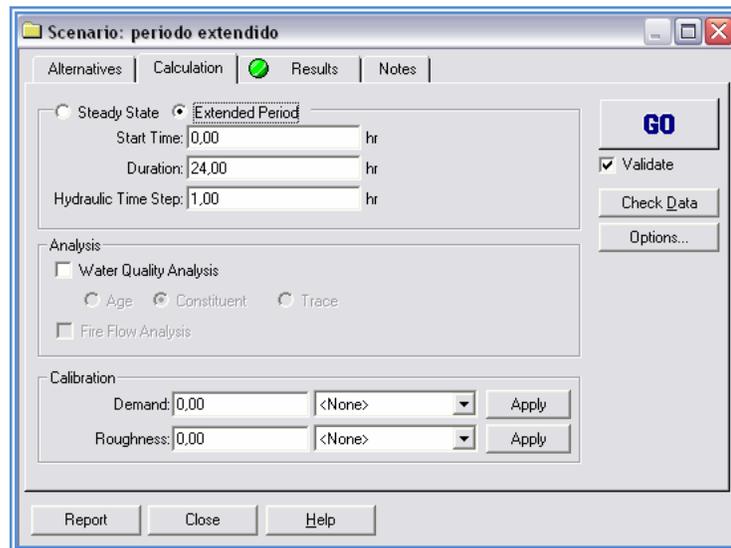


Figura 4.24. Ventana “Scenario” Pestaña “Calculation”

Después de definir los parámetros de cálculo, se presiona **GO** en la misma ventana “Scenario” para iniciar el cálculo de la red propuesto por el software. Completado esto, se presenta una nueva ventana (figura 4.25) en donde se encuentra la información referente al comportamiento de los elementos de la red así como el flujo suministrado por la fuente, el flujo demandado por la red y el flujo almacenado, todos estos para cada hora del día.

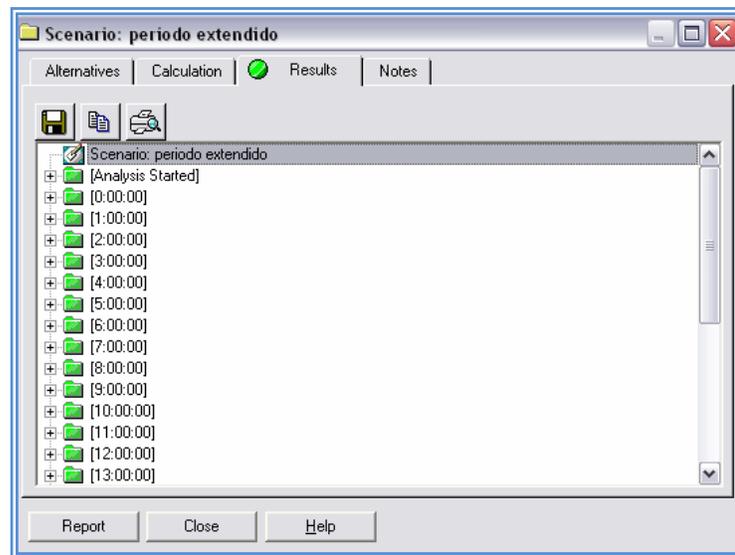


Figura 4.25. Ventana “Scenario” Pestaña “Results”

Se puede observar que en esta ventana se encuentra un círculo, que se basa en indicar el estado de la corrida mediante los siguientes colores:

- Verde: Indica que la corrida fue exitosa.
- Amarillo: Indica que existen advertencias a chequear en algún elemento de la red.
- Rojo: Indica que existen elementos desconectado del sistema y por lo tanto no se realiza la corrida hasta corregir el problema.

Para obtener los resultados detallados de cada elemento de la red, se hizo click en  “Reporte de Tablas” en el que se presenta una nueva ventana (figura 4.26) en donde se visualiza el menú para mostrar el conjunto de tablas que se desee conocer. Las figuras 4.27 y 4.28 muestran las tablas de nodos y tuberías respectivamente.

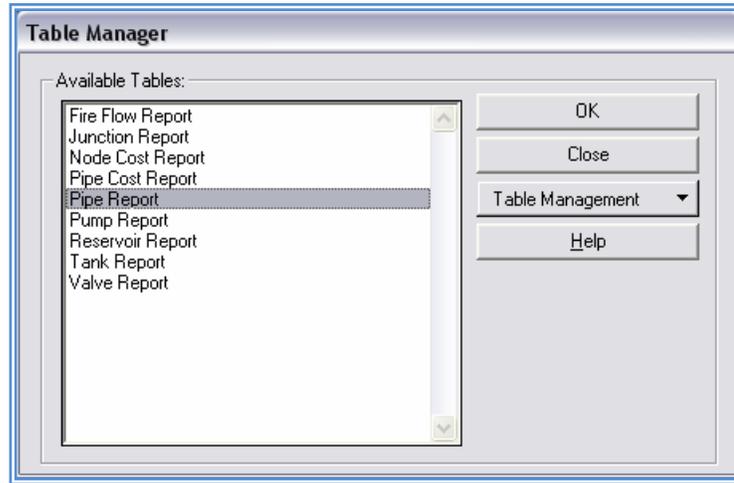


Figura 4.26. Ventana “Table Manager”

