



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MODELACIÓN Y DISEÑO
DE DISTRIBUCIÓN DE AGUAS BLANCAS CON LA
UTILIZACIÓN DE LOS SOFTWARE
EPANET Y CYPECAD**

Autores:

Castro Fernando C.I 25.508.146

Román Elio C.I: 24.301.274

Tutor académico

Ing. Rafael Mieres

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MODELACIÓN Y DISEÑO
DE DISTRIBUCIÓN DE AGUAS BLANCAS CON LA
UTILIZACIÓN DE LOS SOFTWARE
EPANET Y CYPECAD**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de

INGENIERO CIVIL

Autores:

Castro Fernando C.I 25.508.146

Román Elio C.I: 24.301.274

Tutor académico

Ing. Rafael Mieres

San Diego, septiembre 2021



FI-L-003-2021-ICR (TG)

Valencia, 19 de Julio de 2021

Ciudadanos:
CASTRO C, FERNANDO J.
C.I 25.508.146
ROMÁN R, ELIO J.
C.I 24.301.274
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 01-2021 de fecha 24-05-2021 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MODELACION Y DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE AGUAS BLANCAS CON LA UTILIZACIÓN DE LOS SOFTWARE EPANET Y CYPECAD**. Presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación de la Ing. Rafael Mieres C.I: 8.831.952 como Tutor Académico que los asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,


Dr. Francisco Gelanzé Sevilla.
Decano



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

GF/fm



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Rafael Mieres portador de la cédula de identidad N° 8.831.952 , en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por los ciudadanos Román Elio y Castro Fernando , portadores de la cédula de identidad N° 24.301.274 y N° 25.508.146 respectivamente, titulado **“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MODELACIÓN Y DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE AGUAS BLANCAS CON LA UTILIZACIÓN DE LOS SOFTWARE EPANET Y CYPECAD.”** presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, del año 2020.

Ing. Rafael Mieres.

C.I.: 8.831.952

Agradecimiento

Agradecemos a Dios y a nuestros formadores, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarnos a llegar al punto en el cual nos encontramos.

A nuestros Padres, hermano, abuelos, tíos y familia cercana, por su gran amor y apoyo, por guiarnos y apoyarnos en cada paso de nuestra vida y estar presentes en momentos especiales dándonos fuerza y siendo ejemplos a seguir para ser personas y profesionales de bien.

A las autoridades de nuestra Universidad Jose Antonio Páez quienes nos recibieron en su casa de estudio.

Al personal Administrativo y Docente, por su apoyo absoluto.

A nuestros profesores por su sabiduría y dedicación formándonos a lo largo de la carrera.

A nuestro tutor Académico Ing. Rafael Mieres, por dedicación y profesionalismo y orientación en este trabajo.

¡Mil Gracias!

Elio y Fernando

Dedicatoria

A Dios, por darnos el ser y la sabiduría. Por habernos permitido llegar hasta este punto y lograr todos nuestros objetivos propuestos hasta ahora. Solo podemos dedicar cada triunfo, cada logro y cada acción generosa como símbolo de lo mucho que significan en nuestra vida.

A nuestros padres, por apoyarnos en todo momento, por confiar en nosotros, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que nos han permitido ser una persona de bien, por sus apoyos, por dejar cumplir una de nuestras metas más anheladas, por sus infinitos ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que nos han infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante sin importar los obstáculos.

A nuestros familiares, hermanos, abuelos, primos y tíos; a nuestros amigos y conocidos,

¡Gracias! Todo este trabajo ha sido posible gracias a ustedes que creyeron siempre que todo lo que nos propongamos lo podemos lograr.

¡Le dedicamos nuestro triunfo!

Elio y Fernando

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
EL PROBLEMA	3
1.1 Planteamiento del Problema	3
1.2 Formulación del Problema	5
1.3 Objetivos de la Investigación	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivos Específicos	5
1.4 Justificación	6
1.5 Alcances	7
CAPÍTULO II	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1 Antecedentes	8
2.1.2 Antecedentes Nacionales	8
2.1.3 Antecedentes Internacionales	9
2.2 Bases Teóricas	10
2.2.1 Agua Potable	10
2.2.2 Acueducto	11
2.2.3 Red de distribución	11
2.2.4 Componentes de una red de distribución de agua potable	12
2.2.5 Tipo de redes	14
2.2.6 Procedimientos para el cálculo de Red De Distribución	16
2.2.7 Tubería de distribución	19

2.2.8	Especificaciones de Diseño para el Sistema de Acueducto	20
2.2.9	Procedimiento para el desarrollo del proyecto de red	22
2.2.10	Red de distribución continua	25
2.2.11	Red de distribución intermitente	26
2.2.12	EPANET	28
2.2.13	CYPECAD	39
2.2.14	Módulo de abastecimiento de agua de CYPE	41
2.2.15	Documentación del proyecto arrojado por programas	43
2.2.16	Actualidad de programas que realizan el cálculo de red	44
2.2.17	El teorema de Bernoulli	48
2.2.18	Teorema de Transporte de Reynolds	49
2.2.19	Método de gastos probables de Hunter	52
2.3	Bases Legales	52
2.3.1	Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999)	52
2.3.2	Ley De Aguas Gaceta Oficial 35.595	53
2.3.3	Ley Orgánica Servicios de Agua Potable y de Saneamiento	54
2.3.4	Ley Orgánica del Ambiente	55
2.3.5	Ley Orgánica de Régimen Municipal	55
2.3.6	Gaceta oficial N.º 4.044	56
2.4	Términos Básicos	57
	CAPÍTULO III	60
	MARCO METODOLÓGICO	60
3.1	Tipo de investigación	60
3.2	Diseño de la investigación	60
3.3	Nivel de la investigación	60
3.4	Población y muestra	62
3.5	Técnica e Instrumentos de recolección de datos	62
3.6	Fases de la Investigación	65
	CAPÍTULO IV	66
	RESULTADOS	66

4.1	Definición de las características del urbanismo en estudio	66
4.1.1	Población	66
4.1.2	Ubicación	67
4.1.3	Topografía del sitio en estudio	67
4.2	Generar de la modelación y diseño de distribución	72
4.2.1	Módulo EPANET (flujo continuo)	72
4.2.2	Módulo EPANET (flujo intermitente)	81
4.2.3	Módulo CYPECAD (flujo continuo)	90
4.2.4	Módulo CYPECAD (flujo intermitente)	100
4.3	Estudiar los datos EPANET y CYPECAD	100
4.3.1	Reporte de presiones y velocidades Flujo Continuo EPANET	100
4.3.2	Reporte de presiones y velocidades Flujo Discontinuo EPANET	102
4.3.3.	Reporte de presiones y velocidades Flujo Continuo CYPECAD	104
4.4	Analizar las diferencias de los resultados	109
4.4.1	Balance de presiones Red Distribución 2	109
4.4.3	Nivel de significancia	111
4.4	Balance de velocidades Red Distribución 2 Ciudad Plaza III	112
4.4.5	Representación de velocidades	113
4.4.6	Nivel de significancia velocidades y presiones	114
4.4.7	Análisis FODA	115
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	117
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		Pág.
1	Tipos de tubería	20
2	Fórmulas de pérdidas de carga para tubería llena	33
3	Coefficiente de Rugosidad para nuevas tuberías	33
4	Coefficiente de pérdidas menores	34
5	Unidades de gasto para el cálculo tuberías de distribución de agua	52
6	Dotación de Agua para Edificaciones Viviendas Unifamiliares	57
7	Coordenadas Levantamiento Topográfico	69
8	Caudal máximo por edificaciones Urbanización Ciudad Plaza III	70
9	Reporte de la red (Nodos) presiones Distribución 2 flujo continuo	100
10	Reporte de la red (Líneas) velocidades Distribución 2 continuo	101
11	Reporte de presiones de la red Distribución 2 (Nodos) 0:50 Hr	102
12	Reporte de velocidades en la red Distribución 2 (LÍNEA)0:50 Hrso	103
13	Cuadro Comparativo de presiones de la Red Distribución 2	109
14	Nivel de significancia obtenidos de presiones de la Red	111
15	Cuadro Comparativo de presiones de la Red Distribución 2	112
16	Nivel de significancia de velocidades y presiones de la Red	114
17	Análisis FODA de software EPANET	115
18	Análisis FODA de software CYPECAD	116

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		Pág.
1	Ubicación sitio de sitio Ciudad Plaza III, .Valencia	7
2	Redes de acueducto	11
3	Tipos de redes de distribución de aguas blancas	16

4	Sistema distribución de Aguas blancas Programa EPANET	30
5	Curva Característica de la Bomba con un Punto	36
6	Curva Característica de la Bomba de tres Puntos	37
7	Curva Característica de la Bomba de tres Puntos	37
8	Curva de Rendimiento de la Bomba	38
9	Curva de Rendimiento de la Bomba	39
10	Teorema de Bernoulli	49
11	Teorema de Reynolds	50
12	Teorema de Reynolds	51
13	Vista de Edificaciones existente en Ciudad Plaza III	66
14	Ubicación satelital Urbanización Ciudad P Valencia	67
15	Topografía Urbanización Ciudad Plaza III Valencia	68
16	Red de Distribución Aguas Blancas Urbanización Ciudad Plaza III	71
17	Plano de fondo en EPANET a partir de AUTOCAD flujo continuo	72
18	Nodos y longitudes EPANET a partir de AUTOCAD flujo continuo	73
19	Información de caudales EPANET a partir de AUTOCAD continuo	73
20	Información de Imagen EPANET a partir de AUTOCAD continuo	74
21	Plano de Red aguas blancas Ciudad Plaza III. extraído de AUTOCAD	74
22	Ajuste escala Red aguas blancas Ciudad Plaza III. flujo continuo	75
23	Nomenclatura Red aguas blancas Ciudad Plaza III. flujo continuo	76
24	Propiedades tubería Red aguas blancas Ciudad Plaza III flujo continuo	76
25	Propiedades Tanque Red aguas blancas flujo continuo	77
26	Opciones hidráulicas Red aguas blancas flujo continuo	77
27	Demanda Red aguas blancas Ciudad Plaza III. flujo continuo	78
28	Demanda de la Red aguas blancas Ciudad Plaza III. continuo	78
29	Presiones Red aguas blancas Ciudad Plaza III. flujo continuo	79
30	Diseño Geométrico de velocidades Red Ciudad Plaza III.continuo	80
31	Diseño Geométrico de velocidades Red Ciudad Plaza III. flujo	81
32	Caudales EPANET a partir de AUTOCAD flujo intermitente	82
33	Información de Imagen EPANET a partir de AUTOCAD intermitente	83

34	Ajuste escala Red aguas blancas Ciudad Plaza III. flujo discontinuo	83
35	Propiedades tubería Red aguas blancas flujo discontinuo	84
36	Propiedades Tanque Red aguas blancas Ciudad Plaza III. Continuo	84
37	Opciones hidráulicas Red aguas blancas flujo discontinuo	85
38	Curva INOS Red aguas blancas Ciudad Plaza III. flujo discontinuo	85
39	Configuración del tiempo cálculo en las 24 horas flujo discontinuo	86
40	Red actual Ciudad Plaza III con tanque flujo discontinuo	87
41	Demanda con tanque flujo discontinuo por nudo Ciudad Plaza III	87
42	Presiones en los nodos con tanque flujo discontinuo Ciudad Plaza III	88
43	Velocidades en los tramos con tanque flujo discontinuo	89
44	Perfil de presiones del Tanque al Nodo 1 al 141 flujo discontinuo	90
45	Interfase de CYPECAD Ciudad Plaza III flujo continuo	90
46	Datos de red insertados de AUTOCAD A CYPE flujo continuo	91
47	Plantilla de AUTOCAD Ciudad Plaza III flujo continuo	91
48	Configuración de la visual de la red Ciudad Plaza III flujo continuo	92
49	Opciones de símbolos en la red a elegir Ciudad Plaza III flujo continuo	92
50	Edición de tramos de tuberías Ciudad Plaza III flujo continuo	93
51	Parámetros de velocidad máxima Ciudad Plaza III flujo continuo	93
52	Parámetros de velocidad minima Ciudad Plaza III flujo continuo	94
53	Ventana de insertar datos de consumo por nodo flujo continuo	94
54	Parámetro de presión máxima Ciudad Plaza III flujo continuo	95
55	Parámetro de presión mínima Ciudad Plaza III flujo continuo	95
56	Configuración nodo de alimentación Ciudad Plaza III flujo continuo	96
57	Edición nudo de alimentación Ciudad Plaza III flujo continuo	96
58	Resultados de nodos N 1-N 164 Ciudad Plaza III flujo continuo	97
59	Resultados de nodos N 141-N 142-N 13 Ciudad Plaza III flujo continuo	98
60	Resultados de nodos N 152-N 151 flujo continuo	

¡Error! Marcador no definido.

61	Resultados de nodos N 121-N 122-N 111 flujo continuo	98
62	Resultados de nodos N 181-N 182.1-N 191- N 183 flujo continuo	99

63	Resultados de nodos N 202-N 201 Ciudad Plaza III flujo continuo	99
64	Reporte de resultados página 1 de la Red Distribución 2 continuo	104
65	Reporte de resultados página 2 de la Red Distribución 2 continuo	105
66	Reporte de resultados página 3 de la Red Distribución 2 continuo	106
67	Reporte de resultados página 4 de la Red Distribución 2 continuo	107
68	Reporte de resultados página 5 de la Red Distribución 2 continuo	108
69	Gráfico de presiones de la Red Distribución 2	110
70.	Gráfico de velocidades de la Red Distribución 2	113



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MODELACIÓN Y
DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE AGUAS BLANCAS CON
LA UTILIZACIÓN DE LOS SOFTWARE EPANET Y
CYPECAD**

Autores: Castro Fernando C.I 25.508.146

Román Elio C.I: 24.301.274

Tutor académico: Ing. Rafael Mieres

Fecha: septiembre 2021

RESUMEN

El objetivo principal del presente estudio es realizar una comparación entre modelación y diseño de redes de distribución de aguas blancas utilizando el software EPANET y CYPECAD aplicada al acueducto que surte la población ubicada en ciudad Plaza III, Parroquia Rafael Urdaneta del Municipio Valencia del estado Carabobo. Siguiendo una metodología exploratoria, explicativa, de campo con diseño cuasi experimental, asimismo, es importante resaltar que las técnicas e instrumentos de recolección de datos serán la observación directa, diario de campo, registro fotográfico, planos del lugar los cuales ayudaran al desarrollo de este diseño y finalmente el método de desarrollo se estructuró en tres fases la primera comprende la descripción de las características del urbanismo en estudio y de la red existente, la segunda la generación de la modelación y diseño de distribución de agua blancas asistido con el uso de estos programas y finalmente se analizó las discrepancias, ventajas y desventajas de los programas en el cálculo de acueducto manteniendo el flujo continuo y discontinuo.

Palabras Clave: Red de Distribución, Aguas Blancas y Software

INTRODUCCIÓN

La red de distribución al conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de servicio o de distribución hasta la toma domiciliaria o hidrantes públicos, donde la decisión de realizar un diseño u otro, es función del estudio de diversos parámetros de los cuales va a tener un alto peso los factores técnico-económicos, razón por la cual no hay que perder de vista que el objetivo final de cualquier Red de Distribución de Agua Potable es hacer llegar agua a los puntos de consumo en condiciones óptimas de calidad, cantidad y con una presión de servicio adecuada.

Conviene resaltar que una infraestructura adecuada para el suministro de agua es trabajo de expertos ingenieros civiles que estén en capacidad realizar el diseño de la red que verdaderamente solucionen las necesidades de una población, sea grande o pequeña, y que estén acordes al capital que la misma tiene para invertir en ello, ya que el suministro de agua potable es necesario para que las poblaciones tengan calidad de vida y se eviten enfermedades, por lo tanto el desarrollo económico y social de una sociedad, depende en gran medida de poder contar con este servicio.

Ahora bien, diseñar una red de distribución de agua potable conlleva una gran responsabilidad, pues para lograrlo es necesario realizar obras hidráulicas, sistema de tratamiento del agua, su almacenamiento, distribución y recolección, entre otras, así como el estudio de factores que determinan el período del diseño, es decir, el tiempo determinado para que el sistema funcione con eficiencia, considerando el desgaste o daños de la estructuras, condiciones topográficas, tipos de tubería, presión entre otros donde el diseño hidráulico de ingeniería busca la construcción de obras civiles que cumplan con la función de transportar el agua en forma segura, eficiente y que cumpla con las normas establecidas por el gobierno.

Se debe agregar que la importancia de un diseño es lograr cumplir la necesidad razón por la cual se emplean modelos en forma virtual por medio de software, entre los que destacan el EPANET, CYPECAD, HEC-RAS, SEWERCAD entre otros, los cuales

permiten llegar a metodologías de diseño basadas en criterios hidráulicos que reportan resultados de tan alta calidad, modelando redes de flujo a presión en poco tiempo, brindando al ingeniero no solamente un fácil manejo, también precisión en poco tiempo, es por ello que el propósito de esta investigación está centrada a realizar un análisis comparativo entre modelación y diseño de distribución de aguas blancas con la utilización de los software EPANET Y CYPECAD, frente a esta problemática se estructuró la presente investigación en cuatro (4) capítulos fundamentales cuyos contenidos se establece a continuación:

Capítulo I: En él se detalló el planteamiento del problema referente al objetivo de estudio, con su respectiva formulación del problema. Explicando los objetivos de la investigación tanto general como específicos, que son los que garantizan el éxito del trabajo, todo esto conjuntamente con la justificación que nos motivó a realizar este estudio seguido por el alcance, es decir, los temas que abarca este trabajo.

Capítulo II: Presenta el marco teórico, que se basa principalmente en antecedentes de la investigación relacionados con el tema del presente trabajo, como también las bases teóricas y legales que se aplicaran en la misma. Por último, la definición de los términos básicos contenidos dentro de la investigación.

Capítulo III: En el mismo se expondrá el marco metodológico el cual presenta el tipo y diseño de la investigación, es decir los lineamientos de investigación de campo, documental y descriptivo. De igual forma, se desarrollarán las fases de la investigación que se basan en los objetivos específicos describiendo cada uno y dando claridad a como se realizaran cada uno de ellos.

Capítulo IV: Se presentan los Resultados de la modelación y diseño de distribución de aguas blancas utilizando el software EPANET Y CYPECAD aplicado a la red que surte la Urbanización Ciudad Plaza III, Parroquia Rafael Urdaneta del Municipio Valencia del estado Carabobo

Finalmente se describieron las conclusiones obtenidas del proceso de investigación, y las recomendaciones que se consideraron relevantes, así como la Bibliografía consultada.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

Actualmente el diseño asistido por computadoras es de amplio uso entre los ingenieros, ya que de esta manera se puede ser más preciso y rápido en la elaboración de un proyecto, es por ello que en el campo de la ingeniería hidráulica se utilizan diversos software para el cálculo de acueducto y cloacas, que contienen diferentes elementos e interfaz diseñada en tres dimensiones con el fin de realizar, de forma totalmente integrada, la modelación, el análisis y el dimensionamiento de diversos problemas de redes en forma precisa en muy pocos minutos mediante su entorno gráfico y el conjunto de opciones que disponen.

En este sentido nadie pone en duda que la sociedad actual a nivel mundial está atravesando profundos y vertiginosos cambios asociada a la tecnología, donde la ingeniería hidráulica en los últimos cincuenta años ha ido edificando una fenomenal transformación, donde la computadora se ha convertido en una herramienta de modelación reduciendo las dificultades de calibración de los diferentes modelos, con diseños hidráulico que cumplan con la función de transportar el agua en forma segura, eficiente de acuerdo a las normas establecidas, mediante modelos en forma virtual por medio de softwares.

Convirtiéndose así, el diseño hidráulico como un área de gran importancia e incipiente crecimiento con alta demanda dentro la ingeniería civil, razón por la cual se requiere una amplia destreza en optimización de los procedimientos y diseños con el fin proporcionar mayor eficiencia en los resultados, con herramientas computacionales clave en la organización, modelación y cálculo de redes, pero en la actualidad se ha observado entre los profesionales poco conocimiento y destrezas en el manejo de los diferentes programas que optimizan los diseños hidráulicos en menor tiempo, lo que trae como consecuencia que estos ingenieros sean menos competitivos.

Ahora bien, Venezuela no es indiferente a esta tendencia mundial donde, desde el punto de vista académico la carrera de ingeniería civil en las universidades venezolanas, están dando cambios con el fin de responder a estas expectativas y necesidades de la sociedad basado en el conocimiento y en el desarrollo de las nuevas tecnologías, que permitirán formar profesionales con una sólida enseñanza técnica que aporten al desarrollo del país, demostrando de esta manera conocimientos de las ciencias básicas y de ingeniería para el diseño de estas obras bajo las normas, especificaciones, legislación y aspectos financieros prácticos; mediante el uso de nuevas tecnologías convirtiéndose esta última, en una herramienta tan importante para la realización de sus cálculos y análisis.

Cabe destacar que para efectuar estudios hidráulicas como por ejemplo trazado de redes abastecimiento y saneamiento, bombeos, diseño de regadíos, captaciones, acueductos entre otras se emplea una formulación compleja que requiere mucho tiempo para su resolución, complicando la situación el planteamiento de soluciones alternativas para un mejor estudio, en consecuencia se demanda un considerable tiempo para su resolución, por lo tanto estos softwares hidráulicos por un lado contribuyen a facilitar el diseño y por otro lado permiten establecer posibles controles en su funcionamiento, por lo tanto surge la necesidad de conocer el funcionamiento de estos programas que garanticen un mejor aprovechamiento del agua minimizando las pérdidas y respondiendo el empleo de la cantidad necesaria obteniendo así de esta manera el máximo rendimiento.

Igualmente, el manejo de estos programas permitirán ser más competitivos por la propia velocidad en la obtención de soluciones para un mismo problema, si bien es cierto, que estamos en la era de la informática con lo que constantemente aparecen nuevos programas con más condicionantes cada uno de ellos y que ofrecerán más informaciones, obligando a un constante reciclaje para estar al día no sólo con las normativas, sino con los programas más eficientes para cada caso que van desarrollándose continuamente, o actualizándose.

Dentro de los softwares hidráulicos existen algunos programas libres, entre los que se pueden mencionar el EPANET empleado para el diseño de conducciones en

presión, el HEC-RAS para el estudio de ríos y sus niveles de caudal para las diferentes avenidas consideradas, el SEWERCAD empleado para el diseño de conducciones por gravedad y otro muy importante es el CYPECAD caracterizado por ser una herramienta computacional con diferentes extensiones que incluyen diversas áreas de la ingeniería civil.

Se debe agregar que cada uno de estos programas permiten no sólo el diseño mediante la realización de los cálculos, sino que también facilitan los resultados de manera gráfica, por tal motivo es imprescindible como futuros ingenieros de la nación y del estado Carabobo conocer las posibilidades y limitaciones reales que ofrecen estos programas como herramienta de gestión y cálculo del comportamiento, que permitan establecer de esta manera diferencias, ventajas y desventajas de los mismos cuando la distribución del agua es continua o intermitente realizando un estudio de comparación de la modelación y diseño de una red distribución de agua blancas utilizando los programas EPANET Y CYPECAD, razón por la cual se emerge la siguiente interrogante orientadora del presente estudio:

1.2 Formulación del Problema

¿De qué manera los softwares influyen en la modelación y diseño de redes de distribución de aguas blancas en urbanizaciones?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Realizar un análisis comparativo de modelación y diseño de la red de distribución de aguas blancas asistido por los softwares EPANET y CYPECAD en una urbanización con sistema de distribución continua e intermitente.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Definir las características del urbanismo en estudio
- Generar la modelación y diseño de distribución de agua blancas asistido con el uso de los programas EPANET y CYPECAD
- Estudiar los datos arrojados por los programas EPANET y CYPECAD.
- Analizar las diferencias, ventajas y desventajas de los programas en el cálculo de acueducto.

1.4 Justificación

La importancia de este trabajo desde el punto de vista práctico es que permitirá a los usuarios de estos programas simular el comportamiento hidráulico de un red de aguas blancas en un urbanismo, estudiando la evolución del flujo en las tuberías, las presiones en los nodos de demanda, durante un período prolongado de simulación utilizando ambos programas y establecer cual es más fiable en distribuciones continuas e intermitentes, con miras no sólo al diseño de sus componentes sino también al estudio de condiciones operativas del sistema, mediante la realización de cálculos iterativos que, de forma manual, tomarían una cantidad importante de tiempo, considerando las diversas condiciones de demanda en la red, como en los casos de evaluar demandas máximas horarias o demandas máximas por incendio.

Igualmente, la relevancia social de la investigación está enmarcada en la problemática de desinformación que existe en el campo profesional de la ingeniería nacional sobre cuál es el más favorable programa informático enfocado en el diseño de red de acueducto, razón por la cual sería un aporte significativo a la práctica que requiere la ingeniería venezolana y Carabobeña a para ampliar y fortalecer su conocimiento, que permitirán identificar fortalezas, debilidades y suministrar aportes de dicha experiencia al gremio de ingeniería hidráulico de esta ciudad e igualmente existirá libertad de conocimientos y trabajo cooperativo entre usuarios lo que permitirá mayor innovación tecnológica.

De igual manera, desde el punto de vista académico, con la realización de este trabajo de investigación se difundirán los conocimientos obtenidos por los estudiantes cursantes de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez en la solución de problemas que conciernen a su especialidad; específicamente en el campo de la ingeniería hidráulica, cumpliendo así de esta manera con los requisitos curriculares establecidos en esta casa de estudio sirviendo de difusión de los conocimientos obtenidos por los estudiantes cursantes de Ingeniería Civil de la UJAP en el manejo software libres como complemento de la unidad curricular Acueductos y Cloacas.

1.5 Alcances

Espacial: El trabajo de grado se circunscribe en Ciudad Plaza III, ciudad satélite ubicada al Sur de la parroquia urbana Rafael Urdaneta del Municipio Autónomo Valencia, fundada por el alcalde de Valencia Francisco “Paco” Cabrera del Estado Carabobo (ver Figura 1).



Figura 1: Ubicación sitio de sitio Ciudad Plaza III, ciudad satélite ubicada al Sur de la Parroquia urbana Rafael Urdaneta del Municipio Autónomo Valencia.

Fuente: Google earth (2020)

Temporal: el lapso estipulado para la elaboración de esta investigación comprende el período de 2020-2021.

Científica: se realizará un análisis comparativo de programas de simulación de red de acueducto asistido con los programas EPANET y CYPECAD

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

A continuación, se presenta el conjunto de contribuciones teóricas existentes sobre el problema objeto de estudio y su relación con otras áreas de conocimiento, referente diseño de distribución de agua potable y de acuerdo a lo establecido por Rojas, citado por Hernández, Fernández y Baptista (1994), plantea que: "el marco teórico implica analizar y exponer aquellas teorías, enfoques teóricos, investigaciones y antecedentes en general, que se consideran válidos, vinculado con el estudio" (p.22).

2.1 Antecedentes

Arias (2006) afirma que “Los antecedentes reflejan los avances y el estado actual del conocimiento en un área determinada y sirven de modelo o ejemplo para futuras investigaciones”. (p. 108), los cuales servirán para organizar, sistematiza y comparar la calidad de cada antecedente en función a la metodología y resultados de cada uno de ellos.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Andrade C. y Ortiz (2016) en su trabajo de Grado presentado en la Universidad de Oriente, titulado “**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**”, para optar al título de ingeniero civil, cuyo objetivo fue diseñar un sistemas de distribución actualizada, utilizando para el recaudo de información y el análisis del 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. Este trabajo aporta una estructura de diseño tipo de un Sistemas de Abastecimiento y la Red de Distribución, con procedimientos e información necesaria de los aspectos más importantes que sirven de apoyo para la descripción de algunos lineamientos, necesarios para la inclusión en el manual.

Por otro lado, Figueredo y Contreras (2019), en su trabajo titulado “**Diseño de distribución de agua potable para la comunidad “los Cedros”, En San Juan De Los Morros, Municipio Juan Germán Roscio Del Estado Guárico**”, presentaron en la Universidad Nacional Experimental de los llanos Centrales "Rómulo Gallegos", Área de Ingeniería Civil, San Juan de los Morros– Estado Guárico. Esta investigación está orientada a diseñar una red de acueducto para el sector de Los Cedros ubicado en San Juan de los Morros, Estado Guárico, buscando una alternativa de solución para la problemática que se presenta en esta comunidad, como es la falta de servicios básicos de aguas blancas. La cual se llevó a cabo a través de fases centradas en los estudios preliminares, cálculo de caudales de diseño, alternativas de desarrollo de la red, simulación con programa EPANET para la determinación de los valores máximos y mínimos de presión en la tubería. La información fue ordenada de acuerdo a las técnicas de recolección de datos obtenidos, con hipótesis de cálculo del $Q_{max} = 2.19 Q_m$, para cada tramo, considerando una tubería PVC de diámetro 4 “en una longitud de 1,893.73 y 50 tomas domiciliarias.

2.1.3 Antecedentes Internacionales

Chiquin (2016), realizó un trabajo de investigación referente al “**Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable del área urbana, del municipio de San Pablo Tamahú, Departamento De Alta Verapaz**” presentado en la Universidad de Guatemala para optar al grado de ingeniero civil cuyo diseño se basó en parámetros y normas para sistemas de abastecimientos de agua potable considerando factores tales como: Calidad de agua, período de diseño, tasa de crecimiento poblacional, dotación, presiones y velocidades (máximas y mínimas), sistema de desinfección, entre otras, cuyo diseño de la red de distribución comprende una combinación de ramales abiertos y circuitos cerrados utilizando el método de Hardy Cross, dando una cobertura total a las familias del sector y mejorando por completo el sistema actual, siendo el costo de ejecución del mismo de 1.076,191.24 quetzal ejecutado en un período de siete meses.

Así mismo Bravo (2017) en su estudio “**Modelación Hidráulica De La Red De Distribución De agua Potable De La Parroquia El Retiro, Cantón Machala, Provincia El Oro**” presentado en la Unidad Técnica de Machala en Ecuador, para

optar al grado de Ingeniero Civil cuyo propósito fue analizar la actual situación que presenta la red de agua potable de la parroquia y poder plantear soluciones adecuadas, aplicando el programa informático EPANET, que realiza simulaciones en periodos prolongados del comportamiento hidráulico, cuyos resultados ayudaron a detectar las presiones en diferentes nodos de la red, si hay zonas de baja y alta presión; y si existen sectores que no llega agua. Mediante la modelación hidráulica en la red de distribución de agua potable en esta parroquia mostrando cuadros de los resultados obtenidos, analizando la situación actual de las redes en donde se las evalúa como irregulares, debido a que en los nodos lejanos del sistema le falta presión y no abastece continuamente a los sitios San Vicente y Guarumal 1, se recomienda que en estos sitios se construya un tanque de almacenamiento para que pueda la comunidad abastecerse de este líquido vital.

Estas investigaciones guardan relación con el presente estudio en lo referente al diseño de una red de distribución de agua potable apoyándose en herramientas informáticas disponibles en el mercado, realizando modelaciones de estas redes para visualizar numerosas variables de interés, en aras de evaluar la capacidad de servicio, el estado y condiciones de las tuberías, definir sectorización hidráulica, garantizar calidad de agua, variabilidad de presiones, valorar las condiciones críticas de caudales y presiones, entre otros aspectos.

2.2 Bases Teóricas

Seguidamente se detallan los conceptos que sirvieron de basamento teórico al presente estudio:

2.2.1 Agua Potable

Cordero y Hernández (2011) definen el agua potable como aquella que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales y puede ser consumida sin restricción en diferentes fines, pero debido a determinadas características químicas, físicas y biológicas del agua, ésta no puede ser utilizada de forma directa, razón por la cual requerirá de una serie de correcciones y tratamientos que eliminen aquellas partículas o sustancias perjudiciales para el hombre.

2.2.2 Acueducto

López, et al. (1997) definen al acueducto como un sistema o conjunto de sistemas de irrigación, que permite transportar agua en forma de flujo continuo desde un lugar en el que ésta es accesible en la naturaleza, hasta un punto de consumo distante. En términos generales, es un sistema o conjunto de sistemas de irrigación que permite transportar agua en forma de flujo continuo desde un lugar en el que está accesible en la naturaleza hasta un punto de consumo distante, generalmente una ciudad o poblado.

2.2.3 Red de distribución

Arocha (2011) destaca que la red de distribución está constituida por el conjunto de las conexiones domiciliarias, las tuberías; las válvulas de paso, los hidrantes, los accesorios que interconectan a las tuberías, codos, conos de reducción, tees, creces, válvulas especiales para regular el gasto, válvulas para regular las presiones, los soportes y anclajes, todo lo cual debe ser contemplado dentro del proyecto correspondiente (ver Figura 2).