	Label	Elevation (m)	Zone	Type	Demand (l/s)	Pattern	Demand (Calculated) (l/s)	Calculated Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)	
	N-81	5,9600	Zone-1	Demand	0,53	INOS	1,06	62,55	56,479	
	N-82	6,0000	Zone-1	Demand	0,53	INOS	1,06	61,25	55,138	
	N-83	6,7000	Zone-1	Demand	1,59	INOS	3,18	25,63	18,896	
	N-84	6,8000	Zone-1	Demand	0,49	INOS	0,98	25,56	18,721	
	N-93	26,3500	Zone-1	Demand	7,95	INOS	15,90	51,23	24,826	
	N-96	41,0500	Zone-1	Demand	1,59	INOS	3,18	50,43	9,362	
	N-97	42,6200	Zone-1	Demand	1,59	INOS	3,18	50,35	7,714	
	N-100	33,3800	Zone-1	Demand	1,59	INOS	3,18	50,36	16,948	
	N-102	45,1600	Zone-1	Demand	1,59	INOS	3,18	49,91	4,741	
	N-103	6,6600	Zone-1	Demand	0,00	INOS	0,00	61,74	54,964	
	N-104	6,9600	Zone-1	Demand	0,50	INOS	1,00	61,42	54,353	
	N-105	6,5500	Zone-1	Demand	1,10	INOS	2,21	59,18	52,528	
	N-110	21,4500	Zone-1	Demand	2,21	INOS	4,42	55,00	22,550	

Figura 4.27. Ventana “Table – Junction Report”



	Label	From Node	To Node	Length (m)	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Check Valve?	Minor Loss Coefficient	Control Status	Discharge (l/s)	Upstream Str. Hydraulic G (m)
P-35	P-35	N-81	N-82	49.50	144.60	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.00	Open	33.83	
P-36	P-36	N-82	PRV-4	14.00	99.40	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.00	Open	4.16	
P-37	P-37	PRV-4	N-83	120.50	99.40	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.00	Open	4.16	
P-38	P-38	N-83	N-84	327.00	99.40	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.00	Open	0.98	
P-39	P-39	N-82	N-93	519.00	144.60	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.00	Open	28.61	
P-40	P-40	N-93	N-96	136.50	99.40	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.00	Open	5.59	
P-41	P-41	N-96	N-97	67.00	99.40	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.00	Open	2.41	
P-42	P-42	N-100	N-97	89.50	99.40	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.00	Open	0.77	
P-43	P-43	N-93	N-100	94.50	99.40	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.00	Open	7.13	
P-44	P-44	N-100	N-102	220.50	99.40	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.00	Open	3.18	
P-45	P-45	N-81	N-103	487.50	602.90	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.00	Open	326.96	
P-46	P-46	N-103	N-104	51.00	361.80	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.00	Open	171.59	
P-47	P-47	N-104	N-105	100.00	305.00	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.00	Open	137.95	

Figura 4.28. Ventana “Table – Pipe Report”

Vale la pena destacar que las columnas que se visualizan en color amarillo indican los valores que ha calculado el programa. Toda la información arrojada por el WaterCAD respecto a los resultados, se encuentran en las tablas A.5 y A.6 del Apéndice A.

4.6. ELABORACIÓN DE PLANOS DEL PROYECTO.

Luego de realizar todos los cálculos antes explicados, se procedió a la elaboración de los planos correspondientes para este proyecto mediante el Software AutoCAD versión 2008, en los cuales se exponen los resultados obtenidos.

Los planos elaborados en este proyecto se clasificaron de la siguiente manera:



- ◆ **Plano de Ubicación de los Sectores en Estudio:** Se aprecia de una manera más específica la localización, situación actual y topografía de los sectores basados en el presente trabajo de grado.
- ◆ **Plano del Abastecimiento Proyectado (2038):** Se detalla el trazado en planta de la red matriz y la de distribución.
- ◆ **Plano de Detalles de La Red Matriz:** Comprende la descripción de esta red, tales como: las especificaciones de cada nodo con sus respectivos accesorios, detalles de la zanja, entre otros.
- ◆ **Plano de Detalles de La Red de distribución:** Comprende la misma descripciones del plano antes mencionado pero de la red de distribución.

El plano de ubicación de los sectores en estudio y el de abastecimiento proyectado para el año 2.038 se dividieron en dos planos, con la finalidad de que la ubicación de la zona en estudio y los trazados del sistema se aprecien con mayor claridad.

Estos planos se pueden observar en el Apéndice E

4.7. CÓMPUTOS MÉTRICOS.

En base a los planos dibujados se realizan los cálculos métricos, mediante los cuales se obtienen las cantidades de obras que se ejecutaran para el desarrollo del presente proyecto y que junto a las partidas son indispensables para la elaboración del presupuesto. Para el desarrollo de esta etapa se calcula longitudes, áreas, volúmenes y cantidades.



Los cómputos de la red matriz y de distribución se presentan en el Apéndice B.

4.8. PRESUPUESTO.

Una vez realizados los cómputos métricos y como actividad final de este proyecto, se elabora el presupuesto con el programa IP3-Control de Obras versión 10 para estimar el costo del mismo, clasificando la obra en diferentes partidas las cuales son definidas por un respectivo código, descripción y unidad de medida, donde se analiza la cantidad de materiales, equipos y herramientas que se van a utilizar, así como también la mano de obra que se necesita para la ejecución de la obra. La codificación de dichas partidas se realiza bajo las especificaciones INOS, debido a que este proyecto pertenece al área de sanitaria.

Vale la pena mencionar que en el análisis se colocó un porcentaje de gasto administrativo de 15%, una utilidad de 10% y prestaciones sociales de 250%.

El total general del presupuesto para el desarrollo de este proyecto calculado en el año 2008 es de 9.138.178,48 Bs.

Los análisis y presupuestos se pueden observar en el Apéndice C y D respectivamente.



CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS.

5.1. GENERALIDADES.

En el siguiente capítulo se analizarán los resultados de los cálculos efectuados en este proyecto, expuesto en el capítulo anterior. Esto se realiza con la finalidad de establecer una comparación entre ellos y las normas establecidas, tales como las relacionadas con las presiones y velocidades permisibles (máximas y mínimas), para ponderar así las deficiencias en el funcionamiento del sistema y poder tener una visión definida de los posibles cambios y modificaciones, con criterios claros y adecuados.