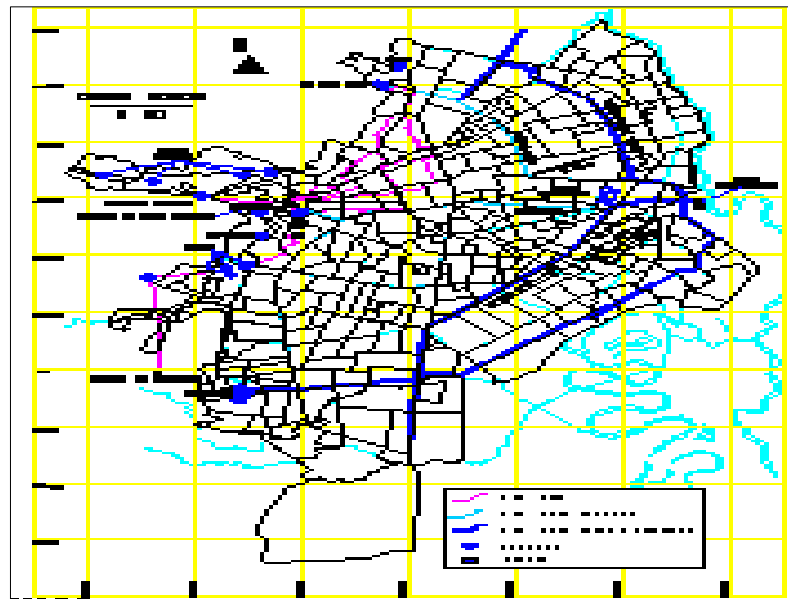


Figura 2: Redes de acueducto

Fuente: Arocha (2011)

2.2.4 Componentes de una red de distribución de agua potable

Para Sheila (2017) una red de distribución de agua potable se compone generalmente de:

Tubería: se le llama así al conjunto formado por los tubos (conductos de sección circular) y su sistema de unión o ensamble. Para fines de análisis se denomina tubería al conducto comprendido entre dos secciones transversales del mismo. La red de distribución está formada por un conjunto de tubos que se unen en diversos puntos denominados nodos o uniones. De acuerdo con su función, la red de distribución puede dividirse en red primaria y red secundaria. a la tubería que conduce el agua desde el tanque de regulación hasta el punto donde inicia su distribución se le conoce como línea de alimentación y se considera parte de la red primaria la división de la red de distribución en red primaria o secundaria dependerá del tamaño de la red y de los diámetros de las tuberías.

La red primaria está constituida por los tubos de mayor diámetro; la secundaria, por la tubería de menor diámetro, la cual abarca la mayoría de las calles de la localidad. Así, una red primaria puede ser una sola tubería de alimentación o cierto conjunto de tubos de mayor diámetro que abarcan a toda la localidad.

Piezas Especiales: son todos aquellos accesorios que se emplean para llevar a cabo ramificaciones, intersecciones, cambios de dirección, modificaciones de diámetro, uniones de tubería de diferente material o diámetro y terminales de los conductos, entre otros se les llama cruceros a las piezas o conjuntos de accesorios especiales que, conectados a la tubería, forman deflexiones pronunciadas, cambios de diámetro, derivaciones y ramificaciones. También permiten el control del flujo cuando se colocan válvulas.

Válvulas: son accesorios que se utilizan para disminuir o evitar el flujo en la tubería. Pueden ser clasificadas de acuerdo con su función en dos categorías:

-Aislamiento o seccionamiento. Son utilizadas para separar o cortar el flujo del resto del sistema de abastecimiento en ciertos tramos de tubería, bombas y dispositivos de control con el fin de revisarlos o repararlos.

-Control. Usadas para regular el gasto o la presión, facilitar la entrada de aire o la salida de sedimentos o aire atrapados en el sistema.

Hidrantes: se le llama así a una toma o conexión especial instalada en ciertos puntos de la red, con el propósito de abastecer de agua a varias familias (hidrante público) o conectar una manguera o una bomba destinados a proveer agua para combatir el fuego (hidrante contra incendio) los hidrantes públicos son tomas compuestas usualmente por un pedestal y una o varias llaves comunes, que se ubican a cierta distancia en las calles para dar servicio a varias familias. El agua obtenida del hidrante público es llevada a las casas en contenedores tales como cubetas u otros recipientes. Se utilizan en poblaciones pequeñas en los casos donde las condiciones económicas no permiten que el servicio de agua potable se instale hasta los predios de los usuarios.

Tanques De Distribución: Es un depósito situado generalmente entre la captación y la red de distribución que tiene por objeto almacenar el agua proveniente de la fuente. El almacenamiento permite regular la distribución o simplemente prever fallas en el suministro, aunque algunos tanques suelen realizar ambas funciones se le llama tanque de regulación cuando guarda cierto volumen adicional de agua para aquellas horas del día en las cuales la demanda en la red sobrepasa el volumen suministrado por la fuente. La mayor parte de los tanques existentes son de este tipo.

Algunos tanques disponen de un volumen de almacenamiento para emergencias, como en el caso de falla de la fuente. Este caso es usualmente previsto por el usuario, quien dispone de cisternas o tinacos, por lo cual en las redes normalmente se utilizan tanques de regulación únicamente una red de distribución puede ser alimentada por varios tanques correspondientes al mismo número de fuentes o tener tanques adicionales de regulación dentro de la misma zona de la red con el fin de abastecer sólo a una parte de la red.

Tomas Domiciliarias: es el conjunto de piezas y tubos que permite el abastecimiento desde una tubería de la red de distribución hasta el predio del usuario, así como la instalación de un medidor. es la parte de la red que demuestra la eficiencia

y calidad del sistema de distribución, pues es la que abastece de agua directamente al consumidor.

Rebombeos. Consisten en instalaciones de bombeo que se ubican generalmente en puntos intermedios de una línea de conducción y excepcionalmente dentro de la red de distribución. Tienen el objetivo de elevar la carga hidráulica en el punto de su ubicación para mantener la circulación del agua en la tubería los rebombeos se utilizan en la red de distribución cuando se requiere:

- Interconexión entre tanques que abastecen diferentes zonas

- Transferencia de agua de una línea ubicada en partes bajas de la red al tanque de regulación de una zona de servicio en una zona alta

- Incremento de presión en una zona determinada mediante rebombeo directo a la red, esta última opción se debe evitar y considerar solo si las condiciones de la red no permiten la ubicación de un tanque de regulación en la región elevada

Cajas Rompedoras de Presión: Son depósitos con superficie libre del agua y volumen relativamente pequeño, cuya función es permitir que el flujo de la tubería se descargue en ella, eliminando de esta forma la presión hidrostática y estableciendo un nuevo nivel estático aguas abajo.

2.2.5 Tipo de redes

Para Palacios (2004) los tipos de redes de distribución están determinados por su forma y la manera como son alimentadas, por otra parte, se ven influenciadas por varios factores, entre ellos se encuentran: la topografía, la configuración de la vialidad urbana, tipo y grado de desarrollo urbano, y ubicación del agua disponible para la alimentación de la red. Por consiguiente, se establecen los siguientes tipos de redes:

Redes ramificadas o abiertas: son las redes compuestas por una o más tuberías principales de las cuales se conectan ramificaciones, situación típica que se presenta en zonas donde la topografía o distribución de la vialidad dificulta la interconexión entre ramales. Este tipo de configuración de sistema de distribución presenta la posibilidad de un solo sentido de circulación del agua, lo cual genera inconvenientes, ejemplo de ello es una reparación por ruptura de la tubería, sustitución o reparación de algún accesorio de la red, lo originaría quedar sin servicio la zona aguas abajo del sitio de la

problemática. En el dimensionamiento de las tuberías de redes abiertas deben considerarse los siguientes aspectos:

- La distribución del caudal es uniforme a lo largo de la longitud de cada tramo.
- La pérdida de carga en el ramal debe ser determinada para el caudal del tramo.
- Los caudales puntuales (escuelas, hospitales, etc.) deben ser considerados

como un nudo.

- Para el cálculo de ramales debe considerarse un caudal mínimo de 0,10 l/s.

Redes malladas o cerradas: son aquellas redes compuestas por un conjunto de tuberías interconectadas entre sí que forman figuras cerradas, anillos o circuitos, y de acuerdo a esta configuración se puede alimentar desde uno o varios puntos de suministros, conduciendo el agua entre ellos o desde ellos por más de un recorrido posible. Esta situación es típica en zonas donde la distribución de la vialidad facilita la interconexión entre ramales. Este tipo de interconexión mallada permite un servicio más eficiente y seguro en caso de averías, ya que es posible el suministro por diferentes tramos de tubería de la que se encuentra fuera de servicio, con una adecuada ubicación de válvulas de paso. El dimensionamiento de las tuberías de redes cerradas se deben considerar los siguientes aspectos:

- El caudal total que llega al nudo debe ser igual al caudal que sale del mismo.
- La pérdida de carga entre dos puntos por cualquier camino es siempre la misma.

- En las redes cerradas se podrán considerar los siguientes errores máximos:

- 0,10 m.c.a. de pérdida de presión como máximo en cada malla y/o simultáneamente debe cumplirse en todas las mallas.

- 0,10 l/s como máximo en cada malla y/o simultáneamente en todas las mallas.

- Las redes cerradas no deben tener anillos mayores a 1 km por lado.

- Preferentemente las pérdidas de carga en tuberías principales y secundarias deben estar alrededor de 10 m/km.

Redes Mixtas: las redes de distribución mixtas como su propio nombre indica, las redes mixtas son una combinación de las características de las redes ramificadas y

malladas. Surgen como el resultado de cerrar o mallar una red ramificada, a continuación, se detallan cada una de estas redes (ver Figura 3).

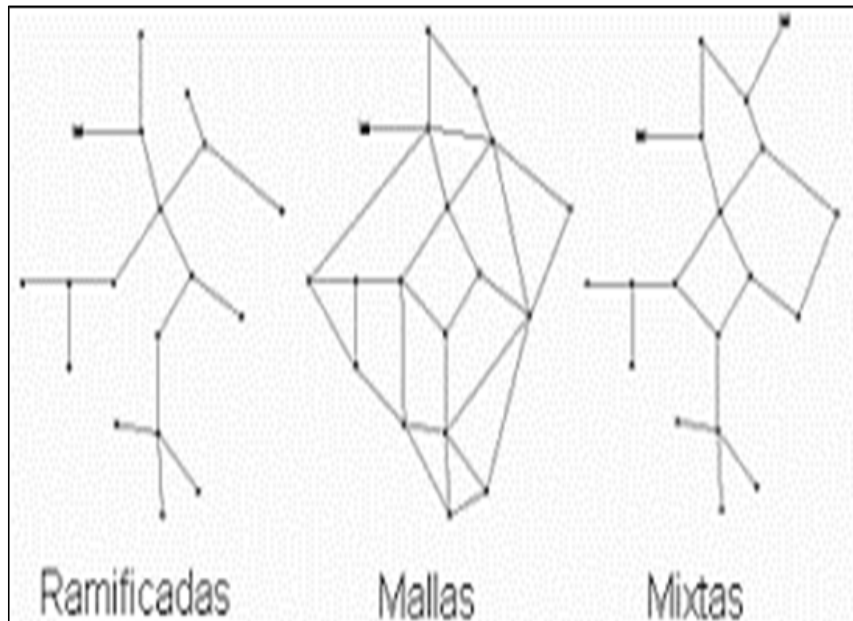


Figura 3: Tipos de redes de distribución de aguas blancas

Fuente: Palacios (2004)

2.2.6 Procedimientos para el cálculo de Red De Distribución

Arocha (2011) establece los procedimientos de cálculo los siguientes:

Método de Hardy Cross: este método de aproximaciones sucesivas, está basado en el cumplimiento de dos leyes, ley de continuidad de masa de los nodos y la ley de conservación de energía en los circuitos. El planteamiento de esta última ley implica el uso de una ecuación de pérdida de carga o de “pérdida” de energía, bien sea la ecuación de Hazen & Williams o, bien, la ecuación de Darcy & Weisbach, se basa en aproximaciones sucesivas por el cual se realizan correcciones sistemáticas a los caudales originalmente asumidos (caudales de tránsito por las tuberías) hasta que la red se encuentre balanceada. Este método consiste en:

- Definir el esquema de la red (topología: nodos Definir el esquema de la red (topología: nodos y circuitos).

- Suponer todos los diámetros de la tubería que forman la red. (método de comprobación de diseño).

- Suponer en magnitud y sentido de circulación los caudales por cada tubería de cada malla. Se debe considerar los caudales demandados e inyectados en cada nudo constitutivo.

- Corregir los caudales (magnitud y sentido) en cada corrida hasta que el error de la suposición disminuya notablemente (tienda a cero).

- La convergencia a la solución será mayor cuanto mejores sean las suposiciones.

- Finalmente calcularemos las pérdidas (Darcy Weisbach, Hazen-Williams, Chezy-Manning)

- Pérdidas de carga en una línea j:

$$Hfj = K \cdot Q^n$$

- Con Darcy-Weisbach, $n = 2$

$$Hfj = \frac{8 \cdot f \cdot L}{\pi^2 \cdot D^5 \cdot g}$$

- En el método de mallas el sistema de ecuaciones a resolver está constituido por M ecuaciones, de la forma:

$$(\pm)K_j(Q_{oj} + Q_j)^n = (\pm)(Q_{oj}^n \pm nQ_{oj}^{n-1} Q_j + \frac{n(n-1)}{2!} Q_{oj}^{n-2} \Delta Q_j^2 \pm \dots \pm \sum_{j=1}^{nm} (\pm)K_j Q_{oj}^n + nK_j Q_{oj}^{n-1} Q_j)$$

- Para el caudal corrector:

$$Q_m = \frac{\sum_{j=1}^{nm} (\pm)K_j Q_{oj}^n}{\sum_{j=1}^{nm} nK_j Q_{oj}^{n-1}} = \frac{\sum_{j=1}^{nm} (\pm) H_j}{\sum_{j=1}^{nm} \frac{H_j}{Q_{oj}}}$$

Como resultado del cálculo se obtendrá el valor del gasto, las pérdidas y la velocidad en cada una de las tuberías provocando la estabilidad hidráulica de la red. La aplicación de la ley de conservación de la energía en los circuitos, la cual plantea que: “La suma algebraica de las pérdidas de energía en los tramos que conforman un anillo cerrado debe ser igual a cero, garantiza que cada circuito se comporte como un sistema de tuberías en paralelo. Posibilitando el cálculo de la presión en cada nudo de la red a partir de valores conocidos de presión en los nodos de abastecimiento, mediante la expresión establecida por Bernoulli.

Método de Hazen & Williams: es válido solamente para el agua que fluye en las temperaturas ordinarias (5 °C - 25 °C) la fórmula es sencilla y su cálculo es simple debido a que el coeficiente de rugosidad "C" no es función de la velocidad ni del diámetro de la tuberías. Es útil en el cálculo de pérdidas de carga en tuberías para redes de distribución de diversos materiales, especialmente de fundición y acero:

-Pérdidas de carga Hazen-Williams

$$J = \alpha \cdot Q_2$$

Donde:

J: Representa pérdida carga

tubería

Q2: Caudal

- Cálculo de Dotación

$$Q_{medio} = \frac{\text{Población} \cdot \text{Dotación}}{86400} = \frac{\text{Lts}}{\text{Seg}}$$

Pérdida de carga Hazen-Williams

$$\alpha = 10.672 \frac{L}{D^{4.871}} \cdot \left(\frac{Q}{CHW} \right)^{1.852}$$

Donde:

J: Representa pérdida de carga.

D: Diámetro de la tubería (m.)

CHW: Coeficiente de rugosidad.

L: Longitud

2.2.7 Tubería de distribución

Arocha (2011) son conductos que cumplen la función de transportar agua, se suelen elaborar con diversos materiales, conectadas entre sí, permiten llevar hasta la vivienda de los habitantes de una ciudad, relativamente densa, el agua potable, en el mercado actual existe una amplia gama de tipos de tuberías para la realización de las redes de distribución de agua potable. La diferencia fundamental entre ellas es el material del que están compuestas, que nos va a servir a nosotros para hacer una clasificación, pero no debemos nunca olvidar que para cada una de ellas existen o pueden existir diferentes calidades de materia prima y procesos de fabricación, que tienen una incidencia trascendental en el comportamiento de una tubería en particular.

A la hora de elegir el tipo de tubería que se va a instalar es muy frecuente centrarse en el binomio Duración – Precio, esta visión es excesivamente simplista pues, se debe tener en cuenta otra serie de factores que van a incidir directamente en el comportamiento y mantenimiento de una red, y que entre otros son: comportamiento respecto al tipo de fluido a transportar, incidencia del medio en donde se vá a instalar, forma en que se producen las roturas y daños que puedan producir, facilidad de reparar, comportamiento frente a las presiones internas y externas con sus variaciones correspondientes, interrelación con otros servicios y un largo etcétera que hace que la decisión del tipo de tubería sea muy complicada. Cada fabricante de un tipo de tubería ensalza todas y cada una de las características que superan a las demás y suelen pasar por alto aquellas en las que su tubería se vé en desventaja.

Ahora bien existen diferentes tipos de tuberías utilizados para transportar fluidos, entre las cuales los más utilizados son: P.V.C, hierro galvanizado, hierro fundido, acero y cobre (ver Cuadro 1).

Cuadro 1: Tipos de tuberías

Tipos de tuberías según el material	Diámetros (pulgadas)	Longitud (m)
Cloruro de polivinilo o PVC	½,, ¾ ¼ , 2, 2 ½ ,3, 4, 6, 8, 10, 12.	6
Plástico flexible PF+UAD	½ , ¾	Rollo 90
Cobre	3/8 ½, ¾ , 1, 1 ¼ , 1 ½ , 2	Rollo 90 o más
Cilindro de acero y concreto ACCP	10 en adelante sobre pedido hasta 78	5 y 10
Hierro acerado o lámina de acero H-A	1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12. En adelante sobre pedido	5 y 10
Hierro fundido H-F	3,4,6,8,10,12,14,18,24,30,36	6
Hierro dúctil. H-D	4, 6, 8, 10, 12, etc	6 y 12
Hierro galvanizado H-G	1/8, ¼ , 3/8 , ½ , ¾ , 1, 1 1/4, 2, 2 1/2 , 3,4,6 10, y 12	6
Poliétileno de alta densidad o PEAD	½ a 8	100

Fuente: Catálogo PAVCO (2016).

2.2.8 Especificaciones de Diseño para el Sistema de Acueducto

Para García (2009) el diseño de los Sistemas de se debe cumplir las siguientes descripciones:

La densidad es de 5 habitantes /vivienda.

Dotación de 100 galones por persona por día, para los acueductos urbanos y de 80 galones por persona por día, para los sistemas en áreas rurales.

Presión mínima de diseño en cualquier punto de la red de acueducto debe ser de 20 psi. (14.0 metros) en los sistemas urbanos y de 14 psi (10 metros) en los sistemas rurales.

Para el análisis hidráulico de las redes, se utilizará el caudal máximo horario que será de 2.00 para sistemas urbanos y de 1.50 para sistemas rurales.

Las tuberías deberán ser de un diámetro mínimo igual a 4" para sistemas urbanos y 3" en sistemas rurales. Se podrán aceptar tuberías de 3" en sistemas urbanos en tramos muertos cuya longitud no exceda de 100 metros. El diámetro interior de las tuberías corresponderá a su diámetro nominal en pulgadas o milímetros. No se admitirán diámetros menores.

La profundidad mínima a la corona del tubo será de 1.60 metros.

Las tuberías deben resistir una presión de trabajo mínima de 150 lps/plg². Donde se prevea la instalación de las tuberías en un medio agresivo, éstas deberán ser provistas de las protecciones necesarias para evitar su deterioro.

Se utilizarán válvulas de compuerta en tuberías de 3" a 12" de diámetro, y de mariposa para tuberías mayores a 12" de diámetro. Las válvulas serán de junta mecánica en tamaños de 3" a 12" y de brida en tamaños mayores de 12" de diámetro. Toda válvula deberá contar con su cono, aro, cuña de hormigón y tapa para tránsito pesado o liviano cuando se requiera.

Las válvulas se colocarán en las intersecciones (Cruz o Tee) y se instalarán un mínimo de dos (2) válvulas.

Para las conexiones domiciliarias se utilizarán medidores:

Tipo volumétrico con líneas de suministro horizontal o con adaptadores de líneas de entrada y salida verticales

Tipo volumétrico con característica de colocación vertical o inclinada o girada que respete su rango de precisión Las conexiones domiciliarias se harán con tubería de ¾" y las sencillas con ½" de acuerdo al detalle típico

La servidumbre mínima será de 3.00 metros, cuando se utilice para un solo sistema (acueducto o alcantarillado sanitario), y de 4.50 metros en caso de que se proyecten ambos sistemas.

Incluir en la memoria los esquemas hidráulicos iniciales y finales, donde deberán estar incorporados todos los circuitos con sus correspondientes flujos, elevaciones, longitudes, etc.

En los cálculos deberá considerarse el punto donde se tomó la gráfica de presión.

Los diseños constan de un plano general del sistema y detalles completos de los elementos que la componen.

2.2.9 Procedimiento ordenado para el desarrollo del proyecto de red

Igualmente, Arocha (2011) destaca que para el diseño de la red se debe considerar una serie de pasos entre los que se mencionan los siguientes:

Trazado de la red: consiste en la proyección de líneas en un lado de la calle, preferiblemente del lado con mayor número de parcelas o viviendas, definiendo así las tuberías de servicio por todas las calles que integran la urbanización o localidad.

Interconexión o mallado: en todas aquellas calles donde la topografía lo permita, debe procurarse interconectar las tuberías para formar mallas cerradas o ramificadas.

Nodos: son todos aquellos puntos de importancia en el proyecto, ya sea lugares de intersección o de convergencia de dos o más tuberías, sitios de alimentación de la red, tales como estanques, estaciones de bombeo, lugares de concentración de caudales, tales como gastos de incendio, suministros o puntos de alimentación a otras redes, sitios finales a ramales ciegos, los cuales no deben exceder los 600 metros entre ellos, razón por la cual no conviene tener tramos muy largos que originen caudales y diámetros grandes.

Notación de la red: asignar una notación a cada uno, siguiendo una secuencia ordenada, bien sea en la dirección de una calle o por ejes horizontales y verticales con números y letras que faciliten su ubicación, cuando se trata de localidades extensas, resulta práctica y de fácil identificación una notación por los ejes vertical y horizontal, asignándole una identificación alfanumérica a los nodos.

Conexiones domiciliarias: en cada tramo (longitud entre dos nodos consecutivos), se procede a definir la conexión domiciliaria de cada parcela, trazando

desde cada una de ellas, la línea perpendicular a la tubería que pasa por el frente de está. Conocidos las parcelas que integran cada tramo, su área y zonificación se asigna la dotación de agua correspondiente, y se podrá elaborar un cuadro con indicación de los gastos medios de consumo de cada tramo expresado en litros por día y en litros por segundo.

Cuadro de dotación por tramos: elaborar un cuadro indicando para cada tramo, la siguiente información: número de identificación de la parcela, área de la parcela, zonificación, dotación correspondiente, caudal o gasto total en el tramo y luego el cuadro de gastos medio de consumo para cada tramo.

Cotas y medición de tramos: sobre el plano de planta, se procede a medir la longitud correspondiente a cada tramo, a fin de elaborar los esquemas de las redes con indicación de cotas en nodos y longitud correspondiente a cada tramo. Así mismo se debe agregar el gasto medio de consumo en cada tramo litros/día (l/d), en base a las dotaciones correspondientes.

Esquemas de redes: obtener un esquema de la red, con indicación de longitud de tramos, cotas en los nodos y dotaciones, lo cual será de utilidad para preparar las hojas de cálculo, para el cálculo de la red, se harán tantos esquemas como casos de análisis se requieran.

Ubicación de estanque y número de redes: de acuerdo a la topografía real y/o modificada, se estimará la posible ubicación del estanque de almacenamiento de acuerdo a las diferencias de cotas (máxima y mínima), determinando la necesidad o no de separar el conjunto mallado en dos o más redes. Cabe destacar que en zonas urbanas las presiones en una red están comprendidas entre 20 y 70 m.c.a metros de columna de agua, referidas al nivel medio de aguas en el estanque, y para zonas rurales, se establecen límites de presión entre 10 y 40 m.c.a. Este rango de presiones donde la máxima es de 70 metros, hace que algunas ciudades deben dividir su red de distribución en varias redes, separadas por cotas de servicio que mantengan este rango de presión.

Previsión de la potabilización del agua: en caso de disponerse de fuente propia para el abastecimiento de agua del sector, deberán realizarse los análisis físico-químicos así como los exámenes bacteriológicos, que determinarán sus características,

y de cuyos resultados se definiría la aplicación de los correctivos para hacer está agua apta para el consumo humano y definir el tipo de tratamiento adecuado y ubicar el sitio de la planta de tratamiento.

Memoria Descriptiva: en ella se señalan de una manera general todos aquellos aspectos que se contemplarán en el diseño de la red de distribución como:

- **Ubicación de estanques:** Reconocido la fuente, y determinado los consumos de agua requeridos, es importante definir los posibles sitios para ubicación de uno o varios estanques de almacenamiento.

- **Separación de Redes:** Atendiendo a las Normas Sanitarias Vigentes, determinar las presiones a satisfacer en la red, lo cual permitirá establecer separación de redes en función de los límites preestablecidos.

- **Presiones mínimas y máximas de servicio.**

- **Fijación de Nodos y mallas:** Determinar el número de mallas que constituirán cada red y los nodos que definen los tramos.

- **Preparación de los cálculos:** en función de los gastos medios de consumo, Gastos concentrados en nodos, Gastos de tránsito en tramos.

- **Definir el Tipo de distribución:** Por gravedad, Bombeo al estanque y distribución por gravedad, Bombeo contra la red, incorporación a una red existente y funcionamiento de la red. En el caso de incorporación a una red existente habrá que analizar tres posibles casos: cuando la presión en la red permite una extensión dentro de los límites de presión normalizados, igualmente cuando la presión de entrada a la extensión de la red sea menor que la mínima presión requerida y finalmente cuando la presión de entrada a la red sea mayor que la máxima admitida por normas.

- **Definir los casos de análisis:** dependiendo de lo establecido en los puntos anteriores, debemos analizar la red para los siguientes casos: Si la distribución es por gravedad: la red, deberá analizarse para dos condiciones (Máximo consumo horario y Consumo afectado por incendios), ahora bien, si es por bombeo contra la red, se analizará la red para los cinco casos siguientes (Qmax horario, Bombas trabajando; Qmax horarios, Bombas paradas; incendio y Consumo nulo, Bombas funcionando)

- Selección de diámetros y asignación de los gastos de diseño.

- Análisis de la red por un método iterativo, Hardy Cross u otro.
- Cuadro de presiones: Elaborar del cuadro de presiones
- Accesorios y conexiones.
- Diámetros de las conexiones domiciliarias, en función de las dotaciones adjudicadas. (Llaves de cierre, ubicación y número, Ubicación de hidrantes, Codos, tees, reducciones, Válvulas especiales

-Diagrama de conexiones: Las conexiones entre todas las tuberías que conforman la red se determinan mediante los diagramas que permiten definir los accesorios necesarios para su interconexión, sea por cambios de diámetro o de dirección, indicándose las piezas necesarias.

- **Lista de materiales:** La secuencia anterior podría aplicarse en términos generales a cualquiera de las condiciones que se planteen para un proyecto, sin embargo, existirán particularidades de cada caso por lo que conviene analizar algunos ejemplos que nos permita contemplar situaciones diferentes y que pudiera ser de utilidad en proyectos similares.

- **Extensión de redes:** una extensión de una red para atender a un nuevo desarrollo urbanístico puede contemplar diferentes situaciones de funcionamiento dentro del sistema

Finalmente se debe contar con los planos que muestren toda la información topográfica necesaria para realizar el diseño de la red

2.2.10 Red de distribución continua

Es aquella en la cual los "modelos dependientes de la demanda", es decir, que la demanda de agua es fija y el modelo obtiene las presiones en la red en función de la demanda dada. (Tzatchkov e Izurieta, 1996) y siempre están llenas de agua y como resultado da el gasto en cada tubería de la red y la presión en cada nodo, basados en los datos proporcionados por el usuario. Los datos de entrada incluyen el nivel del terreno, la demanda de agua en cada nodo y la conectividad, diámetro, longitud, rugosidad, etcétera, para cada línea. Una característica importante de dichos modelos es que la demanda se establece como un dato de entrada.

Igualmente, las normas de diseño convencionales, basadas en la operación continua de las redes, exigen cierta presión mínima en cada punto de demanda de la red. En Venezuela, la presión mínima de acuerdo con la normatividad INOS es de 25 metros de columna de agua (mca) en zonas urbanas y el diseño de las redes en este caso, normalmente consiste en determinar los diámetros de las tuberías y las cargas de tanques y bombes, de forma tal que se garantice esa presión mínima.

2.2.11 Red de distribución intermitente

El suministro intermitente de agua potable puede ser definido como un abastecimiento donde las tuberías de la red de distribución entregan agua a los usuarios por menos de 24 horas al día y los usuarios generalmente tienen depósitos de almacenamiento intradomiciliarios. Es un tipo de servicio que se encuentra muy poco en los países desarrollados, pero es muy común en muchos países en desarrollo (Totsuka et al., 2004; Lee y Schwab, 2005).

En ella el suministro de agua para cada nodo depende de la presión disponible en dicho nodo, dependiendo del rendimiento colectivo de cada uno de los componentes del sistema. En redes con servicio intermitente, la presión que se requiere es aquella que pueda llenar los depósitos intradomiciliarios, que a su vez depende de la altura de los edificios donde la población recibe el agua en horarios preestablecidos del horario de servicio de cierta zona de la red, el gasto en la tubería que la abastece será aproximadamente uniforme. El coeficiente de variación, para fines de revisar si la capacidad de la tubería es suficiente, se define en este caso por la duración del servicio.

Los problemas más comunes que origina este tipo de suministro son los siguientes: la distribución inequitativa del agua entre los usuarios; la posible contaminación de la misma; las pérdidas y el desperdicio de agua; los costos a que hacen frente los usuarios y los abastecedores de agua; el funcionamiento incorrecto de las redes, que en muchas ocasiones provoca daños físicos a las tuberías; y la inconveniencia para los consumidores (Totsuka et al., 2004; Lee y Schwab, 2005).

El agua que se recibe de la llave con frecuencia no es suficientemente pura para beber o no tiene buen sabor. Por estas razones, los usuarios tienen que comprar agua purificada costosa. Para superar las inconveniencias de no poder obtener el agua de la

red de distribución en cualquier momento que la necesiten, los usuarios recurren a colocar un tanque de agua en la azotea de su casa, u otro depósito permanente, o cisterna (cuando está en el nivel del piso). Este aditamento proporciona una reserva de agua que se utiliza en las horas sin suministro. Su necesidad varía considerablemente de una zona a otra y de una ciudad a otra.

Como resultado del suministro intermitente, los consumidores tienen que afrontar los costos para instalaciones adicionales, tales como depósitos de almacenamiento (cisternas), bombas, suministro de agua alternativo e instalaciones domésticas de purificación del agua (como filtros). Algunas personas que no tienen esas instalaciones recurren a proveedores para disponer de agua, lo que tiene un costo total mayor. Estos proveedores muchas veces cobran más que la tarifa de agua formal y pueden suministrar agua que a menudo es de dudosa calidad y no está disponible en cantidades adecuadas.

Igualmente, los organismos operadores también necesitan mano de obra adicional para operar el cierre y la apertura de las válvulas de seccionamiento para distribuir el agua por tandeo en los distintos sectores de la ciudad. Regularmente se tiene un alto índice de tuberías que revientan (comparado con las redes con suministro continuo), como resultado de los cambios de presión cuando se abren y cierran las válvulas para compartir el agua entre los usuarios. Las tuberías que se rompen incrementan el mantenimiento y las pérdidas de agua. Las tuberías y sus uniones tienen una vida útil menor, ya que son objeto de frecuentes suspensiones y reanudaciones del servicio. La manipulación constante de las válvulas aumenta la necesidad de un mayor mantenimiento y reemplazo de las válvulas. Algunos tipos de medidores no registran con precisión en condiciones de suministro intermitente y se generan dudas sobre la validez de la medición.

Los usuarios sin acceso de 24 horas diarias de suministro tienden a usar o desperdiciar más el agua que otros. Hay una propensión a almacenar más agua de la que se necesita. Algunos usuarios dejan abierta la llave de agua incluso después del periodo de suministro. Por otra parte, algunas válvulas de flotador que impiden el paso del agua una vez que las cisternas estén llenas quedan fuera de control por estar

averiadas, y al usuario no le interesa cambiarlas o repararlas. Esto puede provocar un desperdicio de agua una vez que se restablece el suministro.