5.2. NORMAS QUE SE CONSIDERARON PARA EL ANÁLISIS DE RESULTADOS QUE ARROJO EL SOFTWARE WATERCAD.

- 💧 Para las presiones se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:
 - Las Normas INOS establece que la presión máxima debe ser de 70 metros.
 - Rivas Mijares recomienda para zonas rurales con población hasta de 5000 habitantes una presión mínima 10 m y máxima 40 m.
- 💧 Para las velocidades se tomó en cuenta lo que dicta la Norma para:
 - El Diseño y Construcción de Acueductos para Pequeñas Poblaciones, la cual recomienda para la red de distribución velocidades máximas desde 0.70 m/s para diámetros de 2" hasta 1.10 m/s para tuberías de 12".



5.3. SIMULACION DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SELECCIONADO PARA LOS SECTORES ESTUDIADOS.

El sistema apropiado de la población rural proyectada para el año 2038, se obtuvo de realizar varias simulaciones que fueron corregidas tomando en cuenta los criterios antes expuesto, hasta llegar a un diseño definitivo que cumpliera en gran parte con lo estipulado en las Normas y que a la vez proporcione un abastecimiento eficaz en el futuro.

A continuación se presentan ciertas tablas que contienen los resultados de varios nodos y tuberías de la red de distribución correspondientes al diseño seleccionado, en las cuales podemos apreciar algunos valores, tales como la presión, velocidad, caudal, diámetros entre otros. Se debe tomar en cuenta que los nodos y tuberías de los sectores correspondientes a este trabajo de grado se encuentra entre N-81; N-239 y P-34; P-114 respectivamente.

A continuación se presentan en las tablas 5.1 y 5.2 los resultados de nodos y tuberías obtenidas mediante el programa Watercad, en las cuales se pueden apreciar algunos valores desfavorables de presión y velocidades respectivamente (resaltados en color rojo).

Todos los resultados de la simulación correspondiente al diseño seleccionado se muestran en las tablas A.5 y A.6 del Apéndice A.



Tabla 5.1. Resultados de los Nodos (Año 2.038)

Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pattern	Demand (Calculated) (L/s)	Calculated Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
N-81	5,96	0,53	INOS	1,06	62,55	56,479
N-82	6	0,53	INOS	1,06	61,25	55,138
N-83	6,7	1,59	INOS	3,18	25,63	18,896
N-84	6,8	0,49	INOS	0,98	25,56	18,721
N-93	26,35	7,95	INOS	15,9	51,23	24,826
N-96	41,05	1,59	INOS	3,18	50,43	9,362
N-97	42,62	1,59	INOS	3,18	50,35	7,714
N-100	33,38	1,59	INOS	3,18	50,36	16,948
N-102	45,16	1,59	INOS	3,18	49,91	4,741
N-103	6,66	0	INOS	0	61,74	54,964
N-104	6,96	0,5	INOS	1	61,42	54,353
N-105	6,55	1,1	INOS	2,21	59,18	52,528
N-119	31,45	3,31	INOS	6,62	55,06	23,558
N-120	41,78	4,42	INOS	8,83	53,7	11,891
N-121	43,56	1,1	INOS	2,21	54,33	10,75
N-122	44	1,1	INOS	2,21	54,22	10,2
N-124	6,61	1,1	INOS	2,21	58,95	52,231
N-125	5,94	1,1	INOS	2,21	58,37	52,322

Fuente: Software Watercad



Tabla 5.1. Resultados de los Nodos (Año 2.038)

Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pattern	Demand (Calculated) (L/s)	Calculated Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
N-170	6,49	1,11	INOS	2,22	52,25	45,665
N-172	7,59	2,39	INOS	4,78	54,53	46,843
N-173	9,02	2,39	INOS	4,78	52,99	43,881
N-178	22,69	2,39	INOS	4,78	50,07	27,324
N-183	55,41	2,39	INOS	4,78	49,17	-6,228
N-184	9,08	2,39	INOS	4,78	50,82	41,659
N-185	19,37	2,39	INOS	4,78	49,96	30,528
N-187	10,26	2,39	INOS	4,78	49,8	39,46
N-188	23,72	1,19	INOS	2,38	49,7	25,925
N-189	24,5	1,19	INOS	2,38	49,64	25,086
N-196	8,36	2,38	INOS	4,76	51,5	43,054
N-197	8,34	1,11	INOS	2,22	51,51	43,083
N-205	7,85	0	Fixed	0	51,51	43,572
N-207	7,98	2,06	INOS	4,13	74,15	66,035
N-210	58,6	0,41	INOS	0,83	79,94	21,296
N-212	82,3	0	Fixed	0	82,49	0,192
N-235	8,2	2,06	INOS	4,13	70,42	62,091
N-236	6,9	20,27	INOS	40,54	58,89	51,88
N-239	6,12	136,44	INOS	272,88	59,2	52,977

Fuente: Software Watercad



En las tablas antes expuestas podemos apreciar los datos más relevantes de algunos nodos del sistema de abastecimientos seleccionado. Para este caso encontramos la elevación, demanda y la presión.

Se puede observar que el presente diseño en el caso de las presiones, gran parte de los resultados se encuentran en los rangos establecidos por las normas consideradas para este proyecto mencionadas anteriormente en este capítulo. Tomando en cuenta que la presión más desfavorable se desarrolla en la hora de máximo consumo (8:00AM), la cual es de -6,228 metros, localizada en el nodo N-183, en donde la cota del terreno es sumamente elevada y por ende no permite la llegada del agua a esa hora del día. Sin embargo para otras horas este valor cumple con los establecidos por las normas. La presión mas alta es de 66,04 metros ubicada en el nodo N-207, este valor sobrepasa el estipulado como máximo en las Normas para el Diseño y Construcción de Acueductos para Pequeñas poblaciones, el cual es de 40 metros; pero a la vez no excede la presión máxima señalada por las Normas INOS, que es de 70 metros.