Cuando el suministro es intermitente, los usuarios tienen el riesgo de contraer enfermedades al usar agua no potable. Los depósitos intradomiciliarios (tinacos y cisternas) a menudo no son debidamente protegidos, ni limpiados y desinfectados de manera regular, lo cual crea un riesgo de contaminación. El suministro intermitente está sujeto a la intrusión de agua contaminada durante los periodos de baja presión y puede absorber aguas residuales durante los periodos de presión negativa (Creasey y Hunter, 2008). Otras fuentes de contaminación son la cisterna, a los cuales, si no se les da una adecuada protección y mantenimiento de limpieza periódico, puede entrar polvo y otra suciedad, o se pueden criar insectos (Jensen et al., 2002). Además, los cambios repentinos de la presión generados por el suministro intermitente pueden causar esfuerzos adicionales en las tuberías y sus conexiones, haciéndolas más propensas a las fugas.

2.2.12 EPANET.

EPANET (2017) es una aplicación de software utilizada en todo el mundo para modelar sistemas de distribución de agua, el cual fue desarrollado como una herramienta para comprender el movimiento y el destino de los constituyentes del agua potable dentro de los sistemas de distribución, el cual es utilizado en muchos tipos diferentes de aplicaciones en el análisis de sistemas de distribución optimizando las operaciones de tanques y bombas, reducir el consumo de energía, investigar problemas de calidad del agua y prepararse para emergencias. También se puede usar para modelar amenazas de contaminación y evaluar la resistencia a amenazas de seguridad o desastres naturales.

Con EPANET, los usuarios pueden realizar simulaciones de períodos prolongados del comportamiento de la calidad hidráulica y del agua dentro de redes de tuberías presurizadas, que consisten en tuberías, nodos (uniones), bombas, válvulas, tanques de almacenamiento y depósitos. Se puede usar para rastrear el flujo de agua en cada tubería, la presión en cada nodo, la altura del agua en cada tanque, una concentración química, la edad del agua y el rastreo de la fuente en toda la red durante

un período de simulación. La interfaz de usuario de EPANET proporciona un editor de red visual que simplifica el proceso de creación de modelos de red de tuberías y edición de sus propiedades y datos.

Capacidades de modelado: la interfaz de usuario de EPANET proporciona un editor de red visual que simplifica el proceso de construcción de modelos de red de tuberías y edición de sus propiedades y datos, se utilizan varias herramientas de visualización para ayudar a interpretar los resultados de un análisis de red, incluidos mapas de red codificados por colores, tablas de datos, uso de energía, reacción, calibración, gráficos de series de tiempo y gráficos de perfil y contorno.

Modelado hidráulico: el modelado hidráulico completo y preciso es un requisito previo para realizar un modelado efectivo de la calidad del agua. No posee límite en el tamaño de la red que se puede analizar, calcula la pérdida de la cabeza por fricción utilizando las fórmulas de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach o Chezy-Manning, posee modelos de bombas de velocidad constante o variable. Calcula la energía de bombeo, modela varios tipos de válvulas, incluyendo cierre, verificación, regulación de presión y control de flujo, permite que los tanques de almacenamiento tengan cualquier forma (es decir, el diámetro puede variar con la altura), considera múltiples categorías de demanda en los nodos, cada uno con su propio patrón de variación de tiempo y modelos de flujo dependientes de la presión que se emiten desde los emisores (rociadores).

Modelado de calidad del agua: los tanques de almacenamiento pueden ser reactores de mezcla completa, flujo de tapón o de dos compartimientos, así como Movimiento de un material trazador no reactivo a través de la red a lo largo del tiempo, movimiento y destino de un material reactivo a medida que crece o decae con el tiempo, Edad del agua en toda una red, permite que los coeficientes de velocidad de reacción de la pared se correlacionen con la rugosidad de la tubería e igualmente una concentración variable en el tiempo o entradas de masa en cualquier ubicación de la red.

Estructura del software.

EPANET modela los distintos componentes físicos y no físicos que configuran en un sistema de distribución de agua, y sus parámetros operacionales. Ofrece también

una visión general de los métodos de cálculo que emplea para simular el comportamiento hidráulico de la red y la evolución de la calidad de agua en la misma.

Componentes Físicos EPANET

EPANET modela un sistema de distribución de agua cómo una serie de líneas conectadas a nodos. Las líneas representan tuberías, bombas y válvulas de control. Los nodos representan conexiones, tanques y depósitos. (ver figura 4)

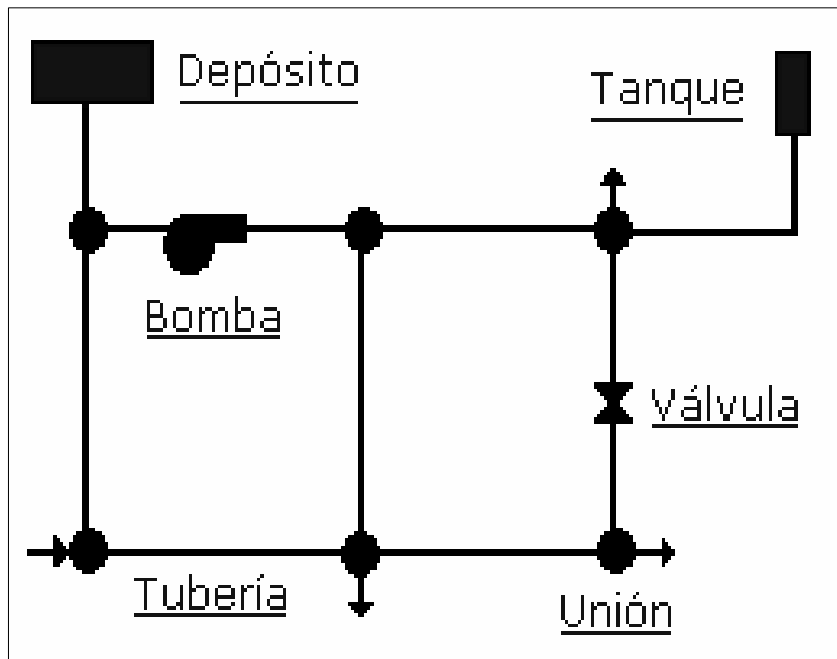


Figura 4. Sistema distribución de Aguas blancas Programa EPANET

Fuente: Manual EPANET (2001)

1. **Los Depósitos:** son nodos que representan una fuente externa infinita o un sumidero ya sea lagos, ríos, acuíferos subterráneos y conexiones a otros sistemas, depende de la altura piezométrica, es un punto fronterero de la red.

2. **Los tanques:** son nodos con capacidad de almacenamiento, donde el volumen de agua almacenada puede variar con el tiempo a lo largo de la simulación. Los datos básicos son la cota de solera (para el cual el nivel del agua es cero), el diámetro o su geometría si no es cilíndrico, el nivel de agua inicial, mínimo y máximo y a calidad inicial del agua. Los principales resultados asociados a un tanque, a lo largo de la

simulación son: la altura piezométrica (cota de la superficie libre), la calidad del agua. Los tanques operan limitados por sus niveles máximos y mínimos.

3. **Las bombas:** son líneas que comunican energía al fluido elevando su altura piezométrica, los datos principales de una bomba son sus nodos de aspiración e impulsión y su curva característica, si no se posee se modela suponiendo que aporta una cantidad de energía constante al fluido por unidad de tiempo (potencia constante), lo que permite determinar la altura comunicada al fluido en función del caudal. Los parámetros de salida más importantes son el caudal, siendo este unidireccional. Si las condiciones del sistema requieren que la bomba trabaje fuera de sus posibilidades el programa intentará desconectarla, si el sistema requiere un caudal mayor que el que puede trasegar extrapola una curva para el caudal requerido, aunque produzca una carga negativa.

3. **Los emisores:** son dispositivos asociados a los nodos de caudal que permiten modelar el flujo de salida a través de una tobera u orificio descargando (incendio) a la atmósfera. El caudal de salida por un emisor varía en función de la presión disponible en el nudo, conforme a la siguiente expresión:

$$q = C \cdot p^g$$

Donde:

q = caudal

p = presión (tomar 1 y si es rociador tomar 0,5 gcm/psi lps/psi)

C = coeficiente de descarga

g = exponente de la presión.

5. **Las válvulas** son líneas que se utilizan para controlar la presión y el caudal en puntos específicos de la red, siendo los diferentes tipos de válvulas que incluye el programa: Reductoras de Presión (VRP en inglés PRV), Sostenedoras de Presión (VSP en inglés PSV), Rotura de Carga (VRC en inglés PBV), Controladoras de Caudal (VCQ en inglés FCV), Reguladoras por Estrangulación (VRG en inglés TCV) y Propósito General (VPG en inglés GPV).

6. **Las tuberías** son líneas que llevan el agua de un punto de la red a otro, se sume que todas las tuberías se encuentran completamente llenas en todo momento. La

dirección de caudal va desde el final con la carga hidráulica mayor hacia el punto con menor carga hidráulica. Los parámetros hidráulicos más importantes para las tuberías son: diámetro. Longitud y coeficiente de rugosidad, estado (abierta, cerrada o con una válvula) y los parámetros de estado de las tuberías son para implementar válvulas de corte o de control (válvulas de un sólo sentido).

Los principales valores que podemos obtener son: caudal, velocidad, pérdidas, factor de fricción, variación de la velocidad de reacción y calidad del agua. Las pérdidas de carga debido a la rugosidad de las paredes de la tubería pueden medirse utilizando tres métodos diferentes Hazen-Williams, De Darcy-Weisbach y el de Chezy-Manning.

La fórmula de Hazen-Williams es la más utilizada pero no puede utilizarse para líquidos distintos del agua, y fue desarrollada originalmente solo para flujo turbulento. Desde el punto de vista académico, la fórmula Darcy-Weisbach es la más correcta, y es aplicable a todo tipo de líquidos y regímenes. Finalmente, la fórmula de Chezy-Manning es utilizable para canales y tuberías de gran diámetro donde la turbulencia es muy desarrollada. Todas las fórmulas emplean la misma ecuación básica para calcular la pérdida de carga entre el nudo de entrada y de salida de acuerdo a esta ecuación:

$$L = A \cdot q^B$$

Donde

h_L = pérdida de carga

q = caudal

A = coeficiente de resistencia

B = exponente del caudal.

Cada fórmula utiliza un coeficiente de rugosidad distinto, el cual debe determinarse empíricamente. En el cuadro 2 se listan las expresiones del coeficiente de resistencia y el valor del exponente del caudal; mientras que en el cuadro 3 se encuentran los rangos de variación de los coeficientes de rugosidad.

Cuadro 2: Fórmulas de pérdidas de carga para tubería llena

Fórmula	Coefficiente de Resistencia	Expon. Caudal
Hazen-Willians	$10.64C^{-1.852}d^{-4.871}L$	1.852
Darcy-Weisbach	$0.0826f(, d, q)Cd^{-5}L$	2
Chezy. Manning	$1.03d^{-5.33}n^2L$	2
C: Coeficiente de rugosidad de Hazen-Willians = Coeficiente de rugosidad Darcy-Weisbach f= Factor de fricción d=Diámetro de la tubería L=Longitud de la tubería G= Caudal		

Fuente: Manual EPANET (2012)

Cuadro 3: Coeficiente de Rugosidad para nuevas tuberías

Material	Hazen-Willians (adimensional)	Darcy-Weisbach (adimensional)	Chezy. Manning (adimensional)
Hierro colado	130-140	0.26	0.012-0.015
Hormigón o revestido de concreto	120-140	0.30-3.00	0.012-0.017
HG	120	0.15	0.015-0.017
Plástico	140-150	0.0015	0.011-0.015
Acero	140-150	0.0045	0.015-0.017
Arcilla Vitrificada	110		0.013-0.015

Fuente: Manual EPANET (2012)

Pérdidas Menores son debidas al incremento de la turbulencia cuando el flujo pasa por un codo o un accesorio. La importancia de incluir o no tales pérdidas dependen del tipo de red a modelar y de la precisión de los resultados deseados. Para tenerlas en cuenta hay que incluir entre los datos de la tubería el coeficiente de pérdidas menores, el valor del a pérdida será el producto de dichos coeficientes por la altura dinámica de la tubería, como se muestra en la ecuación 10.

$$L = K \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Donde:

k es igual coeficiente de pérdidas menores

v= velocidad del flujo

g=aceleración de la gravedad.

El cuadro 4 proporciona el valor de los coeficientes de pérdidas menores para algunos de los accesorios más comunes

Cuadro 4: Coeficiente de pérdidas menores

Accesorio	Coeficiente de pérdida
Válvula de Globo, totalmente abierta	10,0
Válvula de Angulo, totalmente abierta	5,0
Válvula de retención de Clapeta, totalmente abierta	2.50
Válvula de Compuerta, totalmente abierta	0.20
Codo de radio pequeño	0.90
Codo de radio medio	0.80
Codo de radio grande	0.60
Codo de 45°	0.40
Codo cerrado con inversión de flujo	2.20
Te estándar -Dirección de paso	0.60
Te estándar -Dirección desvió	1.80
Entrada recta	0.50
Salida Brusca	1.00

Fuente: Manual EPANET (2012)

1. Los **nodos del caudal** son los puntos de la red donde confluyen las tuberías a través de los cuales el agua entra o sale de la misma también pueden ser solo puntos de paso. Los datos básicos imputados en los nodos son: la cota respecto a un nivel de referencia, la demanda del agua, la calidad inicial del agua y los resultados obtenidos para los nodos, en cada uno de los periodos de simulación son: la altura piezométrica, la presión, y la calidad del agua, los nodos del caudal pueden también presentar una

demanda variable en el tiempo, tener asignados distintos tipos de demanda, presentar una demanda negativa, indicando que el caudal entra a la red a través del nudo, ser punto de entrada de un contaminante a la red y tener asociado un emisor o hidratante, cuyo caudal de salida depende de la presión.

2. Componentes no físicos

Además de los componentes físicos, EPANET tiene tres tipos de componentes complementarios, curvas de comportamiento, curvas de modulación y leyes de control, los cuales describen aspectos sobre el comportamiento y modo de operación del sistema.

Curvas de comportamiento.

Las curvas de comportamiento son objetos que contienen pares de datos ordenados los cuales representan una relación entre dos magnitudes. se pueden declarar los siguientes tipos de curvas:

1. Curvas características de Bombeo.

- Una Curva Característica representa la relación entre la altura y el caudal que puede desarrollar una bomba a su velocidad nominal.

- La Altura es la energía que la bomba aporta al agua y se representa en el eje vertical (Y) en pies (metros). El Caudal se representa en el eje horizontal (X) en unidades de caudal

- Una curva característica válida debe disminuir la altura a medida que aumenta el caudal.

- EPANET utilizará diferentes tipos de curvas características dependiendo del número de puntos suministrados:

- Curva de Un sólo Punto

- Curva de Tres Puntos

- Curvas Multipunto

- Para bombas de velocidad variable, la curva característica cambia a medida que la velocidad cambia. Las relaciones entre el Caudal (Q) y la Altura (H) a las velocidades N1 y N2 son:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$$

EPANET desactiva la bomba si el sistema demanda una altura mayor que la del primer punto de la curva (es decir, la altura a válvula cerrada).

- Se debe suministrar una curva característica para cada bomba del sistema a menos que la bomba sea una bomba de energía constante A continuación se muestran los gráficos de las tres curvas características usadas por el EPANET (ver 5,6 y 7)

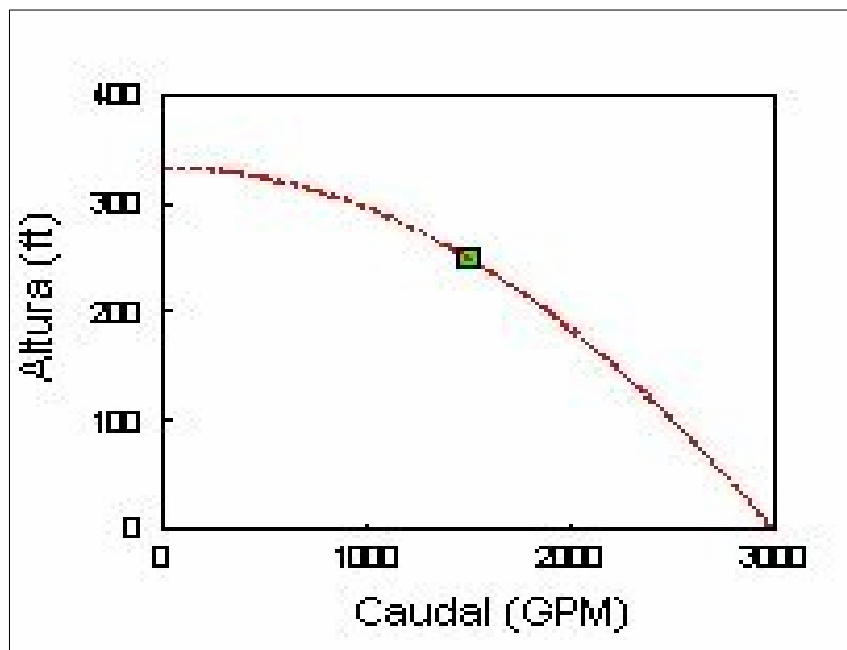


Figura 5: Curva Característica de la Bomba con un Punto.

Fuente: Manual EPANET (2012)

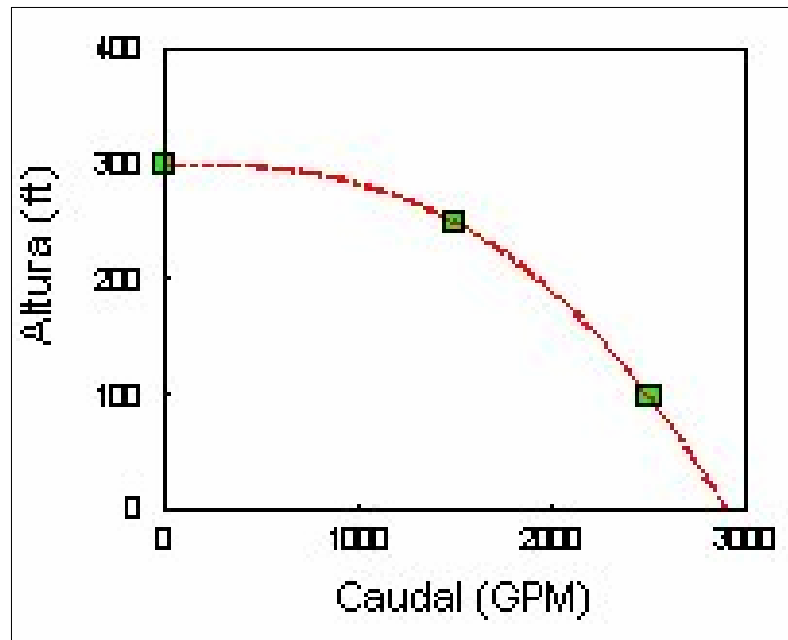


Figura 6 :Curva Característica de la Bomba de tres Puntos.

Fuente: Manual EPANET (2012)

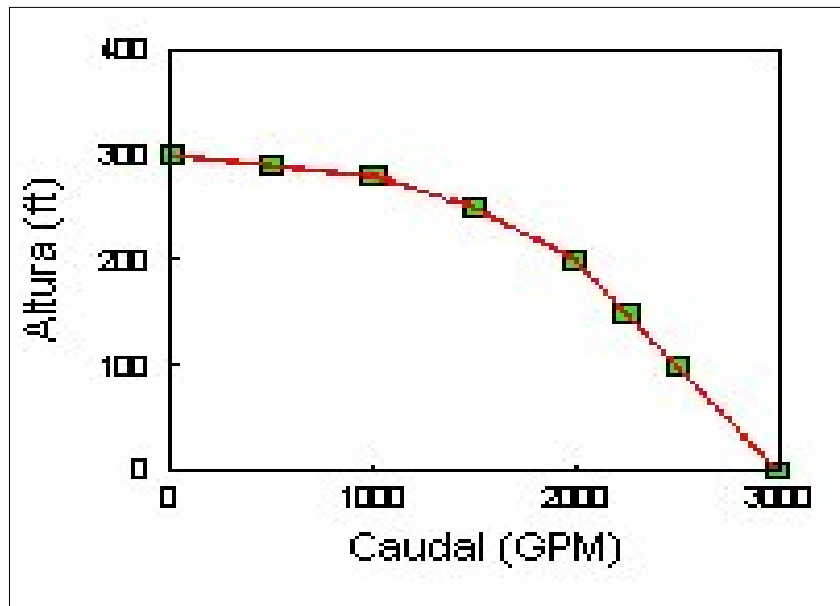


Figura 7: Curva Característica de la Bomba de tres Puntos.

Fuente: Manual EPANET (2012)

2. Curva de Rendimiento.

La Curva de Rendimiento (ver figura 8) determina el rendimiento de la bomba (Y en tanto por ciento) como función del caudal de la bomba (X en unidades de caudal). El rendimiento representará el rendimiento total, es decir, contempla tanto el rendimiento mecánico de la bomba como el rendimiento eléctrico del motor de la misma. Ésta curva se usa únicamente para cálculos energéticos. Si no determinamos la curva de rendimiento para una bomba se usará una curva de rendimiento genérica. (ver figura 8)

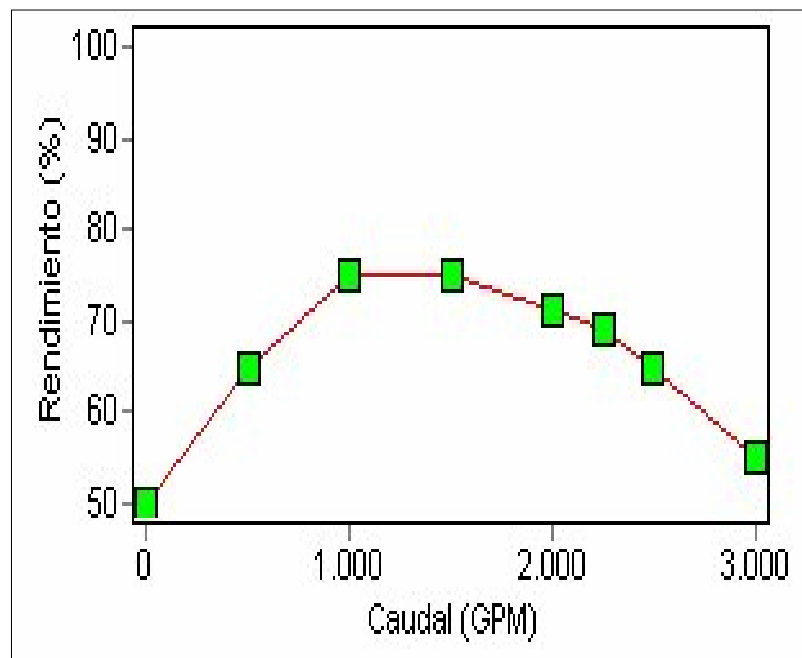


Figura 8: Curva de Rendimiento de la Bomba.

Fuente: Manual EPANET (2012)

3.) Curva de Volumen.

La Curva de Volumen (ver figura 9) determina como el volumen de agua en el tanque (Y en pies cúbicos o metros cúbicos) varía en función del nivel de agua (X en pies o metros). Se usa cuando es necesario representar exactamente tanques cuya sección transversal varía con altura. Los valores mínimos y máximos de niveles de agua representados por la curva deben de ser los niveles mínimos y máximos entre los que

trabaja el tanque. Un ejemplo de la curva de volumen de un tanque se muestra en la figura 9.

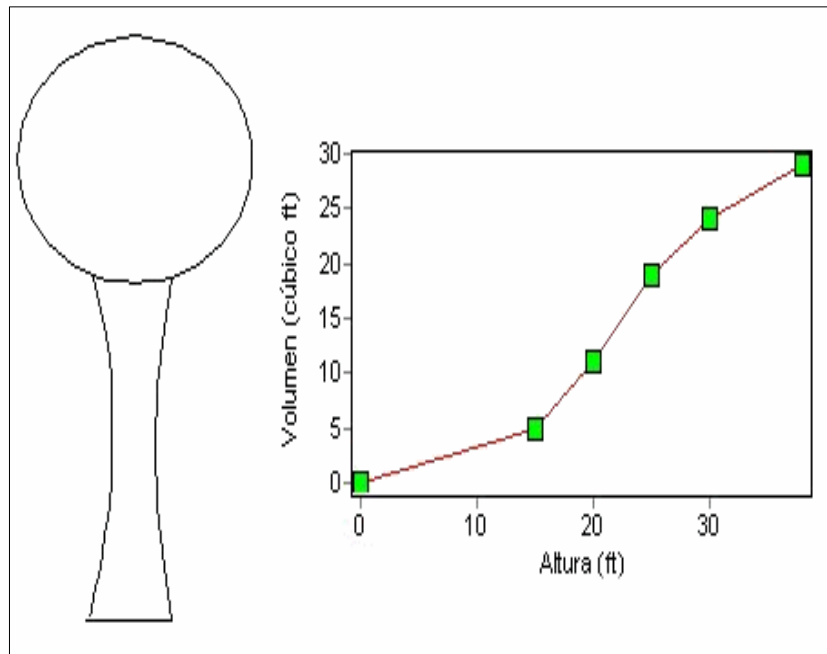


Figura 9: Curva de Rendimiento de la Bomba.

Fuente: Manual EPANET (2012)

4.) Curva de Pérdidas.

La Curva de Pérdidas se usa para representar las pérdidas (Y en pies o metros) en una válvula de Propósito General (VPG) en función del caudal (X en unidades de caudal). Esto nos da la oportunidad de modelar dispositivos y situaciones con una relación de pérdidas-caudal específica, tales como válvulas preventivas contracorrientes reductoras de caudal, turbinas, y descenso dinámico del nivel en pozos.

2.2.13 CYPECAD

CYPE (2019) es una empresa que desarrolla y comercializa software técnico para los profesionales de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción, Cype Plum Bing Water System para asistir al proyectista en el diseño y cálculo de instalaciones de suministro de agua potable, concebidas para el cálculo, diseño, comprobación y dimensionamiento

automático de redes de suministro de agua, malladas, ramificadas y mixtas. Además, permiten la lectura de modelos topográficos del terreno en formato, cuyas características principales son:

Ágil introducción de redes: sin limitaciones de diseño, que pueden abastecerse por uno o varios puntos,

Emplea un coeficiente de simultaneidad: para incrementar o reducir los consumos y un coeficiente de mayoración para pérdidas por piezas especiales

El cálculo se realiza según los tipos de conducciones, diámetros, caudales demandados y presiones: de suministro, puede introducir en su posición real elementos especiales en las tuberías: (válvulas de varios tipos: de regulación, de presión, caudal, etc., y bombas de impulsión)

Permite la lectura de modelos topográficos del terreno en formato IFC4, si la obra está conectada a un modelo BIM alojado en BIM server center que contenga el fichero IFC4 con los datos del terreno definidos en una entidad del tipo.

Flujo de trabajo Open BIM: mediante la tecnología Open BIM es posible implantar un flujo de trabajo colaborativo, multidisciplinar y multiusuario que permite el desarrollo de proyectos de forma abierta, coordinada y simultánea entre los distintos técnicos o agentes intervinientes que incluye el modelo topográfico del terreno definido en una entidad del tipo IFC Geographic Element (al igual que el resto de programas de instalaciones urbanas de CYPE).

Hay que tener en cuenta que la conexión al modelo BIM de un proyecto (que es posible desde ambas versiones del programa) sólo aporta ventajas y ningún inconveniente. La conexión a un modelo BIM, no implica cambiar el modo de trabajo durante la introducción, cálculo, dimensionamiento y obtención de la documentación de la instalación:

-Si no existe conexión con un modelo BIM (sólo es posible desde la versión clásica del programa), se pierde la posibilidad de leer automáticamente la topografía del terreno y la de trabajar en un flujo de trabajo colaborativo, multidisciplinar y multiusuario.

-Si existe conexión con un modelo BIM, la importación de la topografía del terreno y el trabajo colaborativo, multidisciplinar y multiusuario son opcionales.

- Desde el programa puede conectarse a un modelo BIM existente en la plataforma BIM server. center o crear uno nuevo vacío, que permitirá en cualquier momento la incorporación de otras especialidades que intervengan en el proyecto si se desea (abastecimiento de agua, electrificación, suministro de gas, estructura...).

2.2.14 Módulo de abastecimiento de agua de CYPE

Este programa está pensado para el cálculo, diseño, comprobación y dimensionamiento de redes ramificadas malladas y mixtas de suministro de agua con cualquier tipología, tamaño y características. Debido a sus características, este programa puede utilizarse, en general, para realizar el cálculo de redes de agua que alimentan a diferentes nodos de consumo, de distinto tamaño y distintas tipologías.

A grandes rasgos el programa presenta 4 zonas bien diferenciadas:

Zona 1: Menú general de opciones que engloba todas las funciones y opciones que se pueden ejecutar con el programa y que se encuentra en la parte alta de la pantalla: Archivo, datos generales, ver, nodos, tramos, elementos, acotación, cálculo y ayuda. Entre los componentes que podemos introducir dentro de nuestra red de abastecimiento tenemos:

a) Nodos de suministro: CYPE, no diferencia entre depósitos o puntos de presión conocido, sino que de manera genérica los denomina nodos de suministro general, pues como ya dijimos, dentro de la instalación su comportamiento es el mismo pues lo único que interesa saber de ellos es la altura piezométrica que aporta a la instalación. Por tanto, se podrá elegir el símbolo particular para cada nudo de manera que se pueda diferenciar si es un depósito o un punto de presión conocido.

b) Nodos de consumo: De nuevo CYPE no diferencia si el nudo de consumo es un nudo de consumo propiamente dicho, un hidrante o una boca de riego.

c) Tramos y elementos singulares: Tuberías de distintos materiales y tamaños, válvulas de retención (permiten la circulación del agua en un único sentido), válvulas de regulación (permite sectorizar nuestra instalación pues son capaces de cortar el caudal por completo) y válvulas de regulación de presión (Utilizadas para limitar la

presión máxima en la red) y bombas. Además, con CYPE se dispone de dos elementos que son válvulas de control de caudal y elementos que introducen pérdidas localizadas.

Zona 2: Una barra de herramientas donde encontramos diversas operaciones útiles que agilizan el trabajo:

- Gestión de archivos, salvar y editar recursos. Estas opciones agilizan la gestión de archivos.

- Editar plantillas, capturas de plantillas (opción utilizada para hacer referencias a objetos), que permiten importar y editar una imagen de fondo.

- Deshacer o rehacer modificaciones.

- Mover pantalla, redibujar, imprimir vista actual, visualizar el mapa de la red eléctrica, modo orto, activación de la introducción por coordenadas y diversos zooms (pantalla completa, a tiempo real y de ventana). Estas opciones agilizan la edición gráfica y visualización.

- Selección de combinación de hipótesis

- Un menú desplegable que nos permite configurar diversos aspectos de CYPE: Unidades, impresora, envíos de obra, planos, detalles y color de fondo.

- Por último, se encuentra los listados de obra (que no es más que el anexo de cálculo, que podemos exportar en diversos formatos: TXT, PDF, RTF y HTML que es el formato estándar utilizado por las páginas Web) y los planos de obra en DXF.

Aquí se tiene diversas opciones para editar el plano como añadirle un cajetín, activar o desactivar capas etc. lo cual nos permite obtener un plano de referencia listo para utilizar durante la ejecución de obra, sin necesidad de hacer ninguna modificación con AutoCAD.

Zona 3: Un menú lateral desplegable en la zona derecha de la pantalla que nos permite acceder rápidamente a todas las opciones de la zona 1 salvo las opciones de archivo, lo cual agiliza el proceso de edición gráfica y cálculo del proyecto. Tanto si es un nudo, una rama o un elemento podemos realizar las siguientes operaciones (operaciones que siempre se harán nudo a nudo, rama a rama o elemento a elemento lo que puede llegar a hacer el proceso de edición gráfica un poco tedioso):

- a) Nuevo: Permite introducir un nudo, una rama o un elemento nuevo en la red.

b) Borrar: Permite borrar un nudo, una rama o un elemento de la red.

c) Mover: Permite mover un nudo o un elemento de la red.

Aquí habrá que tener en cuenta que si movemos un nudo las ramas adyacentes verán modificada su longitud y su ángulo.

d) Dividir: Permite dividir un tramo en varios segmentos introduciendo nodos de paso o de derivación. Esta opción es muy útil si se quiere una derivación de la red en una de las ramas.

e) Copiar: Permite copiar elementos (bombas o válvulas) ya existentes en la instalación y situarlos donde nos convenga.

f) Asignar: Permite modificar valores en nodos (Caudal de consumo y cota) y ramas (Longitud, material y diámetro). Esta última opción agiliza algo el proceso de edición gráfica ya que nos aparece una ventana auxiliar que nos permite pasar directamente de un elemento a otro.

g) Información: Permite acceder directamente a información sobre nodos (Caudal, cota y altura piezométrica) y ramas (diámetro, material, caudal circulante, caída de presión y velocidad) una vez calculado el proyecto.

h) Editar: Permite modificar diversos aspectos asociados a nodos, ramas o elementos de la instalación desplegando una ventana del nudo, rama o elemento en cuestión:

- Nodos: Podemos modificar el tipo de nudo, la cota, la altura piezométrica, el caudal de consumo (directo o por dotación), el símbolo asociado al nudo y la presión máxima y mínima para el nudo.

Zona 4: Por último, se encuentra con la zona de edición gráfica que es la zona sobre la que introducimos todos los bloques gráficos de la red de abastecimiento para su posterior cálculo.

2.2.15 Documentación del proyecto arrojado por programas

Además de los resultados que pueden consultarse en pantalla (datos de cálculo de nodos y datos de cálculo de tramos con resultados por hipótesis, combinaciones o envolventes), el programa genera la documentación del proyecto que se detalla a continuación (listados y planos). Esta documentación puede imprimirse desde el

programa, exportarse en diversos formatos y exportarse al modelo BIM alojado en la plataforma BIM server center si la obra se ha conectado a un modelo BIM.

- Listados
- Memoria de cálculo
- Descripción de la red hidráulica, de los materiales empleados y de los terrenos, formulación, combinaciones, listado de nodos, listado de tramos, listado de elementos, envolvente y medición (tuberías, excavación y relleno de tierras).
- Resultados en nodos
- Numeración de nodos, coordenadas, elementos de transición, cota, caudal instalado, caudal demandado, altura piezométrica y presión disponible.
- Resultados en tramos
- Longitud, diámetro, caudal instalado, caudal demandado, caudal y velocidad.
- Planos
- Planos de la instalación
- Cuadros de mediciones
- Cuadros de excavaciones
- Información de resultados de cálculo por hipótesis, combinaciones o envolventes.

2.2.16 Actualidad de programas que realizan el cálculo de red de acueducto

Para Hechavarría, Cordobés y García (2019) el estudio de los programas que realizan el cálculo de redes de acueducto antes de comenzar a utilizarlos se deben realizar las siguientes actividades:

Contar con los planos que muestren toda la información topográfica necesaria para realizar el diseño de la red.

Determinar la población y densidades futuras de cada manzana perteneciente al perímetro urbano. Durante este proceso se deben calcular las áreas de las manzanas a partir de la descomposición en figuras conocidos, por lo que es un proceso agotador tras realizar una cantidad importante de mediciones sobre el plano.

Realizar el trazado de todas las tuberías principales (se definen los circuitos y nodos).

Se define las áreas abastecidas y se calcula el caudal máximo horario para cada nudo.

Se asume un sentido lógico de circulación del flujo en dependencia de la entrada del agua a la red y de acuerdo al gasto en tránsito entre un nudo y otro.

Se asume un coeficiente C (Hazen –William) según el diámetro el tipo de tubería que se utilice.

Se calcula las longitudes de todos los tramos de tuberías, a partir de la información contenida en los planos.

Se codifica los elementos que intervienen en la red y se le asigna la información que le corresponda.

Y para la implementación del programa, se necesita contar con los siguientes requerimientos:

Hardware y software que permitan utilizar adecuadamente la versión de AutoCAD.

Contar con la información topográfica necesaria para realizar el diseño de la red digitalización del plano, para ello se debe:

Creación de entidades que conforman la red como son manzanas, niveles, nodos, tramos y fuentes.

Creación de las Manzanas el cálculo de la población futura será automatizado teniendo en cuenta las leyes urbanísticas establecidas para el municipio, donde se define, según las hectáreas que ocupa cada manzana, las viviendas a construir y la cantidad de habitantes por vivienda que depende del estrato social a que pertenece la manzana. La población real se obtiene a partir de censos realizados a la comunidad, razón por la cual se debe corregir el cálculo de la población futura la que depende de la población actual de la manzana y la topografía del terreno. Luego de establecer en un diálogo la información referente a población futura, población real, estrato social a que pertenece la manzana seleccionada, se muestra los valores de densidad futura, densidad real, caudal máximo horario y hectáreas que abarca la manzana determinando y definiendo la relación que existe en el abastecimiento de las manzanas por los nodos.

Creación de los Niveles: A partir de un punto seleccionado se introduce en un diálogo, la cota de nivel. De esta manera se definen todas las cotas que sean de interés para el diseño; éstas servirán de referencia para la ubicación de nodos, tanques y el trazado de los tramos. La cota piezométrica en el nivel será resultado del cálculo

Creación de los Nodos: A partir de un nivel seleccionado, se muestra en una caja de diálogo la cota de nivel. Los valores de caudal a consumir y población a abastecer, se determinan a partir de las manzanas que abastezca el nudo. La cota piezométrica en el nudo será resultado del cálculo.

Creación de los Tramos: Mediante la opción de crear tramos se dibuja la línea que parte de un Nudo Base siguiendo la trayectoria de los niveles que permiten los contornos de las calles y manzanas, hasta un segundo Nudo. De esta forma quedará determinada la longitud de la tubería, la cual se muestra en la caja de diálogo referida a los tramos. El tramo de tubería quedará definido luego de entrarle los datos referidos a material y diámetro. Los valores de caudal, pérdidas de presión y velocidad del fluido serán resultado del cálculo.

Creación de los tanques: Luego de seleccionar un nivel se establece el tanque. Los valores de caudal y población a abastecer se determinan a partir de la demanda en los nodos presentes en la red, los que conocen el caudal que necesitan para satisfacer los requerimientos de las manzanas que abastecen. La cota de nivel (m) y la cota piezométrica (m), así como la longitud del tramo que comunica el tanque con la red y la ubicación exacta del símbolo tanque, serán resultado del cálculo cuando todos los nodos presenten presiones adecuadas.

álculo del caudal máximo horario para cada manzana: tomando la población (habitantes) el nivel de complejidad del sistema se establece el valor de dotación neta y un porcentaje de pérdidas admisibles y se calcula la dotación bruta daría como resultado Lts/Habs/día, se calcula de esta manera el caudal medio y máximo para la manzana a partir del valor de población futura que se haya definido para cada una.

Cálculo del caudal máximo horario para cada nudo: permite que se pueda conocer el caudal máximo horario que necesita cada nudo, para satisfacer la demanda de agua de todas las manzanas abastecidas por él, a través de la siguiente ecuación

$$QMHn = \sum_{L=1}^m QMHm$$

Donde:

QMHn: caudal máximo horario en el nudo

QMHm: caudal máximo horario en le manzana m: número de manzanas abastecidas por el nudo.

De esta manera se puede conocer el gasto total que debe abastecerse al sistema y las extracciones concentradas en los nodos

Determinación del caudal inicial para cada tramo Satisfaciendo la ley de continuidad de masa en los nodos, se realiza una distribución automática del caudal inicial por las tuberías, a partir de los tanques que intervienen, de manera que se define el sentido del flujo según la demanda de los nodos y el caudal que fluye por cada tramo El sentido del flujo, así como el caudal que trasiega por cada tubería serán corregidos durante el proceso de cálculo.

Aplicación del método de Hardy Cross. A partir de la temperatura que presenta el agua en la región, las dimensiones, material y caudal inicial de cada tramo, se aplica el método de Hardy Cross. Como resultado del cálculo se obtendrá el valor del gasto, las pérdidas y la velocidad en cada una de las tuberías provocando la estabilidad hidráulica de la red. La aplicación de la ley de conservación de la energía en los circuitos, la cual plantea que: La suma algebraica de las pérdidas de energía en los

circuito se comparte como un sistema de tuberías en paralelo. Posibilitando el cálculo de la presión en cada nudo de la red a partir de valores conocidos de presión en los nodos de abastecimiento, mediante la expresión establecida por Bernoulli.

Opciones de visualización Durante el diseño de un sistema de acueducto, el especialista debe contar con cierta información gráfica que le ayude en la toma de decisiones durante el análisis, de variantes, como es el caso de la visualización del comportamiento de la densidad futura y real de las manzanas a través de una escala de colores.

2.2.17 El teorema de Bernoulli

Connor (2010) el principio de Bernoulli se basa en el estudio del comportamiento de un fluido que se mueve a través de un sistema cerrado, el fluido en cuestión de cumplir con ciertas características para ser considerado como ideal; teniendo esto, se declara que durante su movimiento no debe existir rozamiento ni viscosidad. Y al encontrarse en un conducto cerrado, la energía permanece constante durante todo el recorrido, esta ecuación permite iniciar el estudio de la dinámica de fluidos, especialmente aquellos fluidos que se mueven a través de conductos y tubos.

Conservación de energía

La energía no puede ser creada ni destruida, este principio se conoce generalmente como el principio de conservación de energía y establece que la energía total de un sistema aislado permanece constante; se dice que se conserva con el tiempo. Este principio puede usarse en el análisis de fluidos que fluyen y este principio se expresa matemáticamente mediante la siguiente ecuación:

$$\rho \frac{Dh}{Dt} = \frac{Dp}{Dt} + \nabla \cdot (k \nabla T) + \Phi$$

Donde

h es entalpía,

k es la conductividad térmica del fluido,

T es la temperatura

La ecuación de Bernoulli puede considerarse como una declaración del principio de conservación de energía apropiado para fluidos. Es una de las ecuaciones más importantes / útiles en mecánica de fluidos. Pone en una relación presión y velocidad en un flujo invisible incompresible. La ecuación de Bernoulli tiene algunas restricciones en su aplicabilidad, se resumen en los siguientes puntos:

- Sistema de flujo constante,
- La densidad es constante (lo que también significa que el fluido es incompresible)

- No se realiza ningún trabajo sobre el fluido,
- No se transfiere calor hacia o desde el fluido,
- No ocurre cambio en la energía interna,
- La ecuación relaciona los estados en dos puntos a lo largo de una línea de corriente única (no condiciones en dos líneas de corriente diferentes) (ver Figura 10).

$$\underbrace{z}_{\text{Altura geométrica}} + \underbrace{\frac{p}{\rho_0 g}}_{\text{Altura piezométrica}} + \underbrace{\frac{1}{2} \frac{v^2}{g}}_{\text{Altura energético}} \stackrel{\text{def}}{=} \underbrace{H}_{\text{Altura total}} = \text{cte} \quad \forall \mathbf{x} \in \Gamma$$

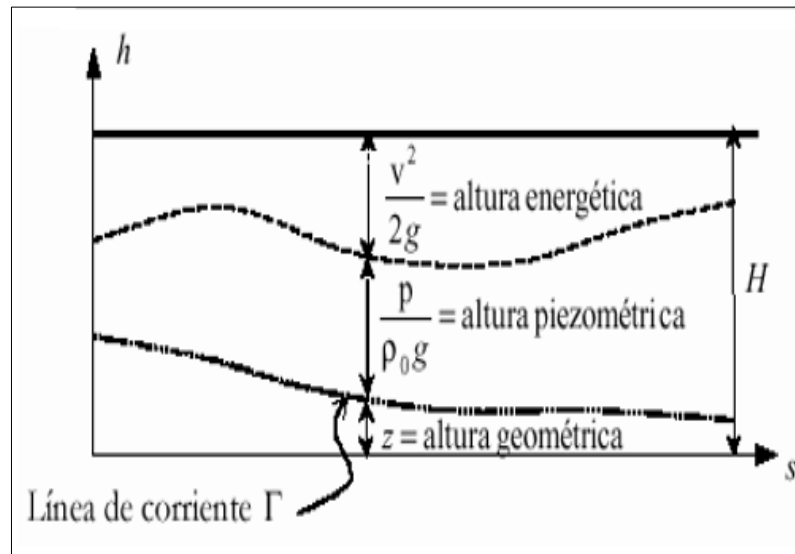


Figura 10: Teorema de Bernoulli

Fuente: Connor (2010)

2.2.18 Teorema de Transporte de Reynolds

Connor (2020) las ecuaciones de la mecánica de fluidos provienen de aplicar los principios de conservación de la masa, cantidad de movimiento y energía a volúmenes fluidos. Como estos volúmenes se mueven con el fluido, es conveniente expresar de forma adecuada la variación de las magnitudes fluidas en el interior de un volumen fluido a lo largo de su movimiento, la cual está dada por la siguiente expresión (ver figura 11):

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V \rho \psi dV = \int_V \rho \frac{d\psi}{dt} dV - \int_{\partial V} \rho \psi \mathbf{v} \cdot \mathbf{n} dV$$

De igual modo, se puede visualizar en la figura siguiente la cantidad generada, el flujo neto saliente en un diferencial. (ver figura 11)

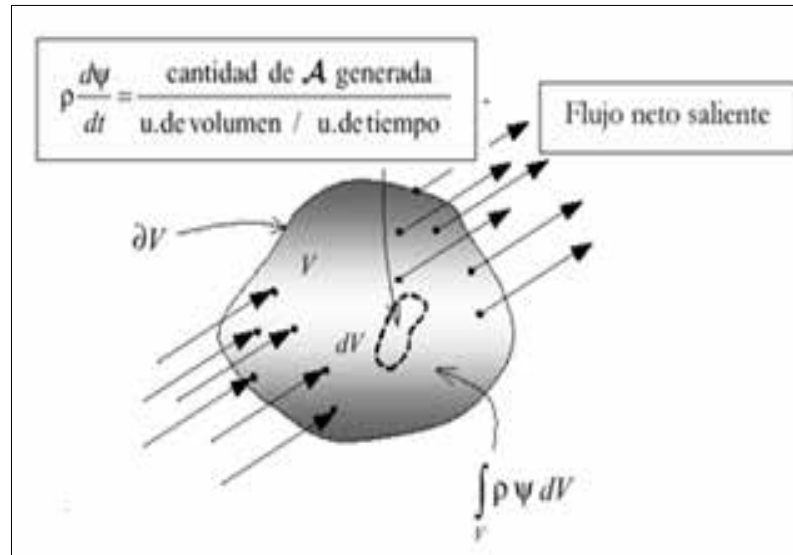


Figura 11: Teorema de Reynolds

Fuente: Connor (2010)

De igual modo, el número de Reynolds es la relación de fuerzas de inercia a fuerzas viscosas y es un parámetro conveniente para predecir si una condición de flujo será laminar o turbulento. Se puede interpretar que cuando las fuerzas viscosas son dominantes (flujo lento, baja Re) son suficientes para mantener todas las partículas de fluido en línea, entonces el flujo es laminar. Incluso Re muy bajo indica movimiento de arrastre viscoso, donde los efectos de inercia son insignificantes. Cuando las fuerzas de inercia dominan sobre las fuerzas viscosas (cuando el fluido fluye más rápido y Re es más grande), el flujo es turbulento. (ver Figura 12)

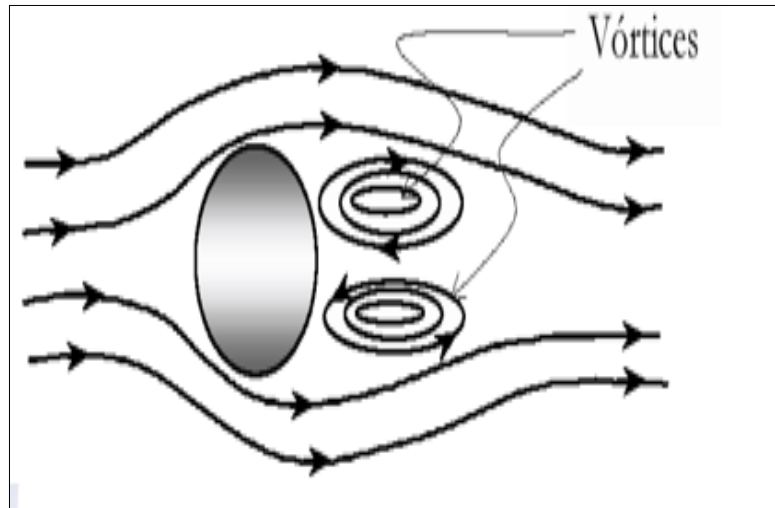


Figura 12:Teorema de Reynolds

Fuente: Connor (2010)

Reynolds Es un número adimensional compuesto por las características físicas del flujo., cuyo valor indica si el flujo sigue un modelo laminar o turbulento.

$$Re_D = \frac{\rho VD}{\mu} = \frac{VD}{\nu}$$

Donde:

V: es la velocidad del flujo,

D; es una dimensión lineal característica (longitud recorrida del fluido; diámetro hidráulico, etc.)

: densidad del fluido (kg / m^3),

: viscosidad dinámica (Pa.s),

2

El número de Reynolds depende de la velocidad del fluido, del diámetro de tubería, o diámetro equivalente si la conducción no es circular, y de la viscosidad cinemática o en su defecto densidad y viscosidad dinámica. Para una tubería circular se considera:

$Re < 2300$ El flujo sigue un comportamiento laminar.

$2300 < Re < 4000$ Zona de transición de laminar a turbulento.

$Re > 4000$ El fluido es turbulento.

2.2.19 Método de gastos probables de Hunter

Para Rodríguez (2012) el método de cálculos para redes de distribución interior de agua más utilizado en Sudamérica para edificaciones es el denominado Método de los gastos probables, creado por Roy B. Hunter, que consiste en asegurar a cada aparato sanitario un número de unidades de gasto determinadas experimentalmente (ver Cuadro 5)

Cuadro 5: Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución de agua en los edificios

Aparato Sanitario	Tipo	Unidad de Gasto		
		Total	Agua Fría	Agua Caliente
Excusado	Con tanque -descarga reducida	1.5	1.5	
Excusado	Con Tanque	3	3	
Excusado	Con válvula semiautomática y automática	6	6	
Excusado	Con válvula semiautomática y automática con descarga reducida	3	3	
Bidet		1	0.75	0.15
Lavamanos		1	0.75	0.15
Lavadero		3	2	2.0

Fuente: López, Jáuregui, Guillen, Gómez (1997)

2.3 Bases Legales

Los referentes legales constituyen el compendio de normativas, reglamentos y leyes que brindan apoyo legislativo a este estudio. Por ello, para la elaboración del presente trabajo de grado, fue necesario indagar en diferentes leyes, reglamentos, gacetas, normas, entre otros más, buscando posibles conexiones de las mismas con la ingeniería civil en concordancia con acueductos, en este sentido es pertinente citar:

2.3.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999)

De acuerdo con las necesidades de apoyo a la presente investigación el artículo 304 de la constitución de la república bolivariana de Venezuela establece.

Artículo 304: “Todas las aguas son bienes de dominio público de la Nación, insustituibles para la vida y el desarrollo. La ley establecerá las disposiciones necesarias a fin de garantizar su protección, aprovechamiento y recuperación, respetando las fases del ciclo hidrológico y los criterios de ordenación del territorio”.

2.3.2 Ley De Aguas Gaceta Oficial De La República Bolivariana De Venezuela Caracas, martes 2 de enero de 2007 Número 35.595

Artículo 4. Objetivos de la gestión integral de las aguas. La gestión integral de las aguas tiene como principales objetivos:

1. Garantizar la conservación, con énfasis en la protección, aprovechamiento sustentable y recuperación de las aguas tanto superficiales como subterráneas, a fin de satisfacer las necesidades humanas, ecológicas y la demanda generada por los procesos productivos del país.

2. Prevenir y controlar los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes.

Principios de la gestión integral de las aguas

Artículo 5. Los principios que rigen la gestión integral de las aguas se enmarcan en el reconocimiento y ratificación de la soberanía plena que ejerce la República sobre las aguas y son:

1. El acceso al agua es un derecho humano fundamental.

2. El agua es insustituible para la vida, el bienestar humano, el desarrollo social y económico, constituyendo un recurso fundamental para la erradicación de la pobreza y debe ser manejada respetando la unidad del ciclo hidrológico.

3. El agua es un bien social. El Estado garantizará el acceso al agua a todas las comunidades urbanas, rurales e indígenas, según sus requerimientos.

4. La gestión integral del agua tiene como unidad territorial básica la cuenca hidrográfica.

5. La gestión integral del agua debe efectuarse en forma participativa.

6. El uso y aprovechamiento de las aguas debe ser eficiente, equitativo, óptimo y sostenible.

7. Los usuarios o usuarias de las aguas contribuirán solidariamente con la conservación de la cuenca, para garantizar en el tiempo la cantidad y calidad de las aguas.

8. Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar la conservación de las fuentes de aguas, tanto superficiales como subterráneas.

9. En garantía de la soberanía y la seguridad nacional no podrá otorgarse el aprovechamiento del agua en ningún momento ni lugar, en cualquiera de sus fuentes, a empresas extranjeras que no tengan domicilio legal en el país.

10. Las aguas por ser bienes del dominio público no podrán formar parte del dominio privado de ninguna persona natural o jurídica.

11. La conservación del agua, en cualquiera de sus fuentes y estados físicos, prevalecerá sobre cualquier otro interés de carácter económico o social.

12. Las aguas, por ser parte del patrimonio natural y soberanía de los pueblos, representan un instrumento para la paz entre las naciones.

2.3.3 Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento (Gaceta Oficial N° 5.568 Extraordinario de fecha 31 de diciembre de 2001)

Alcances de la prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento.

Artículo 34. La prestación de los servicios de Agua Potable y de Saneamiento regulados por esta Ley comprende la planificación, proyecto, construcción, operación, mantenimiento, rehabilitación, ampliación, administración y comercialización de los procesos asociados a la prestación de los servicios de agua potable y de Saneamiento, y al cobro de los costos asociados a dichas actividades de acuerdo a lo previsto en esta Ley y su Reglamento.

Artículo 35. Los procesos asociados a la prestación de los servicios de Agua Potable y de Saneamiento, a las cuales se refiere la presente Ley, son los Sigüientes:

Producción: incluye la captación de agua, ya sea a partir de cursos superficiales, de embalses, de lagos o acuíferos, su subsiguiente potabilización y su conducción hasta las redes de distribución.

Distribución de Agua Potable: incluye el suministro de agua potable a través de las redes de distribución, hasta su entrega a las conexiones de los usuarios finales.

Capítulo II De los Acueductos Rurales

Artículo 40. A los efectos de este título se entiende por Acueductos Rurales los servicios de Agua Potable y /o de Saneamiento que atienden un número mínimo de doscientos (200) y máximo de dos mil quinientos (2.500) habitantes, con producción independiente.

Artículo 41. La prestación de los servicios en los Acueductos Rurales deberá cumplir las normas y estándares mínimos de calidad del agua y las de diseño, administración, construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones, que al efecto dicte el Poder Ejecutivo Nacional.

2.3.4 Ley Orgánica del Ambiente, año CXXXIV es III; Caracas viernes 22 de diciembre de 2006.

La Ley Orgánica del Ambiente es de gran importancia para sustentar este trabajo, así como lo reseñan los artículos 4, 12, 41, 57, 62, y 80 donde nos explica, que la gestión del ambiente trata de la corresponsabilidad entre el estado y la sociedad, la prevención que debe prevalecer sobre todo en la misma gestión ambiental, la precaución aunada a la participación ciudadana y una tutela efectiva es primordial para el desarrollo del medio ambiente, también debe existir una limitación de los daños originados al ambiente.

El estado y las sociedades, deberán siempre orientar sus acciones, en lograr una calidad ambiental que desarrolle y permita el máximo bienestar de los seres humanos, mejorando los ecosistemas y promoviendo la conservación de los recursos naturales, para esto los pueblos indígenas y las comunidades locales tienen el derecho y deber de participar en la elaboración, aplicación o implementación de planes para el aprovechamiento de los recursos.

En estos recursos se encuentra el agua, es primordial que este vital líquido tenga la calidad adecuada, para el uso establecido por la comunidad donde sean utilizados, deben existir planes que puedan crear protección integral de las cuencas hidrográficas y también todas las comunidades deben velar por la conservación de los suelos y los subsuelos.

2.3.5 Ley Orgánica de Régimen Municipal, Publicada en gaceta oficial N.º 2.297 de fecha 18 de agosto de 1978.

Artículo 174: las asociaciones de vecinos, así como las asociaciones sindicales, gremiales u otras agrupaciones representativas de sectores de la comunidad, legalmente constituida, podrán presentar al consejo o cabildo proyectos de ordenanza, y siendo que a las asociaciones de vecinos se les da la iniciativa legislativa para introducir proyectos de ordenanzas a la consideración del Consejo Municipal, resulta apresurado concluir que las asociaciones de vecinos podrán elaborar un proyecto de plan de desarrollo urbano local, tomando en consideración, el Art.14 de la ley de ejercicio de la ingeniería (1958).

Todas las construcciones, inhalaciones y trabajos relacionados con las profesiones a que se contrae esa normativa, deberán realizarse con la participación de los profesionales para garantizar la corrección, eficiencia y seguridad de las obras.

2.3.6 Gaceta oficial N.º 4.044, de fecha 8 de septiembre de 1.988 de la República Bolivariana de Venezuela

Nos explica las disposiciones generales sobre los sistemas de abastecimiento de agua, su uso según la edificación. Donde, por ejemplo, toda edificación ubicada dentro de un área servida por un abastecimiento deberá abastecerse del mismo, donde este sistema debe ser diseñado con concordancia con lo establecido en dicha gaceta, garantizando así la potabilidad del agua, en el capítulo VI de disposiciones generales sobre los sistemas de abastecimiento de aguas y la disposición de aguas servidas y de lluvias de las edificaciones.

Artículo 104: No se permitirá empotrar aguas servidas en los conductos, bajantes y colectores de agua de lluvia, y se permitirá que las aguas de lluvia se empotren a conductos, ramales, bajantes o cloacas de aguas negras.

Artículo 105: Cuando la cloaca pública sea del sistema unitario, se permitirá que los colectores de aguas de lluvia de la edificación se empalman a la cloaca de empotramiento, siempre que lo hagan aguas debajo de la última conexión de aguas servidas y en su Capítulo VII de las dotaciones de las dotaciones de aguas para las edificaciones.

Artículo 109: Las dotaciones de agua para edificaciones destinadas a viviendas, se determinarán de acuerdo con lo que se establece a continuación: Las dotaciones de agua para edificaciones destinadas a viviendas unifamiliares, se determinarán en función del área total de la parcela o del lote donde la edificación va ser construida o exista (ver cuadro 6)

Cuadro 6: Dotación de Agua para Edificaciones Destinadas a Viviendas Unifamiliares

Área Total de la Parcela o del lote en metros Cuadrados		Dotación de agua correspondiente en litros por día
Hasta	200	1.500
201	300	1.700
301	400	1.900
401	500	2.100
501	600	2.200
601	700	2.300
701	800	2.400
801	900	2.500
901	1000	2.600
1001	1200	2.800
1201	1400	3.000
1401	1700	3.400
1701	2000	3.800
2001	2500	4.500
2501	3000	5.000
Mayor de	3000	5.000 más 100/día por cada 100 m ² de superficie adicional.

Fuente: Normas Sanitarias, p.33. Caracas. Venezuela (1999)

NOTA: Las dotaciones antes señaladas incluyen el consumo de agua para usos domésticos y el correspondiente al riego de jardines y áreas verdes de la parcela o lote.

Todos estos artículos de la constitución de la república bolivariana de Venezuela, ley de aguas y de ley orgánica para la prestación de los servicios de agua potable y de saneamiento tienen en común el velar por el bienestar de la ciudadanía a través del manejo adecuado y del cumplimiento de los estándares necesario de calidad de agua, según el artículo 5 de la ley de agua, principio 6 el uso y aprovechamiento de las aguas debe ser eficiente, equitativo, óptimo y sostenible, esto quiere decir que se deben mantener en correcto estado todos los medios que sirvan para distribuir el agua.

2.4 Términos Básicos

Acometida de acueducto: Derivación de la red de distribución o local de acueducto que se conecta al registro de corte en el inmueble.

Área verde: Área libre empedrada y/o arborizada, destinada a bosques, parques, jardines, lugares panorámicos, de recreación y campos de deporte. Se puede clasificar como área pública o privada.

Caudal de diseño: Caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.

Caudal máximo diario: Consumo máximo durante veinticuatro horas, observado en un período de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado.

Caudal máximo horario: Consumo máximo durante una hora, observado en un período de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado.

Caudal medio diario: Consumo medio durante veinticuatro horas, obtenido como el promedio de los consumos diarios en un período de un año.

Coefficiente de rugosidad: medida de la rugosidad de una superficie, que depende del material y del estado de la superficie interna de una tubería.

Diseño: Conjunto ordenado de actividades que genera productos con las especificaciones y condiciones técnicas para la construcción de infraestructura para los sistemas de Acueducto y Alcantarillado, el cual debe cumplir los requisitos, parámetros de diseño y Normas técnicas establecidas por EMCALI EICE ESP, que garantice su adecuado funcionamiento, calidad, eficiencia, seguridad, durabilidad, sostenibilidad y redundancia.

Diseños propios: Diseños de redes de Acueducto y Alcantarillado elaborados por el Departamento de Ingeniería de la Unidad Estratégica de Negocio de Acueducto y Alcantarillado u otra área al interior de la empresa.

Diseños particulares: Diseños de redes de Acueducto y Alcantarillado elaborados por personas naturales o jurídicas.

Dotación: Cantidad de agua asignada a una población o un habitante para su consumo en cierto tiempo, expresada en términos de litro por habitante por día o dimensiones equivalentes.

Empalme: Unir dos tubos para que conserven la continuidad.

Líneas de conducción de acueducto o líneas expresas: Las líneas de conducción son aquellas destinadas al transporte de agua tratada desde la planta de tratamiento hasta los tanques de almacenamiento o hasta la red de distribución, generalmente sin entrega de agua en ruta.

Periodo de diseño: Tiempo para el cual se diseña un sistema o los componentes de éste, en el cual su capacidad le permite atender la demanda proyectada para este tiempo.

Planta de potabilización o planta de tratamiento de agua potable: Instalaciones necesarias de tratamientos unitarios para purificar el agua de abastecimiento para una población.

Red de distribución, red local o red secundaria de acueducto: Es el conjunto de tuberías, accesorios, estructuras y equipos que conducen el agua desde la red matriz o primaria hasta las acometidas domiciliarias del respectivo proyecto urbanístico.

Tramo: Longitud de tubería comprendida entre dos accesorios de derivación (yees, cruces, tees).

Tubería: Ducto de sección circular para el transporte de agua.

Tubería de impulsión Tubería que conduce agua impulsada por un sistema de bombeo.

Tubería de succión: Tubería de entrada a un equipo de bombeo

Unidad de vivienda: Edificación residencial ocupada por una o dos familias en un mismo lote reglamentario o piso respectivo.

Válvula de cierre permanente: Son dispositivos que cierran el paso del agua en las tuberías de distribución, con el fin de sectorizar la red. Usualmente son válvulas de compuerta con vástago fijo o válvulas mariposa con mecanismo de reducción de velocidad de cierre para evitar golpe de ariete.

Válvula de corte: Es el dispositivo empleado para el aislamiento de tramos de tubería para su inspección, mantenimiento, reparación y operación.

Válvula de purga: Válvula utilizada para la limpieza y descarga de la red, tanto en redes matrices como en redes de distribución.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Arias (2006), afirma que “la metodología del proyecto incluye el tipo o tipos de investigación, las técnicas y procedimientos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación, es el “cómo” se realiza el estudio para responder al problema planteado”, basada en las consideraciones anteriores se presenta la metodología seguida en el presente estudio.

3.1 Tipo de investigación.

De acuerdo al propósito que se persigue está investigación es de tipo exploratorio definido por Arias (2006), como aquella que se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto, es decir, un nivel superficial de conocimientos. (pag.23), en este sentido se busca comparar los resultados conseguidos con la modelación y diseño de distribución de aguas blancas mediante la utilización de los softwares EPANET y CYPECAD.

3.2 Diseño de la investigación

Ahora bien, considerando los medios de obtención de los datos está investigación fue de Campo, siguiendo lo especificado en las Normas para la Elaboración de Trabajos Técnicos. Especiales de Grado y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Libertador (2012) la concreta como: “El análisis sistemático de problemas con el propósito de describirlos, explicar causas y efectos, entender su naturaleza, factores constituyentes o predecir su ocurrencia” (P29)

Por lo antes planteado este estudio está enmarcado dentro de la investigación de campo ya que se acudió la comunidad “Ciudad Plaza III, frente al Hipódromo de Valencia, parroquia Rafael Urdaneta del Municipio Valencia del estado Carabobo, para realizar las observaciones interactuando con el entorno, en un ambiente controlado siguiendo lo especificado en las Normas de diseño establecidas en nuestro País.