Todas las presiones se encuentran de una manera mas detallada en el Apéndice A en las tablas A.5



Tabla 5.2. Resultados de las Tuberías (Año 2.038)

Label	Length (m)	Diameter (mm)	Material	Hazen- Williams C	Minor Loss Coefficient	Discharge (L/s)	Pressure Pipe Headloss (m)	Velocity (m/s)
P-34	417	600	PVC	140	0	361,86	0,84	1,27
P-35	49,5	160	PVC	140	0	33,83	1,3	2,06
P-36	14	110	PVC	140	0	4,16	0,05	0,54
P-37	120,5	110	PVC	140	0	4,16	0,41	0,54
P-38	327	110	PVC	140	0	0,98	0,08	0,13
P-39	519	160	PVC	140	0	28,61	10,02	1,74
P-40	136,5	110	PVC	140	0	5,59	0,79	0,72
P-41	67	110	PVC	140	0	2,41	0,08	0,31
P-42	89,5	110	PVC	140	0	0,77	0,01	0,1
P-43	94,5	110	PVC	140	0	7,13	0,86	0,92
P-44	220,5	110	PVC	140	0	3,18	0,45	0,41
P-45	487,5	600	PVC	140	0	326,96	0,82	1,15
P-46	51	400	PVC	140	0	171,59	0,31	1,67
P-47	199	315	PVC	140	0	127,35	2,24	2
P-48	420	160	PVC	140	0	19,87	4,13	1,21
P-49	235,5	110	PVC	140	0	5,56	1,36	0,72
P-50	295,5	110	PVC	140	0	3,27	0,64	0,42
P-51	69	110	PVC	140	0	7,68	0,72	0,99
P-52	106,5	110	PVC	140	0	2,21	0,11	0,28

Fuente: Software Watercad



Tabla 5.2. Resultados de las Tuberías (Año 2.038)

Label	Length (m)	Diameter (mm)	Material	Hazen- Williams C	Minor Loss Coefficient	Discharge (L/s)	Pressure Pipe Headloss (m)	Velocity (m/s)
P-53	30	315	PVC	140	0	105,27	0,24	1,65
P-54	61,5	160	PVC	140	0	19,4	0,58	1,18
P-55	61	160	PVC	140	0	9,8	0,16	0,6
P-56	31,5	75	PVC	140	0	2,21	0,11	0,46
P-57	127,5	315	PVC	140	0	83,66	0,66	1,31
P-58	62	160	PVC	140	0	8,35	0,12	0,51
P-59	128,5	160	PVC	140	0	7,4	0,2	0,45
P-60	65,5	160	PVC	140	0	6	0,07	0,37
P-61	127	160	PVC	140	0	5,38	0,11	0,33
P-62	27,5	160	PVC	140	0	9,17	0,06	0,56
P-63	38,5	160	PVC	140	0	6,96	0,05	0,42
P-64	61	110	PVC	140	0	2,21	0,06	0,28
P-65	117	160	PVC	140	0	2,55	0,03	0,16
P-66	131	160	PVC	140	0	7,55	0,21	0,46
P-67	55,5	160	PVC	140	0	7,89	0,1	0,48
P-68	186	315	PVC	140	0	73,1	0,75	1,15
P-69	59,5	160	PVC	140	0	14,19	0,31	0,86
P-70	329,5	160	PVC	140	0	10,72	1,03	0,65
P-71	12,5	315	PVC	140	0	85,08	0,07	1,33

Fuente: Software Watercad



En las tablas de los resultados de las tuberías arrojados por el Software WaterCAD los valores más relevantes para el sistema de abastecimiento son las velocidades y los diámetros.

En la red matriz y de distribución se emplearon tuberías de PVC y Hierro Galvanizado (HG) de diferentes dimensiones. Estas presentan los siguientes diámetros:

💧 PVC:

- 600 mm (24").
- 400 mm (16").
- 315 mm (12").
- 250 mm (10").
- 200 mm (8").
- 160 mm (6").
- 110 mm (4").
- 75 mm (3").

💧 Hierro Galvanizado:

- 102.26 mm (4").

Parte de las velocidades reflejadas en las tablas anteriormente observados, cumplen con las Normas que se tomaron en consideración para el diseño del sistema.

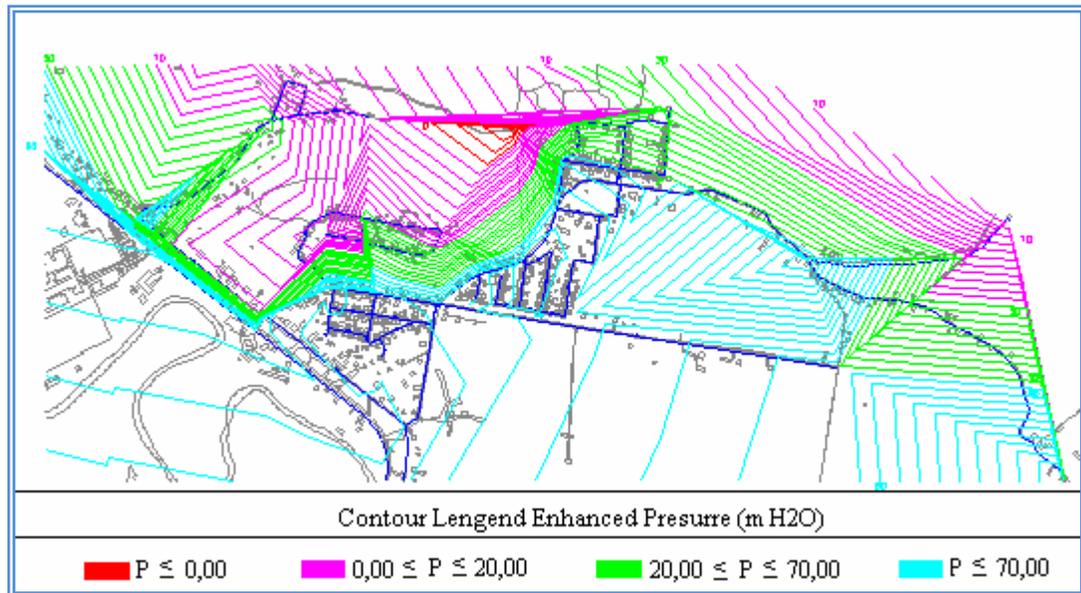
La velocidad mínima que se obtuvo es de 0,10 m/s ubicado en la P-42 la cual es sumamente baja, pero la Norma para El Diseño y Construcción de Acueductos para Pequeñas Poblaciones no establece velocidades mínimas requeridas en la red de distribución. Sin embargo en la tubería P-35 la velocidad máxima es de 2,06 m/s que sobrepasa al estipulado en la misma Norma, pero por razones de diseño y economía



se consideró conveniente permitir valores un poco por encima y por debajo a los recomendados.

Por otra parte, la figura 5.1 nos presenta las curvas de Isopresion, las cuales son suministradas por el Software WaterCAD, donde se puede observar y analizar con mayor claridad el comportamiento de las presiones en cada uno de los sectores por sus respectivos tramos y nodos a cualquier hora del día.

Figura 5.1. Curvas de Isopresion en la Red de Distribución



Fuente: Software WaterCAD.

Las presiones que se reflejan en dichas curvas se derivan de la hora más desfavorable (8:00 AM), variando de $-6,228 \text{ mH}_2\text{O}$ a $66,04 \text{ mH}_2\text{O}$, cuyos valores se reflejan a través de diferentes colores dependiendo del rango de influencia de éste, como se puede apreciar en la figura 5.1, en la cual se puede observar que la mayoría de los nodos poseen presiones que están dentro de los rangos de aceptación. Tomando en cuenta que la situación más crítica esta en aquellos nodos por donde pasa las



curvas de color rojo, pues en estos casos las presiones son negativas, es decir, no les llega agua, esta situación acontece exactamente entre el sector Barrio Polar – Hueco Dulce y Eneal I, recomendando a futuro para el año 2.038 un estanque de almacenamiento cuya capacidad es de 3.200 m³.

Sin embargo para otras horas en las que los consumos no son máximos estas aumentan, cumpliendo así con los valores de presiones establecidos por normas.

5.4. DESCRIPCION DEL SISTEMA SELECCIONADO.

5.4.1. Red Matriz.

Los tramos de las tuberías serán de Policloruro de Vinilo (PVC) de alta densidad ASTM D1784, clase AB, según Norma COVENIN 518-1 capaz de soportar presiones servicio hasta 10Kg/cm². La colocación de las tuberías se debe efectuar de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. Los tramos de la red matriz tendrán los siguientes diámetros y longitudes:

- En el tramo P-34 se colocara una tubería de PVC con un diámetro de 600 mm (24”), cuya longitud será de 325,13 metros.

- El tramo P-45 tendrá una tubería de PVC de 600 mm (24”), con una longitud de 485,83 metros.

- Los tramo P-46 y P-114 serán de PVC de 400 mm (16”), con una longitud de 51,24 y 422,46 metros respectivamente.

- Los tramos P-88 y P-113 constaran con tuberías de PVC de 250 mm (10”), cuyas longitudes serán de 191,33 y 540.81 metros respectivamente.



💧 **Válvulas de Compuerta:** Se colocaron con la finalidad de impedir el paso del agua hacia algunos sectores en caso de futuras reparaciones sin afectar al resto de la población. Estas válvulas de Hierro Dúctil se situaron en los siguientes nodos:

- N-103 de 387,34 mm (16”).
- N-104 y N-145 de 304,04 mm (12”).
- N-104 de 254,56 mm (10”).
- N-172 de 202,74 mm (8”).
- N-81, N-236 y N-105 con un diámetro de 154,08 mm (6”).
- N- 143, N-197 y N-206 cuyo diámetro es de 102,26 mm (4”).

En el plano de detalles (AC-5) se pueden apreciar con más claridad la ubicación de las válvulas de compuertas.

5.4.2. Red de Distribución.

💧 La mayoría de los tramos de las tuberías serán de Policloruro de Vinilo (PVC), las cuales presentan las mismas especificaciones de la red matriz. Considerando que algunos tuberías (existentes) serán de Hierro Galvanizado.

💧 La red de distribución estará dividida por sectores:

- **Sector Hueco Dulce-Barrio Polar:** Se encuentra ubicado entre los nodos N-81 al N-102, este sector constara de tuberías de PVC, con diámetros de 160 mm (6”) y 110 mm (4”), cuyas longitudes serán de 568,50 y 1067,05 metros respectivamente.



- **Sector el Mirador:** Comienza en el nodo N-105 y finaliza en el N-122, todas sus tuberías serán de PVC con diámetros de 160 mm (6") y 110 mm (4"); con longitudes de 419,79 y 706,39 metros respectivamente.

- **Sector el Eneal II:** Este sector presenta los siguientes tramos de tuberías de PVC:

_ Del nodo N-104 al N-143 tendrá una tubería de 315 mm (12") con una longitud 540,08 metros.

_ Del nodo N-124 al N-126 , N-128 al N-133, N-133 al N-138 y N-139 al N-236, las tuberías serán de 160 mm (6") con una longitud de 1262,80 metros.

_ En los nodos N-133 al N-137 y N-143 al N-144, las tuberías serán de 110 mm (4"), con longitudes de 1287,01 y 2.168,22 metros respectivamente.

_ Este sector también contará con un tramo de tubería de 75 mm (3"), con una longitud de 31,3023.

- **Sector la Islita:** Se encuentra entre los nodos N-143 al N-166, tendrán tuberías de PVC con los siguientes diámetros y sus respectivas longitudes:

_ En el nodo N-143 al N-147 y N-147 al N-151 las tuberías serán de 315 mm (12") con una longitud 286,19 metros.

_ Del nodo N-151 al N-167 constarán con tuberías de 250 mm (10") con una longitud de 191,33 metros.



_ En el nodo N-151 al N-152 constaran con tuberías de 200 mm (8") con una longitud de 17,45 metros.