Igualmente, se apoyó en una revisión documental, según los autores Córdoba y Monsalve (2002) la señalan como aquella que se concreta exclusivamente en la recopilación de información en diversas fuentes, en el caso que nos ocupó se indaga sobre el tema en documentos bibliográficos a través de los cuales se logró recolectar información necesaria para este estudio.

Así mismo, el diseño determinado por Arias (2006) refiere a la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado, para algunos autores se asume como el plan global en el cual se implican tanto los aspectos metodológicos de carácter estratégico y táctico, por eso constituye la mejor estrategia a seguir por el investigador para la adecuada solución del problema planteado.

En el presente caso, la investigación planteada, se adecuó a los propósitos de la investigación cuasiexperimental debido a que se estudió las relaciones causa efecto, pero no bajo condiciones de control estricto de las variables, clasificada igualmente como transaccional debido a que se tomaron los datos en una sola ocasión y según Palella y Martins (2012), “este nivel de investigación se ocupa de recolectar datos en un solo momento, en un tiempo único. Su finalidad es la de describir variables y analizar su incidencia e interacción en un momento dado” (p. 104), en el presente estudio se controló algunas variables necesarias para el diseño de la red de acueducto, permitiendo observar, recopilar datos directamente de la realidad del objeto en estudio, para luego analizar, calcular, modelar e interpretar los resultados sin considerar ningún tipo de aleatoriedad.

3.3 Nivel de la investigación.

En relación al nivel de profundidad del presente estudio fue de carácter descriptivo, definida por Arias, (2006; 24), como la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento es por este motivo que este estudio permitió trabajar sobre realidades de hechos y sus características fundamentales en Red de acueducto 2 de Ciudad Plaza apoyados en la modelación y diseño utilizando programas de cálculos.

De igual manera es explicativo y según Hernández, Fernández y Baptista (1994) los estudios de alcance explicativo van más allá de la descripción de conceptos están

dirigidos a responder a las causas de los eventos físicos o sociales, se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste, o por qué dos o más variables están relacionadas, en este sentido este trabajo de investigación alcanza el nivel explicativo ya que se comparan los resultados conseguidos con la modelación y diseño de distribución de aguas blancas mediante la utilización de los software EPANET Y CYPECAD estableciendo ventajas, desventajas y diferencias entre los resultados obtenidos con ambos programas.

3. 4 Población y muestra

Según Hurtado y Toro (1998) “La población se compone de todos los elementos que van a ser estudiados y a quienes podrán ser generalizados los resultados de la investigación” en este estudio la población considerada fueron la red de acueducto de la Parroquia Miguel Peña Municipio Valencia del estado Carabobo.

Así mismo Balestrini (1997), la muestra “es obtenida con el fin de investigar, a partir del conocimiento de sus características particulares, las propiedades de una población” (P.138). En este caso la muestra será la red de acueducto ciudad Plaza III, frente al Hipódromo de Valencia, parroquia Miguel Peña Municipio Valencia del estado Carabobo, considerando que la población y la muestra es igual por lo tanto es de tipo censal de acuerdo a lo especificado por Ramírez (1997) que establece la muestra censal es aquella donde todas las unidades de investigación son consideradas como muestra, de allí, que la población a estudiar se precise como censal por ser simultáneamente universo, población y muestra.

3.5 Técnica e Instrumentos de recolección de datos.

Técnicas

Las técnicas de recolección de datos según Arias (2006) son las distintas formas o maneras de obtener la información, el mismo autor señala que los instrumentos son medios materiales que se emplean para recoger y almacenar datos, las cuales pueden ser la observación, entrevista y encuesta.

Para efectos de esta investigación, las técnicas se seleccionaron en atención a las características de la población, en este caso se optaron por las siguientes debido al carácter práctico que posee la investigación en cuestión:

Observación Directa

Ramírez (2014) la define como aquella técnica en la cual “el investigador observa directamente los casos o individuos en los cuales se produce-ce el fenómeno, entrando en contacto con ellos; sus resultados se consideran datos estadísticos originales, por esto se llama también a esta investigación primaria” (p. 48), en este caso se visualizara la realidad existente en materia de acueducto en Ciudad Plaza III, ciudad satélite ubicada al Sur de la Parroquia urbana Rafael Urdaneta del Municipio Autónomo Valencia.

Entrevistas

Al respecto, Tamayo y Tamayo (2008), dice que la entrevista “es la relación establecida entre el investigador y su objeto de estudio a través de individuos o grupos con el fin de obtener testimonios orales” en este caso fueron de tipo verbal realizados a los funcionarios del Ministerio del Poder Popular para Vivienda y Hábitat (MVH) Carabobo en el Marco de la Gran Misión Vivienda Venezuela, para obtener información del acueducto existe en Ciudad Plaza III.

Revisión Documental

Bolívar (2001) la señala como el proceso mediante el cual un investigador recopila, revisa, analiza, selecciona y extrae información de diversas fuentes, acerca de un tema particular (su pregunta de investigación), con el propósito de llegar al conocimiento y comprensión más profundos del mismo, en este sentido en el presente estudio se revisaron diferentes fuentes de información como normas de acueducto, leyes extraídos de textos y de internet, así como se recopilaran planos existentes de esta comunidad solicitado al Ministerio del Poder Popular para Vivienda y Hábitat (MVH) Carabobo en el Marco de la Gran Misión Vivienda Venezuela.

Revisión Bibliográfica

Así mismo Bolívar (2001) la define como la operación documental de recuperar un conjunto de documentos o referencias bibliográficas que se publican en el mundo sobre un tema, un autor, una publicación o un trabajo específico; es por ello que en esta tesis se abarcó todo lo referente al tema de diseño y modelación de sistema de acueductos extraídos de internet y de textos de ingeniería.

Cuadro de registro de información

Hurtado, I. y Toro, J. (1998) señala que los cuadros de registro de información, sirven para recopilar datos importantes de un tema en específico, con la intención de que dicha información sea de fácil entendimiento y comprensión, elaborados de diferentes formas, pero sin perder su objetividad y su intención, es por ello que en esta investigación se elaboró cuadro de registro contentivo de la siguiente información:

Fuente de abastecimiento del acueducto existente en Ciudad Plaza III

Numero de la red de distribución correspondiente

Data o año de construcción

Tipo de tubería

Numero de nodos

Presión de entrada

Características del tanque existente

Caudal de entrada

Instrumentos

Tamayo y Tamayo (2008) destacan que los instrumentos son los medios que utiliza el investigador para recabar o a recoger información necesaria para dar respuesta a su objeto de estudio, es por ello que para el presente estudio se utilizaran cámara fotográfica y Libretas de notas.

Cámaras fotográficas servirán para evidencias de las condiciones del sitio seleccionado en Ciudad Plaza III, ciudad satélite ubicada al Sur de la Parroquia urbana Rafael Urdaneta del Municipio Autónomo Valencia.

Cuaderno de notas

En este estudio será utilizado para registrar información de diferentes tipos, incluyendo la descripción de las actividades durante las inspecciones que se realizarán en esta comunidad durante el periodo de estudio.

Técnica de análisis

La prueba "T" de Student es un tipo de estadística deductiva que se utiliza para determinar si hay una diferencia significativa entre las medias de dos grupos. Especificando el nivel de la probabilidad (nivel de la alfa, nivel de la significación) que

estamos dispuestos a aceptar antes de que cerco datos ($p < 0.05$ es un valor común se utiliza) indicando así con un cierto grado de confianza que la diferencia obtenida entre los medios de los grupos de la muestra sea demasiado grande ser un acontecimiento.

Análisis FODA, es una técnica la cual se le aplicará el tratamiento planteado por Serna (2006), en su texto “Gerencia Estratégica”, llegando así a la identificación de las oportunidades, fortalezas, debilidades y amenazas de cada uno de los softwares estudiados EPANET Y CYPECAD utilizado para el cálculo de redes de aguas blancas en una urbanización.

3.6 Fases de la Investigación

Las fases de la investigación implican el procedimiento metodológico que llevará mediante etapas sucesivas y organizadas el proceso de la investigación a fin de establecer los parámetros relativos congruentes de la misma, la investigación se llevó a cabo a través de las siguientes fases:

1. **Definir de las características del urbanismo en estudio:** estableciendo la población, ubicación, topografía, coordenadas REGVEN, características de la red existente.

2. **Generar de la modelación y diseño de distribución de agua blancas asistido con el uso de los programas EPANET y CYPECAD** especificando los parámetros de cálculo necesarios para la distribución de agua potable en el sector.

3. **Estudiar los datos arrojados por los programas EPANET y CYPECAD** organizando cuadros comparativos de resultados de caudales, diámetro, velocidad, pérdida de carga por fricción y presión

4. **Analizar las diferencias de los resultados**, mediante T Student y FODA estableciendo para ello las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas observadas con el uso de estos programas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En el siguiente capítulo se presenta el análisis e interpretación de resultados según Rojas R (2016):

“El análisis consiste en separar los elementos básicos de la información y examinarlos con el fin de responder a las cuestiones planteadas y la interpretación es el proceso mental mediante el cual se trata de encontrar un significado más amplio de la información empírica recabada” (p.12). Ordenados de acuerdo a las fases establecidas

4.1 Definición de las características del urbanismo en estudio:

4.1.1 Población

La población considerada en esta investigación es de **800** habitantes distribuidos en diez (10) Edificaciones para viviendas multifamiliares de cuatro (4) niveles con una distribución arquitectónica de cuatro apartamentos por nivel. (ver Figura 13)



Figura 13: Vista de Edificaciones existente en Ciudad Plaza III, Mpio. Valencia.

Fuente: Google earth (2021)

4.1.2 Ubicación

La Parroquia Urbana Rafael Urdaneta es una de las 23 parroquias urbanas de la ciudad de Valencia en Venezuela, ubicada al centro-este-oeste de la ciudad, haciendo frontera con el Municipio San Diego en dirección norte, conectada además con la Autopista Regional del Centro, conformada por urbanizaciones entre las que se destacan La Quizanda, La Isabelica, ciudad Plaza en sus diferentes etapas entre otras.

Ciudad Plaza es considerada la ciudad Satélite ubicado al Sur de este Municipio, fundada por el alcalde de Valencia Francisco “Paco” Cabrera, cuyas coordenadas son $10^{\circ}7'45''N$ $67^{\circ}58'29''W$, escogiendo para estudio la Etapa III las cual fue construida en el año 2013 al 2016 a través del Ministerio del Poder Popular para Vivienda y Hábitat (MVH) Carabobo en el Marco de la Gran Misión Vivienda Venezuela (ver figura 14)



Figura 14: Ubicación satelital Urbanización Ciudad Plaza III, Municipio. Valencia,

Fuente: Geogle erth (2021)

4.1.3 Topografía del sitio en estudio

De acuerdo al plano Levantamiento Topográfico suministrado por este Ministerio, el Urbanismo de Ciudad Plaza III está conformado por diez edificaciones identificadas con los números 11, 12, 13, 14, 15 y 20 ubicados en la cota 449 msnm, 16, 17, 18 y 19 cota 448,89 msnm (ver Figura 15):

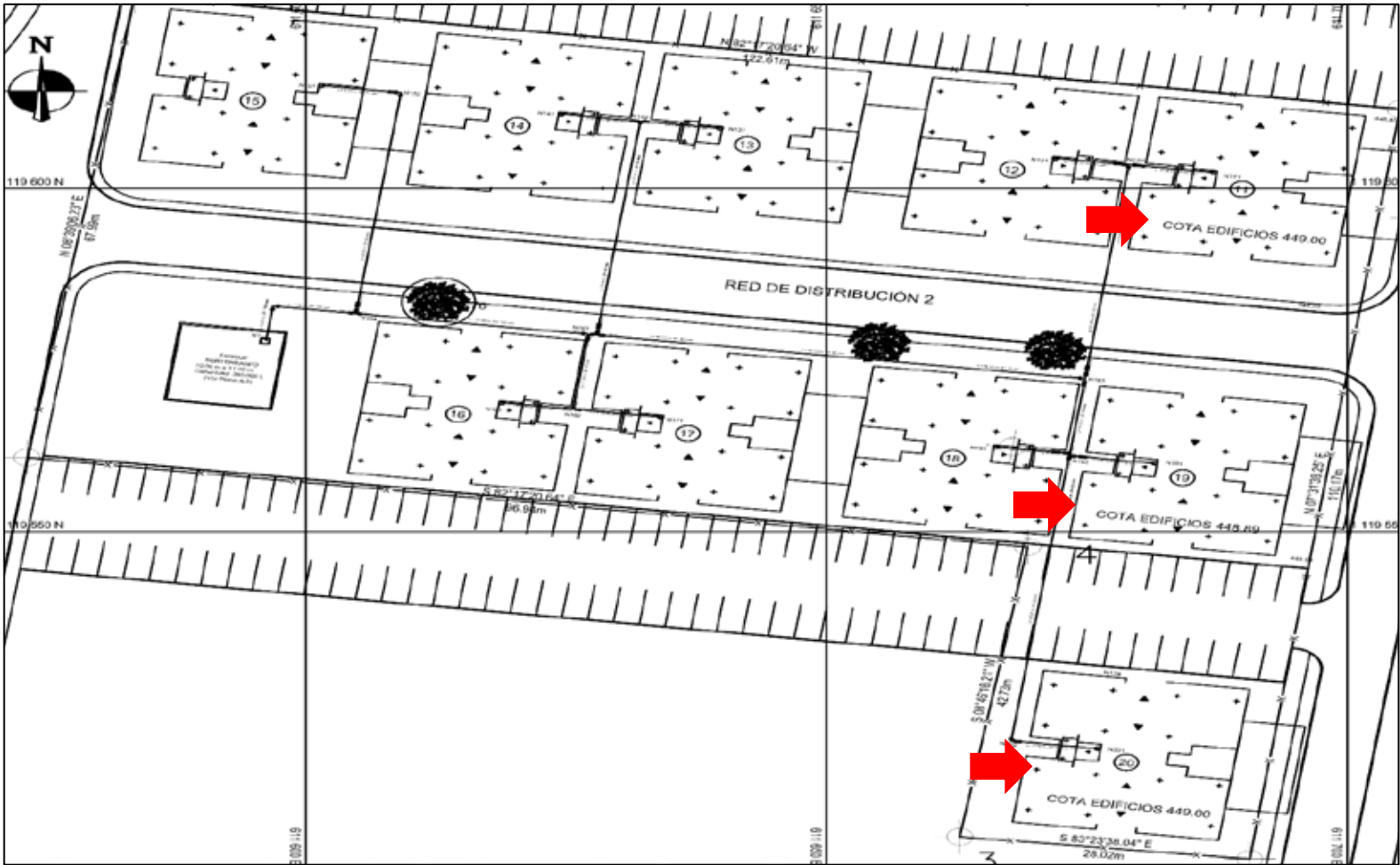


Figura 15: Topografía Urbanización Ciudad Plaza III, Parroquia. Rafael Urdaneta. Municipio. Valencia, Estado Carabobo

Fuente: Ministerio del Poder Popular para Vivienda y Hábitat Carabobo (2013)

4.1.4 Coordenadas REGVEN

Igualmente, en el Cuadro 7 detallan los rumbos, distancia y coordenadas REGVEN de los vértices levantados.

Cuadro 7: Coordenadas Levantamiento Topográfico

LAVENTAMIENTO TOPOGRÁFICO DATUM SERGAS REGVEN						
Lado		Rumbo	Distancia	V	Coordenadas	
EST	PV				Norte	Este
				1	1.119.611,5735	611.706.0.735
1	2	S07°31'38.25''W	110.165	2	1.119.502,3565	611.560.6416
2	3	S07°31'38.25''W	26.023	3	1.119.505,5603	611.552.8050
3	4	S07°31'38.25''W	42.733	4	1.119.547,8154	611.559,3094
4	5	S07°31'38.25''W	95.936	5	1.119.560,8219	611.573.2495
5	4	S07°31'38.25''W	26.936	6	1.119.625,0242	611.563.5761
6	1	S07°31'38.25''W	122.606	1	1.119.611,5735	611.706.0735

Fuente: Ministerio del Poder Popular para Hábitat y Vivienda Carabobo (2013)

4.1.5 Características de la red existente (ver figura 18)

- Ciudad Plaza III se abastece de la Planta de Potabilización Alejo Zuloaga, con y administrada por HIDROCENTRO.
- El sistema de distribución de aguas blancas identificado en el plano como Red de Distribución 2 de acuerdo a plano anexo.
- La red utilizada en este estudio está implementada en su totalidad y presta servicio desde hace 8 años aproximadamente, con datos obtenidos completados con una inspección al sitio de estudio.
- Este sistema está compuesto por **407.40** metros de tubería de polietileno de alta densidad (PEAD), cuyos diámetros y longitudes de diseño oscilan entre:
 - a) 51.60 m 63 mm
 - b) 61.40 m de 75 mm
 - c) 73.60 m de 90 mm
 - d) 90 de 110 mm

- e) 130,80 de 160 mm
- La conexión será en El Nudo 1 corresponde al de salida 25 mca según datos suministrado por HIDROCENTRO
- De igual manera posee una conexión al tanque existente
- El número de nodos considerados en este proyecto fueron veintitrés (23) identificados como:
 - a) 1 (Salida)
 - b) 1-1
 - c) 111, 121, 122, 131
 - d) 141, 142, 151, 152
 - e) 161,162, 163, 163.1, 164, 171
 - f) 181, 182, 182.1 ,183, 191,202 y 201.
- Existe un tanque de distribución de 11 metros largo y 10 metros de ancho con una capacidad de 385.000 lts.
- La presión de entrada red continua es de 31 mca.
- La potencia equipo de bombeo existente es de 20 HP (Ver anexo A)
- La determinación de Caudal máximo se realizó mediante el método de estimación de diseño de redes de servicio de agua potable en edificaciones de Hunter, asignando unidades de gasto el cual arroja 3,66 lts/seg por edificación (ver cuadro 8)

Cuadro 8: Caudal máximo por edificaciones Urbanización Ciudad Plaza III

<u>Accesorios</u>	UDG	UNIDADES
Ducha	1.5	UDG
Lavamanos	0.75	UDG
Batea	2	UDG
Lavadora	3	UDG
Fregadero	2	UDG
Bidet	0.75	UDG
Total	10	UDG
16 apto X Total	160	UDG
Q Probable En Edificio	3.66	LTS/SEG

Fuente: Castro y Román (2021)

4.2 Generar de la modelación y diseño de distribución de agua blancas asistido con el uso de los programas EPANET y CYPECAD

4.2.1 Módulo EPANET (flujo continuo)

En esta parte se destaca que demanda de agua es fija y el modelo obtiene las presiones en la red en función de la demanda dada, para ello se realizó lo siguiente:

1. Inserción del plano de fondo en EPANET a partir plano de AUTOCAD

El cual fue realizado con el plano suministrado por el Ministerio del Poder Popular para Hábitat y Vivienda Carabobo

- Partimos a “*ver*” y luego “*opciones*” (ver Figura 17)

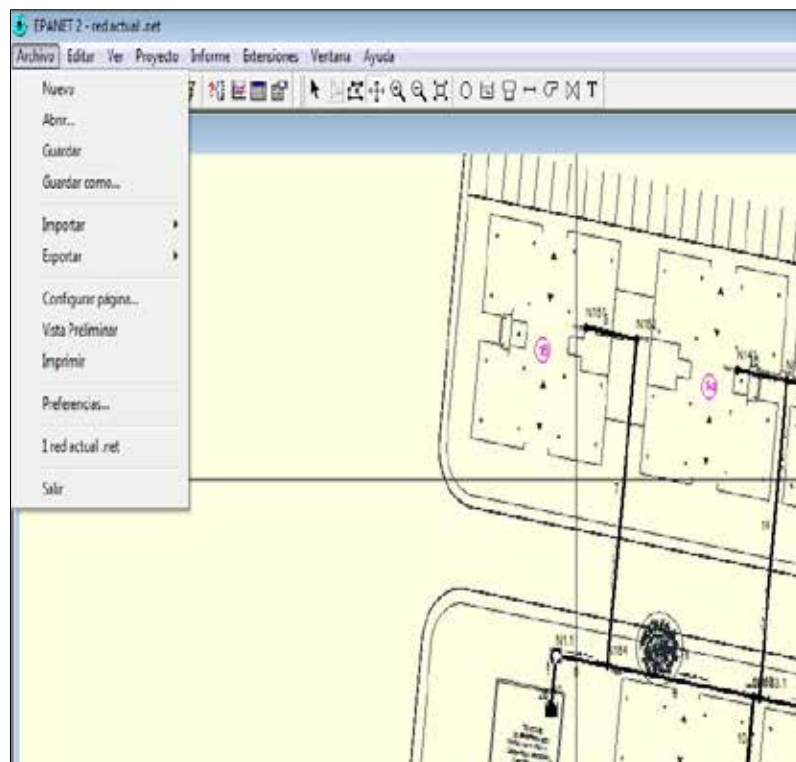


Figura 17: Plano de fondo en EPANET a partir de AUTOCAD flujo continuo

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

- Mostrar información en “*etiqueta*” que se quiere extraer acerca de “*nodos y de la longitud de la tubería*” (ver Figura 18).



Figura 18: Nodos y longitudes EPANET a partir de AUTOCAD flujo continuo

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

- Indicar la información en “*etiqueta*” que se quiere extraer acerca “*caudales*” (ver Figura 19)

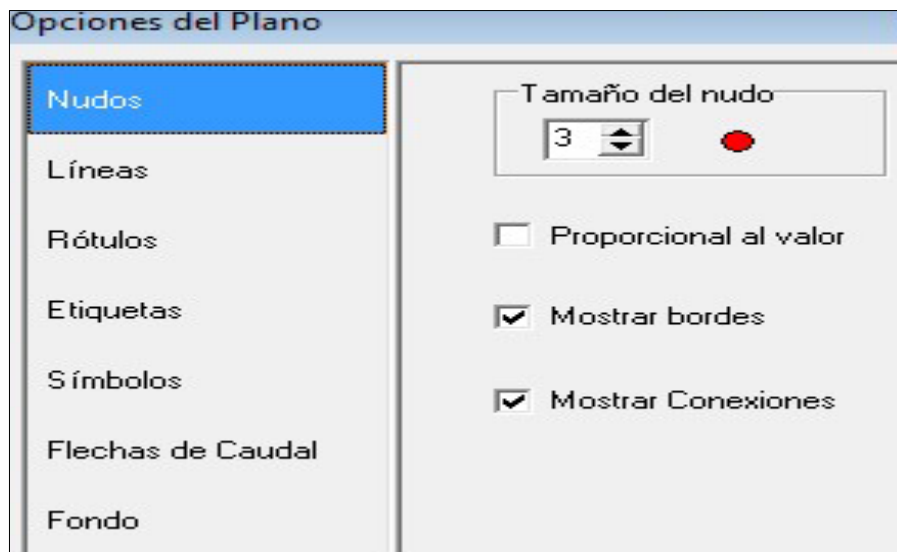


Figura 19: Información de caudales EPANET a partir de AUTOCAD flujo continuo

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

- Cargar **mapa de Fondo** en el fichero del programa EPANET en la opción “*ver*” y colocamos la “*Imagen 1*” abrir y generamos un archivo de tipo “wmf” para obtener una imagen la cual mantiene la dimensión sin deformarse y con la elección “exportar todo” nos traemos la imagen (ver Imagen 20 y 21)

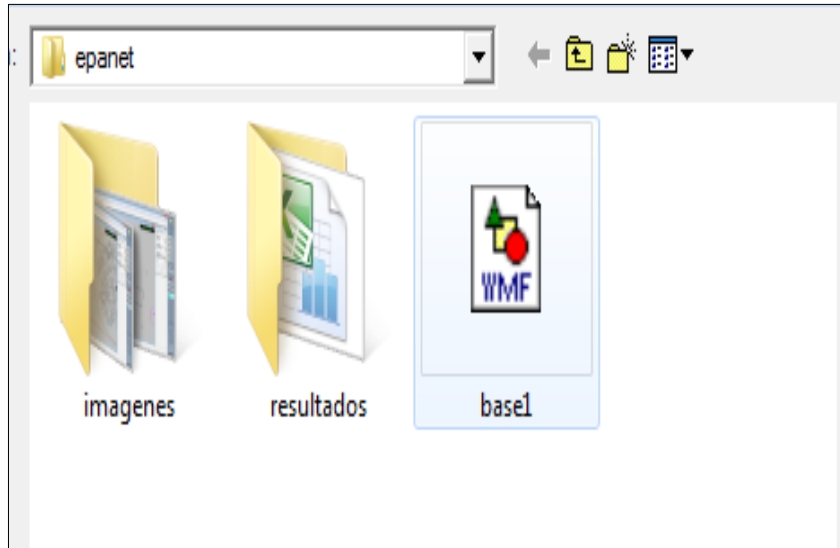


Figura 18 : Información de Imagen EPANET a partir de AUTOCAD flujo continuo

Fuente: Software EPANET 2 (2021)



Figura 19: Plano de Red aguas blancas Ciudad Plaza III. extraído AUTOCAD a EPANET flujo continuo

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

2. Ajuste de la escala del dibujo:

Para eso nos ubicamos en un punto conocido de la red de la figura anterior y se midió longitud entre dos nodos conocidos en EPANET, luego vamos a AUTOCAD y se verificó a que longitud corresponde ese mismo trazado, existiendo un desfase que hay entre lo que mide en ambos programas, por lo tanto, se escaló la imagen utilizando la siguiente relación factor para el escalado es igual a:

$$\frac{L \text{ medida real en AUTOCAD}}{\text{Longitud medida en EPANET}}$$

Y el valor resultante se multiplicó por 10000 (395,82) luego en “ver” coordenadas y colocamos ese valor x, y en la coordenada superior derecha (ver figura 22)

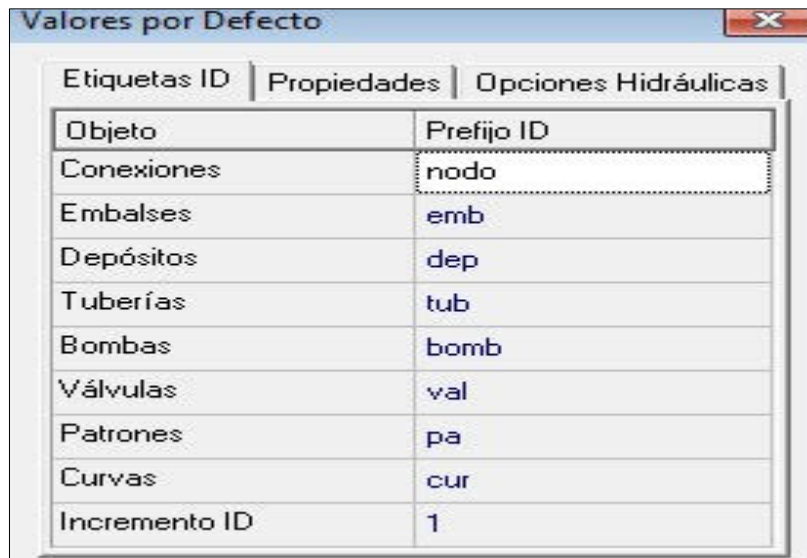
The image shows a software interface with two panels. The left panel is titled 'Inferior Izquierda' and contains two input fields: 'Coordenada X:' with the value '0.00' and 'Coordenada Y:' with the value '0.00'. The right panel is titled 'Superior Derecha' and contains two input fields: 'Coordenada X:' with the value '395.82' and 'Coordenada Y:' with the value '395.82'.

Figura 20: Ajuste escala Red aguas blancas Ciudad Plaza III. flujo continuo

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

3. Configuramos los valores por defecto del proyecto de la Nomenclatura

Seleccionamos “*proyecto*” y establecemos la misma (ver figura 23)



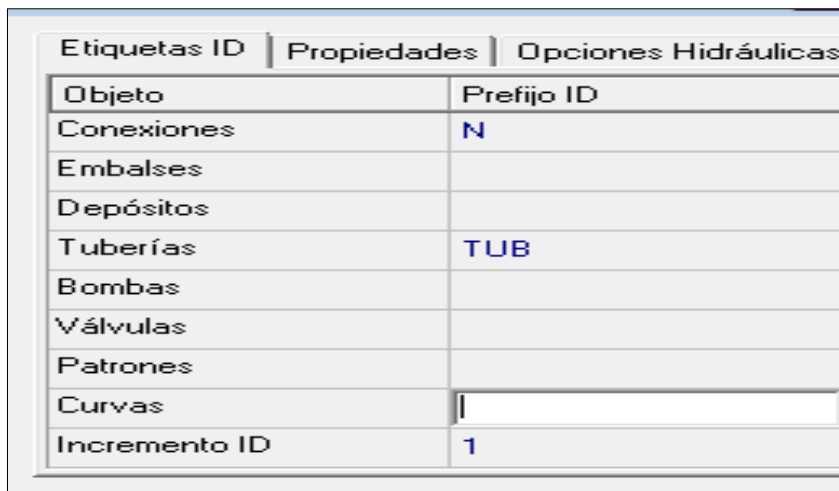
Objeto	Prefijo ID
Conexiones	nodo
Embalses	emb
Depósitos	dep
Tuberías	tub
Bombas	bomb
Válvulas	val
Patrones	pa
Curvas	cur
Incremento ID	1

Figura 21: Nomenclatura Red aguas blancas Ciudad Plaza III. flujo continuo

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

4. Control de valores por defecto de “*propiedades*” tubería cota de nodos

En esta parte ID por defecto corresponden a las etiquetas utilizadas para identificar los nodos (ver Figura 24)



Objeto	Prefijo ID
Conexiones	N
Embalses	
Depósitos	
Tuberías	TUB
Bombas	
Válvulas	
Patrones	
Curvas	
Incremento ID	1

Figura 22: Propiedades tubería Red aguas blancas Ciudad Plaza III flujo continuo

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

5. Control de valores por defecto de “*propiedades*” tanque considerando Longitud de la tubería automáticas plano AUTOCAD, diámetro y rugosidad (ver Figura 25)

Etiquetas ID Propiedades Opciones Hidráulicas		
Propiedad	Valor Predeterminado	
Cota Nudos	0	
Diámetro Depósitos	50	
Nivel Máx. Depósitos	20	
Longitud Tuberías	1000	
Longitudes Automáticas	Off	
Diámetro Tuberías	300	
Rugosidad Tuberías	0.1	

Figura 25: Propiedades Tanque Red aguas blancas Ciudad Plaza III. flujo continuo

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

6. Control defecto de las opciones hidráulicas

Igualmente, se estableció el sistema de unidades LPS y ecuación de Hazen y William cuya expresión experimentada para diámetros de tubo iguales o superiores a 50 milímetros e inferiores a 400 mm. (ver figura 26)

Etiquetas ID Propiedades Opciones Hidráulicas		
Opción	Valor Predeterminado	
Unidades de Caudal	LPS	
Ecuación de Pérdidas	H-W	
Peso Específico	1	
Viscosidad Relativa	1	
Iteraciones Máx.	40	
Precisión	0.001	
Sistema no equilibrado	Continuar	
Patrón predeterminado	1	
Factor de Demanda	1.0	

Figura 26: Opciones hidráulicas Red aguas blancas Ciudad Plaza III. flujo continuo

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

7. Siguiendo con el procedimiento se estableció la demanda (ver figura 27 y 28)

Propiedad	Valor
*ID Conexión	N111
Coordenada-X	247.01
Coordenada-Y	351.09
Descripción	
Etiqueta	
*Cota	0
Demanda Base	3.66
Patrón de Demanda	
Categoría de Demanda	1
Coef. Emisor	
Calidad Inicial	
Fuente de Calidad	
Demanda Actual	3.66
Altura Total	17.49
Presión	17.49
Calidad	0.00

Figura 27: Demanda Red aguas blancas Ciudad Plaza III. flujo continuo

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

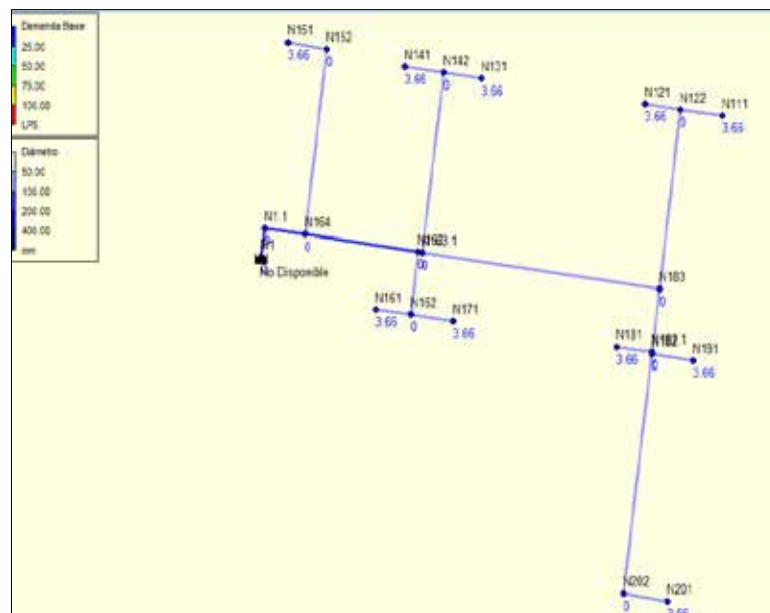


Figura 28: Demanda de la Red aguas blancas Ciudad Plaza III. flujo

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

8. Diseño geométrico de la instalación

- Presiones en los nodos

- En esta hoja de cálculo se limitó a indicar los resultados obtenidos de las presiones en los nodos o presión mínima de diseño la cual debe de tener la tubería cuando este circulando el caudal de diseño y considerando lo establecido en la Norma Sanitarias para el proyecto, Construcción, Ampliación, Reforma y Mantenimiento de las Instalaciones Sanitarias Para Desarrollos Urbanísticos. Gaceta Oficial 4103. Extraordinario. 1989 expresa en el **Artículo 103** que las tuberías del sistema de distribución el rango de presiones debe variar entre 20 y 70 metros de altura de agua, razón por la cual al analizar todos los nodos se destaca que están en el rango establecido de presión mínima requerida por las normas, donde la presión máxima aceptable fue de 30.78 mca en el nudo 1.1 y la mínima de 21,16 mca en el Nudo 201 de acuerdo a la escala de colores establecida por el programa están en el rango mayor 25 mca(ver figura 29)

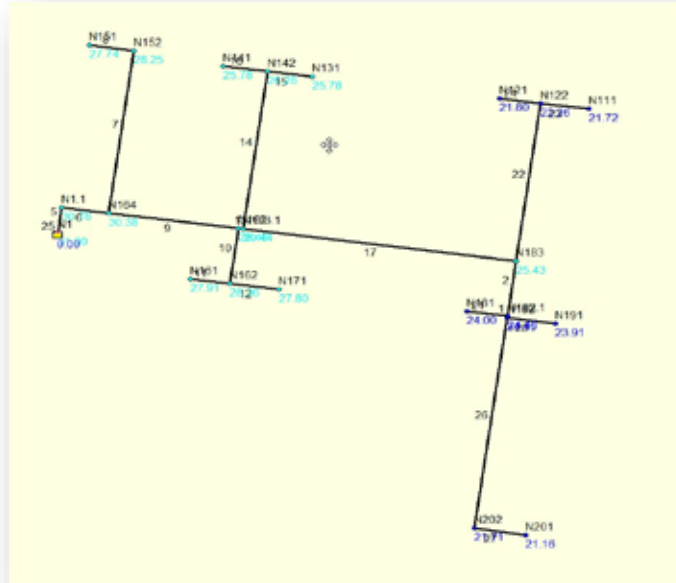


Figura 29: Presiones Red aguas blancas Ciudad Plaza III. flujo continuo

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

- Velocidades en los tramos

Conocer la velocidad de circulación en una tubería es un elemento muy importante para poder determinar la pérdida de carga, se mide generalmente en metros por segundo (m/s). En relación a las velocidades en los tramos y considerando lo establecido en la Normativa Venezolana 4044 el rango de velocidades debe variar según lo especificado en el **Artículo 301** para el cálculo de las tuberías de distribución se recomiendan una velocidad mínima de 0,60 metros por segundo para asegurar el arrastre de partículas y una máxima de 3,00 metros por segundo, para evitar ruidos en las tuberías, en este sentido el valor mínimo alcanzado fue 1.17 m/seg y el máximo de 1,73 m/seg cuyos valores fueron constantes en los tramos lo que implica un mantenimiento constante de la presión en todos los nodos y de acuerdo a la escala del programa el color azul indica que está entre 1 a 2 m/seg. (ver figura 30)

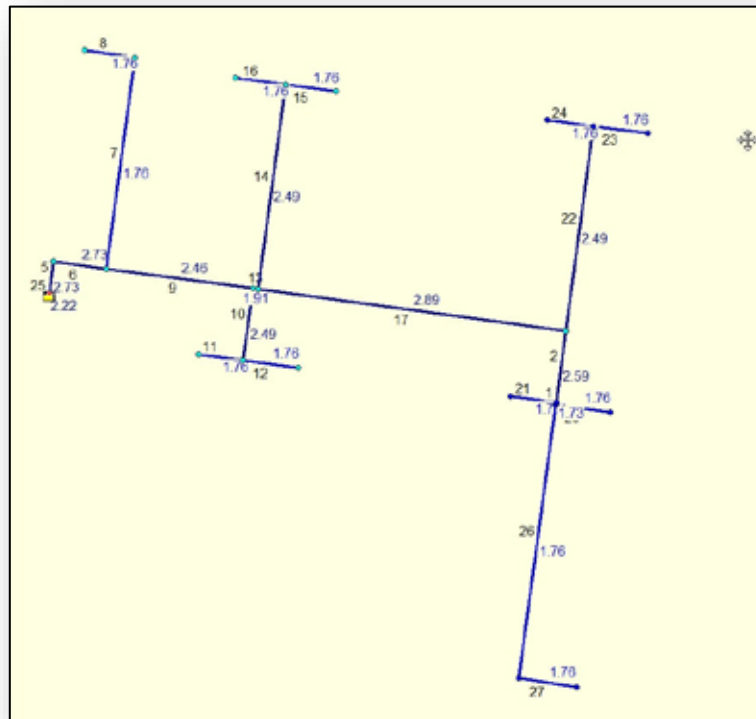


Figura 23: Diseño Geométrico de velocidades Red aguas blancas Ciudad Plaza III. flujo continuo

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

Seguidamente se representa el perfil de presiones en el desde Nudo 1.1 de 24.91 mca al Nudo más alejado 201 de 21,33 mca cuya línea marca lo cambios más significativos de presiones en el sistema estudiado (ver figura 31)

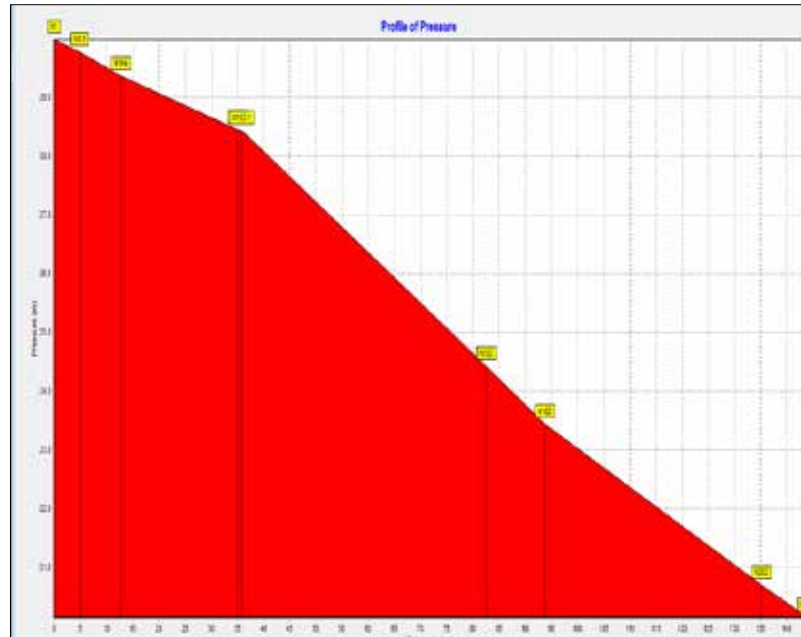


Figura 31: Diseño Geométrico de velocidades Red aguas blancas Ciudad Plaza III. flujo continuo

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

4.2.2 Módulo EPANET (flujo intermitente)

El suministro intermitente de agua potable el abastecimiento a través de las tuberías de la red de distribución entrega agua a los usuarios de manera no continua, razón por la cual se convierte en suministros de 24 horas al día y los usuarios generalmente tienen depósitos de almacenamiento intradomiciliarios, cuya finalidad en esta investigación es modelar el sistema para ver su funcionamiento en función de la presión que existe en la red, considerando que existe un tanque de almacenamiento en el lugar usado como medida temporal en caso de no contar con una falla en el servicio, cuyos resultados de la modelación fueron los siguientes:

1. Cargar **mapa de Fondo** en el fichero del programa EPANET en la opción “*ver*” y colocamos la “*Imagen 1*” abrir y generamos un archivo de tipo “WMF” (formato de metarchivo de Windows) para obtener una imagen la cual mantiene la dimensión sin deformarse y con la elección “exportar todo” nos traemos la imagen (ver Imagen 32 y 33)

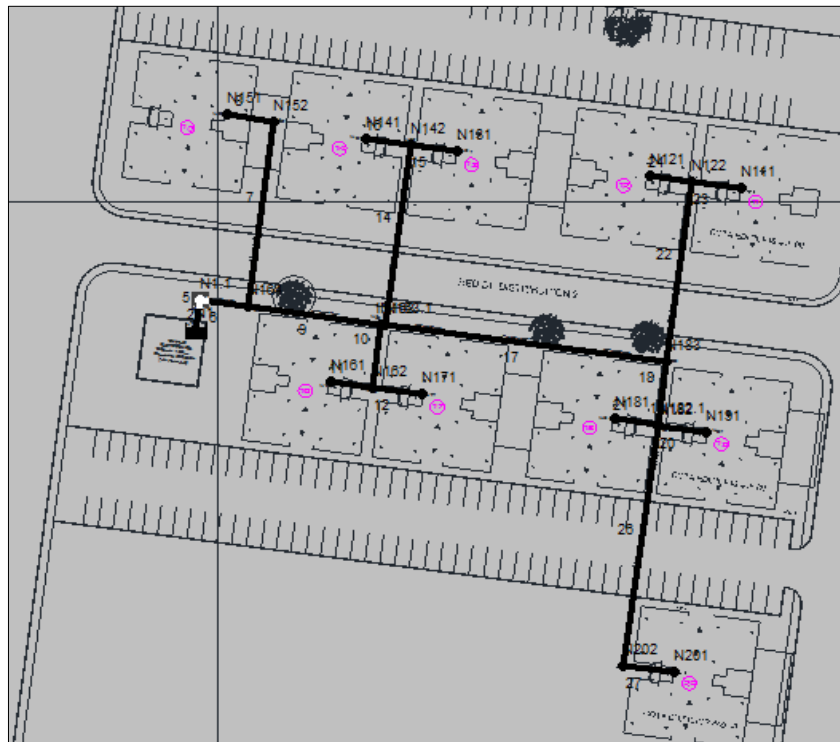


Figura 24: Caudales EPANET a partir de AUTOCAD flujo intermitente

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

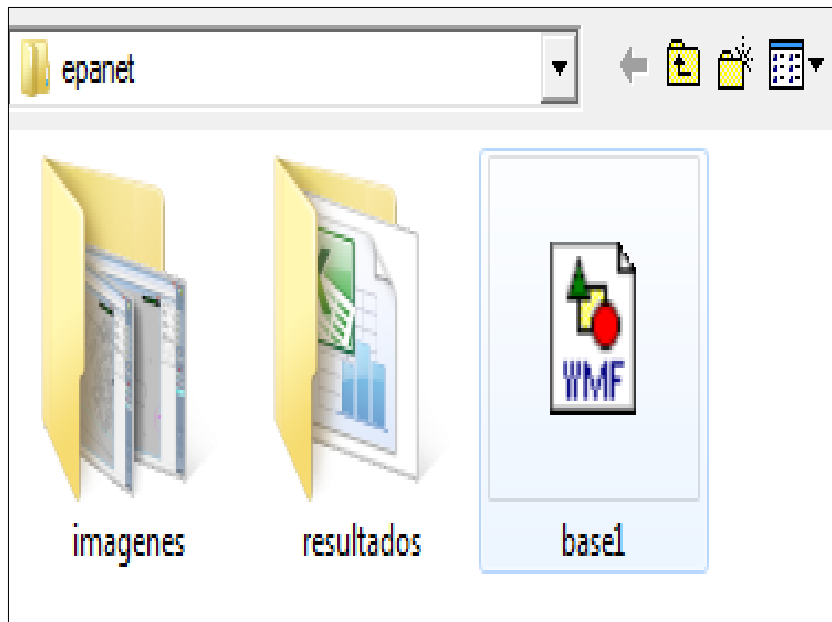


Figura 25: Información de Imagen EPANET a partir de AUTOCAD flujo intermitente

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

2. Ajuste de la escala del dibujo (ver figura 34)

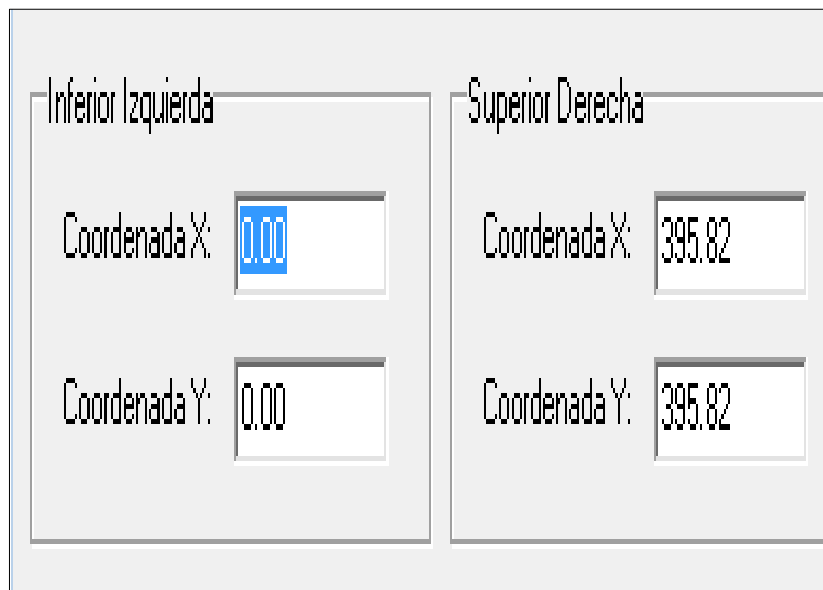
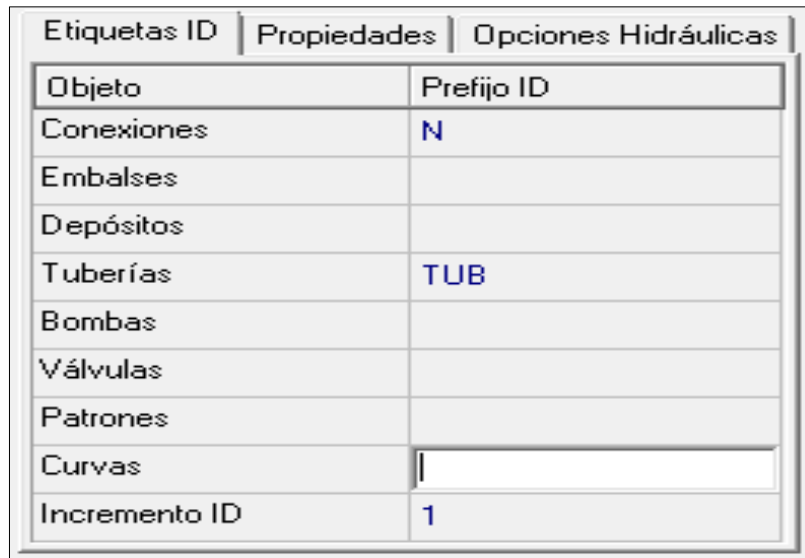


Figura 26: Ajuste escala Red aguas blancas Ciudad Plaza III. flujo discontinuo

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

3. Control de valores por defecto de “propiedades” tubería cota de nodos

En esta parte introdujo la tubería por tramo en cada nodo (ver Figura 35)

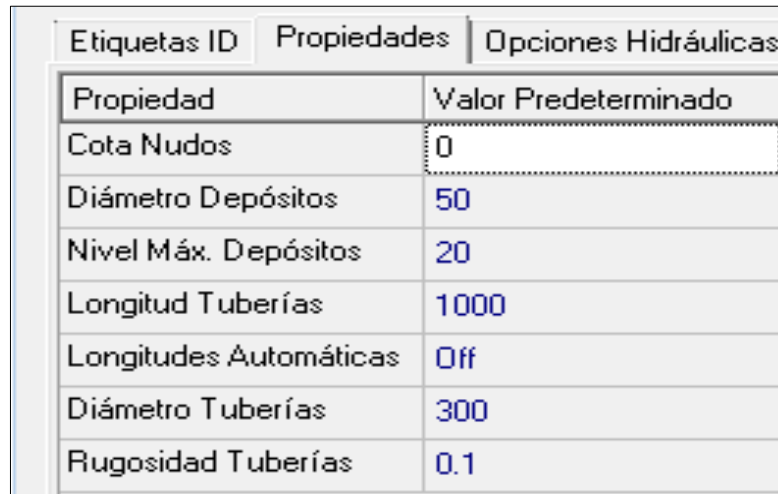


Objeto	Prefijo ID
Conexiones	N
Embalses	
Depósitos	
Tuberías	TUB
Bombas	
Válvulas	
Patrones	
Curvas	
Incremento ID	1

Figura 27: Propiedades tubería Red aguas blancas Ciudad Plaza III flujo discontinuo

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

4. Control de valores por defecto de “propiedades” tanque considerando Longitud de la tubería, longitudes automáticas plano AUTOCAD, diámetro de la tubería y rugosidad (ver Figura 36)



Propiedad	Valor Predeterminado
Cota Nudos	0
Diámetro Depósitos	50
Nivel Máx. Depósitos	20
Longitud Tuberías	1000
Longitudes Automáticas	Off
Diámetro Tuberías	300
Rugosidad Tuberías	0.1

Figura 28: Propiedades Tanque Red aguas blancas Ciudad Plaza III. flujo continuo

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

5. Control defecto de las opciones hidráulicas

Igualmente se estableció el sistema de unidades LPS y ecuación de Hazen y William cuya expresión experimentada para diámetros de tubo iguales o superiores a 50 milímetros e inferiores a 400 mm. (ver figura 37)

Opción	Valor Predeterminado
Unidades de Caudal	LPS
Ecuación de Pérdidas	H-W
Peso Específico	1
Viscosidad Relativa	1
Iteraciones Máx.	40
Precisión	0.001
Sistema no equilibrado	Continuar
Patrón predeterminado	1
Factor de Demanda	1.0

Figura 37: Opciones hidráulicas Red aguas blancas Ciudad Plaza III. flujo discontinuo

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

6. Establecer la Curva de presiones (Curva INOS)

Se considero la curva de presiones en horas de máximo consumo establecidas en el programa en un tiempo de 24 horas (Ver figura 38)

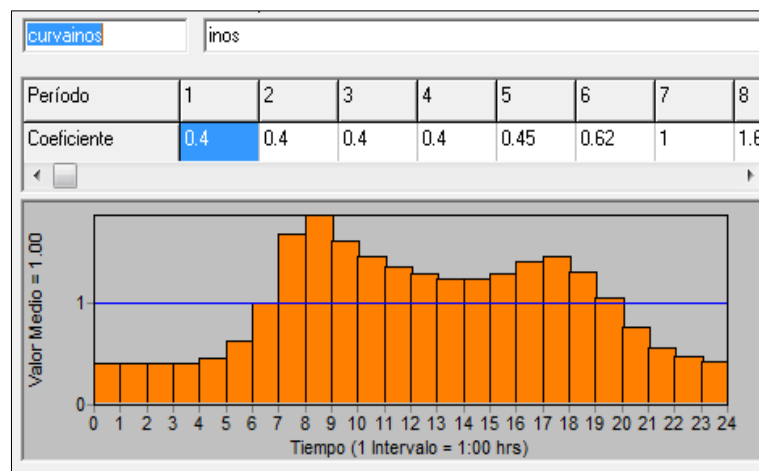


Figura 29: Curva INOS Red aguas blancas Ciudad Plaza III. flujo discontinuo

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

7. Configuración del “tiempo” para el cálculo en las 24 horas (Ver Figura 39)

Propiedad	Hrs:Min
Duración Total	24
Intervalo Cálculo Hidráulico	1:00
Intervalo Cálculo Calidad	0:05
Intervalo Patrones	1:00
Tiempo Inicio Patrón	0:00
Intervalo Informe	1:00
Tiempo Inicio Informe	0:00
Tiempo Inicio Reloj	12 am
Estadística	Ninguno

Figura 39: Configuración del tiempo para el cálculo en las 24 horas flujo discontinuo

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

8. Configuración del componente físico denominado “tanque” cuyos parámetros de entrada se describen a continuación

-Altura del tanque (10 m x 11 m) Capacidad 385.000 lts =385 m³ (según plano)

$$h = \frac{\text{Volumen}}{a.l} = \frac{385}{10.11} = 3,5 \text{ m}$$

Donde:

h: altura m

a: ancho m

l: longitud

V: Volumen

- Diametro tanque cilíndrico según programa

$$V = \pi . r^2 . h$$

$$r = \sqrt{\frac{V}{\pi . h}} = \sqrt{\frac{385}{\pi . 3.5}} = 5,92 \quad 6.00 \text{ m}$$

$$D = 12 \text{ metros}$$

Donde:

r: radio m

V: Volumen m³

h: altura en m

-Cota de solera: 325,85 m.

-Nivel de agua inicial: 3,40 m

-Nivel máximo de agua: 3,5

-Nivel mínimo de agua: 0,20 (Ver figura 43)

Propiedad	Valor
Coordenada-Y	325.85
Descripción	
Etiqueta	
fCota	0
fNivel Inicial	3.40
fNivel Mínimo	0.20
fNivel Máximo	3.5
fDiámetro	12
Volumen Mínimo	
Curva de Volumen	
Modelo de Mezcla	Mezcla
Fracción Mezcla	
Coef. de Reacción	
Calidad Inicial	
Fuente de Calidad	
Caudal Neto Entrante	No Disponible
Cota	No Disponible
Presión	No Disponible

Figura 30: Red actual Ciudad Plaza III con tanque flujo discontinuo

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

9. Demanda por nodos (edificación) 3.66 lts/seg (ver figura 44)

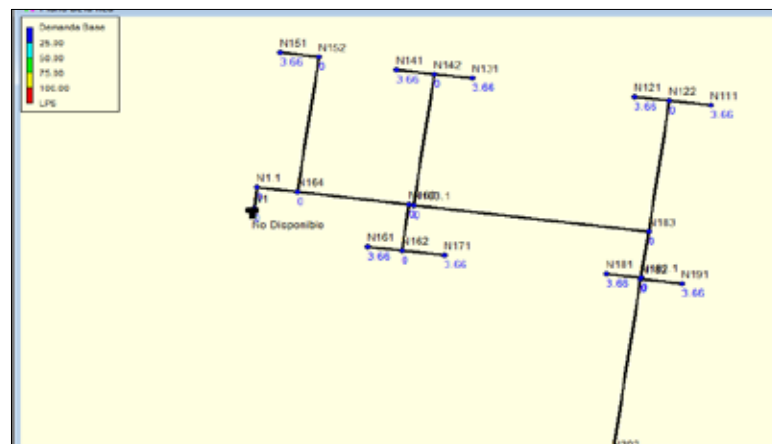


Figura 311: Demanda con tanque flujo discontinuo por nudo Ciudad Plaza III.

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

10. Diseño geométrico de la instalación

- Presiones en los nodos (Figura 42)

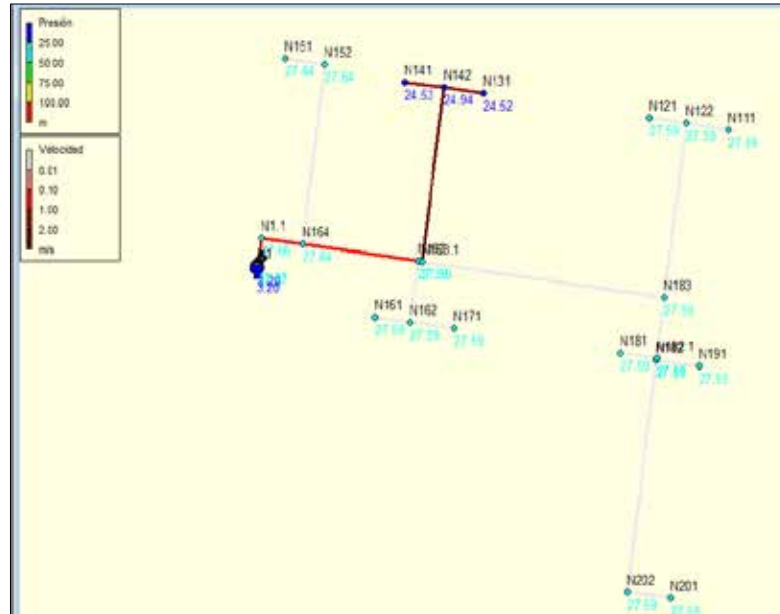


Figura 32: Presiones en los nodos con tanque flujo discontinuo Ciudad Plaza III.

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

Interpretación

En esta hoja de cálculo se limitó a indicar los resultados obtenidos de las presiones en los nodos o presión mínima de diseño la cual debe tener la tubería cuando este circulando el caudal de diseño intermitente desde el tanque y considerando lo establecido en la Norma Sanitarias para el proyecto, Construcción, Ampliación, Reforma y Mantenimiento de las Instalaciones Sanitarias Para Desarrollos Urbanísticos. Gaceta Oficial 4103. Extraordinario. 1989 expresa en el **Artículo 103** que las tuberías del sistema de distribución el rango de presiones debe variar entre 20 y 70 metros de altura de agua, razón por la cual al analizar todos los nodos se destaca que están en el rango establecido de presión mínima requerida por las normas, donde la presión máxima aceptable fue de 29.98 mca en el nudo salida (Bomba existente) y la mínima de 20,70 mca en el Nudo 131, cuya presión solo servirá para abastecer la red N1, N1-1, N164, N168.1, N131, N141, N142 en el tiempo estipulado de 24 horas y considerando las curva INOS por horas con el flujo intermitente.

- **Velocidades en los tramos** (Ver figura 43)

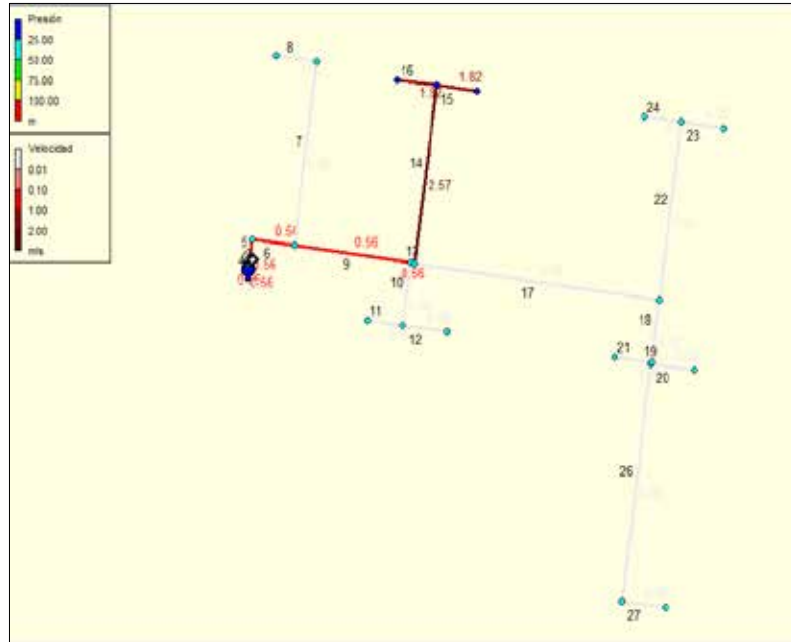


Figura 33: Velocidades en los tramos con tanque flujo discontinuo Ciudad Plaza III.

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

Interpretación:

En relación a las velocidades en los tramos y considerando lo establecido en la Normativa Venezolana 4044 el rango de velocidades debe variar según lo especificado en el **Artículo 301** para el cálculo de las tuberías de distribución se recomiendan una velocidad mínima de 0,60 metros por segundo para asegurar el arrastre de partículas y una máxima de 3,00 metros por segundo, para evitar ruidos en las tuberías, en este sentido el valor mínimo alcanzado fue 1,76 m/seg y el máximo de 2,73 m/seg y solo servirá para abastecer la red N1, N1-1,N164, N163.1, N131, N141, N142 en el tiempo estipulado de 24 horas con el flujo intermitente.