_ Del nodo N-152 al N-153, las tuberías serán de 160 mm (6") con una longitud de 132,7840 metros.

_ En el nodo N-147 al N-149, N-153 al N-155, del N-152 al N-163, del N-167 al N-197 las tuberías serán de 110 mm (4"), con longitudes de 81,47; 164,52; 576,73 y 457,75 metros respectivamente.

- **Sector Eneal I:** Se encuentra situado entre los nodos N-167 al N-196, tendrán tuberías de PVC con diámetros de 200 mm (8"), 160 mm (6") y 110 mm (4"), cuyas longitudes serán de 41,28; 105,97 y 1054,06 metros respectivamente.

- **Sector la Ceibita:** Se ubica entre los nodos N-198 al N-235, este sector tendrá tuberías de PVC y Hierro Galvanizado de 110 mm (4"), cuya longitud será de 654,44 y 1780,14 metros respectivamente

- **Sector el Eneal II:** Este presenta los siguientes tramos de tuberías de PVC:

_ Del nodo N-124 al N-126, N-128 al N-133, N-133 al N-138 y N-139 al N-236, las tuberías serán de 160 mm (6"), abarcando una longitud de 1262,80 metros en general.

_ En el nodo N-133 al N-137, las tuberías serán de 110 mm (4") y una longitud de 1287,01 metros

_ Este sector también contara con un tramo de tubería de 75 mm (3"), con una longitud de 31,3023 metros.



- **Sector la Islita:** Se encuentra entre los nodos N-143 al N-166, tendrán tuberías de PVC con los siguientes diámetros y sus respectivas longitudes:

_ Entre el nodo N-151 al N-152 las tuberías serán de 200 mm (8") con una longitud de 17,45 metros.

_ Del nodo N-152 al N-153, las tuberías serán de 160 mm (6") con una longitud de 132,7840 metros.

_ En el nodo N-147 al N-149, N-153 al N-155, N-152 al N-163 y del N-167 al N-197 las tuberías serán de 110 mm (4") y con una longitud total de 1350,65 metros para esta dimensión.

-**Sector Eneal I:** Se encuentra situado entre los nodos N-172 al N-196, tendrán tuberías de PVC con diámetros de 160 mm (6") y 110 mm (4"), cuyas longitudes serán de 105,97 y 1054,06 metros respectivamente.

-**Sector la Ceibita:** Se ubica entre los nodos N-198 al N-235, este sector tendrá tuberías de PVC y Hierro Galvanizado de 110 mm (4"), cuya longitud será de 654,44 y 1780,14 metros respectivamente.

Estas distribuciones se pueden apreciar con mayor detalle en los planos AC-3 y AC-4.

- 💧 **Ventosas:** Se admitirán tomas de servicios en los puntos altos de la red de distribución para servir de ventosas, tomando en cuenta que esto se permite hasta diámetros de 14" o 350 mm. [10]
- 💧 **Válvula Reductora de Presión:** En el tramo P-38 ubicado en el sector Barrio Polar - Hueco Dulce, se colocara esta válvula con la finalidad de



reducir las presiones en el sistema de abastecimiento en esta zona, las cuales eran un poco elevadas.

5.4.3. Unión de los Tramos de Tuberías.

Por medio de la junta Uni-Safe (espiga-campana) se unirán los tramos de las tuberías de una manera fácil, segura, rápida y eficiente, a excepción de las tuberías de acero 387,34 mm (16”) y 590,94 mm (24”) que serán soldadas. Esta junta posee un sello de goma y un anillo de Polipropileno alojado en el extremo de la campana, que le proporciona estanqueidad y flexibilidad a la conexión impidiendo así las fugas y soportando los asentamientos diferenciales del suelo. Las uniones en los cambios de tuberías se realizarán con junta dresser.

5.4.4. Apoyo en los Tramos de Tuberías.

Para el apoyo en los tramos nos basamos en lo que dicta las Normas INOS para “Especificaciones de Construcción de Obra de Acueductos y Alcantarillados”, colocando como relleno de zanja solo arena lavada y material de préstamo sobre vías pavimentadas.

5.4.5. Profundidad y Ancho de la Zanja.

Para el dimensionado de las zanjas se tomó en cuenta lo establecido en la guía de Luís González. [10]

En la tabla 5.3 se establecen las dimensiones de las zanjas de acuerdo al diámetro nominal de la tubería.



Tabla 5.3. Dimensiones de las Zanjas de Acuerdo a sus Respectivos Diámetros.

Diámetro Nominal de la Tubería		Profundidad en cm. (h)	Ancho en cm.
pulg.	mm.	Red	Red
3	75	85	60
4	110	85	60
6	160	95	60
8	200	105	60
10	250	115	70
12	315	135	80
16	400	165	90
24	600	195	120

Fuente: Realizado por los Autores de este Trabajo de Grado.

En los planos AC-5 y AC-6 se pueden apreciar las dimensiones de las zanjas.

5.4.6. Estanque de Almacenamiento.

En base a la población proyectada para el año 2038 se recomienda la colocación de un estanque de almacenamiento situado entre el sector Barrio Polar – Hueco Dulce y el Eneal I, cuyo terreno presenta aproximadamente una elevación de 72 m. Esto se realiza con la finalidad de mejorar para ese año el sistema de abastecimiento.

Este estanque de almacenamiento tendrá una capacidad de 3.200 m³ (25.60 x 25x 5) m



CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. CONCLUSIONES.