- Perfil de presiones del Tanque al Nudo N1, N1-1, N164, N163.1, N131, N141, N142. (ver figura 44)

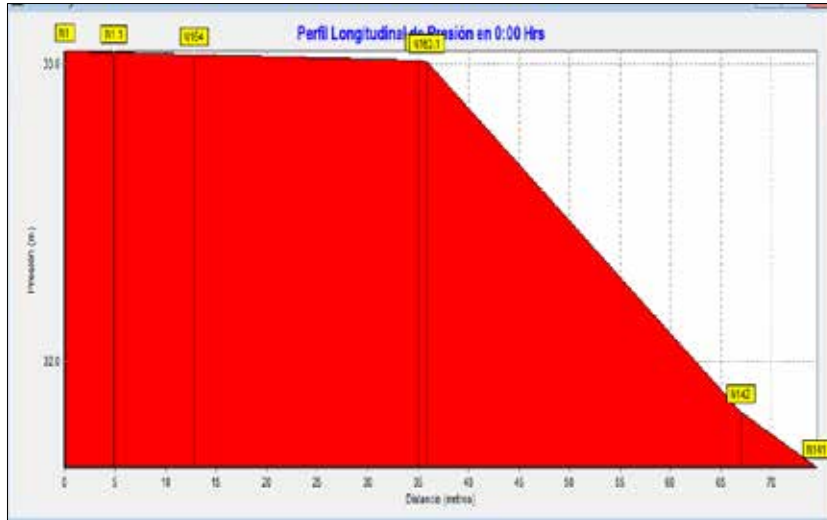


Figura 34: Perfil de presiones del Tanque al Nudo 1 al 141 flujo discontinuo

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

4.2.3 Módulo CYPECAD (flujo continuo)

1. Interfase de CYPECAD (ver figura 45)



Figura 35: Interfase de CYPECAD Ciudad Plaza III flujo continuo

Fuente: Software CYPECAD (2021)

2. Insertar datos de AUTOCAD A CYPE (ver figura 46)



Figura 36: Datos de red insertados de AUTOCAD A CYPE Ciudad Plaza continuo

Fuente: Software CYPECAD (2021)

3. Presentación plantilla AUTOCAD (ver figura 47)

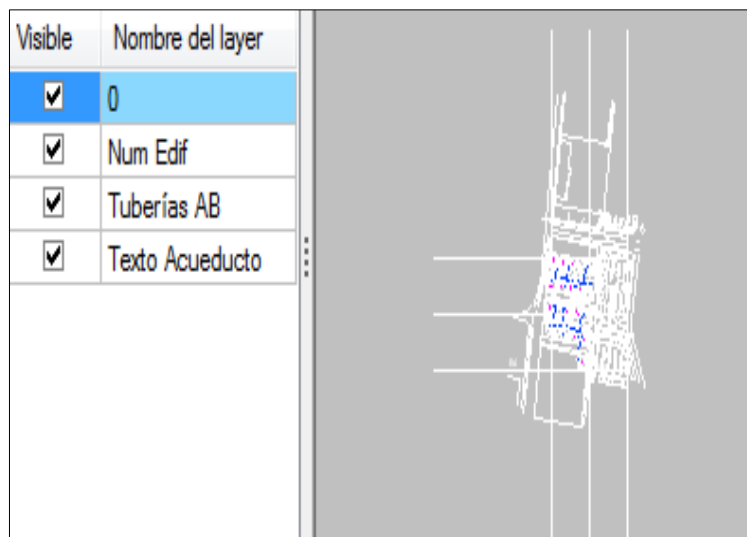


Figura 47: Plantilla de AUTOCAD Ciudad Plaza III flujo continuo

Fuente: Software CYPECAD (2021)

4. Configuración de la visualización de la red (ver figura 48)

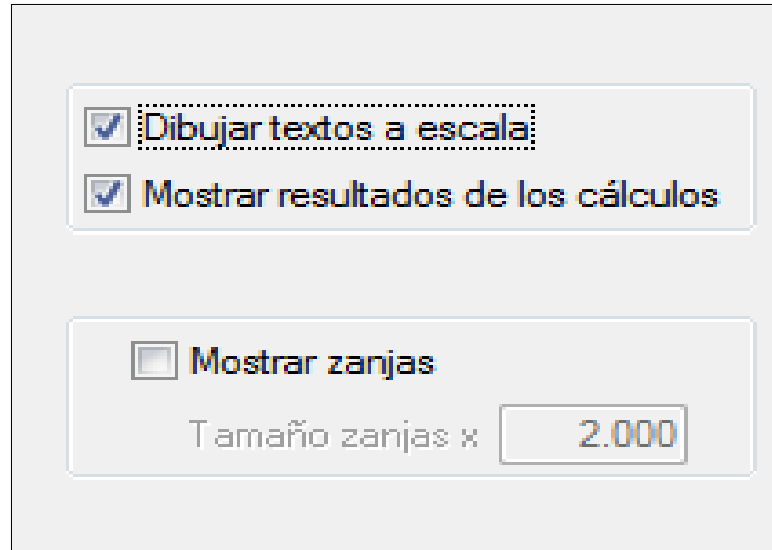


Figura 48: Configuración de la visual de la red Ciudad Plaza III flujo continuo

Fuente: Software CYPECAD (2021)

5. Opciones de símbolos para la red (ver figura 49)

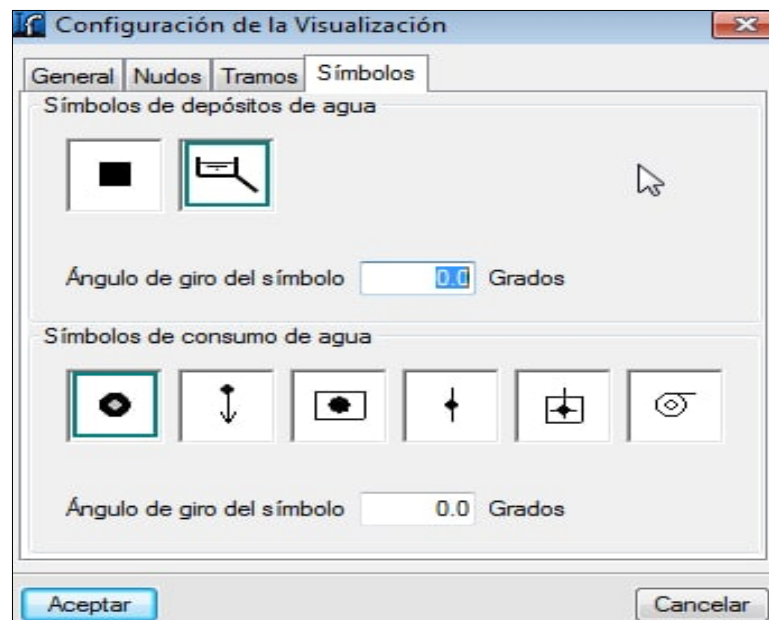


Figura 49: Opciones de símbolos en la red a elegir Ciudad Plaza III flujo continuo

Fuente: Software CYPECAD (2021)

6. Edición de tramos de tubería (ver figura 50)

General Caudal Velocidad máxima Velocidad mínima

Materiales

1 PN10 CAÑO PEAD

DN63

Longitud

Especificar la longitud del tramo

Longitud 0.00 m

Medición excavación

Medir excavación de este tramo

Figura 50: Edición de tramos de tuberías Ciudad Plaza III flujo continuo

Fuente: Software CYPECAD (2021)

7. Establecer parámetros de velocidad máxima (ver figura 51)

Datos generales de la instalación

General Parámetros Límites Coeficientes Excavaciones

Velocidad máxima Velocidad mínima Presión máxima Presión mínima

Velocidad por tabla de combinación

Velocidad en función de 'Diámetro' (tabla)

Velocidad en función de 'Diámetro' (paramétrica)

Combinación	Velocidad (m/s)
Combinación 1	3.00

Ayuda

Aceptar Ayuda Cancelar

Figura 37: Parámetros de velocidad máxima Ciudad Plaza III flujo continuo

Fuente: Software CYPECAD (2021)

8. Establecer parámetros de velocidad mínima (ver figura 52)

Utilizar límite particular:

Combinación	Velocidad (m/s)
Combinación 1	0.60


Figura 38: Parámetros de velocidad mínima Ciudad Plaza III flujo continuo

Fuente: Software CYPECAD (2021)

9. Insertar datos de consumo por nodo (ver figura 53)

Referencia del nudo

Tipo de nudo Cota m

 Ayuda

Hipótesis	Cargas	Caudal (l/s)	Caudal (l/s) - Total
Única	Directa	0.10000	0.10000

Figura 39: Ventana insertar datos de consumo por nodo Ciudad Plaza III flujo continuo

Fuente: Software CYPECAD (2021)

10. Establecer Parámetros de presión máxima (ver figura 54)

<input type="checkbox"/> Utilizar límite particular:	
Combinación	Presión máxima (m.c.a.)
Combinación 1	70.00

Figura 40: Parámetro de presión máxima Ciudad Plaza III flujo continuo

Fuente: Software CYPECAD (2021)

11. Establecer Parámetros de presión mínima (ver figura 55)

<input type="checkbox"/> Utilizar límite particular:	
Combinación	Presión mínima (m.c.a.)
Combinación 1	20.00

Figura 41: Parámetro de presión mínima Ciudad Plaza III flujo continuo

Fuente: Software CYPECAD (2021)

12. Configuración nodo de alimentación (ver figura 56)

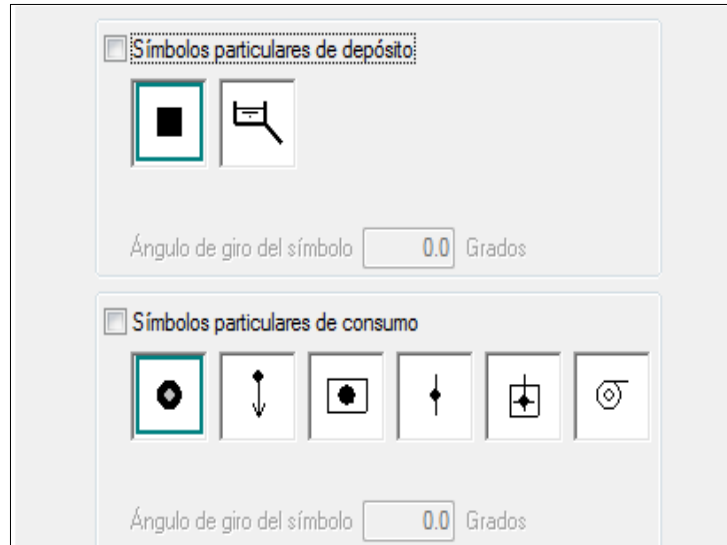


Figura 42: Configuración nodo de alimentación Ciudad Plaza III flujo continuo

Fuente: Software CYPECAD (2021)

13. Edición nodo de alimentación (ver figura 57)

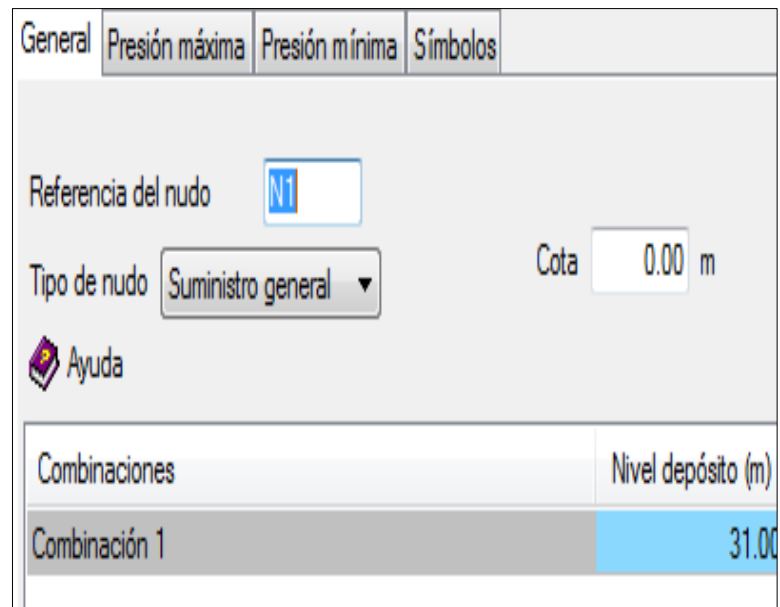


Figura 57: Edición nodo de alimentación Ciudad Plaza III flujo continuo

Fuente: Software CYPECAD (2021)

14. Resultados totales de nodos y tramos de la tubería de la red (ver figuras de 58 a la 63)

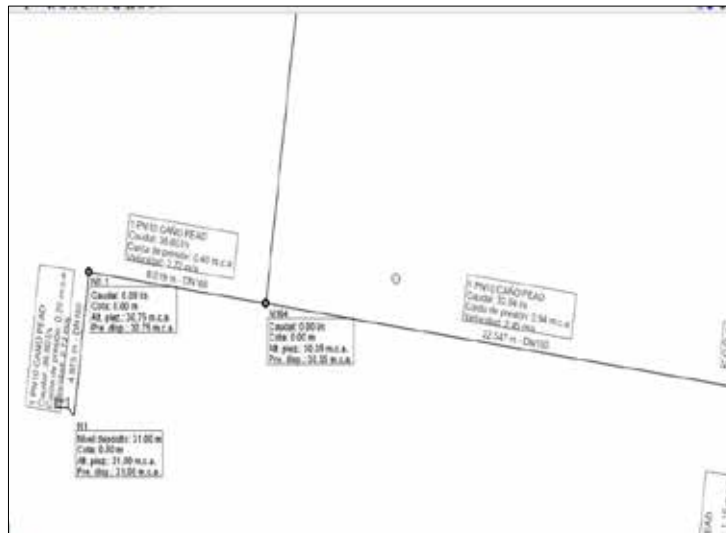


Figura 58: Resultados de nodos SG-N1-N164 Ciudad Plaza III flujo continuo

Fuente: Software CYPECAD (2021)

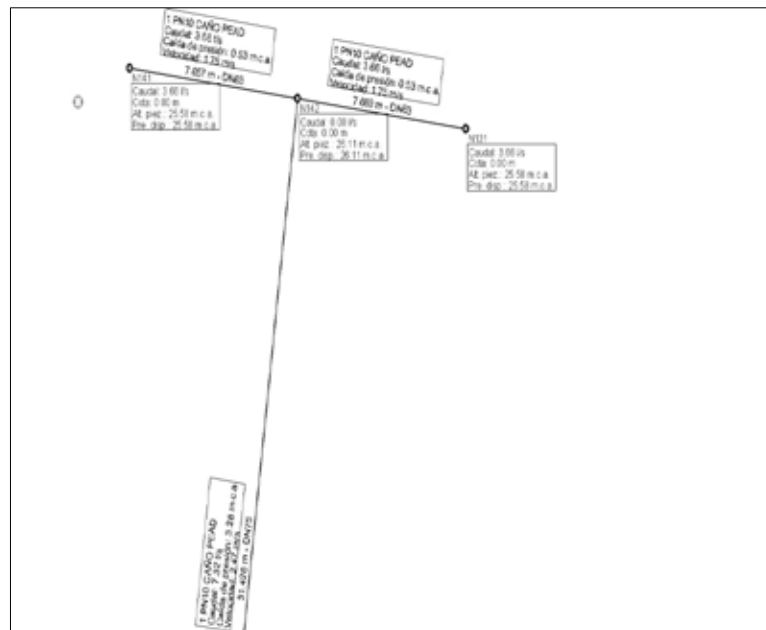


Figura 59: Resultados de nodos N141-N142-N131 Ciudad Plaza III flujo continuo

Fuente: Software CYPECAD (2021)

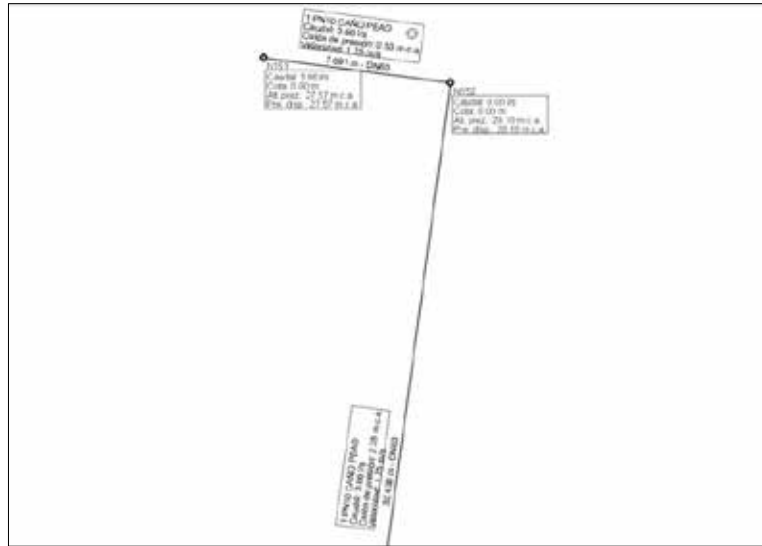


Figura 60: Resultados de nodos N152-N151 Ciudad Plaza III flujo continuo

Fuente: Software CYPECAD (2021)

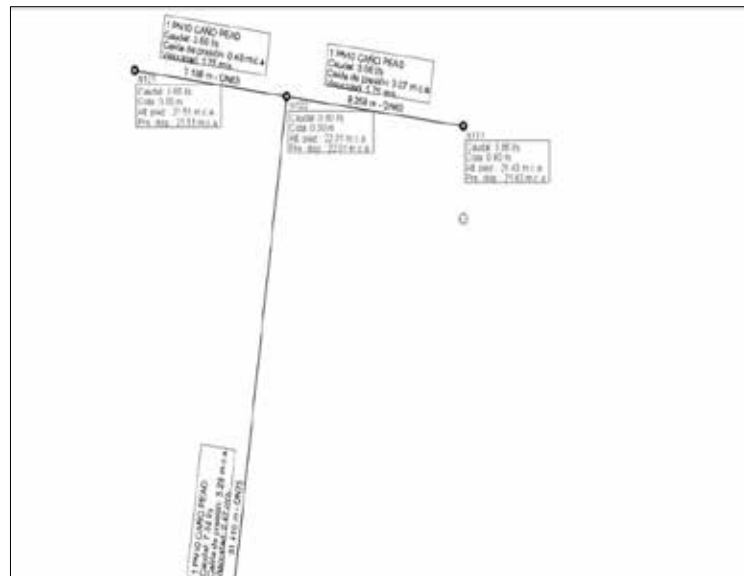


Figura 43: Resultados de nodos N121-N122-N111 Ciudad Plaza III flujo continuo

Fuente: Software CYPECAD (2021)

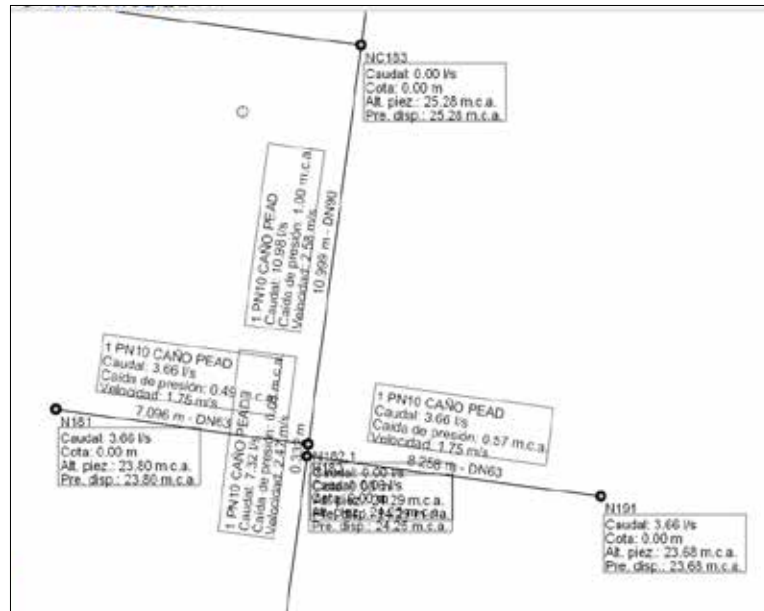


Figura 44: Resultados de nodos N181-N182.1-N191-183 flujo continuo

Fuente: Software CYPECAD (2021)

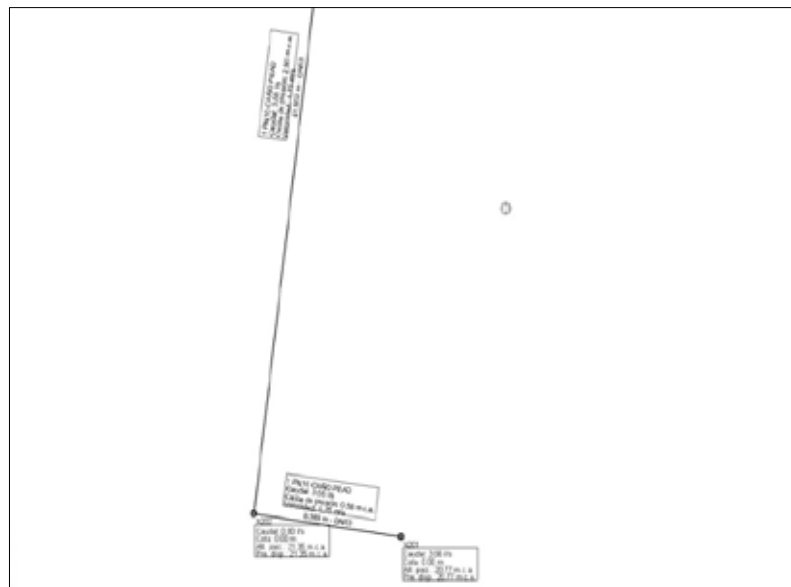


Figura 63: Resultados de nodos N202-N201 Ciudad Plaza III flujo continuo

Fuente: Software CYPECAD (2021)

4.2.4 Módulo CYPECAD (flujo intermitente)

Este **no** fue realizado con este programa ya que el mismo solo calcula considerando el flujo continuo de la red y no presenta curva de consumo por horas.

4.3 Estudiar los datos arrojados por los programas EPANET y CYPECAD

Reportes de presiones y velocidades obtenidos con ambos programas

4.3.1 Reporte de presiones y velocidades Flujo Continuo EPANET (cuadro 9 y 10)

Cuadro 9: Reporte de la red (Nodos) presiones Distribución 2 flujo continuo

Tabla de Red - Nodos				
	Demanda	Altura	Presión	Calidad
ID Nudo	LPS	m	m	
Conexión N1.1	0	24.91	24.91	0
Conexión N1	0	24.99	24.99	0
Conexión N164	0	24.76	24.76	0
Conexión N151	3.66	23.78	23.78	0
Conexión N152	0	23.97	23.97	0
Conexión N163	0	24.42	24.42	0
Conexión N163.1	0	24.41	24.41	0
Conexión N162	0	24.01	24.01	0
Conexión N161	3.66	23.84	23.84	0
Conexión N171	3.66	23.8	23.80	0
Conexión N142	0	23.24	23.24	0
Conexión N141	3.66	23.05	23.05	0
Conexión N131	3.66	23.05	23.05	0
Conexión N183	0	22.92	22.92	0
Conexión N182	0	22.55	22.55	0
Conexión N182.1	0	22.54	22.54	0
Conexión N181	3.66	22.37	22.37	0
Conexión N191	3.66	22.35	22.35	0
Conexión N202	0	21.53	21.53	0
Conexión N201	3.66	21.33	21.33	0
Conexión N122	0	21.74	21.74	0
Conexión N121	3.66	21.57	21.57	0
Conexión N111	3.66	21.54	21.54	0
Embalse 1	36.6	25	0	0

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

Cuadro 10: Reporte de la red (Líneas) velocidades Distribución 2 flujo continuo

Tabla de Red - Líneas							
	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción	Velocidad. de Reacción	Calidad	Estado
ID Línea	LPS	m/s	m/km		mg/L/d		
Tubería 5	36.6	1.82	18.61	0.018	0	0	Abierto
Tubería 6	36.6	1.82	18.61	0.018	0	0	Abierto
Tubería 7	3.66	1.17	24.51	0.022	0	0	Abierto
Tubería 8	3.66	1.17	24.51	0.022	0	0	Abierto
Tubería 9	32.94	1.64	15.31	0.018	0	0	Abierto
Tubería 10	7.32	1.66	37.85	0.02	0	0	Abierto
Tubería 11	3.66	1.17	24.51	0.022	0	0	Abierto
Tubería 12	3.66	1.17	24.51	0.022	0	0	Abierto
Tubería 13	25.62	1.27	9.61	0.019	0	0	Abierto
Tubería 14	7.32	1.66	37.85	0.02	0	0	Abierto
Tubería 15	3.66	1.17	24.51	0.022	0	0	Abierto
Tubería 16	3.66	1.17	24.51	0.022	0	0	Abierto
Tubería 17	18.3	1.93	31.98	0.019	0	0	Abierto
Tubería 18	10.98	1.73	33	0.02	0	0	Abierto
Tubería 19	3.66	1.17	24.51	0.022	0	0	Abierto
Tubería 20	3.66	1.17	24.51	0.022	0	0	Abierto
Tubería 21	3.66	1.17	24.51	0.022	0	0	Abierto
Tubería 22	7.32	1.66	37.85	0.02	0	0	Abierto
Tubería 23	3.66	1.17	24.51	0.022	0	0	Abierto
Tubería 24	3.66	1.17	24.51	0.022	0	0	Abierto
Tubería 25	36.6	1.82	18.61	0.018	0	0	Abierto
Tubería 26	3.66	1.17	24.51	0.022	0	0	Abierto
Tubería 27	3.66	1.17	24.51	0.022	0	0	Abierto

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

4.3.2 Reporte de presiones y velocidades Flujo Discontinuo EPANET (ver cuadro 11 y 12)

Cuadro 11: Reporte de presiones de la red Distribución 2 (Nodos) 0:50 Hr Ciudad Plaza III flujo discontinuo

Tabla de Red - Nodos en 0:50 Hr				
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
Conexión N1.1	0	30.78	30.78	0
Conexión N1	0	31.00	31.00	0
Conexión N164	0	30.38	30.38	0
Conexión N151	3.66	27.74	27.74	0
Conexión N152	0	28.25	28.25	0
Conexión N163	0	29.46	29.46	0
Conexión N163.1	0	29.44	29.44	0
Conexión N162	0	28.36	28.36	0
Conexión N161	3.66	27.91	27.91	0
Conexión N171	3.66	27.80	27.80	0
Conexión N142	0	26.28	26.28	0
Conexión N141	3.66	25.78	25.78	0
Conexión N131	3.66	25.78	25.78	0
Conexión N183	0	25.43	25.43	0
Conexión N182	0	24.45	24.45	0
Conexión N182.1	0	24.46	24.46	0
Conexión N181	3.66	24.00	24.00	0
Conexión N191	3.66	23.91	23.91	0
Conexión N202	0	21.72	21.72	0
Conexión N201	3.66	21.16	21.16	0
Conexión N122	0	22.26	22.26	0
Conexión N121	3.66	21.80	21.80	0
Conexión N111	3.66	21.72	21.72	0
Conexión 2	36.6	30.78	30.78	0
Conexión 3	0	30.78	30.78	0
Depósito 1	0	31.00	31.00	0

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

Cuadro 12: Reporte de velocidades e la red Distribución 2 (LINEA)0:50 Hrs Ciudad Plaza III flujo discontinuo

Tabla de Red - Líneas en 0:50 Hr						
	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción	Velocidad de Reacción	Calidad
ID Línea	LPS	m/s	m/km		mg/L/d	
Tubería 5	11.35	0.56	2.13	0.021	0	0
Tubería 6	11.35	0.56	2.13	0.021	0	0
Tubería 7	0	0	0	0	0	0
Tubería 8	0	0	0	0	0	0
Tubería 9	11.35	0.56	2.13	0.021	0	0
Tubería 10	0	0	0	0	0	0
Tubería 11	0	0	0	0	0	0
Tubería 12	0	0	0	0	0	0
Tubería 13	11.35	0.56	2.13	0.021	0	0
Tubería 14	11.35	2.57	85.22	0.019	0	0
Tubería 15	5.67	1.82	55.19	0.021	0	0
Tubería 16	5.67	1.82	55.19	0.021	0	0
Tubería 17	0	0	0	0	0	0
Tubería 18	0	0	0	0	0	0
Tubería 19	0	0	0	0	0	0
Tubería 20	0	0	0	0	0	0
Tubería 21	0	0	0	0	0	0
Tubería 22	0	0	0	0	0	0
Tubería 23	0	0	0	0	0	0
Tubería 24	0	0	0	0	0	0
Tubería 26	0	0	0	0	0	0
Tubería 27	0	0	0	0	0	0
Tubería 4	11.35	0.56	2.13	0.021	0	0
Tubería 25	11.35	0.56	2.13	0.021	0	0
Bomba 2	11.35	0	24.47	0	0	0

Fuente: Software EPANET 2 (2021)

4.3.3. Reporte de presiones y velocidades Flujo Continuo CYPECAD (ver figura 64a la 68)



Figura 64: Reporte de resultados página 1 de la Red Distribución 2 Ciudad Plaza III Flujo continuo

Fuente: Software CYPECAD (2021)

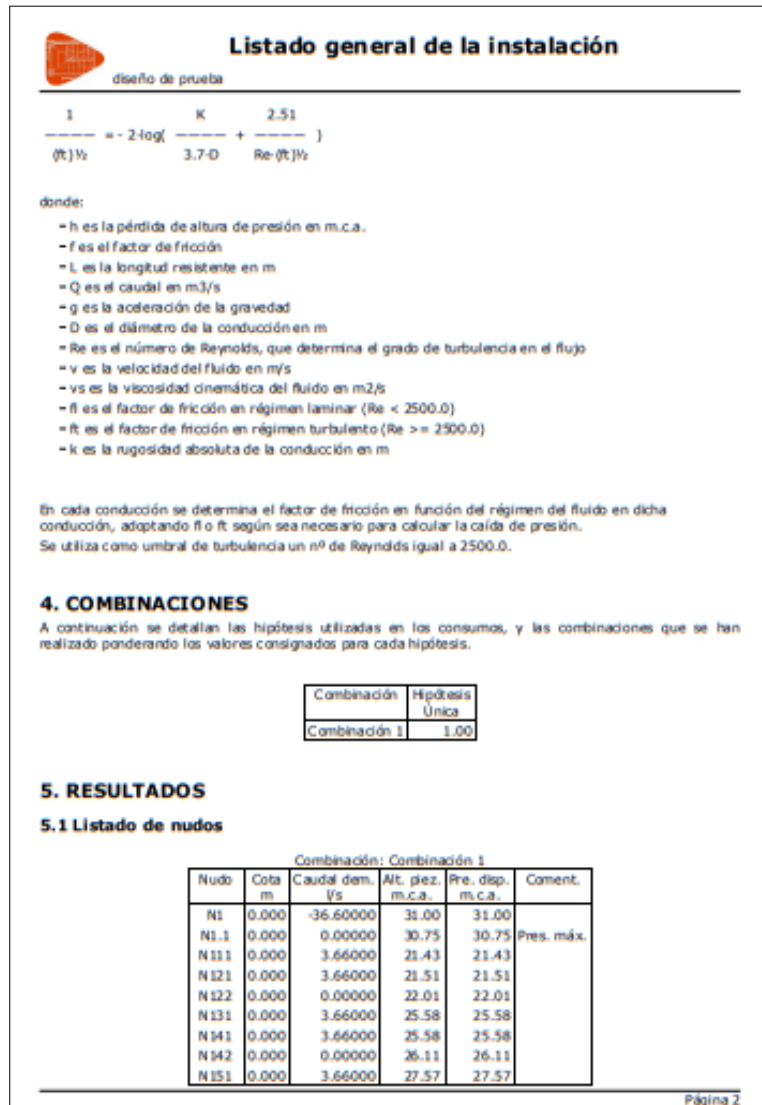



Figura 45: Reporte de resultados página 2 de la Red Distribución 2 Ciudad Plaza III Flujo continuo

Fuente: Software CYPECAD (2021)



Listado general de la instalación
diseño de prueba

Nudo	Cota m	Caudal dem. l/s	lt. piez. m.c.	Pre. disp. m.c.a.	Coment.
N142	0	0	20.08	20.08	Pres. mín.
N151	0	3.66	21.56	21.56	
N152	0	0	22.09	22.09	
N161	0	3.66	21.78	21.78	
N162	0	0	22.26	22.26	
N163	0	0	23.41	23.41	
N163.1	0	0	23.37	23.37	
N164	0	0	24.34	24.34	
N181	0	3.66	17.76	17.76	
N182	0	0	18.21	18.21	
N182.1	0	0	18.25	18.25	
N191	0	3.66	17.64	17.64	
N201	0	3.66	14.72	14.72	
N202	0	0	15.31	15.31	
NC171	0	3.66	21.67	21.67	
NC183	0	0	19.25	19.25	

5.2 Listado de tramos
Valores negativos en caudal o velocidad indican que el sentido de circulación es de nudo final a nudo de inicio.

Inicio	Final	Longitud m	Diámetros mm	Caudal l/s	Périd. m.c.a.	Velocidad m/s	Coment.
N1	N1.1	4.97	DN160	36.6	0.25	2.72	
N1.1	N164	8.02	DN160	36.6	0.4	2.72	
N111	N122	8.26	DN63	3.66	0.57	1.75	
N121	N122	7.11	DN63	3.66	0.49	1.75	
N122	NC183	31.41	DN75	7.32	3.29	2.47	
N131	N142	7.67	DN63	3.66	0.53	1.75	
N141	N142	7.66	DN63	3.66	0.53	1.75	
N142	N163.1	31.43	DN75	7.32	3.29	2.47	
N151	N152	7.69	DN63	3.66	0.53	1.75	
N152	N164	32.44	DN63	3.66	2.25	1.75	
N161	N162	6.9	DN63	3.66	0.48	1.75	
N162	N163	10.98	DN75	7.32	1.15	2.47	
N162	NC171	8.47	DN63	3.66	0.59	1.75	
N163	N163.1	0.81	DN140	25.62	0.04	2.48	
N163	N164	22.55	DN160	32.94	0.94	2.45	
N163.1	NC183	47.31	DN110	18.3	4.12	2.88	Vel.máx.
N181	N182.1	7.1	DN63	3.66	0.49	1.75	
N182	N182.1	0.33	DN75	7.32	0.03	2.47	
N182	N191	8.26	DN63	3.66	0.57	1.75	
N182	N202	41.9	DN63	3.66	2.91	1.75	Vel.mín.
N182.1	NC183	11	DN90	10.98	1	2.58	
N201	N202	8.39	DN63	3.66	0.58	1.75	

Figura 66: Reporte de resultados página 3 de la Red Distribución 2 Ciudad Plaza III Flujo continuo

Fuente: Software CYPECAD (2021)



Listado general de la instalación

5.3 Listado de elementos

No hay elementos para listar.

6. ENVOLVENTE

Se indican los máximos de los valores absolutos.

Envolvente de máximos

Inicio	Final	Longitud m	Dímetros mm	Caudal l/s	Péridid. m.c.a.	Velocidad m/s
N1	N1.1	4.97	DN160	36.60000	0.25	2.72
N1.1	N164	8.02	DN160	36.60000	0.40	2.72
N111	N122	8.26	DN63	3.66000	0.57	1.75
N121	N122	7.11	DN63	3.66000	0.49	1.75
N122	NC183	31.41	DN75	7.32000	3.28	2.47
N131	N142	7.67	DN63	3.66000	0.53	1.75
N141	N142	7.66	DN63	3.66000	0.53	1.75
N142	N363.1	31.43	DN75	7.32000	3.28	2.47
N151	N152	7.69	DN63	3.66000	0.53	1.75
N152	N164	32.44	DN63	3.66000	2.25	1.75
N161	N162	6.90	DN63	3.66000	0.48	1.75
N162	N163	10.98	DN75	7.32000	1.15	2.47
N162	NC171	8.47	DN63	3.66000	0.59	1.75
N163	N363.1	0.81	DN160	25.62000	0.02	1.91
N163	N164	22.55	DN160	32.94000	0.94	2.45
N163.1	NC183	47.31	DN110	18.30000	4.10	2.88
N181	N182.1	7.10	DN63	3.66000	0.49	1.75
N182	N182.1	0.33	DN75	7.32000	0.03	2.47
N182	N191	8.26	DN63	3.66000	0.57	1.75
N182	N202	41.90	DN63	3.66000	2.90	1.75
N182.1	NC183	11.00	DN90	10.98000	1.00	2.58
N201	N202	8.39	DN63	3.66000	0.58	1.75

Se indican los mínimos de los valores absolutos.

Envolvente de mínimos

Inicio	Final	Longitud m	Dímetros mm	Caudal l/s	Péridid. m.c.a.	Velocidad m/s
N1	N1.1	4.97	DN160	36.60000	0.25	2.72
N1.1	N164	8.02	DN160	36.60000	0.40	2.72
N111	N122	8.26	DN63	3.66000	0.57	1.75
N121	N122	7.11	DN63	3.66000	0.49	1.75
N122	NC183	31.41	DN75	7.32000	3.28	2.47
N131	N142	7.67	DN63	3.66000	0.53	1.75
N141	N142	7.66	DN63	3.66000	0.53	1.75
N142	N363.1	31.43	DN75	7.32000	3.28	2.47
N151	N152	7.69	DN63	3.66000	0.53	1.75

Figura 67: Reporte de resultados página 4 de la Red Distribución 2 Ciudad Plaza III Flujo continuo

Fuente: Software CYPECAD (2021)



diseño de prueba

Listado general de la instalación

Inicio	Final	Longitud m	Diámetros mm	Caudal l/s	Pérdid. m.c.a.	Velocidad m/s
N152	N164	32.44	DN63	3.66000	2.25	1.75
N161	N162	6.90	DN63	3.66000	0.48	1.75
N162	N163	10.98	DN75	7.32000	1.15	2.47
N162	NC171	8.47	DN63	3.66000	0.59	1.75
N163	N163.1	0.81	DN160	25.62000	0.02	1.91
N163	N164	22.55	DN160	32.94000	0.94	2.45
N163.1	NC183	47.31	DN110	18.30000	4.10	2.88
N181	N182.1	7.10	DN63	3.66000	0.49	1.75
N182	N182.1	0.33	DN75	7.32000	0.03	2.47
N182	N191	8.26	DN63	3.66000	0.57	1.75
N182	N202	41.90	DN63	3.66000	2.90	1.75
N182.1	NC183	11.00	DN90	10.98000	1.00	2.58
N201	N202	8.39	DN63	3.66000	0.58	1.75

7. MEDICIÓN

A continuación se detallan las longitudes totales de los materiales utilizados en la instalación.

1 EN 10 CAÑO PESO

Descripción	Longitud m	Long. mayorada m
DN63	151.83	182.20
DN75	74.16	88.99
DN90	11.00	13.20
DN110	47.31	56.77
DN160	36.35	43.62

Se emplea un coeficiente de mayoración en las longitudes del 30.0 % para simular en el cálculo las pérdidas en elementos especiales no tenidos en cuenta en el diseño.

Figura 68: Reporte de resultados página 5 de la Red Distribución 2 Ciudad Plaza III Flujo continuo

Fuente: Software CYPECAD (2021)

4.4 Analizar las diferencias de los resultados, estableciendo para ello las ventajas y desventajas de estos programas.

4.4.1 Balance de presiones Red Distribución 2 Ciudad Plaza III con flujo continuo Software EPANET y CYPECAD (ver cuadro 11)

: Cuadro Comparativo de presiones de la Red Distribución 2 Ciudad Plaza flujo continuo Software EPANET y CYPECAD (2021)

	EPANET	CYPECAD
CONEXIÓN N1.1	30.78	30.75
CONEXIÓN N1	31.00	31
CONEXIÓN 164	30.38	30.25
CONEXIÓN M151	27.74	27.57
CONEXIÓN N152	28.25	25.10
CONEXIÓN N163	29.46	29.41
CONEXIÓN N163.1	29.44	29.39
CONEXIÓN N162	28.36	25.26
CONEXIÓN N161	27.91	27.79
CONEXIÓN N171	27.80	27.68
CONEXIÓN N142	26.28	26.11
CONEXIÓN N141	25.78	25.50
CONEXIÓN N131	25.78	25.50
CONEXIÓN N183	25.43	25.28
CONEXIÓN N182	24.45	24.25
CONEXIÓN N182.1	24.46	24.29
CONEXIÓN N181	24.00	23.80
CONEXIÓN N191	23.91	23.68
CONEXIÓN N202	21.72	21.31
CONEXIÓN N201	21.16	20.77
CONEXIÓN N122	22.26	22.01
CONEXIÓN N121	21.80	21.51
CONEXIÓN N111	21.72	21.43
EMBALSE	30.78	30.75

Fuente: Castro y Román (2021)

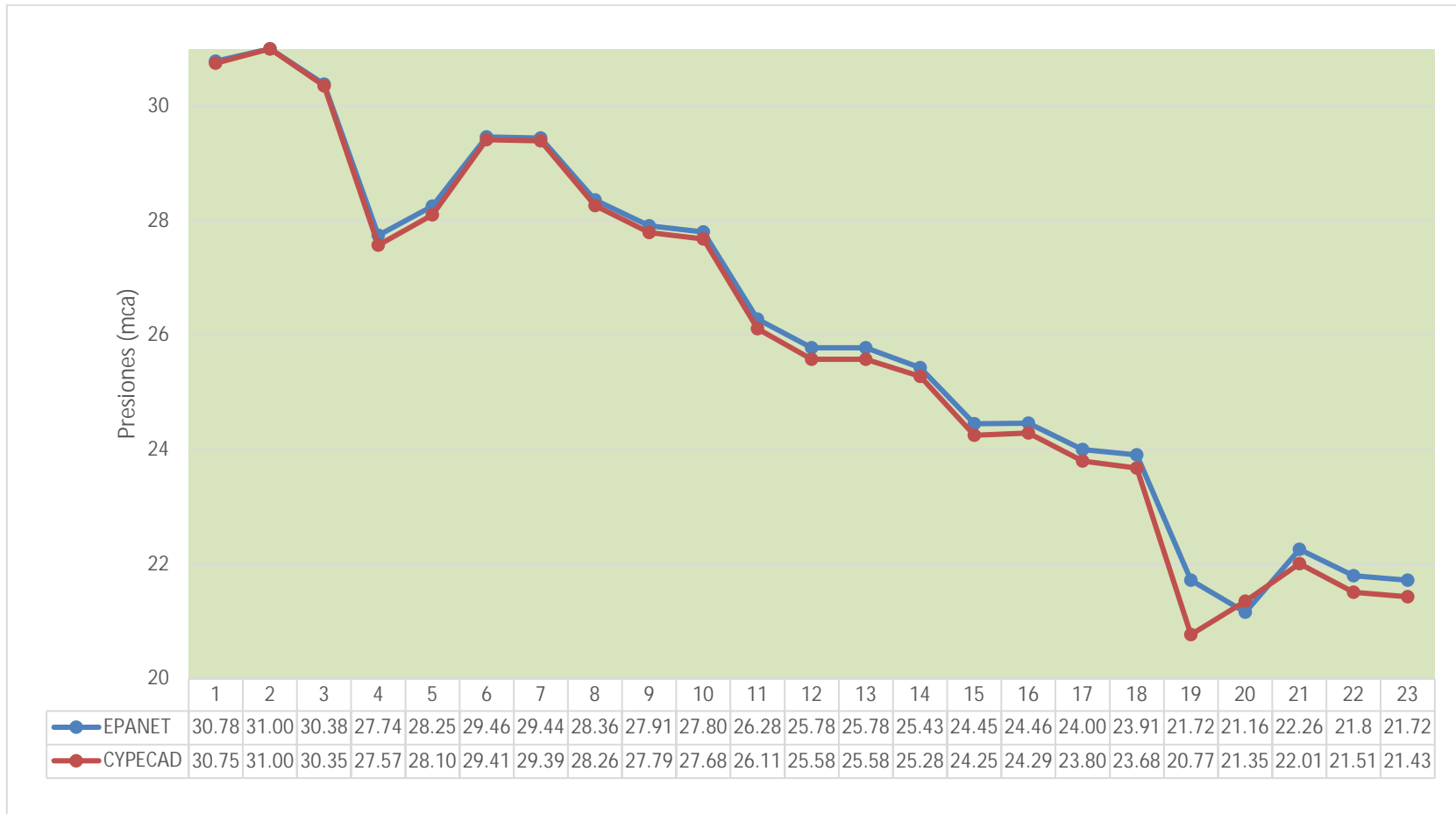


Figura 69: Gráfico de presiones de la Red Distribución 2 Ciudad Plaza III Flujo continuo Software EPANET y CYPECAD (2021)

Fuente: Castro y Román (2021)

4.4.3 Nivel de significancia

Cuadro 14: Nivel de significancia entre valores obtenidos de presiones de la Red Distribución 2 Ciudad Plaza flujo continuo con los Software EPANET y CYPECAD

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	26.08130435	25.9104348
Varianza	9.843911858	10.475568
Observaciones	23	23
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	44	
Estadístico t	0.181790984	
P(T<=t) Una cola	0.42829084	
Valor crítico de t (una cola)	1.680229977	
P(T<=t) dos colas	0.856581681	
Valor crítico de t (dos colas)	2.015367574	
Media	26.08130435	25.9104348

Fuente: Castro y Román (2021)

Interpretación de resultados

Estos resultados evidencia estadísticamente que no existe una diferencia significativa entre los valores obtenidos en las presiones en la Red de Distribución Aguas Blanca en Ciudad Plaza III flujo continuo utilizando los Software EPANET y CYPECAD, como se evidencia en la gráfica 71 y de igual manera a través del parámetro estadístico asumido T de Student del cuadro 12, cuyo valor alcanzado (P(T<=t) dos colas) fue 0.86 el cual fue mayor a 0,05(Normalizado) lo que indica que no existe diferencia entre ambos valores (0.86 > 0,05).

4.4 Balance de velocidades Red Distribución 2 Ciudad Plaza III con flujo continuo Software EPANET y CYPECAD (ver cuadro 13)

Cuadro 15: Cuadro Comparativo de velocidades de la Red Distribución 2 Ciudad Plaza flujo continuo Software EPANET y CYPECAD

	EPANET	CYPECAD
TUBERÍA5	2.73	2.72
TUBERÍA6	2.73	2.72
TUBERÍA7	1.76	1.75
TUBERÍA8	1.76	1.75
TUBERÍA9	2.49	2.47
TUBERÍA10	1.76	1.75
TUBERÍA11	1.76	1.75
TUBERÍA12	2.49	2.47
TUBERÍA13	1.76	1.75
TUBERÍA14	1.76	1.75
TUBERÍA15	1.76	1.75
TUBERÍA16	2.49	2.47
TUBERÍA17	1.76	1.75
TUBERÍA18	1.91	1.91
TUBERÍA19	2.48	2.45
TUBERÍA20	2.89	2.88
TUBERÍA21	1.76	1.75
TUBERÍA22	2.59	2.47
TUBERÍA23	1.76	1.75
TUBERÍA24	1.76	1.75
TUBERÍA25	2.59	2.58
TUBERÍA26	1.76	1.75
TUBERÍA27	1.76	1.75
TUBERÍA28	0	0

Fuente: Castro y Román (2021)

4.4.5 Representación de velocidades Red Distribución 2 Ciudad Plaza III con flujo continuo Software EPANET y CYPECAD (ver figura 71)

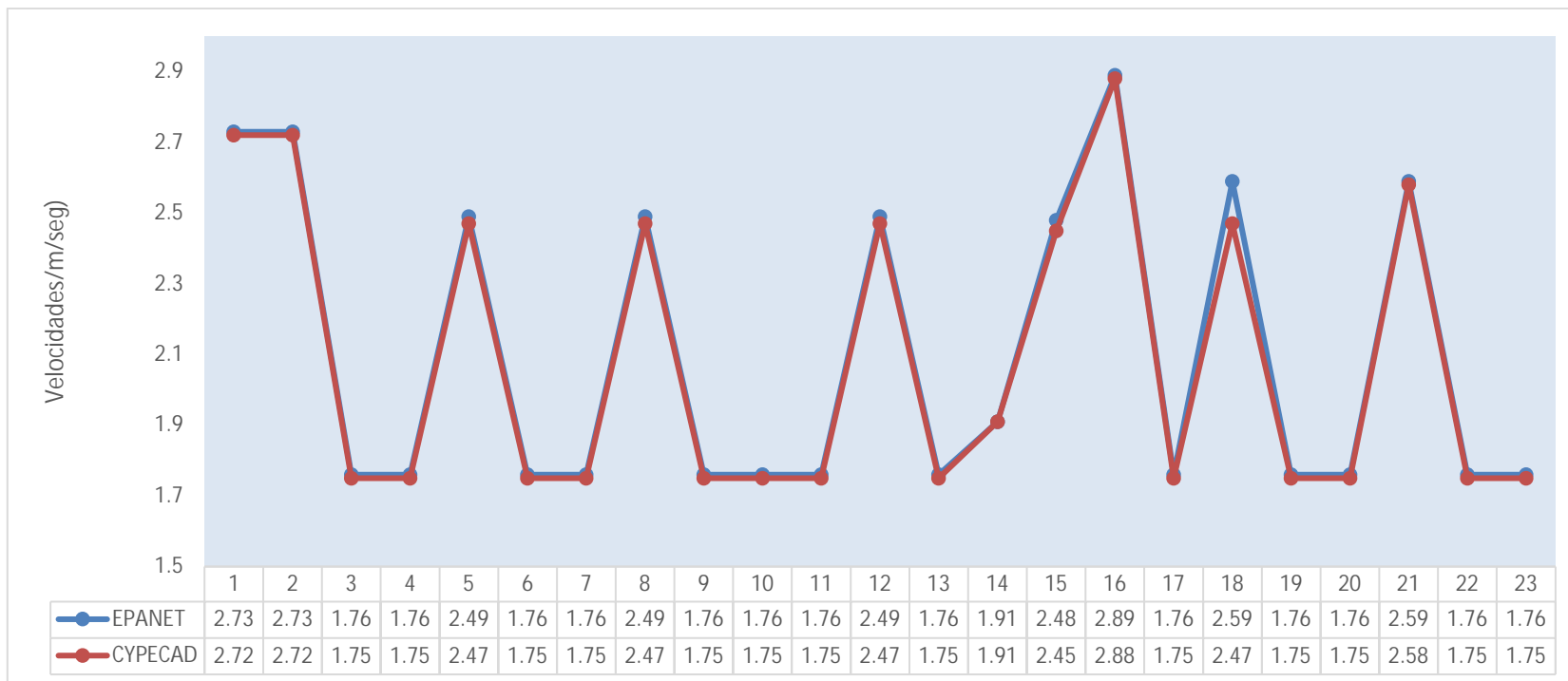


Figura 46: Gráfico de velocidades de la Red Distribución 2 Ciudad Plaza III Flujo continuo Software EPANET y CYPECAD (2021)

Fuente: Castro y Román (2021)

4.4.6 Nivel de significancia velocidades

Cuadro 16: Nivel de significancia entre valores obtenidos de velocidades de la Red Distribución 2 Ciudad Plaza flujo continuo con los Software EPANET y CYPECAD

	EPANET	CYPECAD
Media	2.09869565	2.08217391
Varianza	0.18353004	0.17722688
Observaciones	23	23
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	22	
Estadístico t	3.40377788	
P(T<=t) una cola	0.00127412	
Valor crítico de t (una cola)	1.71714437	
P(T<=t) dos colas	0.55482317	
Valor crítico de t (dos colas)	2.07387307	
Media	2.09869565	2.08217391

Fuente: Castro y Román (2021)

Interpretación de resultados

Estos resultados evidencian estadísticamente que no existe una diferencia significativa entre los valores obtenidos en las velocidades en la Red de Distribución Aguas Blanca en Ciudad Plaza III flujo continuo utilizando los Software EPANET y CYPECAD, como se evidencia en la gráfica 741 y de igual manera a través del parámetro estadístico asumido T de Student del cuadro 12, cuyo valor alcanzado (P(T<=t) dos colas) fue 0,5548 el cual fue mayor a 0,05 (Normalizado) lo que indica que NO existe diferencia entre ambos valores (0,5548 > 0,05).

4.4.7 Análisis FODA

Con los datos obtenidos se realizó un análisis FODA especificando las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, y Amenazas detallando para cada uno de software EPANET Y CYPECAD utilizados en el diseño y modelaje de la Red de Distribución 2 de aguas blancas en ciudad Plaza III, Valencia estado Carabobo especificado en el cuadro 17 y 18.

Cuadro 17: Análisis FODA de software EPANET

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> -Admiten la exportación de archivos CAD. -Detalla la unidad para medir caudal, densidad y viscosidad relativa. -Realiza un número máximo de iteraciones dando mayor precisión. -Permite elegir varias ecuaciones como la de Darcy-Weisbach y Hazen y William y Chezy - Ofrece visualizaciones por medio de gráficos y mapas temáticos, perfiles o diagramas para cada nudo o tubería en la red. -Permite calcular múltiples instalaciones con flujo continuo e intermitente. 	<ul style="list-style-type: none"> 4 La interfase es más complicada de manejar. 5 No muestra como fondo de pantalla el mapa del sector. 6 No señala las ecuaciones empleadas o cómo ha llegado a estos resultados 7 Los resultados se presentan en los nodos y en los tramos en tablas de manera menos atractiva. 8 No permite definir los valores límites.
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> - Es un software libre existiendo diferentes versiones en la red. - Itera varias veces hasta que cumpla con los parámetros de diseño. - Se utilizado para el cálculo de redes de agua potable u otro tipo de fluido, únicamente variando el peso específico y la viscosidad del fluido - Es un software que todo ingeniero debe iniciarse en el manejo del programa 	<ul style="list-style-type: none"> -No aporta el diámetro óptimo para las tuberías, se limita a calcular la red en base a las demandas introducidas.

Fuente: Castro y Román (2021)

Cuadro 18: Análisis FODA de software CYPECAD

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Permite la exportación de archivos CAD. - Memoria de cálculo bien estructurada facilitando su lectura. - Describe la red hidráulica incluyendo viscosidad cinemática y el número de Reynold - Especifica los materiales empleados en los reportes donde se incluye cada uno de los diámetros utilizados. - Señala combinaciones e Hipotesis contempladas - Es versatilidad probando instalaciones con diferentes características, consumos y factores de simultaneidad en un mismo fichero. - Permite elegir las velocidades máximas y mínimas en cada tramo - El diseño análisis de las Tuberías se realiza con las envolventes considerando el valor máximo en función de la Norma y bajo Condiciones Transitorias donde la tubería pueda existir presiones por encima de su valor Nominal. 	<ul style="list-style-type: none"> - No permite el cálculo de la red considerando la curva característica INOS de bombeo por horas desde el tanque, no realiza flujos intermitentes. - Solo permite los cálculos con la fórmula de Darcy-Weisback - Es más conservador que el programa EPANET arrojando valores mayores de presiones y velocidades,
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> - Necesidad que los ingenieros civiles conozcan este programa para aminorar el tiempo en la elaboración de los proyectos. -Tendencias favorables en el mercado ya que tiene presencia en más de 60 países. - Es un software que todo ingeniero debería iniciarse en el manejo del programa y no es necesario tener conocimientos previos de CYPECAD. - Es versátil, sin horarios y con libertades de acceso a la plataforma. 	<ul style="list-style-type: none"> - Un mal manejo de programa no garantiza un diseño correcto de la red. - La falta de conocimiento del ingeniero llevará a malos resultados.

Fuente: Castro y Román (2021)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Entre las conclusiones más importantes se destacan las siguientes:

Ciudad Plaza es considerada la ciudad Satélite ubicado al Sur de este Municipio, donde la Etapa III fue construida en el año 2013 a través del MPPVH Carabobo en el Marco de la Gran Misión Vivienda Venezuela donde el sistema de distribución de aguas blancas identificado en el plano como *Red de Distribución 2* está compuesto por 407.40 metros de tubería de polietileno de alta densidad (PEAD), distribuidos en (51.60; 63 mm),(61.40 m de 75 mm),(73.60 m de 90 mm),(90 m de 110 mm) y (130.80 de 160 mm).

La conexión de este sistema se realiza en el Nudo 1 con una presión de salida de 31 mca según datos suministrado por HIDROCENTRO, el número de nodos considerados en este proyecto fueron veintitrés (23) identificados como (1, 1-1,111, 121, 122, 131, 141, 142, 151, 152, 161,162, 163, 163.1, 164, 171,181, 182, 182.1 ,183, 191,202 y 201) , igualmente existe un tanque de distribución de reserva 11 metros largo y 10 metros de ancho con una capacidad de 385.000 lts, con una potencia equipo de bombeo existente es de 20 HP , el método de estimación de diseño de redes de servicio de agua potable en edificaciones de Hunter arrojo un gasto por edificio 3,66 lts/seg.

La modelación y diseño de distribución de agua blancas asistido con el uso de los programas *EPANET considerando el flujo continuo* la presión máxima aceptable fue de 30.78 mca, nudo 111 y la mínima de 21.16, Nudo 201 cumpliendo con lo establecido en la Norma Sanitarias 4103, en relación a las velocidades en valor mínimo alcanzado fue 1.73 m/seg y el máximo de 2.73 m/seg y de acuerdo a la Norma Venezolana 4044 cumpliendo así con el artículo 301.

La modelación y diseño de distribución de agua blancas asistido con el uso de los programas *EPANET considerando el flujo intermitente* la presión máxima aceptable fue de 27,66 mca en el nudo salida (Bomba existente) y la mínima de 24,52 mca en el Nudo 131, cumpliendo con lo establecido la Norma Sanitarias 4103, artículo 103; en relación a las velocidades en los tramos sentido el valor mínimo alcanzado fue 0.56

m/seg y el máximo de 2,57 m/seg y cumpliendo con la Normativa Venezolana 4044, cabe destacar que este tanque solo servirá para abastecer la red N1, N1-1, N164, N163.1, N131, N141, N142 en el tiempo estipulado de 24 horas con el flujo intermitente. (tanque).

La modelación y diseño de distribución de agua blancas asistido con el uso de los programas *CYPECAD considerando el flujo continuo* la presión máxima aceptable fue de 30.75 N111 y la mínima 20.77 mca en el Nudo 201, en relación a las velocidades en los tramos sentido el valor mínimo alcanzado fue 1.75 m/seg y el máximo de 2,88 m/seg y considerando lo establecido cumple con la Norma Venezolana 4044.

La modelación y diseño de distribución de agua blancas asistido con el uso de los programas *CYPECAD considerando el flujo discontinuo no fue realizado* ya que el programa no permite el cálculo de la red considerando la curva característica INOS de bombeo por horas desde el tanque.

El Balance de presiones Red Distribución 2 Ciudad Plaza III con flujo continuo Software EPANET y CYPECAD el nivel de significancia entre ambos programas demostraron estadísticamente que existe una diferencia significativa entre los valores obtenidos en las presiones y velocidades en la Red sin embargo estos resultados no causaron cambios en los diámetros diseñados en esta red existente.

Entre las ventajas del uso de programa EPANET para el cálculo de red de acueducto es que realiza un número máximo de iteraciones dando mayor precisión, permite elegir varias ecuaciones como la de Darcy-Weisbach y Hazen y William y Chezy, permite calcular múltiples instalaciones flujo continuo e intermitente y la desventaja principal no señala las ecuaciones empleadas, los resultados se presentan en tablas de manera menos atractiva y no permite definir los valores límites.

Entre las ventajas del uso de programa CYPECAD para el cálculo de red de acueducto siendo su principal ventaja que la memoria de cálculo está bien estructurada facilitando su lectura, permite elegir las velocidades máximas y mínimas en cada tramo, el diseño análisis de las Tuberías se realiza con las envolventes considerando el valor máximo en función de la Norma y presiones por encima de su valor Nominal y la desventajas más importante es que no permite el cálculo de la red considerando la curva

característica INOS de bombeo por horas desde el tanque, solo permite los cálculos con la fórmula de Darcy-Weisback y arrojó valores mayores de presiones y velocidades, pero sin variar los diámetros de diseño y característica del material.

Estadísticamente no existe una diferencia significativa entre los valores obtenidos en las presiones en la Red de Distribución Aguas Blanca en Ciudad Plaza III flujo continuo utilizando los Software EPANET y CYPECAD.

Como resultado del presente trabajo de investigación se presentan las siguientes recomendaciones

Implementar cursos en nuestra casa de estudio de estos softwares libres para lograr destrezas en los estudiantes en herramientas computacionales en la modelación y cálculo de redes, para optimizar los diseños hidráulicos en menor tiempo.

Elaborar trabajos de grado donde se realicen diseños con estos softwares realizando los cálculos, permitiendo a los futuros ingenieros de la nación y del estado Carabobo conocer las posibilidades y limitaciones reales que ofrecen estos programas como herramienta de gestión y cálculo del comportamiento hidráulico de una red.

Expuesto el objeto y la utilidad del presente proyecto, esperamos que el mismo sirva a los futuros profesionales en el diseño y cálculo de redes aplicando distintos tipos de software capaces de abarcar este problema. Dado que cada uno de estos programas presenta su propia condición.

Se recomienda el uso de ambos programas como herramienta de modelaje para ser utilizado en la obtención de los parámetros de diseño de redes de agua potable mediante simulaciones.

El uso de estos softwares de modelación servirá para realizar comprobaciones de manera más rápida, sin embargo, sin embargo, se necesita establecer de manera acertada las especificaciones de diseño para llegar a sistemas óptimamente dimensionados y costeables para una población determinada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade y Ortiz (2016) **“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”**. Trabajo de Grado presentado en la Universidad de Oriente.
- Arias (2006) **“El Proyecto De Investigación: Introducción a la Metodología Científica”** Caracas. Editorial Episteme.
- Arocha (2011) **“Acueducto-Fundamentos teóricos y prácticos”**. 1era edición. OIKOS IMPRESOS, C.A.
- Balestrini (1997) **Como Se Elabora El Proyecto De Investigación**. B1 Consultores Asociados. Caracas, Venezuela
- Bolívar (2001) **Metodología de la investigación. Disponible:**
- Bravo (2017) **“Modelación Hidráulica De La Red De Distribución De agua Potable De La Parroquia El Retiro, Cantón Machala, Provincia El Oro”** presentado en la Unidad Técnica de Machala en Ecuador.
- Catalogo PAVCO (2016)
- Chiquin (2016) **“Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable del área urbana, del municipio de San Pablo Tamahú, Departamento De Alta Verapaz”**. Trabajo de grado Universidad de Guatemala.
- Connor (2010) **Número de Reynold** disponible: <https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-la-formula-de-numero-de-reynolds-definicion/>
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999)
- Cordero y Hernández (2011) **“Filtros Caseros, Utilizando Ferrocemento, Diseño Para Servicio A 10 Familias, Constante De 3 Unidades De Filtros Gruesos ascendentes (Gas), 2 Filtros Lentos De Arena (Fla), Sistema Para Aplicación De Cloro Y 1 Tanque De Almacenamiento”** .Disponible En: <Http://Dspace.Ucuena.Edu.Ec/Bitstream/123456789/747/1/Ti874.Pdf>
- Figueredo y Contreras (2019) **“Diseño de distribución de agua potable para la comunidad “los Cedros”, En San Juan De Los Morros, Municipio Juan Germán Roscio Del Estado Guárico”**, Trabajo de grado Universidad Nacional Experimental de los llanos Centrales "Rómulo Gallegos.
- Gaceta oficial N.º 4.044, de fecha 8 de septiembre de 1.988 de la República Bolivariana de Venezuela

- García (2009) **Material didáctico para la asignatura de acueductos y alcantarillados**". Universidad Industrial de Santander disponible https://www.academia.edu/26657380/MATERIAL_DIDACTICO_PARA_LA_ASIGNATURA_DE_ACUEDUCTOS_Y_ALCANTARILLADOS
- Hechavarría, Cordobés y García (2019) **Sistema para el cálculo de redes de Acueducto** Centro de Estudios CAD/CAM Universidad de Holguín - Cuba. <file:///C:/Users/Jose%20Aguilera/Downloads/Dialnet-SistemaParaElCalculoDeRedesDeAcueducto-5555292.pdf>
- Hernández, Fernández y Baptista (1994). **Metodología de la investigación** 5ta Edición: McGraw -HILL / Interamericana Editores, S.A. DE C.V. Impreso en México.
- Hurtado, I. y Toro, J. (1998). **Paradigmas y Métodos de investigación en tiempos de cambio**. Venezuela: Episteme Consultores Asociados C.A.
- Ley De Aguas Gaceta Oficial De La República Bolivariana De Venezuela Caracas, martes 2 de enero de 2007 Número 35.595
- Ley Orgánica de Régimen Municipal, Publicada en gaceta oficial N.º 2.297 de fecha 18 de agosto de 1978.
- Ley Orgánica del Ambiente, año CXXXIV es III; Caracas Viernes 22 De diciembre De 2006.
- Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento Gaceta Oficial N° 5.568 Extraordinario de fecha 31 de diciembre de 2001.
- López, Jáuregui, Guillen, Gómez (1997). **Cartilla de urbanismo**, ISBM-980-327-438-4. Imagen Editorial
- Méndez (1997) **Metodología 2da edición.**, disponible: https://www.academia.edu/10558106/METODOLOGIA_DE_LA_INVESTIGACION_3
- Méndez C. (2006). **Metodología**. Diseño y Desarrollo del Proceso de Investigación. Tercera Edición: McGraw-interamericana. Colombia.
- Normas para la Elaboración de Trabajos Técnicos. Especiales de Grado y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Libertador (2012)
- Palacios (2004) **Acueducto, cloacas y drenaje**. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas
- Palella y Martins (2012) **Metodología de la Investigación cualitativa**. Tercera edición FEDEUPEL

Ramírez, T. (2014). **Como Hacer un Proyecto de Investigación**. Tercera Edición. Editorial Panapo. Caracas, Venezuela.

Sheila C.S.S. (2017) **Manual de agua potable, Alcantarillado y saneamiento**, disponible en <https://civilgeeks.com/2017/08/18/disenos-redes-distribucion-agua-potable>

Anexo A: Características técnicas de la Bomba de impulsión



BOMBAS CENTRÍFUGAS DE VOLUTA

MODELO: CL-2.1/2-315 (eje libre)

ELEMENTOS ESTÁNDAR

CARCASA:
Fundición gris

IMPULSOR:
Cerrado, fundición gris

SOPORTE:
Fundición gris

SELLO:
Mecánico, carbón/cerámica, lubricado por el mismo líquido.

RODAMIENTOS:
De elementos rodantes esféricos.

CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES

Bomba para ser accionada por motores, eléctricos o de combustión interna (gasolina o diesel). Empleada para el abastecimiento de agua en instalaciones de servicios público e industriales para riego y desagüe en la agricultura, para el llenado de sistemas y para cualquier aplicación de uso general en el suministro y abastecimiento de agua.

NOTA: En caso de requerir elementos en otros materiales o condiciones especiales de funcionamiento comuníquese con el fabricante.




TABLA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

MODELO	HP	RPM	Ø SUCCIÓN	Ø DESCARGA	Ø BOLAJO (mm)	PESO (kg)	DIMENSIONES (mm)		
							L	A	H
CL-2.1/2-315	20	1800	2"	3.127"	2	138	428	405	248
	30	2200							
	50	2800							
	90	3000							

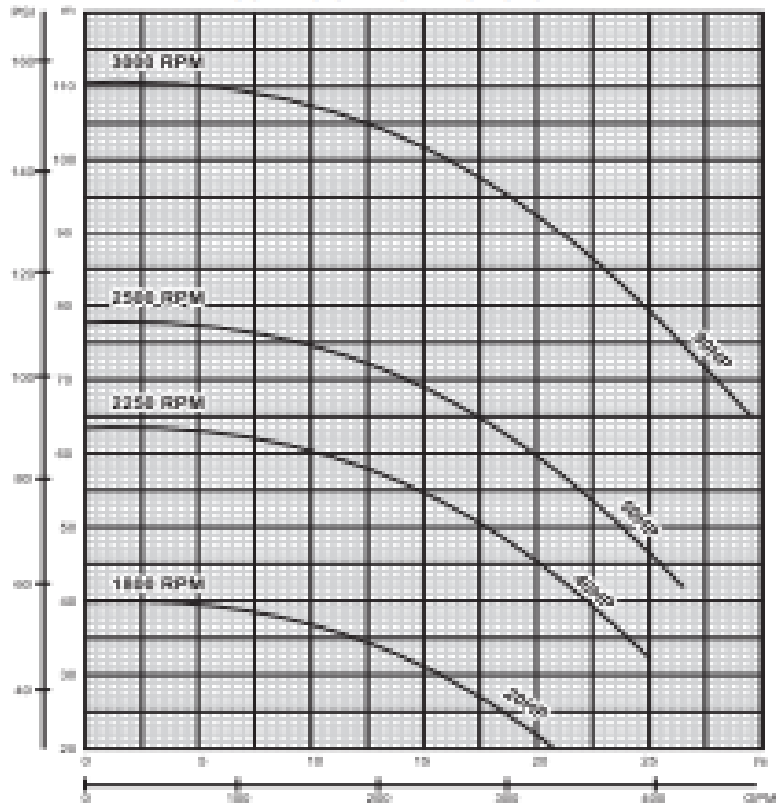


Cero producido por:





BOMBAS CENTRÍFUGAS DE VOLUTA
MODELO: CL-2.1/2-315 (eje libre) Ø Imp. 292 mm
CURVAS CARACTERÍSTICAS



Otro producto de:
SANCHEZ & CIA.