- La población futura se obtuvo a través de los métodos lineal y geométrico, basados en datos poblacionales suministrados por el INE y censos realizados por los autores del presente trabajo de grado. Seleccionando así el valor más desfavorable de 32.057 habitantes generado por el método geométrico para un periodo de 30 años.
- Se eligió para gran parte de este proyecto tuberías de PVC enterradas, ya que la misma proporciona una fácil instalación y trabajabilidad.
- Los diámetros de este diseño se seleccionaron mediante diversas simulaciones realizadas con el software WatCARD, partiendo de los diámetros que actualmente existen en la red de distribución, los cuales fueron aumentados progresivamente, tomando en cuenta que las velocidades y las presiones de los mismos cumplieran con las normas. Cabe resaltar que se sustituirán todas aquellas tuberías que hayan cumplido con su vida útil y que se encuentren en condiciones deplorables.
- En el sector Eneal II en el tramo que cubre desde el nodo N-126 a N-127 se colocó un diámetro de 3" (75 mm), el cual trabaja en óptimas condiciones. Se proyectó de esta manera puesto que este tramo se encuentra en una calle ciega que no tiene posibilidad de desarrollo habitacional de ningún tipo.
- El caudal de incendio no se tomó en cuenta en este diseño debido a que la población estudiada es rural y no presentan zonas comerciales e industriales.



- La mayoría de los nodos cumplen con las presiones estipuladas por las normas que se consideraron, a excepción del nodo N-183 cuyo valor se obtuvo debido a las condiciones del terreno (Cota). Sin embargo estas mejoraron notablemente en este sector durante otras horas.
- Las velocidades en la red de distribución se encuentran en un rango de 0,1 hasta 2.06 m/s, encontrándose las mismas fuera de los parámetros establecidos por las normas. Esta velocidad mínima se presentan en la hora de máximo consumo (8:00AM) pero como el agua que circula en la tubería es potable “libre de sedimentos” (siempre y cuando se le proporcione el mantenimiento adecuado en la planta de tratamiento), la misma llega a su destino.
- El sistema logra abastecer de agua potable durante todo el día a la mayor parte de los sectores por el permanente régimen de bombeo continuo (de 24 horas), establecido para las condiciones futuras.
- El costo total del presupuesto para el desarrollo de este proyecto calculado en el año 2008 es de Bs. 9.138.178,48.

6.2. RECOMENDACIONES.

- Para el diseño de otros sistemas de abastecimiento, se recomienda el uso del Software WaterCAD, ya que a través de este se puede realizar diversas simulaciones mediante las cuales se obtienen los cálculos hidráulicos rápidamente y cuantas veces sea necesario hasta obtener el que más se ajuste a lo requerido por el sistema, además su interactividad con el programa AutoCAD permite simular los sistemas con mayor precisión.



- Se deben hacer las adecuaciones y la ampliación necesaria en la planta del Eneal ubicada en el sector la Ceibita, con la finalidad de que la misma cumpla con los parámetros establecidos para la calidad del agua y abastezcan de manera eficiente a parte de la población (Sector Las Viviendas y La Ceibita).
- Se recomienda construir un tanque de almacenamiento para el año 2.038 de 3.200 m³ de capacidad en la entrada los Leones ubicada en el sector Eneal I, debido a que ese lugar presenta condiciones favorables para la ubicación del mismo, permitiendo a futuro un funcionamiento más eficiente del sistema de distribución compensando en todos los sectores las variaciones de consumo horarias que requieren los mismos.
- Se recomienda en el diseño de abastecimiento de agua potable considerar el crecimiento urbanístico para garantizar de esta manera la demanda que se pueda requerir de los servicios públicos y privados en el área de estudio para el período de diseño que se desee proyectar.
- Al momento de ejecutar las obras de este proyecto, se debe respetar lo indicado en los planos, de manera que el sistema funcione bajo los parámetros que fueron diseñado.
- Realizar mantenimiento preventivo al sistema de abastecimiento, garantizando su funcionamiento para el periodo de diseño, ya que muchos sistemas no fallan por estar mal diseñados sino por el deterioro de sus instalaciones ante la falta de mantenimiento.



- Se debe realizar los mantenimientos respectivos a la bomba y reemplazarla una vez que la misma cumpla con su vida útil (10 ó 15 años) para garantizar con esto el buen funcionamiento del diseño.
- Ajustar por medio de fórmulas polinómicas o por recálculo de los precios unitarios el presupuesto estimado al momento de ejecutar la obra.
- Concientizar a la comunidad del uso preciado del agua potable, mediante charlas, campañas entre otros; con la finalidad de que no hagan un mal uso y despilfarro del vital líquido.



BIBLIOGRAFIA.

- [1] GARCIA, L. y PERDOMO, E. (2007). **“Diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para el Sector Rincón Adentro, Municipio Sotillo, Estado Anzoátegui, utilizando el software WaterCad”**. Trabajo de Grado. Departamento de Ingeniería Civil. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui.
- [2] FAJARDO, H. y REQUENA, A. (2007). **“Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para los Sectores Bahía Costa Mar y El Telesforo, Municipio Guanta, Estado Anzoátegui aplicando el software WATERCAD”**. Trabajo de Grado. Departamento de Ingeniería Civil. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui.
- [3] ROJAS, L. y ROBERTO, Y. (2005). **“Evaluación del sistema de abastecimiento de agua potable en la zona sur del Municipio Juan Antonio Sotillo, mediante la aplicación de un programa de computación”**. Trabajo de Grado. Departamento de Ingeniería Civil. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui.
- [4] ESPINOZA, E. y MONASTERIOS, F. (2004). **“Evaluación del sistema de abastecimiento y distribución de agua potable de la zona sur de Barcelona mediante la utilización de un programa de computación”**. Trabajo de Grado. Departamento de Ingeniería Civil. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui.



- [5] MATAIX, C. (1982). **“Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas”**, Editorial Harla S.A., México.
- [6] I.N.O.S. (1.965). **“Normas para el Diseño de los Abastecimientos de Agua”**. Caracas, Venezuela.
- [7] AZEVEDO J. y ACOSTA G. (1973). **“Manual de Hidráulica”**. Primera Edición. Editorial Harla s.a., Ciudad de México, México.
- [8] AROCHA, S., (1997) **“Abastecimientos de Agua”**, Ediciones Vega SRL, Tercera Edición, Caracas, Venezuela
- [9] MERRITT, F. (1998). **“Manual para el Ingeniero Civil”**. Tercera Edición Editorial Mc Graw Hill. Ciudad de México, México.
- [10] GONZALEZ, L. (2006). **“Metodología para diseñar y evaluar redes de distribución de Agua potable (Acueductos)”**. Segunda Edición. Editorial UDO. Barcelona, Venezuela.
- [11] LOPEZ, R. (1999). **“Diseño de Acueductos y Alcantarillados”**. Segunda Edición Ediciones Alfaomega. Santa Fe de Bogotá, Colombia.
- [12] RIVAS, G. (1.983). **“Abastecimientos de Aguas y Alcantarillados”**. Tercera Edición. Ediciones Vega s.r.l. Caracas, Venezuela.
- [13] M.S.A.S. (1.983). **“Compendio de Normas y Modelos para Estudios de Campo y Diseño de Acueductos Rurales”**. Tercera Edición. Caracas, Venezuela.



- [14] M.A.R.N.R. (1985). **“Demandas Teóricas de Agua”**, Serie de informes técnicos DGSPOA/IT/139. Ministerio del Ambiente y de los recursos Naturales Renovables. Caracas, Venezuela
- [15] M.S.A.S. (1.989). **“Normas Sanitarias para el Proyecto, Construcción, Ampliación, Reforma y Mantenimiento de las Instalaciones Sanitarias para Desarrollos Urbanísticos”**. Gaceta Oficial de la República de Venezuela, N° 4.103 Extraordinario. Caracas, Venezuela.
- [16] STREETER V. y WYLIE E. (1990). **“Mecánica de los fluidos”**. Octava Edición. McGraw-Hill. .U.S.A.
- [17] MÉNDEZ, M. (1995). **“TUBERÍAS A PRESIÓN EN LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA”**. Primera Edición. Editorial UCAB. Caracas, Venezuela.
- [18] ESPINOZA E. y MONASTERIO F. (2004). **“Evaluación del sistema de abastecimiento y distribución de agua potable de la zona sur de Barcelona mediante la utilización de un programa de computación”**. Departamento de Ingeniería Civil. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui.
- [19] KEMMER F. y CALLIAN J. (1989). **“Manual del agua, su naturaleza, tratamientos y aplicaciones”** Primera Edición. Tomo III. Editorial McGraw-Hill. U.S.A



- [20] M.S.A.S (1960). “Norma para el Diseño y Construcción de Acueducto de Pequeñas Poblaciones”. Caracas, Venezuela



METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

TÍTULO	DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y RED MATRIZ DE AGUA POTABLE DE LOS SECTORES: BARRIO POLAR - HUECO DULCE, EL ENEAL I Y II, EL MIRADOR, LA ISLITA Y LA CEIBITA UBICADOS EN EL MUNICIPIO SIMÓN BOLÍVAR BARCELONA, ESTADO ANZOÁTEGUI.
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Andrade B., Claudia J.	CVLAC: 17.409.314 E MAIL: claudiandrade_85@hotmail.com
Ortiz M., Mariella N.	CVLAC: 17.723.954 E MAIL: mariellaortiz75@hotmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

1. Diseño
2. Abastecimiento
3. Red matriz
4. Agua potable



METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	
	Ingeniería Civil

RESUMEN (ABSTRACT):

En el presente trabajo de grado se realizó el diseño del sistema de abastecimiento y red matriz de agua potable de los sectores Barrio Polar-Hueco Dulce, El Eneal I y II, El Mirador, La Islita y La Ceibita ubicados en el Municipio Simón Bolívar Barcelona, Estado Anzoátegui. Este deriva del proyecto de Sistema Integral de Abastecimiento de Agua Potable para los Sectores Los Machos, Barrio Polar-El Eneal, Valles y Picas del Neveri, Naricual y Zonas Aledañas, Ubicados en Barcelona, el cual nace debido a la deficiencia de abastecimiento de agua potable que presentan dichos sectores. En el desarrollo del diseño del sistema primeramente se recaudo información en sitio, complementándola con datos suministrados por los entes competentes en el área y se realizó a su vez un censo poblacional, elaborando así un estudio demográfico de los sectores con el objeto de estipular, a través del método geométrico, la proyección futura de la zona para un periodo de diseño de 30 años, obteniendo así el consumo requerido por la población para el año 2038. Posteriormente se efectuó un levantamiento topográfico para detallar los accidentes y variaciones de cotas del terreno, lo que nos permitió definir la configuración del sistema y su funcionamiento por bombeo. Una vez obtenida la información antes mencionada, se determinó el sistema de abastecimiento mediante el Software Watercad versión 4.5, a través del cual se simuló el sistema que hidráulicamente cumple con los parámetros establecidos en las Normas Sanitarias Venezolanas para este tipo de proyecto.



METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y

ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU X	JU
Boughannam, Mounir	CVLAC:	11.420.592			
	E_MAIL	mou.bou@hotmail.com			
	E_MAIL				
Morales, Hilda.	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:	5.189.811			
	E_MAIL	moraleshc@gmail.com			
	E_MAIL				
Cotellessa, Luigi	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:	8.302.817			
	E_MAIL	lcotellessa@hotmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2009	03	09
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA



METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y

ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
Tesis. Diseño de Abastecimiento. doc	Application / msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H
I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u
v w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: Barcelona. Edo. Anzoátegui (OPCIONAL)

TEMPORAL: Seis meses (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

INGENIERO CIVIL

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

PREGRADO

ÁREA DE ESTUDIO:

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

INSTITUCIÓN:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI



METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

De acuerdo al artículo 44 de Reglamento de Trabajo de Grado

"Los trabajos de grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario"

Andrade B., Claudia J.

AUTOR

Ortiz M., Mariella N.

AUTOR

Prof. Mounir, Boughannam

TUTOR

Prof. Morales, Hilda

JURADO

Prof. Cotellessa, Luigi

JURADO

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS