

Holger M. Benavides Muñoz

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido y revisado la tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Civil, realizada por el Profesional en formación: Jhonn Alexander Castillo Cabrera, cuyo título es: “**MANEJO AUTOMATIZADO DE REDES DE AGUA A PRESIÓN EN LA U.T.P.L.**”; tema que cumple con las características exigidas por la reglamentación de la Escuela de Ingeniería Civil, por tanto, autorizo su presentación.

Holger M. Benavides Muñoz

AUTORÍA

El contenido de esta investigación: conceptos, cálculos, desarrollo, conclusiones y recomendaciones es de exclusiva responsabilidad del autor

Jhonn Alexander Castillo Cabrera

CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Jhonn Alexander Castillo Cabrera, declaro ser autor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la universidad”.

Jhonn Alexander Castillo Cabrera

AGRADECIMIENTO

Mi especial agradecimiento a la Universidad Técnica Particular de Loja, a los profesores de la Escuela de Ingeniería Civil que han sido un pilar fundamental para mi formación profesional.

Mi eterna gratitud al Ingeniero Holger Benavides Muñoz, Director de Tesis, por sus enseñanzas y ayuda desinteresada en todo el transcurso de esta investigación y como profesor durante el transcurso de mis estudios

A mí amada madre y hermanos por toda su entrega y amor que han sabido darme durante mi vida, y sin los cuales no habría podido llegar a esta meta. A Johanna por todo su apoyo y amor, a mis familiares y amigos que siempre han estado prestos a ofrecerme su ayuda.

Gracias

El Autor

DEDICATORIA

A Dios padre creador nuestro
A mi hijo Jhonn Alejandro, quien es mi alegría,
Mi madre ejemplo de admiración,
A mis hermanos y familiares por todo su apoyo,
A mi novia, por llenar mis días de amor
A mis amigos por las experiencias vividas; en
especial a Diana, Glenda y al grupo los "Galácticos"

Jhonn Alexander

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1. GENERALIDADES

1.1. Introducción.

El manejo automatizado de redes (ramificadas, malladas y mixtas) para sistemas de distribución de agua, requiere previamente contar con los diseños hidráulicos iniciales de la red, tener bien identificados los caudales a trasegar por cada línea y las presiones (estáticas y dinámicas) en los nudos. Los nudos de control del sistema se ubicarán en sitios estratégicos de la red y se constituyen por equipos de medición, válvulas, sensores, puertos de transmisión de información ya sea a data logger o por red. De manera que se pueda configurar, caracterizar, modelar y simular el comportamiento de la red, datos e información que procesada adecuadamente (estadísticamente) tomar decisiones para la mejora de la eficiencia de la red, así detectar cambios súbitos de caudal, presión, calidad, daños, entre otros, en forma periódica y organizada.

El presente trabajo de investigación, consiste en aplicar el manejo automatizado mediante nudos de control en la red de distribución de agua para consumo humano de la UTPL, mediante el uso de dispositivos para la medición de caudales, presiones y ciertos parámetros de calidad (físico y químico), con el apoyo logístico del equipo de investigadores de electricidad y sistemas electrónicos de la UPSI, combinando estratégicamente conocimientos y experiencias con la parte hidráulica y de infraestructura civil, el proyecto se caracteriza por ser prioritario para nuestra institución desde todos los puntos de vista.

Una vez instalados los nudos de control en la red, se hará un seguimiento de su comportamiento hidráulico, mediante el tratamiento adecuado de la información. Posteriormente se calibrará un modelo en EPANET, se lo abastecerá de información periódica y se concatenará el funcionamiento real versus la simulación matemática.

1.2. Justificación

La instalación de dispositivos para control, recolección y almacenamiento de datos de presión, caudales y parámetros de calidad serán de gran ayuda para llevar un seguimiento adecuado del comportamiento hidráulico y sanitario de la red de distribución de agua potable de nuestra Universidad.

Permitiendo además optimizar tiempo y recursos, en cuanto a la detección de puntos de fugas, depresiones, insuficiencia de caudales de la red, en caso de existir; pudiendo implementar medidas preventivas de daños, plan de reparaciones oportunas y evitando altos costos en rehabilitación o cambio de tuberías.

De la misma forma la elaboración de un manual práctico para manejo, operación y mantenimiento de la red, será de gran ayuda para un fácil entendimiento de los operarios encargados de llevar éstos registros.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Plantear hidráulica y sanitariamente la red de distribución de agua para consumo humano semi-automatizada de la Universidad Técnica Particular de Loja.

1.3.2. Objetivos específicos

- Actualizar la línea base y desarrollar el inventario de las redes de distribución de agua potable del campus de la Universidad.
- Rediseñar la red de distribución de agua potable de la Universidad Técnica Particular de Loja.

- Configurar el modelo y simular la red en EPANET vE 2.0 y CYPE CAD (versión demostrativa).
- Elaborar un manual para el manejo, operación y mantenimiento de redes de agua.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

2. GENERALIDADES DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE.

2.1. Sistema de agua potable

Un sistema de agua potable no consiste sólo en el suministro de agua al usuario, sino que además, debe satisfacer condiciones de servicio de calidad y cantidad. La red está constituida por tuberías, válvulas y accesorios que

permiten entregar al consumidor agua potable, desde la unidad de tratamiento. En términos generales existen dos formas de abastecimiento de agua:

La primera corresponde, a la forma tradicional que los pobladores antiguamente usaban para el acarreo de agua a sus comunidades. La población tomaba el agua de fuentes tales como: pozos artesanales, quebradas, ríos, ojos de agua, manantiales, nacimientos, etc. En muchas ocasiones estas personas recorrían grandes distancias a pie para el acarreo del fluido, haciendo el abastecimiento dificultoso, implicando demasiado tiempo sólo en el acarreo del agua. Actualmente, en algunos lugares, aún se cuenta con estas formas tradicionales, como único medio para abastecimiento de agua.

La segunda forma de abastecimiento de agua es, a través de sistemas de abastecimiento o acueductos, que constituyen las formas más comunes utilizadas en la actualidad. Las instalaciones, bajo esta configuración, permiten recoger el agua de las fuentes y conducirlas a la comunidad, por medio de tuberías, distribuyéndola por medio de la red de suministro hacia las tomas públicas o a nivel de los domicilios. Un sistema de provisión de agua está planificado y diseñado de manera que los usuarios del servicio puedan disponer de agua para las necesidades básicas de la familia y con la seguridad de que se le está proporcionando agua segura, lo que le permite a las familias ahorrar tiempo, energía y dinero. Existen varios tipos de redes de distribución por acueductos: se estudiará los dos más importantes.

a) Por gravedad

Este tipo de sistema utiliza el propio peso del agua para conducirse desde la captación al tanque y a la red de distribución, requiriendo solamente del control

de válvulas para dar un buen servicio de agua. La fuerza del fluido permite que de la captación, que es el punto más alto, por gravedad llegue a uno más bajo o sea el lugar donde se encuentra el usuario para que no exista problema en la conducción del agua.

b) Por bombeo

El sistema por bombeo permite elevar agua a sitios que se encuentran en cotas superiores a las de la fuente. El agua se conducirá por bombeo hacia un tanque de almacenamiento, ubicado a cotas superiores a la que se encuentra los usuarios, para luego distribuir el fluido por gravedad. Los sistemas de abastecimiento de agua por bombeo pueden ser de dos tipos:

- Con motor eléctrica
- Con motor de gasolina o diesel.

2.2. Principales componentes en una red de agua potable

2.2.1. Tanque de almacenamiento

Llamado también tanque de distribución o reservorio, que sirve para almacenar el agua y luego poderla distribuir. Se construyen en la parte más alta para que el agua descienda por gravedad. Algunos tanques se construyen sobre la superficie del terreno, otros sobre torres de concreto o de estructura metálica, a fin de elevarlos para que el agua alcance una altura adecuada para su distribución.

El tanque de almacenamiento se diseñará en función a la población actual y futura, así como también para casos de emergencia (incendios o daños en la línea de conducción); equilibrando así las demandas para cada una de las viviendas, logrando un óptimo funcionamiento y evitando problemas de abastecimiento.

2.2.2. Tubería de conducción

La función primaria de un sistema de distribución es proveer agua potable a los usuarios entre los que deben incluirse, además de las viviendas, los servicios públicos, comerciales y los de la pequeña industria.

La función secundaria del sistema es proporcionar agua, en cantidad y presión adecuadas, para extinguir incendios. Esta función podrá ser eliminada cuando se diseñe un sistema separado de abastecimiento para esta finalidad.

2.2.3. Válvulas

Una válvula es un elemento de maniobra y control, gracias al cual, se puede cortar la circulación del agua, se puede evacuar el aire que se almacena dentro de las redes, etc. Según su función se establece dos tipos de válvulas: automáticas y no automáticas. Las primeras que funcionan por sí solas, a diferencia de las segundas que requieren ser accionadas de forma manual.

2.2.4. Protección contra incendios (hidrantes)

Esta protección se realizará utilizando la misma red de agua potable, los hidrantes deberán estar instalados en zonas de fácil acceso; según

especificaciones técnicas en las normas Ex-IEOS¹ no deberá estar alejado de un edificio más de 100 m; y de 200 a 300 m un hidrante de otro. Los caudales necesarios para cubrir esta demanda variarán con el tamaño de la población. Para poblaciones menores a 5000 se debe utilizar hidrantes con una capacidad de 5 L/s.

2.2.5. Conexión domiciliar

Es la parte final de un sistema de abastecimiento. Está conformada por elementos (tubería, accesorios y/o medidor) que entregan el agua al consumidor desde la red de distribución.

¹ Instituto Ecuatoriano de obras sanitarias IEOS. Normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones. Parte séptima, literal 4.2.5.5. Pag.259. Agosto 1993

CAPÍTULO III

ACTUALIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE -UTPL

3. ACTUALIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE-UTPL

3.1 Información básica

Para la actualización de la red de agua potable del campus universitario, es necesario contar con la información siguiente:

3.1.1 Levantamiento arquitectónico del campus UTPL

Para actualizar la red de distribución de agua de la UTPL, es necesario contar con planos arquitectónicos actualizados del predio universitario, que no existían. Por lo que la Universidad propone el proyecto denominado: “*Actualización del campus UTPL*” asignada a la Unidad de Diseño e Investigación Arquitectónica (UDIA) y a la Unidad de Ingeniería Civil-Geología y Minas (UCG), se plantea realizar un levantamiento arquitectónico, hidráulico y sanitario del campus UTPL.

UDIA entrega los planos arquitectónicos ya actualizados del campus UTPL, en los que se procedió a realizar el inventario (inspección visual) de servicios,

elementos visibles y proyección de la posible trayectoria de las tuberías en cada edificio del campus universitario, datos de suma importancia para la actualización de la red de distribución. Con base a esta información, con ayuda del software CYPE CAD (versión demostrativa) y además comprobando con hojas electrónicas se rediseñó la red de fontanería en cada edificio del campus UTPL.

3.1.2 Diseño de agua potable en edificios de la UTPL.

3.1.2.1 Modelación en edificios de la UTPL con el software: CYPE CAD (versión demostrativa)

Modelar matemáticamente una red significa aplicar el cálculo hidráulico para simular su comportamiento (sin experimentarlos verdaderamente); de cuyo resultado se obtienen caudales en líneas, presiones en nudos y sus variaciones con el tiempo.

El rediseño de la red de agua potable del campus UTPL se lo realizó en hojas electrónicas, comprobándolas con ayuda del software CYPECAD.

Para la modelación de la red de fontanería de cada edificio en el software CYPECAD, inicialmente se debe cargar los planos arquitectónicos directamente desde el AUTO CAD. Una vez cargados los planos en éste se rediseña la red, verificando el cumplimiento de presiones, velocidad y gasto requerido en cada punto de consumo.

Con los planos cargados en CYPECAD se introdujo los datos de partida siguientes:

- ☞ Presión de acometida, igual a 30 m.c.a (para nuestro diseño).
- ☞ El programa utiliza tres métodos para el cálculo de caudal: *acumulado bruto, acumulado con simultaneidad y mediante la formulación francesa corregida.*
- ☞ Para la modelación de la red de la UTPL se utilizó el acumulado con simultaneidad. Para el cálculo de este coeficiente se utilizó las siguientes fórmulas, según el tipo de vivienda:
 - Para aparatos dentro de una vivienda

$$K_s = \frac{1}{(n-1)^{1/2}}$$

[Ec. 01]

Donde:

K_s - coeficiente de simultaneidad para los aparatos dentro de una vivienda.

n - número de gastos

- En el caso de conjunto de viviendas el coeficiente de simultaneidad viene dado por:

$$K_n = \frac{(19+n)}{(10 \times n + 10)}$$

[Ec. 02]

Donde:

K_n - coeficiente de simultaneidad para un conjunto de viviendas.

n - número de gastos semejantes.

El coeficiente de corrección de simultaneidad que se adoptó inicialmente, en nuestro caso fué de 0.5 (resultado de aplicar la formula de simultaneidad, Ec. 01, para el número de aparatos de cada edificio)

- ☞ Los accesorios, aparatos sanitarios y tuberías que se introdujo en el programa fue conforme a la inspección visual realizada inicialmente. En el caso de tubería y accesorios no visibles, datos de diámetro y trayectoria de la tubería se ingresaron de acuerdo a parámetros técnicos.
- ☞ Para el rediseño en la acometida de cada edificio, se colocó una llave general y un contador, los mismos que son necesarios para el correcto funcionamiento y control de la red.

Los consumos que el software utiliza es la del Código Técnico de la Edificación que se muestra en el cuadro 3.1.

CUADRO 3.1 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [L/s]
Lavamanos	0.05
Lavabo	0.10
Ducha	0.20
Bañera de 1.40 m o más	0.30
Bañera de menos de 1.40 m	0.20
Bidé	0.10
Inodoro con cisterna	0.10

Inodoro con fluxor	1.25
Urinarios con grifo temporizados	0.15
Urinario con cisterna (c/u)	0.04
Fregadero doméstico ... viene	0.20
Fregadero no doméstico	0.30
Lavavajillas doméstico	0.15
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0.25
Lavadero	0.20
Lavadora doméstica	0.20
Lavadora industrial (8 Kg)	0.60
Grifo aislado	0.15
Grifo garaje	0.20
Vertedero	0.20

sigue...

Fuente: CYPE CAD, manual de ayuda.

Los caudales instantáneos mínimos presentados en el cuadro 3.1 corresponden a las normas españolas, las mismas que son las más aproximadas a las condiciones de estudio.

Para los valores de rugosidad, de acuerdo al tipo de material de la tubería, el software utiliza los siguientes parámetros (ver cuadro 3.2).

CUADRO 3.2 Valores habituales de rugosidad absoluta

Materiales	Valores habituales de rugosidad absoluta (mm)
Acero galvanizado	0.030

Cobre	0.042
Acero inoxidable	0.030
Polietileno	0.020
Polipropileno	0.020
PVC	0.030
Tubos multicapa	0.010

Fuente: CYPE CAD, manual de ayuda.

Para la comprobación de la velocidad en las conducciones de la red, se introdujo en el programa los parámetros estipulados en la norma de agua potable del Ex-IEOS², el mínimo 0.5 m/s, óptimo 1 m/s y el máximo 2 m/s.

La presión deberá oscilar entre 10 y 50 m.c.a (según norma Ex-IEOS³); tomando en cuenta que para los consumos con fluxor, la presión necesaria aumentará 5 m.c.a

El factor de fricción se lo calcula por *Colebrook- White*.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \times \log \left(\frac{\varepsilon}{3.7 \times D} + \frac{2.51}{\text{Re} \times \sqrt{f}} \right) \quad [\text{Ec. 03}]$$

² Instituto Ecuatoriano de obras sanitarias IEOS. Normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones. Parte séptima, literal 4.2.5.5. Pag.259. Agosto 1993

³ Instituto Ecuatoriano de obras sanitarias IEOS. Normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones. Parte séptima, literal 4.2.3.2 y 4.2.3.3. Pag.257. Agosto 1993

Donde:

f- factor de fricción

ε - rugosidad absoluta del material (m)

D- diámetro interno de la tubería (m)

Re- número de Reynolds

La viscosidad cinemática del fluido⁴ para el agua fría es $1.010 \text{ E-}6 \text{ m}^2/\text{s}$ para una temperatura de 20° C .

El programa emplea unidades del SI (sistema internacional).

- Caudal.....L/s
- Diámetro.....mm
- Velocidad.....m/s
- Presión.....m.c.a
- Temperatura..... $^\circ\text{C}$
- Longitud.....m

3.1.2.1.1

Resultados de la modelación

⁴ Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas. Claudio Mataix. Segunda edición. Tabla 2-5: Viscosidad cinemática de algunos líquidos industriales. Pág. 26

El conteo visual y la modelación con el CYPE CAD arrojaron los siguientes resultados:

CUADRO 3.3 Resultados de CYPE CAD (Edificio octógono)

Tubos de abastecimiento	
Referencias	Longitud (m)
PVC 10-Ø 2 ½"	3
PVC 10-Ø 2"	10
PVC 10-Ø ½"	110
PVC 10-Ø 1 ½"	72
PVC 10-Ø ¾"	40
PVC 10-Ø 1 ¼"	13
PVC 10-Ø 1"	10
Consumos	
Referencias	Cantidad
Lavabo (Lv)	29
Inodoro con fluxómetro (Sf)	32
Urinario con grifo temporizado (Ugt)	20
Elementos	
Referencias	Cantidad
Llave de paso	35
Llave general	1
Llaves en consumo	81
Codo 90° x 2"	1

Codo 90° x 1 ½"	26
Codo 90° x 1 ¼"	34
Codo 90° x 1"	4
Codo 90° x ¾"	8
Codo 90° x ½"	12
Codo 45° x 1 ½"	5
Codo 45° x ¾"	4
Tee 1 ½"	25
Tee 1 ¼"	20
Tee 1"	4
Tee ¾"	20
Tee ½"	4
... viene	sigue...
Reducción de 2" a 1 ½"	
Reducción de 1 ½" a 1 ¼"	4
Reducción de 1 ½" a ¾"	4
Reducción de 1 ¼" a 1"	4
Llaves generales y Contadores	
Referencias	Cantidad
Llave general	1
Contador	1

Fuente: El autor

CUADRO 3.4 Resultados de CYPE CAD (Edificio modalidad abierta)

Tubos de abastecimiento	
Referencias	Longitud (m)
PVC 10-Ø 1"	114
PVC 10-Ø ½"	112
PVC 10-Ø ¾"	3
Consumos	
Referencias	Cantidad
Lavabo (Lv)	18
Inodoro con cisterna (Sd)	15
Urinario con grifo temporizado (Ugt)	6
Fregadero de laboratorio, restaurante, etc. (Fnd)	1
Elementos	
Referencias	Cantidad
Llave de paso	21
Llaves en consumo	40
Codo 90° x 1"	20
Codo 90° x ½"	65
Tee 1"	29
Tee ½"	5
Yee 1"	3
Llaves generales y Contadores	
Referencias	Cantidad
Llave general	2

Contador	1
----------	---

Fuente: El autor

CUADRO 3.5 Resultados de CYPE CAD (Edificio Oscar H.)

Tubos de abastecimiento	
Referencias	Longitud (m)
PVC 10-Ø ¾"	13
PVC 10-Ø ½"	22
PVC 10-Ø 2"	36
PVC 10-Ø 1 ¼"	4
PVC 10-Ø 1"	9
PVC 10-Ø 1 ½"	2
Consumos	
Referencias	Cantidad
Lavabo (Lv)	4
Inodoro con cisterna (Sd)	3
Inodoro con fluxómetro (Sf)	4
Urinario con grifo temporizado (Uqt)	5
Grifo aislado (Gr)	3
Elementos	
Referencias	Cantidad
Llave de paso	4
Llaves en consumo	19
Codo 90° x 2"	2
Codo 90° x 1 ½"	1
Codo 90° x 1"	3
Codo 90° x ¾"	2
Codo 90° x ½"	22
Tee 2"	4
Tee 1 ¼"	2
Tee ¾"	6
Reducción de 2" a 1 ½"	1
Reducción de 2" a ¼"	1
Reducción de 2" a 1"	1
Reducción de 1 ¼" a ¾"	2
Llaves generales y Contadores	
Referencias	Cantidad

Llave general	2
Contador	1

Fuente: El autor

CUADRO 3.6 Resultados de CYPE CAD (Edificio Virginia Riofrío)

Tubos de abastecimiento	
Referencias	Longitud (m)
PVC 10-Ø 1"	55
PVC 10-Ø ½"	26
PVC 10-Ø ¾"	7
PVC 10-Ø 1 ½"	1
Consumos	
Referencias	Cantidad
Lavabo (Lv)	4
Inodoro con cisterna (Sd)	1
Inodoro con fluxómetro (Sf)	6
Urinario con grifo temporizado (Ugt)	4
Elementos	
Referencias	Cantidad
Llave de paso	7

Llaves en consumo	15
Codo 90° x 1"	3
Codo 90° x ¾"	2
Codo 90° x ½"	24
Tee 1"	8
Tee ¾"	4
Tee ½"	1
Reducción de 1" a ¾"	2
Llaves generales y Contadores	
Referencias	Cantidad
Llave general	2
Contador	1

Fuente: El autor

CUADRO 3.7 Resultados de CYPE CAD (Edificio de aulas 5)

Tubos de abastecimiento	
Referencias	Longitud (m)
PVC 10-Ø ½"	23
PVC 10-Ø 1"	64
PVC 10-Ø ¾"	3
Consumos	
Referencias	Cantidad
... viene	6
... sigue...	

Grifo aislado (Gr)	1
Elementos	
Referencias	Cantidad
Llave de paso	1
Llaves en consumo	17
Codo 90° x 1"	1
Codo 90° x ½"	20
Codo 90° x ¾"	1
Tee 1 ¼"	1
Tee 1"	13
Tee ¾"	1
Reducción de 1 ¼" a 1"	2
Reducción de 1" a ¾"	2
]Llaves generales y Contadores	
Referencias	Cantidad
Llave general	11
Contador	1

Fuente: El autor

CUADRO 3.8 Resultados de CYPE CAD (Edificio Central)

Tubos de abastecimiento	
Referencias	Longitud (m)
PVC 10-Ø 1"	52

PVC 10-Ø ½"	131
PVC 10-Ø 1 ¼"	69
PVC 10-Ø ¾"	94
Consumos	
Referencias	Cantidad
Lavabo (Lv)	28
Inodoro con cisterna (Sd)	28
Urinario con grifo temporizado (Ugt)	6
Lavadero (Ld)	4
Elementos	
Referencias	Cantidad
Llave de paso	55
Llaves en consumo	66
Codo 90° x 1 ¼"	9
... viene 1"	12
Codo 90° x ¾"	sigue...
Codo 90° x ½"	87
Codo 45° x 1"	3
Codo 45° x 1 ¼"	2
Tee 1 ¼"	7
Tee 1"	12
Tee ¾"	33
Tee ½"	5

Reducción de 1 ¼" a ¾"	5
Llaves generales y Contadores	
Referencias	Cantidad
Llave general	2
Contador	1

Fuente: El autor

CUADRO 3.9 Resultados de CYPE CAD (Editorial)

Tubos de abastecimiento	
Referencias	Longitud (m)
PVC 10-Ø ½"	44
PVC 10-Ø 1 ½"	29
PVC 10-Ø 1 ¼"	9
PVC 10-Ø ¾"	8
PVC 10-Ø 1"	23
Consumos	
Referencias	Cantidad
Lavabo (Lv)	4
Inodoro con cisterna (Sd)	4
Inodoro con fluxómetro (Sf)	2
Lavadero (Ld)	7
Elementos	
Referencias	Cantidad

Llave de paso	10
Llaves en consumo	17
Codo 90° x 1 ½"	3
Codo 90° x 1"	2
Codo 90° x ¾"	3
Codo 90° x ½"	25
Tee 1 ½"	6
Tee 1 ¼"	2
... viene	sigue...
Tee 1"	
Tee ¾"	3
Tee ½"	2
Reducción de 1 ½" a 1 ¼"	2
Reducción de 1 ¼" a ¾"	1
Reducción de 1" a ¾"	1
Llaves generales y Contadores	
Referencias	Cantidad
Llave general	2
Contador	1

Fuente: El autor

CUADRO 3.10 Resultados de CYPE CAD (CEDIB)

Tubos de abastecimiento	
Referencias	Longitud (m)

PVC 10-Ø ½"	13
Consumos	
Referencias	Cantidad
Lavabo (Lv)	2
Inodoro con cisterna (Sd)	2
Elementos	
Referencias	Cantidad
Llave de paso	4
Llaves en consumo	4
Codo 90° x ½"	11
Tee ½"	3
Llaves generales y Contadores	
Referencias	Cantidad
Llave general	2
Contador	1

Fuente: El autor

CUADRO 3.11 Resultados de CYPE CAD (Museo)

Tubos de abastecimiento	
Referencias	Longitud (m)
PVC 10-Ø ½"	13
PVC 10-Ø 1"	33
Consumos	
Referencias	Cantidad
Lavabo (Lv)	2
Inodoro con cisterna (Sd)	2
Lavadero (Ld)	1
Elementos	
Referencias	Cantidad
Llave de paso	4
Llaves en consumo	5
Codo 90° x 1"	2
Codo 90° x ½"	9
Tee 1"	4
Llaves generales y Contadores	
Referencias	Cantidad
Llave general	2
Contador	1

Fuente: El autor

CUADRO 3.12 Resultados de CYPE CAD (Capilla)

Tubos de abastecimiento	
Referencias	Longitud (m)
PVC 10-Ø ¾"	24
PVC 10-Ø ½"	11
PVC 10-Ø 1"	15
Consumos	
Referencias	Cantidad
Lavabo (Lv)	1
Inodoro con cisterna (Sd)	3
Elementos	
Referencias	Cantidad
Llaves en consumo	4
Codo 90° x ½"	8
Codo 90° x ¾"	10
Top 1" ... viene	2
Top ¾"	sigue...
Llaves generales y Contadores	
Referencias	Cantidad
Llave general	2
Contador	1

Fuente: El autor

CUADRO 3.13 Resultados de CYPE CAD (Casa del guardián 1)

Tubos de abastecimiento	
Referencias	Longitud (m)
PVC 10-Ø ½"	17
PVC 10-Ø 1"	20
Consumos	
Referencias	Cantidad
Consumo genérico: 0.72 m3/h	1
Lavabo (Lv)	1
Ducha (Du)	1
Inodoro con cisterna (Sd)	1
Lavadero (Ld)	1
Grifo aislado (Gr)	2
Elementos	
Referencias	Cantidad
Llave de paso	4
Llaves en consumo	7
Codo 90° x 1"	2
Codo 90° x ½"	11
Tee 1"	4
Llaves generales y Contadores	
Referencias	Cantidad
Llave general	2
Contador	1

Fuente: El autor

CUADRO 3.14 Resultados de CYPE CAD (Casa del guardián 2)

Tubos de abastecimiento	
Referencias	Longitud (m)
PVC 10-Ø 1"	17
PVC 10-Ø 1/2" ... viene	11
Consumos	
	sigue...
Referencias	Cantidad
Lavabo (Lv)	1
Ducha (Du)	1
Inodoro con cisterna (Sd)	1
Lavadero (Ld)	1
Lavadora (La)	1
Elementos	
Referencias	Cantidad
Llave de paso	6
Llaves en consumo	5
Codo 90° x 1"	4
Codo 90° x 1/2"	5
Tee 1"	4
Llaves generales y Contadores	
Referencias	Cantidad
Llave general	2

Contador	1
----------	---

Fuente: El autor

CUADRO 3.15 Resultados de CYPE CAD (Polideportivo)

Tubos de abastecimiento	
Referencias	Longitud (m)
PVC 10-Ø 1"	83.56
Consumos	
Referencias	Cantidad
Lavabo (Lv)	5
Ducha (Du)	12
Inodoro con cisterna (Sd)	7
Elementos	
Referencias	Cantidad
Llave de paso	20
Llaves en consumo	24
Codo 90° x 1"	32
Codo 90° x ½"	40
Tee 1"	21
Llaves generales v Contadores	
Referencias	Cantidad
Llave general	2
Contador	1

Fuente: El autor

CUADRO 3.16 Resultados de CYPE CAD (UPSI)

Tubos de abastecimiento	
Referencias	Longitud (m)
PVC 10-Ø 2"	94
PVC 10-Ø 1 ½"	119
PVC 10-Ø ½"	85
PVC 10-Ø 1"	69
PVC 10-Ø 1 ¼"	1

PVC 10-Ø ¾"	1
Consumos	
Referencias	Cantidad
Lavabo (Lv)	24
Inodoro con cisterna (Sd)	5
Inodoro con fluxómetro (Sf)	32
Urinario con grifo temporizado (Ugt)	6
Elementos	
Referencias	Cantidad
Llave de paso	52
Llaves en consumo	67
Codo 90° x 2"	6
Codo 90° x 1 ½"	24
Codo 90° x 1"	15
Codo 45° x 1 ½"	8
Codo 45° x 1"	3
Tee 2"	13
Tee 1 ½"	21
Tee 1"	14
Reducción de 2" a 1"	2
Reducción de 1 ½" a 1"	6
Yee 1 ½"	3
Llaves generales y contadores	

Referencias	Cantidad
Llave general	3
Contador	1

Fuente: El autor

CUADRO 3.17 Resultados de CYPE CAD (Laboratorios 2)

Tubos de abastecimiento	
Referencias	Longitud (m)
PVC 10-Ø 1"	282
PVC 10-Ø ½"	146
PVC 10-Ø 1 ¼"	71
PVC 10-Ø ¾"	71
Consumos	
Referencias	Cantidad
Consumo genérico: 0.72 m3/h	8
Lavabo (Lv)	12
Ducha (Du)	4
Inodoro con cisterna (Sd)	11
Fregadero de laboratorio, restaurante, etc. (Fnd)	40
Grifo aislado (Gr)	10

Elementos	
Referencias	Cantidad
Llave de paso	48
Llaves en consumo	85
Codo 90° x 1 ¼"	32
Codo 90° x 1"	128
Codo 90° x ½"	14
Codo 45° x 1 ¼"	8
Codo 45° x 1"	3
Tee 1 ¼"	4
Tee 1"	41
Tee ½"	14
Reducción de 1 ¼" a 1"	4
Reducción de 1" a ½"	2
Yee 1 ¼"	1
Llaves generales y Contadores	
Referencias	Cantidad
Llave general	2
Contador	1

Fuente: El autor

CUADRO 3.18 Resultados de CYPE CAD (Productos naturales-Anfiteatro)

Tubos de abastecimiento	
Referencias	Longitud (m)
PVC 10-Ø 1"	143
PVC 10-Ø ½"	38
Consumos	
Referencias	Cantidad
Lavabo (Lv)	4
Ducha (Du)	2
Inodoro con cisterna (Sd)	4
Fregadero de laboratorio, restaurante, etc. (Fnd)	4
Lavadero (Ld)	6
Grifo aislado (Gr)	2
Elementos	
Referencias	Cantidad
Llave de paso	13
Llaves en consumo	22
Codo 90° x 1"	35
Codo 90° x ½"	5
Tee 1"	16
Tee ½"	4
Reducción de 1" a ½"	1
Llaves generales y Contadores	

Referencias	Cantidad
Llave general	2
Contador	1

Fuente: El autor

CUADRO 3.19 Resultados de CYPE CAD (CERART)

Tubos de abastecimiento	
Referencias	Longitud (m)
PVC 10-Ø 1"	193
PVC 10-Ø ½"	92
Consumos	
Referencias	Cantidad
Lavabo (Lv)	8
Ducha (Du)	4
Inodoro con cisterna (Sd)	8
Grifo ciledo (Gr) ... viene	12
Elementos	
Referencias	Cantidad
Llave de paso	4
Llaves en consumo	32
Codo 90° x 1"	23
Codo 90° x ½"	8
Tee 1"	21

Tee ½"	5
Reducción de 1" a ½"	3
Llaves generales y Contadores	
Referencias	Cantidad
Llave general	4
Contador	2

Fuente: El autor

CUADRO 3.20 Resultados de CYPE CAD (Laboratorios 1)

Tubos de abastecimiento	
Referencias	Longitud (m)
PVC 10-Ø 1"	210
PVC 10-Ø ¾"	264
PVC 10-Ø ½"	70
PVC 10-Ø 1 ¼"	27
Consumos	
Referencias	Cantidad
Lavabo (Lv)	5
Ducha (Du)	1
Inodoro con cisterna (Sd)	6
Urinario con grifo temporizado (Ugt)	1
Fregadero de laboratorio, restaurante, etc. (Fnd)	68
Lavadero (Ld)	18

Lavadora (La)	1
Grifo aislado (Gr)	12
Elementos	
Referencias	Cantidad
Llaves en consumo	112
Codo 90° x 1 ¼"	7
Codo 90° x 1"	78
Codo 90° x ¾"	13
Codo 90° x ½"	9
... viene	sigue...
Codo 90° x ¾"	
Tee 1"	57
Tee ¾"	10
Tee ½"	1
Reducción de 1 ¼" a 1"	8
Reducción de 1" a ½"	1
Llaves Generales y Contadores	
Referencias	Cantidad
Llave general	4
Contador	2

Fuente: El autor

CUADRO 3.21 Resultados de CYPE CAD (Edificio de aulas 6)

Tubos de abastecimiento

Referencias	Longitud (m)
PVC 10-Ø 1"	32
PVC 10-Ø ½"	53
Consumos	
Referencias	Cantidad
Lavabo (Lv)	2
Grifo aislado (Gr)	8
Elementos	
Referencias	Cantidad
Llaves en consumo	10
Codo 90° x 1"	8
Codo 90° x ½"	6
Codo 45° x 1"	5
Tee 1"	3
Tee ½"	1
Yee 1"	2
Reducción 1" a ½"	2
Llaves generales y Contadores	
Referencias	Cantidad
Llave general	2
Contador	1

Fuente: El autor

CUADRO 3.22 Resultados de CYPE CAD (Cafetería)

Tubos de abastecimiento	
Referencias	Longitud (m)
PVC 10-Ø 1"	75
PVC 10-Ø 1 ¼"	53
PVC 10-Ø ½"	43
Consumos	
Referencias	Cantidad
Lavabo (Lv)	7
Ducha (Du)	4
Inodoro con fluxómetro (Sf)	6
Urinario con grifo temporizado (Ugt)	3
Fregadero de laboratorio, restaurante, etc. (Fnd)	8
Grifo aislado (Gr)	2
Elementos	
Referencias	Cantidad
Llaves en consumo	30
Codo 90° x 1 ¼"	5
Codo 90° x 1"	13
Codo 45° x 1 ¼"	3
Codo 45° x 1"	3
Codo 45° x ½"	1

Tee 1 ¼"	19
Tee 1"	5
Yee 1"	1
Reducción 1 ¼" a 1"	7
Llaves generales y Contadores	
Referencias	Cantidad
Llave general	2
Cortador	1

Fuente: El autor

3.1.2.2 Modelación manual (hojas electrónicas de Excel) de los edificios de la UTPL.

El cálculo manual para el rediseño de la red de agua potable en cada edificio se lo realizó por varios métodos que se describen a continuación:

3.1.2.2.1 Métodos para estimación de caudales

Se empleó métodos empíricos (Británico y Dawson-Bowman); semi-empíricos (factor de simultaneidad-normativa española) y probabilísticos (Hunter).

a. Métodos empíricos

 **Método Británico:**

Este método utiliza tablas de probables demandas simultáneas, para distintos muebles sanitarios, basadas en experiencias y criterios de personas expertas en diseños hidráulicos.

Según el tipo de mueble sanitario, se ingresa al cuadro 3.23, se lee la descarga respectiva, y se multiplica este valor para el número total de muebles sanitarios de un mismo tipo. Se sigue el mismo procedimiento para cada tipo de mueble y al final se suma los gastos obtenidos en L/min.

CUADRO 3.23 Probables demandas simultáneas

Muebles sanitarios	Descarga (L/min)
Baño privado	18.93
Baño público	30.28
Regadera de 4 pulgadas	15.14
Regadera de 6 pulgadas	30.28
Ducha	7.57
Lavadero	15.14
Lavamanos	7.57
Válvula de fluxómetro	57.00

Fuente: García Sosa Jorge. 2001. México. Instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificios.

Con el caudal sumado en L/min, se ingresa al cuadro 3.24 y se determina la demanda probable. Debido que, la sumatoria de caudal no siempre da como resultado un valor exacto a los valores que se muestran en dicho cuadro, se requiere hacer una interpolación; o una regla de tres simple para aquellos valores menores a 60.6 L/min.

CUADRO 3.24 Descargas simultáneas para muebles sanitarios

Gasto total (L/min)	Demanda probable (L/min)	Gasto total (L/min)	Demanda probable (L/min)
60.60	54.90	405.00	159.00
68.10	60.60	465.60	170.30
75.70	66.20	537.50	181.70
87.10	71.90	617.00	196.80
98.40	77.60	711.70	212.00
113.60	85.20	817.60	230.90
132.50	90.80	938.80	246.10
151.40	98.40	1082.80	268.80
174.10	106.00	1245.40	291.50
200.60	113.60	1430.90	321.80
230.90	121.10	1646.60	359.60
268.80	128.70	1892.70	393.70
306.60	140.10	>1892.70	20% del máximo

Fuente: García Sosa Jorge. 2001. México. Instalaciones
hidráulicas y sanitarias en edificios.

Método Dawson y Bowman

Este método es similar al anterior; es decir utiliza tablas de gastos basados en experiencias de Dawson y Bowman en la Universidad de Wisconsin, especificando el número y el tipo de muebles que trabajan simultáneamente en distintos tipos de viviendas.

Se obtiene los caudales de diseño en (L/min) para cada mueble sanitario. La suma de caudales se hace de igual forma que en el método anterior. Con la diferencia que este método toma como referencia el tipo de edificio (ver tabla 3.1).

TABLA 3.1 Gastos de diseño recomendados para edificios de apartamentos vivienda unifamiliar

Tipo de Edificio	Muebles Sanitarios	Gasto total (L/min)	Gasto de diseño (L/min)
Casa unifamiliar de familia pequeña	2 llaves exteriores	37.85	18.93
	2 llaves de lavandería	60.56	30.28
	1 llave de fregadero	28.39	
	1 lavabo	18.93	18.93
	1 WC o inodoro*	11.36	11.36
	1 tina o regadera	37.85	
	Sumatorias	195.84	79.50
...			sigue...
... viene	2 llaves exteriores	37.85	
Casa unifamiliar de familia grande	2 llaves de lavandería	60.56	30.28
	1 llave de fregadero	28.39	
	3 lavabo	56.78	18.93
	3 WC o inodoro*	34.07	11.36
	2 tinas o regaderas	75.70	37.85
	Sumatorias	293.35	117.35
Dos familias en una sola planta	2 llaves exteriores	37.85	18.93
	4 llaves de lavandería	121.12	60.56
	2 llave de fregadero	56.78	28.39
	2 lavabo	37.85	18.93

	2 WC o inodoro*	22.71	11.36
	2 tinas o regaderas	75.70	
	Sumatorias	352.01	138.17
Cuatro familias en apartamentos	2 llaves exteriores	37.85	18.93
	6 llaves de lavandería	181.68	90.84
	4 llave de fregadero	113.55	56.78
	4 lavabo	75.70	18.93
	4 WC o inodoro*	45.42	22.71
	4 tinas o regaderas	151.40	
	Sumatorias	605.60	208.19
Seis familias en apartamentos	2 llaves exteriores	37.85	18.93
	8 llaves de lavandería	242.24	90.84
	6 llave de fregadero	170.33	81.38
	6 lavabo	75.70	37.85
	6 WC o inodoro*	68.13	22.71
	6 tinas o regaderas	227.10	37.85
	Sumatorias	821.35	289.56
* Todos los WC o inodoros se consideran de tanque. Si se utilizaran fluxómetros, úsese el valor de 113.55 L/min en las columnas 3 y 4 del WC.			

Fuente: Dawson y Bowman. Universidad de Wisconsin

b. Método semi-empírico

Al igual que los métodos empíricos, se basan en experiencias; pero se complementan teóricamente, permitiéndolo desarrollar expresiones matemáticas para el cálculo de caudales.

Factor de simultaneidad (norma española)

Se suman los caudales en L/min de igual forma que en los métodos anteriores, con la ayuda del cuadro 3.25

CUADRO 3.25 Caudales mínimos, método español

APARATO	Qmin (L/s)
Lavabo	0.10
Sanitario con depósito	0.10
Ducha	0.20
Lavadero	0.20
Lavadora	0.20
Lavaplatos	0.20
Llave externa	0.25
Fregadero	0.20
Bidel	0.10
Bañera	0.30
“oficce”	0.15
Fluxómetros	0.95-2.00

Fuente: Según normatividad española

Al caudal sumado en L/min se lo afecta por un coeficiente de simultaneidad K1 (Ec. 01).

$$K1 = \frac{1}{\sqrt{(n-1)}}$$

Aparato o Grupo	Uso	Tipo de Suministro	Unidades de Aparato		Total UD
			Agua caliente	Agua fría	

K1 - coeficiente de simultaneidad (> 0.2)

n - número de aparatos instalados en una vivienda.

c. Métodos probabilísticos

Método Hunter

Se determina las unidades de descarga **UD** de acuerdo al tipo de aparato sanitario de la tabla 3.2. Con este valor se determina el caudal máximo probable con las siguientes ecuaciones:

Con fluxómetro: ($0 < \mathbf{UD} < 1200$)
$$Q_{mp} = 31.27 \times \mathbf{UD}^{0.4585} \quad [\text{Ec. 04}]$$

Con tanque o llaves: ($0 < \mathbf{UD} < 1200$)
$$Q_{mp} = 6.7924 \times \mathbf{UD}^{0.6838} \quad [\text{Ec. 05}]$$

Con fluxómetro, tanque o llaves: ($\mathbf{UD} > 1200$)
$$Q_{mp} = 6.8881 \times \mathbf{UD}^{0.6841} \quad [\text{Ec. 06}]$$

TABLA 3.2 Tabla con las unidades (UD) de diferentes aparatos

Sanitario	Público	Fluxómetro		10	10
Sanitario		Tanque		5	5
Orinal pedestal		Fluxómetro 1"		10	10
Orinal pared		Fluxómetro 3/4"		5	5
Lavamanos			1.5	1.5	2
Tina			3	3	4
Regadera ducha		Mezclador	3	3	4
Lavaplatos		Mezclador	3	3	4
Sanitario	Privado	Fluxómetro		6	6
Sanitario		Tanque		3	3
Lavamanos		Mezclador	0.75	0.75	1
Tina		Mezclador	1.5	1.5	2
Regadera ducha		Mezclador	1.5	1.5	2
Grupo de baño		Sanitario Flux	2.25	6.75	8
Grupo de baño		Sanitario tanque	2.25	4.5	6
Lavaplatos			1.5	1.5	2
Lavadora		Mezclador	2.25	2.25	3

Fuente: [http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoA%20\(6\).pdf](http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoA%20(6).pdf)

Importante: Puesto que las tablas que se presentan en los métodos antes indicados para estimación de caudales no presentan caudal para urinarios, se ha tomado un caudal de 9 L/min, obtenido del software CYPE CAD (versión demostrativa).

3.1.2.2.2 Métodos para estimación de pérdidas de carga

a. Flamant

Este método se usa en conducciones de agua a presión, con tuberías rugosas de diámetros no mayores a 1.3 m. Utiliza la siguiente ecuación:

$$j = 4 \times C \times \left(\frac{4}{\pi} \right)^{7/4} \times \frac{q^{7/4}}{D^{19/4}} \quad \text{[Ec. 07]}$$

Donde:

- C - coeficiente de fricción (C= 0.0001 para PVC)⁵
- j - pérdida de carga unitaria de la conducción (m/m).
- D - diámetro de la tubería considerada (m).

b. Tuberías de PVC

La estimación de pérdidas para tuberías de PVC se determina para una presión de 20°C según la siguiente ecuación. Para número de Reynolds (Re) entre 3000 y 150 000

$$j_{20^\circ C} = 5.37 \times 10^{-4} \times D^{(-1.24)} \times V^{(1.76)} \quad \text{[Ec. 08]}$$

Donde:

- $J_{20^\circ C}$ - pérdida de carga unitaria de la conducción a una temperatura de 20°C (m/m).
- V - velocidad de circulación de agua (m/s).

⁵ Rafael Pérez Carmona. Instalaciones hidráulicas sanitarias y de gas en edificaciones. Segunda edición. Capítulo 3. Pag. 51. Santa Fe de Bogotá 1997.

D - diámetro de la tubería considerada (m).

Puesto que la estimación de pérdidas se determinó para una temperatura de 20°C, este valor se debe corregir. El factor de corrección de temperatura (Kt) se toma del cuadro 3.26, para el presente caso utilizamos una temperatura de 15°C, es decir Kt=1.003

CUADRO 3.26 Factor de corrección de temperatura

FACTOR DE CORRECIÓN DE TEMPERATURA (Kt)		
Temp. °C (t)	3 000≥Re≤150 000	150 000≥Re≤1 000 000
0	1.148	1.122
5	1.105	1.087
10	1.067	1.055
15	1.033	1.027
20	1.000	1.000

Fuente: [http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoA%20\(6\).pdf](http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoA%20(6).pdf)

El valor determinado para temperaturas de 20°C, se debe afectar por el factor de corrección para 15°C. Así:

$$j_{15^{\circ}C} = 1.033 \times j_{20^{\circ}C} \quad \text{[Ec. 08]}$$

3.1.2.2.3 Resultados de los cálculos manuales

TABLA 3.3 Cálculo manual. Edificio Modalidad Abierta

Métodos de obtención de caudales	Presión punto más crítico		Presión en edificio (m.c.a)		Caudal de entrada m ³ /s	Velocidad (m/s)
	FLAMANT	PVC	FLAMANT	PVC		
BRITANICO	19.77	18.06	89.40	102.03	0.0060	5.11
DAWSON Y BOWMAN	19.49	20.03	156.69	191.17	0.0099	8.32
FACTOR DE SIMULTANEIDAD	17.90	17.97	43.03	44.40	0.0016	1.36
HUNTER	17.86	17.92	62.85	83.88	0.0041	3.55

Fuente: El autor

TABLA 3.4 Cálculo manual. Cafetería

Métodos de obtención de caudales	Presión punto más crítico		Presión en edificio (m.c.a)		Caudal de entrada m ³ /s	Velocidad (m/s)
	FLAMANT	PVC	FLAMANT	PVC		
BRITANICO	10.88	10.90	0.00252	26.59	30.68	1.80
DAWSON Y BOWMAN	11.09	11.17	0.01040	135.40	175.85	6.06
FACTOR DE SIMULTANEIDAD	10.86	10.88	0.00083	16.16	16.84	0.71
HUNTER	10.92	10.96	0.00280	26.98	31.20	1.81

Fuente: El autor

TABLA 3.5 Cálculo manual. Capilla

Métodos de obtención de caudales	Presión punto más crítico		Presión en edificio (m.c.a)		Caudal de entrada m ³ /s	Velocidad (m/s)
	FLAMANT	PVC	FLAMANT	PVC		
BRITANICO	11.54	11.64	17.26	17.50	0.00097	1.66
DAWSON Y	11.35	11.40	15.47	16.52	0.00088	1.76

BOWMAN						
FACTOR DE SIMULTANEIDAD	11.24	11.25	12.69	12.94	0.00040	0.75
HUNTER	11.44	11.52	14.49	15.26	0.00068	1.18

Fuente: El autor

TABLA 3.6 Cálculo manual. Casa del guardián 1

Métodos de obtención de caudales	Presión punto más crítico		Presión en edificio (m.c.a)		Caudal de entrada m ³ /s	Velocidad (m/s)
	FLAMANT	PVC	FLAMANT	PVC		
BRITANICO	6.51	6.72	12.12	13.57	0.0012	1.77
DAWSON Y BOWMAN	7.07	7.44	21.61	26.04	0.0023	3.16
FACTOR DE SIMULTANEIDAD	6.46	6.66	8.84	9.27	0.0004	0.95
HUNTER	6.28	6.42	9.50	10.14	0.0007	1.15

Fuente: El autor

TABLA 3.7 Cálculo manual. Casa del guardián 2

Métodos de obtención de caudales	Presión punto más crítico		Presión en edificio (m.c.a)		Caudal de entrada m ³ /s	Velocidad (m/s)
	FLAMANT	PVC	FLAMANT	PVC		
BRITANICO	3.84	3.84	9.12	10.01	0.0011	1.08
DAWSON Y BOWMAN	4.59	4.78	17.68	21.18	0.0022	2.62
FACTOR DE SIMULTANEIDAD	3.90	3.92	6.93	7.14	0.0004	0.67
HUNTER	3.88	3.90	7.18	7.23	0.0005	0.77

Fuente: El autor

TABLA 3.8 Cálculo manual. CEDIB

Métodos de obtención de caudales	Presión punto más crítico		Presión en edificio (m.c.a)		Caudal de entrada m ³ /s	Velocidad (m/s)
	FLAMANT	PVC	FLAMANT	PVC		
BRITANICO	6.13	6.22	24.41	28.87	0.0008	3.61
DAWSON Y BOWMAN	7.80	8.38	37.32	45.30	0.0010	5.23
FACTOR DE SIMULTANEIDAD	6.06	6.13	10.87	11.60	0.0002	1.47
HUNTER	6.12	6.21	13.07	13.65	0.0003	2.05

Fuente: El autor

TABLA 3.9 Cálculo manual. CERART

... viene

Métodos de obtención de caudales	Presión punto más crítico		Presión en edificio (m.c.a)		Caudal de entrada m ³ /s	Velocidad (m/s)
	FLAMANT	PVC	FLAMANT	PVC		
BRITANICO	14.83	15.07	102.92	128.40	0.0027	4.06
DAWSON Y BOWMAN	14.32	14.44	217.81	281.98	0.0047	4.42
FACTOR DE SIMULTANEIDAD	14.01	14.04	32.46	35.41	0.0008	1.20
HUNTER	14.57	14.74	57.99	69.08	0.0017	2.46

Fuente: El autor

TABLA 3.10 Cálculo manual. CERART. Planta a desnivel

Métodos de obtención de caudales	Presión punto más crítico		Presión en edificio (m.c.a)		Caudal de entrada m ³ /s	Velocidad (m/s)
	FLAMANT	PVC	FLAMANT	PVC		
BRITANICO	12.24	13.52	19.90	22.38	0.0013	2.10

DAWSON Y BOWMAN	12.99	14.52	23.27	26.82	0.0018	2.59
FACTOR DE SIMULTANEIDAD	10.08	10.66	14.33	15.06	0.0004	0.91
HUNTER	9.62	10.04	14.50	15.27	0.0007	1.08

Fuente: El autor

TABLA 3.11 Cálculo manual. Edificio de aulas 3

Métodos de obtención de caudales	Presión punto más crítico		Presión en edificio (m.c.a)		Caudal de entrada m ³ /s	Velocidad (m/s)
	FLAMANT	PVC	FLAMANT	PVC		
BRITANICO	11.62	11.87	28.32	32.97	0.0024	2.00
DAWSON Y BOWMAN	11.78	12.08	62.22	78.34	0.0051	3.42
FACTOR DE SIMULTANEIDAD	11.09	11.17	23.58	26.69	0.0019	1.49
HUNTER	12.51	13.03	27.68	32.09	0.0022	2.07

Fuente: El autor

TABLA 3.12 Cálculo manual. Edificio de aulas 4

Métodos de obtención de caudales	Presión punto más crítico		Presión en edificio (m.c.a)		Caudal de entrada m ³ /s	Velocidad (m/s)
	FLAMANT	PVC	FLAMANT	PVC		
BRITANICO	14.65	15.02	45.55	53.84	0.0025	3.14
DAWSON Y BOWMAN	13.95	14.13	69.14	84.56	0.0035	4.20
FACTOR DE SIMULTANEIDAD	13.51	13.57	43.16	51.24	0.0021	1.69
HUNTER	14.29	14.56	38.14	44.74	0.0022	2.31

Fuente: El autor

TABLA 3.13 Cálculo manual. Edificio de aulas 5

Métodos de obtención de caudales	Presión punto más crítico		Presión en edificio (m.c.a)		Caudal de entrada m ³ /s	Velocidad (m/s)
	FLAMANT	PVC	FLAMANT	PVC		
BRITANICO	8.17	8.27	30.65	37.96	0.0020	2.64
DAWSON Y BOWMAN	8.24	8.36	55.92	70.95	0.0033	3.85
FACTOR DE SIMULTANEIDAD	8.24	8.36	12.03	12.59	0.0004	0.82
HUNTER	8.06	8.14	20.47	23.78	0.0014	1.78

Fuente: El autor

TABLA 3.14 Cálculo manual. Edificio de aulas 6

Métodos de obtención de caudales	Presión punto más crítico		Presión en edificio (m.c.a)		Caudal de entrada m ³ /s	Velocidad (m/s)
	FLAMANT	PVC	FLAMANT	PVC		
BRITANICO	10.65	10.91	30.93	36.32	0.0017	2.56
DAWSON Y BOWMAN	15.50	17.08	52.14	64.36	0.0026	5.09
FACTOR DE SIMULTANEIDAD	6.53	10.65	18.58	20.56	0.0007	1.43
HUNTER	6.42	10.51	16.96	18.43	0.0007	1.36

Fuente: El autor

TABLA 3.15 Cálculo manual. Edificio central

Métodos de obtención de caudales	Presión punto más crítico		Presión en edificio (m.c.a)		Caudal de entrada m ³ /s	Velocidad (m/s)
	FLAMANT	PVC	FLAMANT	PVC		
BRITANICO	18.32	19.14	136.55	180.27	0.0078	4.78
DAWSON Y BOWMAN	22.10	24.05	1046.45	1540.53	0.0236	12.91
FACTOR DE SIMULTANEIDAD	15.93	16.03	46.28	50.95	0.0018	1.19
HUNTER	16.68	16.73	110.98	127.85	0.0053	2.98

Fuente: El autor

... viene

TABLA 3.16 Cálculo manual. Editorial

Métodos de obtención de caudales	Presión punto más crítico		Presión en edificio (m.c.a)		Caudal de entrada m ³ /s	Velocidad (m/s)
	FLAMANT	PVC	FLAMANT	PVC		
BRITANICO	11.78	11.29	67.44	81.03	0.0026	4.35
DAWSON Y BOWMAN	14.10	14.94	168.04	220.18	0.0057	5.91
FACTOR DE SIMULTANEIDAD	11.68	11.79	21.32	27.85	0.0008	1.34
HUNTER	13.03	13.54	37.87	44.48	0.0016	2.68

Fuente: El autor

TABLA 3.17 Cálculo manual. Laboratorios 1

Métodos de obtención de caudales	Presión punto más crítico		Presión en edificio (m.c.a)		Caudal de entrada m ³ /s	Velocidad (m/s)
	FLAMANT	PVC	FLAMANT	PVC		

BRITANICO	22.65	24.47	138.61	169.54	0.0086	2.70
DAWSON Y BOWMAN	47.23	48.96	936.47	1204.79	0.0398	13.47
FACTOR DE SIMULTANEIDAD	18.32	18.70	59.93	66.13	0.0032	1.09
HUNTER	17.84	18.07	65.32	73.21	0.0039	1.34

Fuente: El autor

TABLA 3.18 Cálculo manual. Laboratorios 2

Métodos de obtención de caudales	Presión punto más crítico		Presión en edificio (m.c.a)		Caudal de entrada m ³ /s	Velocidad (m/s)
	FLAMANT	PVC	FLAMANT	PVC		
BRITANICO	15.65	16.06	147.95	160.14	0.0110	3.76
DAWSON Y BOWMAN	19.20	20.71	508.49	552.06	0.0322	10.17
FACTOR DE SIMULTANEIDAD	15.37	15.69	54.77	59.95	0.0037	1.28
HUNTER	14.57	14.65	55.79	70.21	0.0054	1.78

Fuente: El autor

TABLA 3.19 Cálculo manual. Museo

Métodos de obtención de caudales	Presión punto más crítico		Presión en edificio (m.c.a)		Caudal de entrada m ³ /s	Velocidad (m/s)
	FLAMANT	PVC	FLAMANT	PVC		
BRITANICO	5.83	5.93	12.52	13.86	0.0010	1.89
DAWSON Y BOWMAN	7.54	8.12	23.42	27.85	0.0015	3.38
FACTOR DE SIMULTANEIDAD	5.76	5.84	8.53	8.81	0.0003	0.81

HUNTER	5.83	5.92	9.81	9.75	0.0005	1.25
---------------	------	------	------	------	--------	------

Fuente: El autor

TABLA 3.20 Cálculo manual. Octógono

Métodos de obtención de caudales	Presión punto más crítico		Presión en edificio (m.c.a)		Caudal de entrada m ³ /s	Velocidad (m/s)
	FLAMANT	PVC	FLAMANT	PVC		
BRITANICO	20.36	11.18	48.49	53.37	0.0083	1.38
DAWSON Y BOWMAN	21.98	13.21	80.74	94.55	0.0179	2.97
FACTOR DE SIMULTANEIDAD	20.18	20.21	56.57	54.53	0.0083	1.38
HUNTER	20.21	20.25	49.16	54.25	0.0091	1.51

Fuente: El autor

TABLA 3.21 Cálculo manual. Polideportivo

Métodos de obtención de caudales	Presión punto más crítico		Presión en edificio (m.c.a)		Caudal de entrada m ³ /s	Velocidad (m/s)
	FLAMANT	PVC	FLAMANT	PVC		
BRITANICO	21.11	23.67	57.52	70.35	0.0032	2.44
DAWSON Y BOWMAN	172.69	224.63	383.70	503.25	0.0126	10.05
FACTOR DE SIMULTANEIDAD	17.61	16.52	24.61	26.51	0.0012	1.10
HUNTER	27.10	29.17	53.91	65.62	0.0032	2.63

Fuente: El autor

TABLA 3.22 Cálculo manual. UPSI

Métodos de obtención de caudales	Presión punto más crítico		Presión en edificio (m.c.a)		Caudal de entrada m ³ /s	Velocidad (m/s)
	FLAMANT	PVC	FLAMANT	PVC		
BRITANICO	20.06	20.20	47.37	51.19	0.0070	1.08
DAWSON Y BOWMAN	22.45	23.36	76.29	89.18	0.0155	1.91
FACTOR DE SIMULTANEIDAD	19.96	20.07	51.92	57.13	0.0095	1.33
HUNTER	19.90	20.00	46.99	50.71	0.0081	1.12

Fuente: El autor

3.1.3 Levantamiento topográfico de la red de agua potable de la UTPL

Previo al levantamiento se realizó una inspección visual de la red, con la ayuda del Ing. Residente a cargo de la construcción de la nueva tubería, dicho profesional indicó y proporcionó la trayectoria y dimensionamiento de la nueva conducción.

Los datos de la antigua red fueron proporcionados por el departamento de infraestructura de la Universidad.

El levantamiento y nivelación se realizó desde el reservorio, ubicado a la altura de los invernaderos al este del campus universitario, hasta cada nudo de acometida en los edificios.

Tomando como punto de partida los datos de campo, obtenidos del levantamiento topográfico, se calculó y determinó una longitud total de tubería de 1895.88 m comprendidas en PVC y HG (Ver cuadro 2.47).

Del rediseño de fontanería en cada edificio de la U.T.P.L. se obtuvo aproximadamente 3600.56 m en conducción, la misma que provee agua a un número de 662 aparatos sanitarios (ver anexo 1. Cap. 3. Resumen de aparatos sanitarios y longitudes totales de cada edificio).

CUADRO 3.27 Longitud total de tuberías

Descripción	Longitud (m)
PVC 63 mm	260.12
PVC 90 mm	764.60
PVC 110mm	482.70
PVC 160mm	216.08
HG 6 pulgadas	172.38

Fuente: El autor

Con los datos de altura de los nudos de consumo (que incluye hidrantes y cortadoras) y longitud de las tuberías tomados del levantamiento topográfico; así como también los diámetro de tuberías y profundidad (proporcionados por el ingeniero residente a cargo de la construcción de la nueva red), se modeló la red en EPANET V2.0 programa que fue desarrollado por la U.S. Environmental Protection Agency para la simulación de redes mixtas de agua potable, CYPECAD (versión demostrativa), y cálculos manuales (hojas electrónicas de Excel).

3.1.4 Modelación de la red de agua potable de la UTPL en el software: EPANET. V2.0

La modelación en EPANET V2.0 se hizo como modo de comprobación de la red existente en el área universitaria, en el cual se ingresó para cada nudo de acometida de la red los gastos totales obtenidos del diseño de cada edificio (método de simultaneidad). Los cuales sumados da una cantidad de 52.06 L/s.

La altura de los nudos y longitud de la tubería se obtuvo del levantamiento topográfico. La dimensión de los diámetros internos se tomó para una presión de trabajo de 1 MPa.

Las tuberías de la red de agua potable en la UTPL son de PVC y HG por lo que se utilizó un coeficiente de rugosidad⁶ $C= 0.0025$ para PVC y $C=0.15$ en HG, para el cálculo de las pérdidas con la fórmula de Darcy-Weisbach.

Las condiciones de diseño para velocidad y presión se modeló para mantenerlas según los parámetros estipulados en la EX-IEOS⁷, las mismas que indican que la velocidad dentro de las tuberías deberá, en lo posible, mantenerse alrededor de 1,5 m/s; y, en lo que a presión se refiere, se establece un mínimo de 10 m de columna de agua en los puntos y condiciones más desfavorables de la red. La presión estática máxima, no deberá, en lo posible, ser mayor a 70 m. de columna de agua y presión máxima dinámica, 50 m.

Para la simulación se aplicó coeficientes de simultaneidad, los cuales variaban según las horas de mayor demanda en la Universidad. Primeramente se realizó

⁶ Coeficiente de rugosidad según tipo de material, tomados de: [http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga-htm#Darcy-Weisbach_\(1875\)](http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga-htm#Darcy-Weisbach_(1875))

⁷ Instituto Ecuatoriano de obras sanitarias IEOS. Normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones. Parte séptima, literal 4.2.3.2, 4.2.3.3. y 4.2.5.5

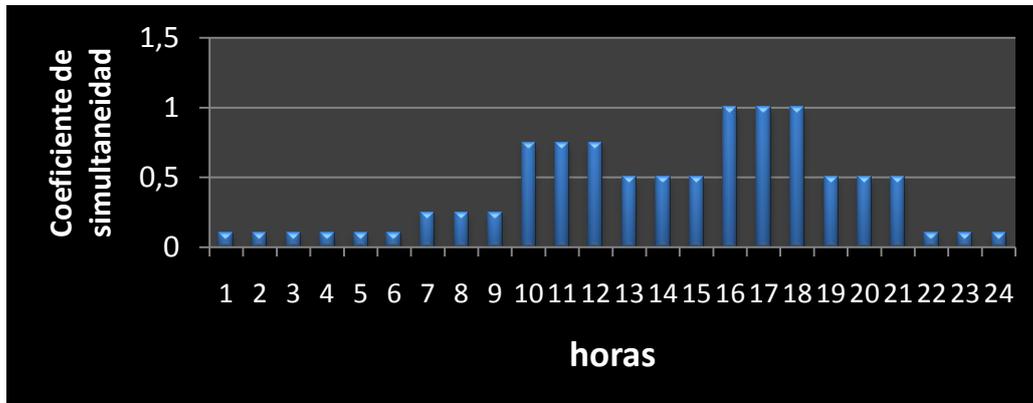
con un coeficiente de 1 para las horas pico (como si todos los aparatos estuviesen funcionando al mismo tiempo). Ver cuadro 3.28

CUADRO 3.28 Coeficiente de simultaneidad para las 24H00. K=1

HORAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
COEFICIENTE	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.25	0.25	0.25	0.75	0.75	0.75
HORAS	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
COEFICIENTE	0.5	0.5	0.5	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.1

Fuente: El autor

GRÁFICA 3.1 Simultaneidad vs horas. K=1



Fuente: El autor

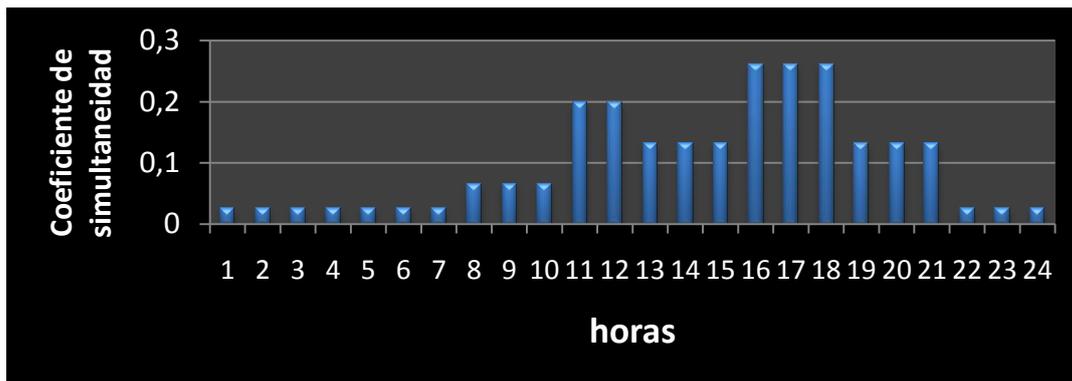
Luego, se aplicó la fórmula para simultaneidad (Ec. 02) en diferentes tipos de vivienda, obteniéndose un valor de 0.26 para las horas pico. Ver tabla 3.29

CUADRO 3.29 Coeficiente de simultaneidad para las 24H00. Para K=0.26

Fuente: El autor

GRÁFICA 2.1 Simultaneidad vs horas. Para K=0.26

HORAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
COEFICIENTE	0.026	0.026	0.026	0.026	0.026	0.026	0.026	0.066	0.066	0.066	0.198	0.198
HORAS	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
COEFICIENTE	0.132	0.132	0.132	0.26	0.26	0.26	0.132	0.132	0.132	0.026	0.026	0.026



Fuente: El autor

Además, para cada uno de los coeficientes antes indicados, se modeló con un hidrante de 5 L/s, según el caudal asignado para cada hidrante del campus UTPL

3.1.5 Modelación de la red de agua potable de la UTPL en el software: CYPE CAD (versión demostrativa)

Para esto se introdujo los mismos datos (caudal, longitud de tuberías, diámetros, cotas de los nudos, coeficientes de rugosidad) utilizados para la modelación en EPANET V2.0.

De igual forma que en EPANET se diseñó para $K=1$ y $K=0.26$ (Ec. 04). Este software también se aplicó la fórmula de Darcy-Weisbach, cuyos valores de rugosidad son los mismos utilizados en EPANET.

3.1.6 Modelación de la red de agua potable de la UTPL con cálculos manuales (hojas electrónicas de Excel).

Para el cálculo manual se modeló con: Darcy Weisbach, Hazen Williams y Chezy Manning (ver anexo 2. Cap. 3). Para los coeficientes de rugosidad de Darcy se utilizó el de EPANET y CYPECAD.

Para Hazen-Williams y Chezy-Manning los coeficientes⁸ son los siguientes:

- Hazen Williams: CH(PVC)= 140 y CH (HG)= 120
- Chezy Manning: n (PVC)= 0.015 y n(HG)= 0.015

Los datos hidráulicos y coeficientes correspondientes a nudos y líneas, son los mismos utilizados en los softwares antes mencionados.

Los datos obtenidos en los softwares CYPECAD, EPANET v2 y el cálculo manual, se presentan en un análisis comparativo en el capítulo 4.

⁸ EPANET, manual de usuario. Tabla 3.2. Pág. 28.

CAPÍTULO IV

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS E IMPLEMENTACIÓN DE
NUDOS DE CONTROL EN LA RED DE AGUA POTABLE DE LA
UTPL**

4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS E IMPLEMENTACIÓN DE NUDOS DE CONTROL EN LA RED DE AGUA POTABLE DE LA UTPL.

4.1. Interpretación de resultados en la red de agua potable de la UTPL.

El presente capítulo muestra el comportamiento de caudales y velocidades de la red de agua potable del campus UTPL. Se analizará la presión disponible en cada nudo y las velocidades en las líneas de distribución de dicha red, de acuerdo a los parámetros de diseño.

Se comparará el comportamiento del sistema, con la utilización de EPANET V2.0 y CYPE CAD versión demostrativa, además se complementará su análisis con cálculos hechos manualmente (hojas electrónicas de Excel), todos éstos para redes.

La aplicación de éstos paquetes computacionales y el cálculo manual, se hará en modo de comprobación, puesto que la red de la Universidad ya se

encuentra construida, la misma que ha sido ampliada sin contar con un diseño previo, por lo que se espera que las presiones estén dentro de los rangos. Caso contrario se hará las respectivas sugerencias y recomendaciones para mejorar el desempeño en la red.

En lo que corresponde a diseño de caudales, presiones y velocidades de las redes de distribución en los edificios de la UTPL, de igual forma se hizo comprobaciones con diferentes métodos tanto para cálculo de caudales (Británico, Dawson y Bowman, simultaneidad, Hunter) como para cálculo de pérdidas (Flamant y PVC). Los datos obtenidos por la aplicación de éstos diferentes métodos se analizarán en los histogramas correspondientes (gráficas. 4.1, 4.2 y 4.3).

Un nudo de control permite al encargado de operación y mantenimiento de la red, tener un registro continuo del comportamiento de la red, obteniéndose datos de caudal trasegado por la red, velocidad del fluido en las tuberías y la presión disponible en cada nudo. Y se podrá comparar los datos teóricos con los reales

4.1.1 Diseño manual en edificios de la UTPL

4.1.1.1 Caudales

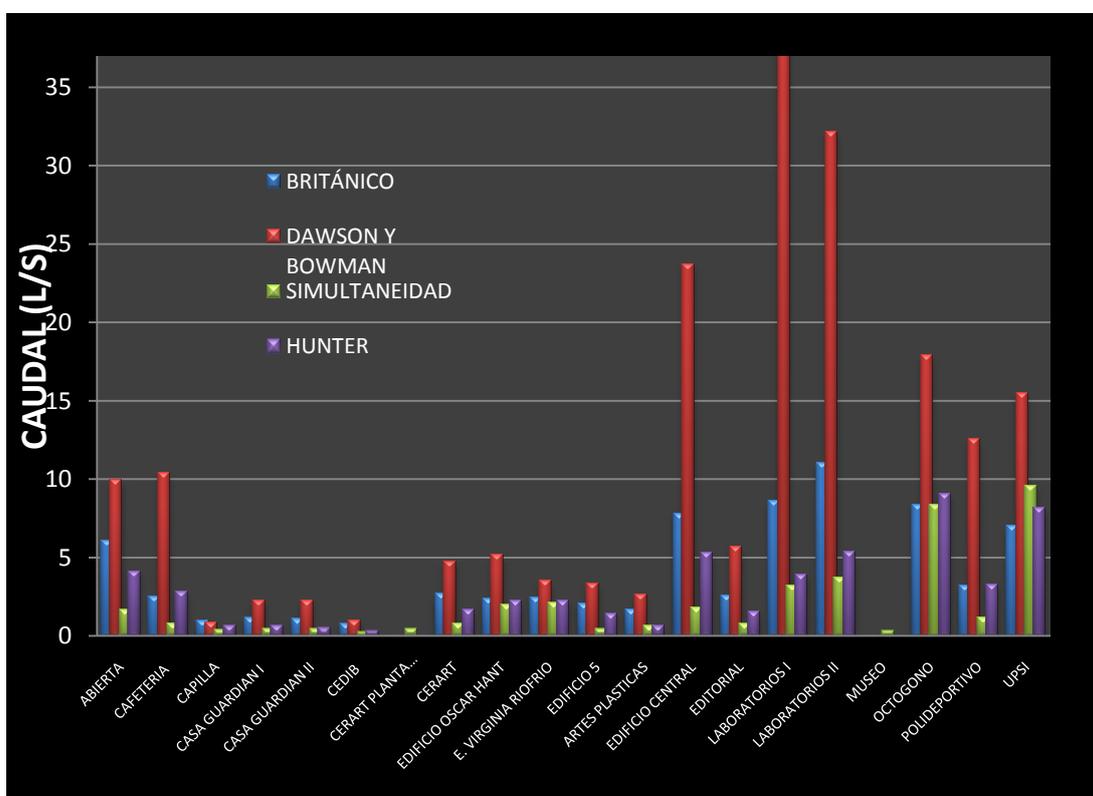
CUADRO 4.1 Resultado de los métodos aplicados para caudales

	MÉTODOS			
EDIFICIOS	BRITÁNICO (m3/s)	DAWSON Y BOWMAN (m3/s)	SIMULTANEIDAD (m3/s)	HUNTER (m3/s)

ABIERTA	6.04	9.89	1.64	4.13
CAFETERIA	2.52	10.40	0.83	2.80
CAPILLA	0.97	0.88	0.40	0.68
CASA GUARDIAN I	1.16	2.26	0.45	0.69
CASA GUARDIAN II	1.07	2.23	0.42	0.51
CEDIB	0.80	1.01	0.23	0.29
CERART PLANTA DESNIVEL	0.001	0.002	0.41	0.001
CERART	2.69	4.71	0.81	1.65
EDIFICIO OSCAR HANT	2.36	5.11	1.94	2.23
E. VIRGINIA RIOFRIO	2.48	3.50	2.06	2.20
EDIFICIO 5	2.01	3.31	0.41	1.39
ARTES PLASTICAS	1.68	2.63	0.65	0.65
EDIFICIO CENTRAL	7.75	23.63	1.81	5.34
EDITORIAL	2.60	5.71	0.79	1.56
LABORATORIOS I	8.61	39.77	3.21	3.92
LABORATORIOS II	11.03	32.16	3.68	5.37
MUSEO	0.0010	0.0015	0.30	0.0005
OCTOGONO	8.32	17.89	8.30	9.06
POLIDEPORTIVO	3.19	12.55	1.19	3.22
UPSI	7.02	15.48	9.52	8.11

Fuente: El autor

GRÁFICA 4.1 Histograma de caudales. UTPL



Fuente: El autor

De acuerdo a la gráfica se puede deducir que los caudales obtenidos por los métodos empíricos (Dawson & Bowman y Británico) son en términos generales los más elevados, estos no son recomendables en diseños de edificios de nuestro entorno, por lo que genera un sobredimensionamiento en las instalaciones debido a que los cuadros de caudales utilizados para éstos

métodos se basan en experiencias relacionadas al número de muebles que pueden estar en funcionamiento al mismo tiempo.

De igual manera se observa que estos métodos son más aplicables en edificaciones donde existan menos cantidades de muebles sanitarios.

El método de simultaneidad es el más aplicable, ya que este fue el que más se aproximó a los rangos establecidos para velocidades, según normas técnicas, sin causar sobredimensionamiento en las instalaciones.

El método probabilístico de Hunter en algunos casos es igual o semejante a los de simultaneidad y cumplen los parámetros técnicos de diseño, haciéndolo aplicable para todo tipo de edificaciones.

4.1.1.2 Presiones

a. Método Flamant

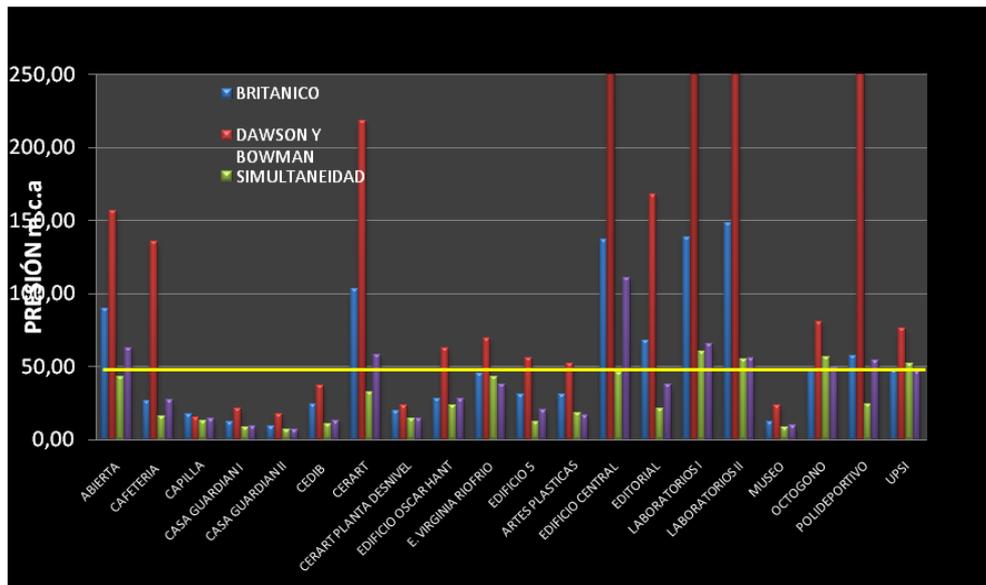
CUADRO 4.2 Resultado de presiones demandadas (Flamant)

EDIFICIOS	MÉTODO DE FLAMANT			
	BRITANICO m.c.a	DAWSON Y BOWMAN m.c.a	SIMULTANEIDAD m.c.a	HUNTER m.c.a
ABIERTA	89.40	156.69	43.03	62.85
CAFETERIA	26.60	135.40	16.17	26.99
CAPILLA	17.26	15.47	12.69	14.49
CASA GUARDIAN I	12.12	21.61	8.84	9.50
CASA GUARDIAN II	9.12	17.68	6.93	7.18

CEDIB	24.41	37.32	10.87	13.07
CERART	102.92	217.81	32.46	57.99
CERART PLANTA DESNIVEL	19.90	23.27	14.33	14.50
EDIFICIO OSCAR HANT	28.32	62.22	23.58	27.68
E. VIRGINIA RIOFRIO	45.55	69.14	43.16	38.14
EDIFICIO 5	30.65	55.92	12.03	20.47
ARTES PLASTICAS	30.93	52.14	18.58	16.96
EDIFICIO CENTRAL	136.55	1046.45	46.28	110.98
EDITORIAL	67.44	168.04	21.32	37.87
LABORATORIOS I	138.61	936.47	59.93	65.32
LABORATORIOS II	147.95	508.49	54.77	55.79
MUSEO	12.52	23.42	8.53	9.81
OCTOGONO	48.49	80.74	56.57	49.16
POLIDEPORTIVO	57.52	383.70	24.61	53.91
UPSI	47.37	76.29	51.92	46.99

Fuente: El autor

GRÁFICA 4.2 Histograma de presiones demandadas (Flamant.) UTPL



Fuente: El autor

b. Método PVC

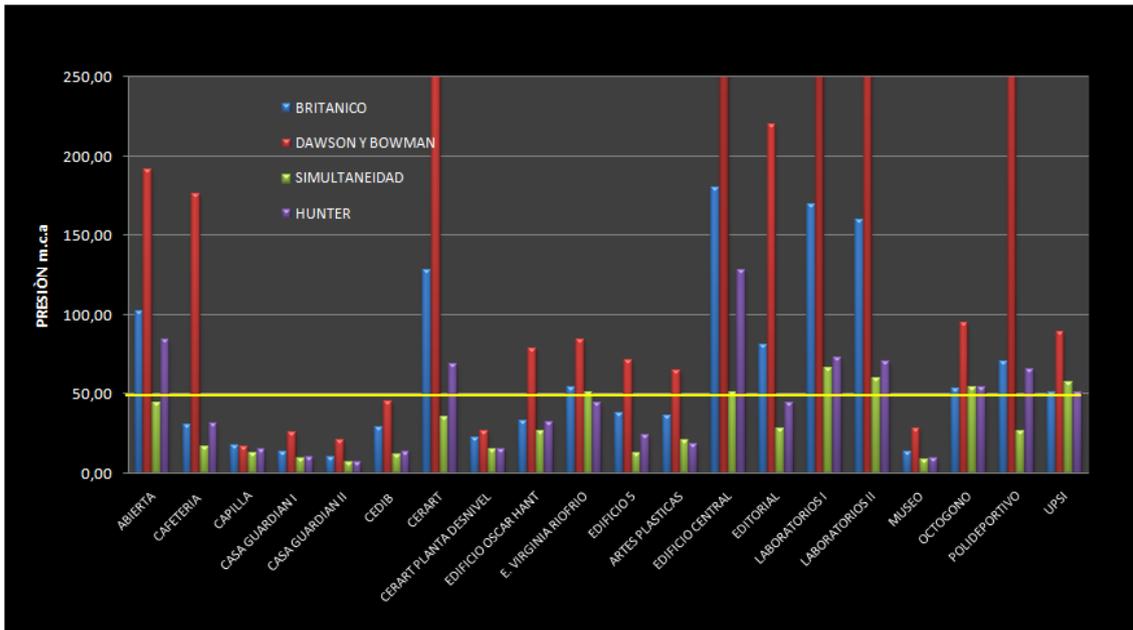
CUADRO 4.3 Resultado de presiones por PVC

EDIFICIOS	MÉTODO PVC			
	BRITANICO (m.c.a)	DAWSON Y BOWMAN (m.c.a)	SIMULTANEIDAD (m.c.a)	HUNTER (m.c.a)
ABIERTA	102.03	191.17	44.40	83.88
CAFETERIA	30.68	175.85	16.85	31.21

CAPILLA	17.50	16.52	12.94	15.26
CASA GUARDIAN I	13.57	26.04	9.27	10.14
CASA GUARDIAN II	10.01	21.18	7.14	7.23
CEDIB	28.87	45.30	11.60	13.65
CERART	128.40	281.98	35.41	69.08
CERART PLANTA DESNIVEL	22.38	26.82	15.06	15.27
EDIFICIO OSCAR HANT	32.97	78.34	26.69	32.09
E. VIRGINIA RIOFRIO	53.84	84.56	51.24	44.74
EDIFICIO 5	37.96	70.95	12.59	23.78
ARTES PLASTICAS	36.32	64.36	20.56	18.43
EDIFICIO CENTRAL	180.27	1540.53	50.95	127.85
EDITORIAL	81.03	220.18	27.85	44.48
LABORATORIOS I	169.54	1204.79	66.13	73.21
LABORATORIOS II	160.14	552.06	59.95	70.21
MUSEO	13.86	27.85	8.81	9.75
OCTOGONO	53.37	94.55	54.53	54.25
POLIDEPORTIVO	70.35	503.25	26.51	65.62
UPSI	51.19	89.18	57.13	50.71

Fuente: El autor

GRÁFICA 4.3 Histograma de presiones por PVC. UTP



Fuente: El autor

Los histogramas mostrados anteriormente para el método de Flamant (gráfica 4.2) y PVC (gráfica 4.3), y los resultados nos indican que la variación de presiones entre estos dos métodos no es muy significativa. Aproximadamente el rango de variación es de 1 a 2 m.c.a.

De igual forma que en las gráficas de caudal (gráfica 4.1) los métodos empíricos sobrepasan el límite permisible de presión que es de 50 m.c.a. La línea horizontal de color amarilla muestra el valor de presión permisible. Estos resultados nos indican que tenemos que aumentar diámetros lo que causaría que sobredimensionemos la red y se encarezca la misma por lo que no sería aconsejable tomar estos métodos.

4.2. Análisis comparativo entre los diferentes métodos y software aplicados para la modelación de la red UTPL.

a. Velocidades

Cuadro 4.4 Resumen de velocidades para la red UTP

Línea	velocidad (m/s)											
	EPANET V2.0				CYPE CAD				CÁLCULO MANUAL			
	K=1 con H	K=1 sin H	K=0.26 con H	K=0.26 sin H	K=1 con H	K=1 sin H	K=0.26 con H	K=0.26 sin H	K=1 con H	K=1 sin H	K=0.26 con H	K=0.26 sin H
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.000
3	2.6	2.37	0.84	0.61	2.24	2.18	0.81	0.58	3.13	2.87	0.81	0.745
4	2.6	2.37	0.84	0.61	2.24	2.18	0.81	0.58	3.13	2.87	0.81	0.745
5	1.02	1.02	0.26	0.26	2.08	2.08	0.54	0.54	1.02	1.02	0.27	0.266
6	0.69	0.58	0.22	0.12	0.67	0.64	0.25	0.14	0.00	0.00	0.00	0.000
7	0.42	0.39	0.12	0.09	0.42	0.4	0.54	0.1	0.22	0.22	0.06	0.058
8	0.42	0.39	0.12	0.09	0.42	0.4	0.54	0.1	0.22	0.22	0.06	0.058
9	0.69	0.58	0.22	0.12	0.67	0.64	0.25	0.14	0.00	0.00	0.00	0.000
10	2.75	2.49	0.9	0.63	2.39	2.32	0.87	0.60	3.09	2.82	0.80	0.734
11	2.75	2.49	0.9	0.63	2.39	2.32	0.87	0.60	3.09	2.82	0.80	0.734
14	0.78	0.78	0.2	0.2	0.78	0.78	0.2	0.2	0.78	0.78	0.20	0.203
15	0.78	0.78	0.2	0.2	0.78	0.78	0.2	0.2	0.78	0.78	0.20	0.203
16	0.78	0.78	0.2	0.2	0.78	0.78	0.2	0.2	0.78	0.78	0.20	0.203
17	2.8	2.53	0.91	0.64	2.44	2.36	0.88	0.61	3.13	2.87	0.81	0.745
18	2.78	2.51	0.9	0.64	2.39	2.32	0.875	0.6	3.11	2.84	0.81	0.740
19	2.75	2.49	0.9	0.63	2.39	2.32	0.87	0.6	3.09	2.82	0.80	0.734
21	2.75	2.49	0.9	0.63	2.39	2.32	0.87	0.6	3.09	2.82	0.80	0.734
22	1.16	1.16	0.3	0.3	1.16	1.16	0.3	0.3	1.16	1.16	0.30	0.303
23	1.16	1.16	0.3	0.3	1.16	1.16	0.3	0.3	1.16	1.16	0.30	0.303
24	2.42	2.16	0.81	0.55	2.06	1.99	0.78	0.52	2.42	2.16	0.63	0.561

25	2.67	2.38	0.9	0.61	2.27	2.19	0.86	0.57	2.67	2.38	0.70	0.619
26	0.51	0.51	0.13	0.13	1.04	1.04	0.27	0.27	0.51	0.51	0.13	0.133
27	1.2	0.28	0.99	0.07	1.2	0.28	1	0.07	1.00	0.28	0.26	0.072
28	1	0.07	0.94	0.02	1	0.07	0.94	0.02	0.07	0.07	0.02	0.019
29	1.53	1.53	0.39	0.39	3.12	3.12	0.81	0.81	1.53	1.53	0.40	0.399
30	2.29	2.29	0.58	0.58	2.11	2.11	0.55	0.55	2.29	2.29	0.60	0.596
31	0.67	0.67	0.17	0.17	0.67	0.67	0.18	0.18	0.67	0.67	0.18	0.175
32	0.68	0.68	0.17	0.17	1.78	1.38	0.36	0.36	0.68	0.68	0.18	0.177
33	0.15	0.15	0.04	0.04	0.15	0.15	0.04	0.04	0.15	0.15	0.04	0.039
34	0.15	0.15	0.04	0.04	0.15	0.15	0.04	0.04	0.15	0.15	0.04	0.039
35	3.36	3.36	0.92	0.92	3.22	3.22	0.84	0.84	3.61	3.61	0.94	0.939
36	2.03	2.03	0.52	0.52	1.84	1.84	0.48	0.48	2.03	2.03	0.53	0.528
41	0.67	0.67	0.17	0.17	0.67	0.67	0.18	0.18	0.67	0.67	0.18	0.175
42	0.67	0.67	0.17	0.17	0.67	0.67	0.18	0.18	0.67	0.67	0.18	0.175
43	0.41	0.41	0.1	0.1	0.83	0.83	0.22	0.22	0.41	0.41	0.11	0.106
45	0.4	0.4	0.1	0.1	0.4	0.4	0.1	0.1	0.40	0.40	0.10	0.105
46	0.3	0.3	0.08	0.08	0.3	0.3	0.08	0.08	0.30	0.30	0.08	0.078
47	0.3	0.3	0.08	0.08	0.62	0.62	0.16	0.16	0.30	0.30	0.08	0.079
48	0.3	0.3	0.08	0.08	0.62	0.62	0.16	0.16	0.30	0.30	0.08	0.079
50	0.15	0.15	0.04	0.04	0.1	0.1	0.03	0.03	0.10	0.10	0.03	0.025
52	1.17	1.17	0.3	0.3	3.58	3.58	0.93	0.93	1.17	1.17	0.31	0.305
53	2.44	2.44	0.62	0.62	2.04	2.04	0.53	0.53	2.44	2.44	0.63	0.634
60	0.79	0.79	0.2	0.2	1.2	1.2	1.31	0.31	0.79	0.79	0.21	0.205
61	0.39	0.39	0.1	0.1	1.2	1.2	0.31	0.31	0.39	0.39	0.10	0.102
63	0.39	0.39	0.1	0.1	0.39	0.39	0.1	0.1	0.39	0.39	0.10	0.102
64	0.56	0.56	0.14	0.14	0.28	0.28	0.07	0.07	0.56	0.56	0.15	0.146
65	0.45	0.45	0.11	0.11	0.45	0.45	0.12	0.12	0.45	0.45	0.12	0.116
66	0.21	0.21	0.05	0.05	0.21	0.21	0.05	0.05	0.21	0.21	0.05	0.055
68	0.21	0.21	0.05	0.05	0.21	0.21	0.05	0.05	0.21	0.21	0.05	0.055
69	0.21	0.21	0.05	0.05	0.21	0.21	0.05	0.05	0.21	0.21	0.05	0.055
70	0.19	0.19	0.05	0.05	0.19	0.19	0.05	0.05	0.19	0.19	0.05	0.048

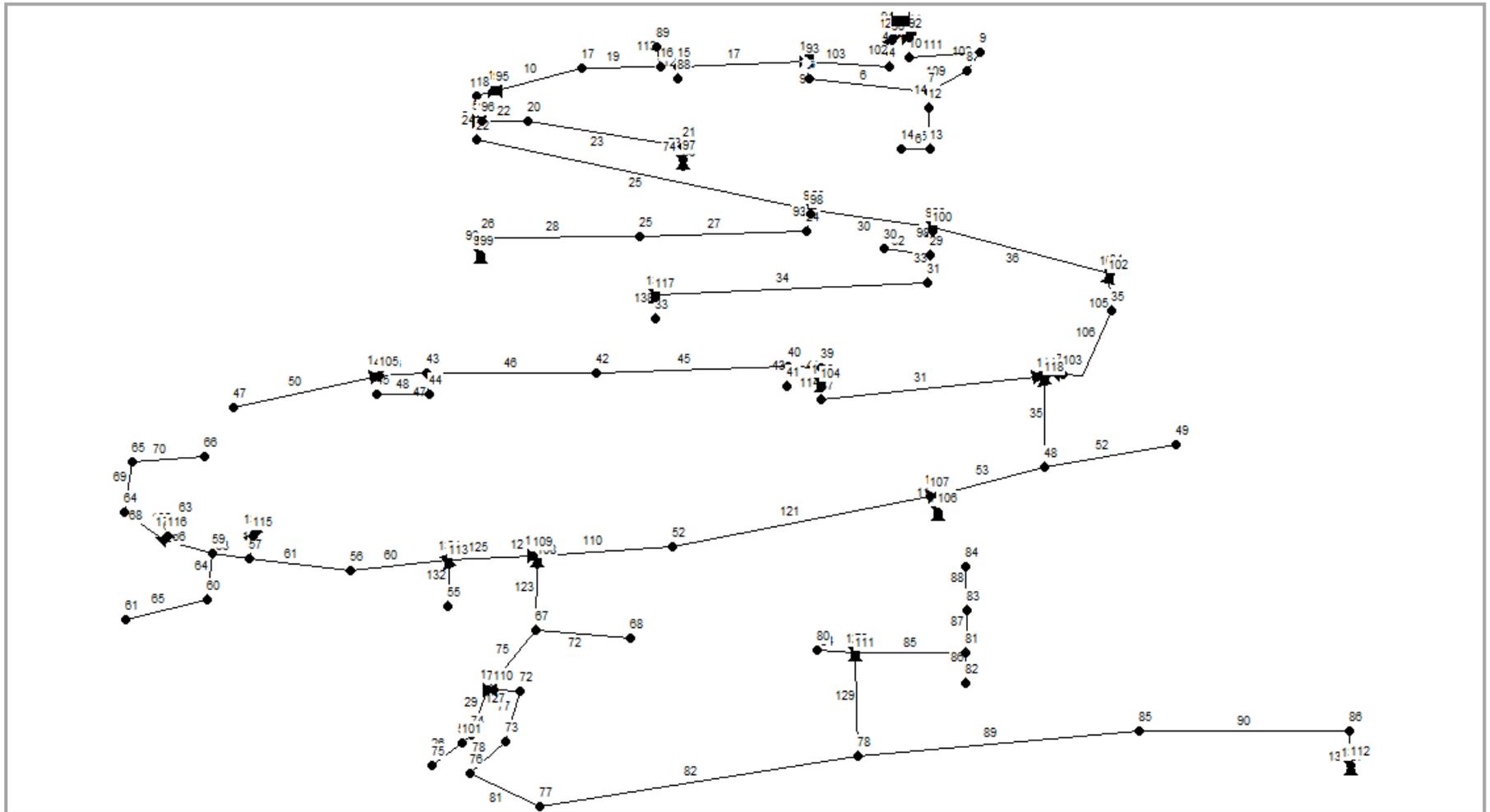
72	0.62	0.62	0.16	0.16	0.73	0.73	0.19	0.19	0.73	0.73	0.19	0.190	
73	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.000	
75	2.11	2.11	0.54	0.54	2.11	2.11	2.11	0.55	2.11	2.11	0.55	0.549	
77	0.58	0.58	0.15	0.15	0.58	0.58	0.58	0.15	0.58	0.58	0.15	0.150	
78	0.58	0.58	0.15	0.15	0.58	0.58	0.58	0.15	0.58	0.58	0.15	0.150	
81	0.58	0.58	0.15	0.15	0.58	0.58	0.58	0.15	0.58	0.58	0.15	0.150	
82	0.58	0.58	0.15	0.15	0.58	0.58	0.58	0.15	0.58	0.58	0.15	0.150	
velocidad (m/s)										sigue ...			
... viene		EPANET V2.0				CYPE CAD				CÁLCULO MANUAL			
Linea	K=1 con H	K=1 sin H	K=0.26 con H	K=0.26 sin H	K=1 con H	K=1 sin H	K=0.26 con H	K=0.26 sin H	K=1 con H	K=1 sin H	K=0.26 con H	K=0.2 6 sin H	
84	1.92	1.92	0.49	0.49	0.77	0.77	0.77	0.2	1.92	1.92	0.50	0.498	
85	0.99	0.99	0.25	0.25	0.4	0.4	0.4	0.1	0.99	0.99	0.26	0.256	
86	0.2	0.2	0.05	0.05	0.08	0.08	0.08	0.02	0.20	0.20	0.05	0.051	
87	0.79	0.79	0.2	0.2	0.32	0.32	0.032	0.08	0.79	0.79	0.21	0.206	
88	0.6	0.6	0.15	0.15	0.24	0.24	0.24	0.06	0.60	0.60	0.16	0.157	
89	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.000	
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.000	
93	1.2	0.28	0.99	0.07	1.2	0.28	1	0.07	1.00	0.28	0.26	0.072	
96	0.92	0	0.92	0	1.55	0	0.92	0	0.00	0.00	0.00	0.000	
98	0.83	0.83	0.21	0.21	0.83	0.83	0.22	0.22	0.83	0.83	0.22	0.216	
102	2.6	2.37	0.84	0.61	2.24	2.18	0.81	0.58	3.13	2.87	0.81	0.745	
103	2.6	2.37	0.84	0.61	2.24	2.18	0.81	0.58	3.13	2.87	0.81	0.745	
104	0.42	0.39	0.12	0.09	0.42	0.4	0.13	0.1	0.22	0.22	0.06	0.058	
105	2.03	2.03	0.52	0.52	1.84	1.84	0.48	0.48	2.03	2.03	0.53	0.528	
106	2.03	2.03	0.52	0.52	1.84	1.84	0.48	0.48	2.03	2.03	0.53	0.528	
108	1.47	1.36	0.42	0.32	1.45	1.41	0.45	0.34	0.78	0.78	0.20	0.203	
109	1.47	1.36	0.42	0.32	1.45	1.41	0.45	0.34	0.78	0.78	0.20	0.203	
110	2.44	2.44	0.62	0.62	2.04	2.04	0.53	0.53	2.44	2.44	0.63	0.634	
111	1.47	1.36	0.42	0.32	1.45	1.41	0.455	0.34	0.78	0.78	0.20	0.203	
112	0.15	0.15	0.04	0.04	0.15	0.15	0.04	0.04	0.15	0.15	0.04	0.039	

113	0.15	0.15	0.04	0.04	0.15	0.15	0.04	0.04	0.15	0.15	0.04	0.039
114	0.67	0.67	0.17	0.17	0.67	0.67	0.18	0.18	0.67	0.67	0.18	0.175
116	0.1	0.1	0.02	0.02	0.1	0.1	0.03	0.03	0.10	0.10	0.03	0.025
118	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.000
121	2.44	2.44	0.62	0.62	2.04	2.04	2.04	0.53	2.44	2.44	0.63	0.634
123	2.47	2.47	0.63	0.63	2.47	2.47	2.47	0.64	2.47	2.47	0.64	0.642
125	0.79	0.79	0.2	0.2	0.39	0.39	0.39	0.1	0.79	0.79	0.21	0.205
127	0.58	0.58	0.15	0.15	0.58	0.58	0.73	0.15	0.58	0.58	0.15	0.150
129	1.17	1.17	0.3	0.3	1.17	0.17	1.17	0.3	1.17	1.17	0.30	0.305
131	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.000
132	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.000
135	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.000
138	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.000

Fuente: El autor

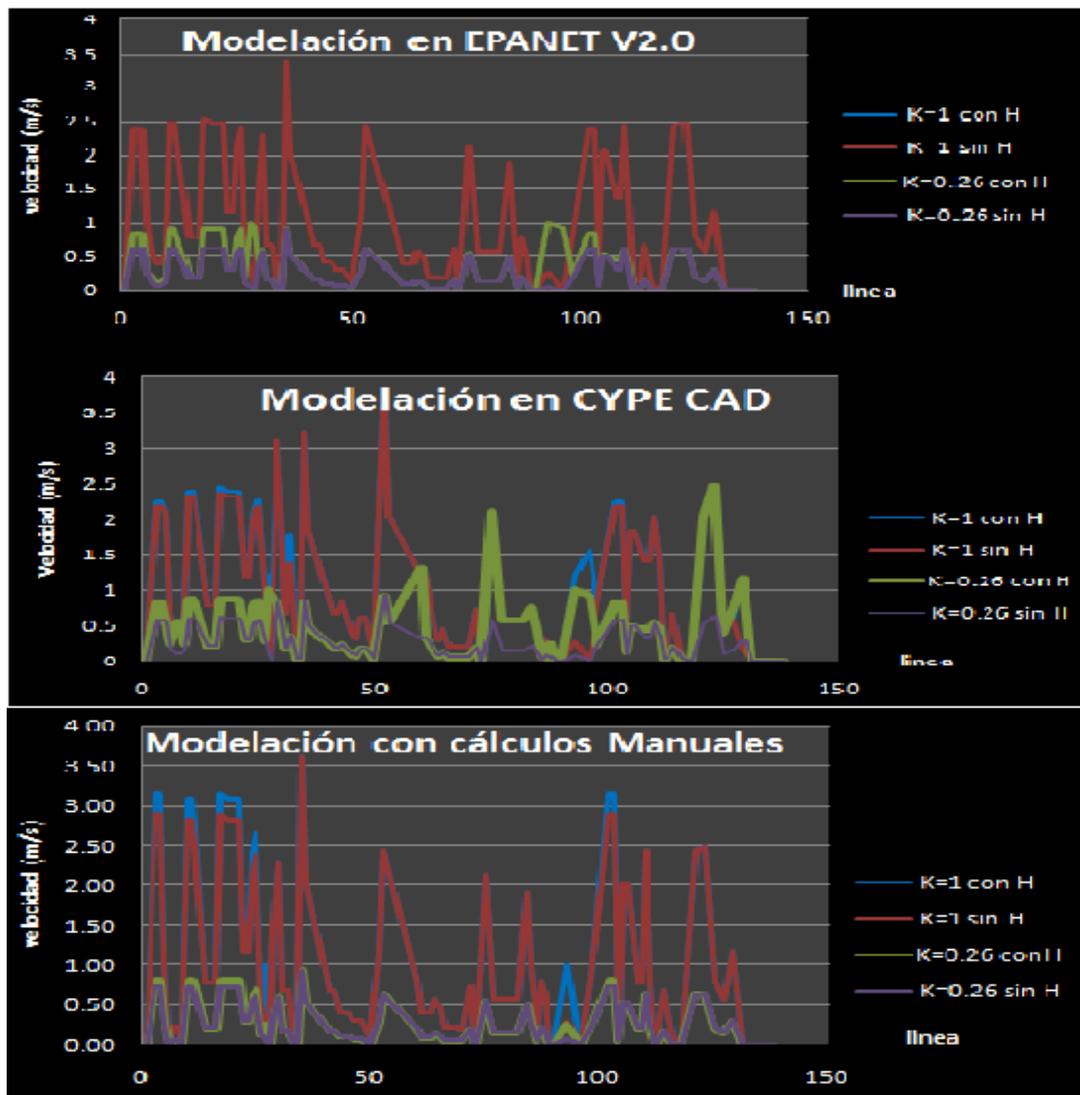
La topología de la red se la puede ver en el esquema 4.1, los datos hidráulicos, (caudales, diámetros y longitudes de tubería) se los ve en anexos 1 capítulo IV.

ES
QU
EM
A
4.1
Red
de
agu
a
pot
abl
e
de
la
U.T.
P.L.



Fuente: El autor

GRÁFICA 4.4 Gráfica de velocidades de la red UTPL

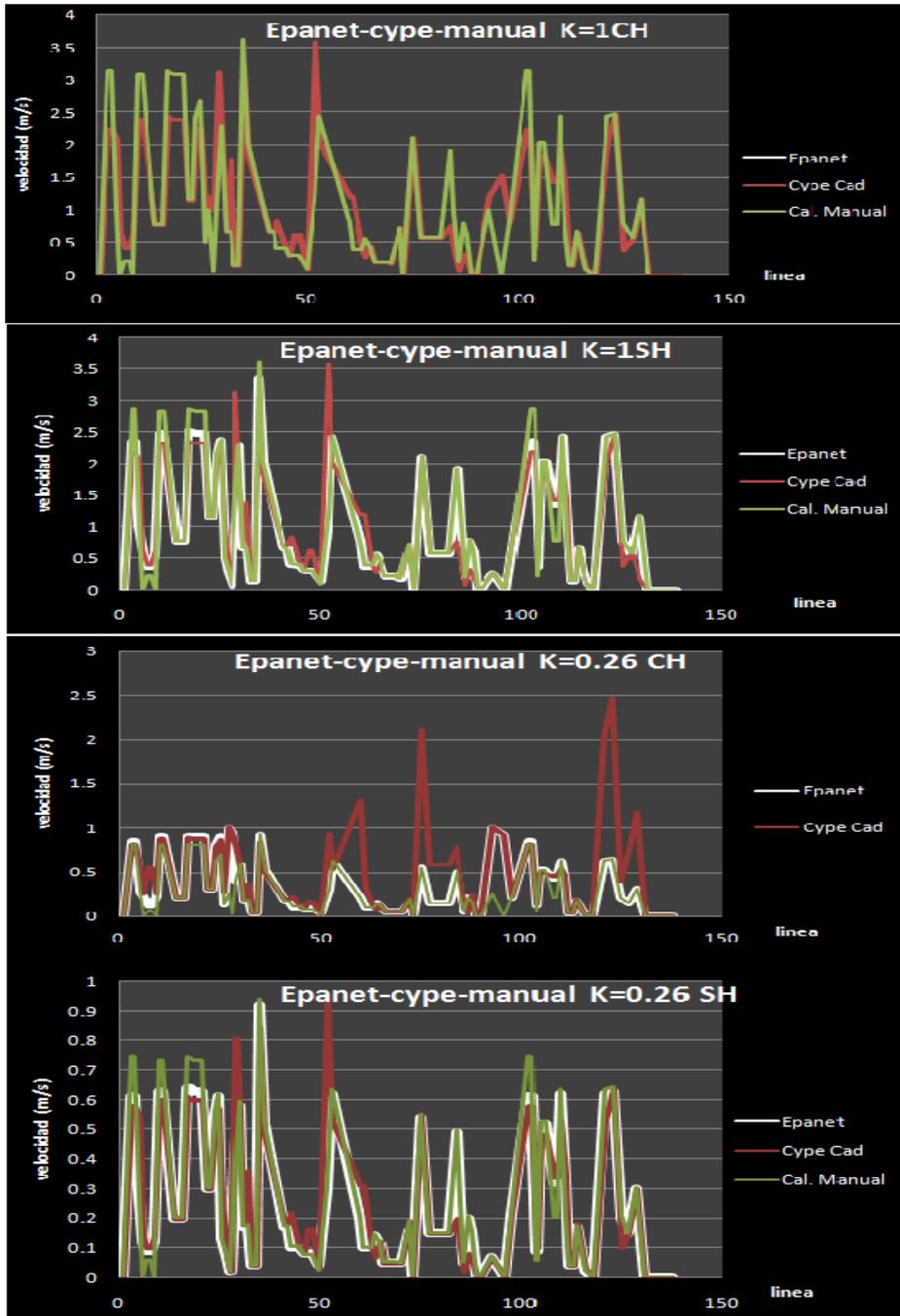


Fuente: El autor

Las gráficas 4.4 muestran que al tener un coeficiente de simultaneidad $K=1$, simulado con hidrante y sin hidrante, la velocidad sobrepasa el límite máximo de 2 m/s, esto se da debido que al tener un $K=1$, se modela como si los aparatos estuviesen funcionando todos al mismo tiempo, velocidades que son permisibles, ya que en la práctica nunca se va a dar esto.

Además, observé que al aplicar un $K=0.26$, modelado de la misma forma con un hidrante y sin hidrante, las velocidades son menores. El valor de $K=0.26$ se lo obtuvo con la Ec. 02 que se presenta en el capítulo 2, que corresponde al coeficiente de simultaneidad para varios tipos de vivienda. Al aplicar esta fórmula se modela como si los aparatos no estuviesen funcionando todos al mismo tiempo, lo que implica que el caudal de entrada a la red sea menor, con velocidades bajas, las cuales no afectan al buen funcionamiento de la red ya que las presiones se mantienen dentro del rango establecido por las normas técnicas (ver gráfica 4.6).

**Gráfica 4.5 Comparación de velocidades de la red UTPL. EPANET V2.0-CYPE
CAD-Cálculo Manual.**



Fuente: El autor

En las gráficas 4.5 se presenta una comparación entre las velocidades para coeficiente de simultaneidad $K=1$ con/sin hidrante y $K=0.26$ con/sin hidrante,

obtenidas por EPANET V2.0, CYPE ACD y el cálculo manual, lo cual nos muestra que la diferencia entre éstos tres tipos de modelación en redes mixtas no es muy significativa, se mantienen semejantes.

En la gráfica también se puede ver que al no estar en funcionamiento un hidrante las velocidades son un tanto menores, tanto para $K=1$ como para $K=0.26$.

b. Presión

TABLA 4.5 Resumen de presiones en la red UTPL

Nudo	Presión (m.c.a)									
	EPANET V2.0				CYPE CAD				CÁLCULO MANUAL	
	K=1 con H	K=1 sin H	K=0.26 con H	K=0.26 sin H	K=1 con H	K=1 sin H	K=0.26 con H	K=0.26 sin H	Con H	Sin H
2	1.41	1.43	1.55	1.55	2	2	2	2	1.54	1.540
5	6.43	6.79	8.42	8.44	7.39	7.49	9.04	9.04	8.19	8.254
7	3.71	3.95	5.28	5.3	6	6.07	7.3	7.31	5.62	5.313
10	2.11	2.14	2.26	2.26	4.24	4.24	4.27	4.27	2.24	2.235
11	2.05	2.07	2.19	2.19	4.4	4.4	4.4	4.4	2.18	2.177
14	13.35	13.58	15.17	15.19	15.62	15.68	17.18	17.19	15.19	15.18
15	2.76	3.56	7.11	7.16	5.32	5.57	9.14	9.15	6.67	6.795
16	2.75	3.56	7.12	7.17	6.02	6.23	9.19	9.21	6.68	6.803
19	4.7	6.16	12.42	12.52	7.74	8.18	14.28	14.31	11.68	11.89
21	5.59	7.05	14.06	14.16	8.42	8.87	15.9	15.93	13.28	13.49
22	4.75	6.23	12.56	12.66	8.03	8.48	14.62	14.65	11.81	12.02

23	12.42	14.61	23.65	23.81	16.94	17.55	25.7	25.75	22.54	22.89
25	11.9	14.09	23.18	23.34	16.3	16.92	25.14	25.18	22.07	22.43
26	11.58	13.77	22.87	23.03	15.98	16.6	24.83	24.87	21.76	22.12
27	11.5	13.69	22.79	22.95	15.9	16.52	24.75	24.79	21.68	22.04
28	15.65	18.16	28.36	28.55	20.67	21.36	30.36	30.42	27.10	27.52
29	15.83	18.34	28.58	28.76	20.88	21.57	30.58	30.64	27.32	27.73
32	14.57	17.07	27.34	27.53	19.61	20.3	29.35	29.4	26.08	26.50
33	14.47	16.97	27.24	27.43	19.51	20.2	29.25	29.3	25.98	26.40
36	18.55	21.38	32.59	32.8	23.17	24.02	34.75	34.82	31.20	31.67
40	16.67	19.49	30.91	31.12	21.21	22.06	33.07	33.13	29.51	29.98
41	19.41	22.24	33.66	33.87	23.89	24.74	35.79	35.86	32.26	32.73
42	15.31	18.14	29.7	29.92	19.86	20.71	31.86	31.93	28.30	28.77
43	14.38	17.21	28.81	29.02	18.93	19.78	30.97	31.03	27.41	27.88
45	15.02	17.84	29.45	29.66	19.52	20.37	31.6	31.67	28.05	28.52
47	14.91	17.74	29.36	29.57	19.47	20.32	31.52	31.58	27.96	28.43
48	18.4	20.87	34.32	34.58	23.2	24.21	36.34	36.42	32.69	33.28
49	17.28	19.76	33.52	33.78	15.56	16.56	35	35.08	31.87	32.46
50	17.33	20.35	34.73	35.03	22.82	23.95	36.8	36.89	32.95	33.65
... viene		17.33	36.13	36.65	19.88	21.69	38.41	38.56	33.69	34.86
Presión (m.c.a) sigue ...										
	EPANET V2.0				CYPE CAD				CALC. MANUAL	
	K=1 con H	K=1 sin H	K=0.26 con H	K=0.26 sin H	K=1 con H	K=1 sin H	K=0.26 con H	K=0.26 sin H	Con H	Sin H
54	11.87	17.47	36.47	36.99	20.15	21.97	38.76	38.91	34.02	35.19
55	11.72	17.32	36.32	36.84	20	21.82	38.61	38.76	33.87	35.04
57	11.79	17.39	36.72	37.24	18.72	20.53	38.89	39.03	34.25	35.42

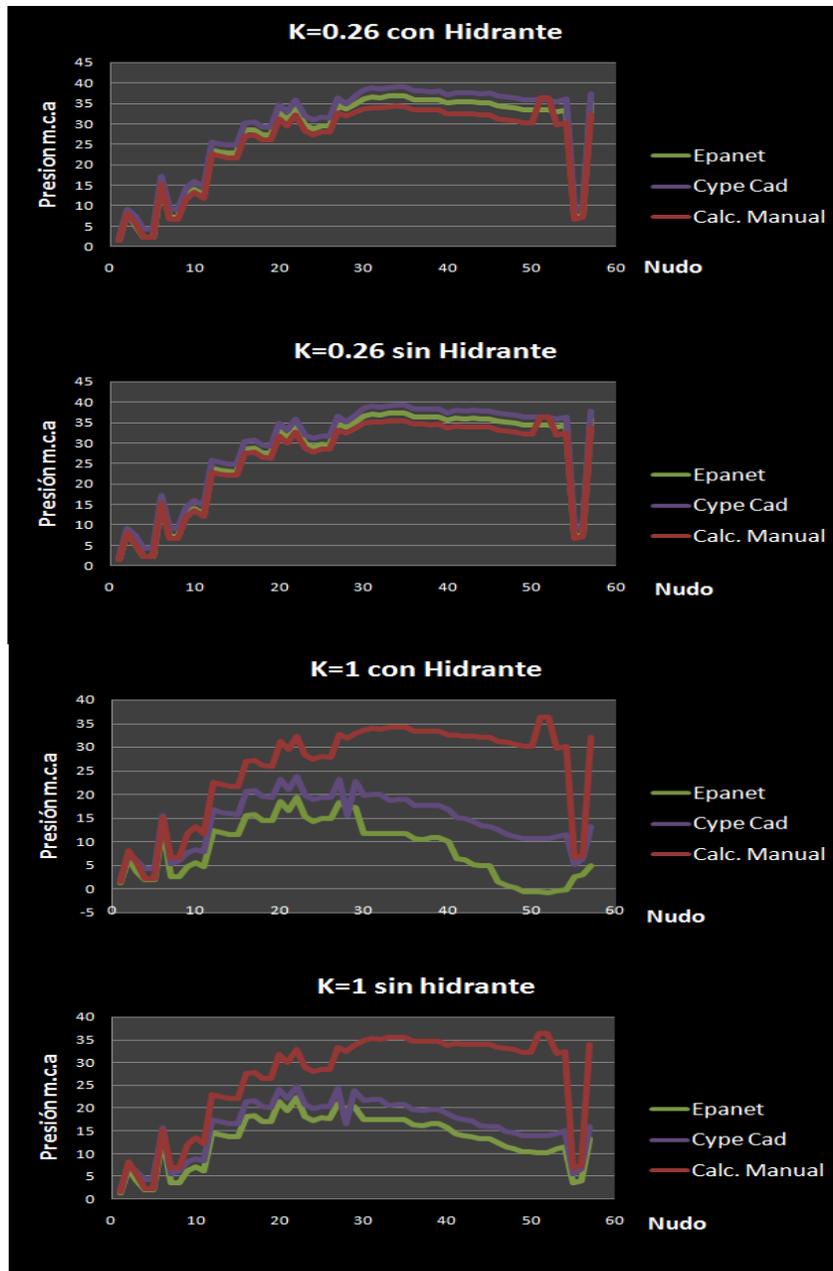
58	11.85	17.45	36.78	37.3	18.91	20.72	39.08	39.22	34.31	35.48
59	11.76	17.35	36.68	37.2	18.92	20.73	39.09	39.23	34.22	35.39
60	10.7	16.3	35.83	36.35	17.8	19.62	38.01	38.16	33.36	34.53
61	10.57	16.16	35.83	36.35	17.67	19.48	38.02	38.17	33.36	34.53
62	10.88	16.47	35.81	36.33	17.8	19.62	37.98	38.13	33.35	34.52
63	10.99	16.58	35.92	36.44	17.81	19.63	37.99	38.14	33.46	34.63
66	10.04	15.64	34.99	35.51	16.97	18.78	37.16	37.31	32.53	33.70
67	6.54	14.28	35.39	36.09	15.25	17.79	37.72	37.93	32.54	34.10
68	6.28	14.01	35.19	35.89	14.94	17.48	37.52	37.73	32.34	33.89
71	5.27	13.64	35.32	36.07	14.43	17.13	37.68	37.91	32.37	34.03
74	4.97	13.34	35.16	35.91	13.38	16.08	37.46	37.69	32.20	33.87
75	4.91	13.28	35.15	35.9	13.19	15.89	37.53	37.75	32.19	33.85
78	1.59	12.4	34.36	35.32	12.57	15.83	36.88	37.15	31.24	33.27
79	0.76	11.57	34.17	35.13	11.54	14.8	36.67	36.94	31.02	33.05
80	0.34	11.15	33.88	34.84	11.24	14.5	36.39	36.66	30.72	32.75
81	-0.49	10.33	33.37	34.33	10.73	13.99	35.91	36.19	30.21	32.24
82	-0.5	10.31	33.37	34.33	10.73	13.99	35.91	36.19	30.21	32.24
83	-0.59	10.22	33.36	34.32	10.72	13.98	35.91	36.19	36.37	36.37
84	-0.71	10.1	33.35	34.31	10.7	13.96	35.91	36.18	36.37	36.36
85	-0.32	10.98	32.9	33.9	11.09	14.41	35.45	35.73	29.75	31.85
87	-0.12	11.55	33.43	34.47	11.61	14.98	36.02	36.3	30.28	32.42
88	2.73	3.54	7.09	7.14	5.29	5.54	9.1	9.12	6.65	6.775
89	3.18	3.99	7.55	7.6	6.45	6.66	9.62	9.64	7.11	7.233
101	4.92	13.29	35.14	35.89	13.2	15.9	37.42	37.64	32.22	33.88

Fuente: El autor

La gráfica 4.6 se puede ver que la presión de la red UTPL, para los tres tipos de modelación a los que se sometió dicha red a modo de comprobación (EPANET V2.0-CYPECAD y cálculos manuales), y para los dos valores de simultaneidad ($K=1$ y $K=0.26$) con/sin hidrante las presiones se mantienen dentro de los parámetros de las normas técnicas.

Para un $k=0.26$ con/sin hidrante las presiones en los tres métodos son semejantes. Pero, note que para un $K=1$ con/sin hidrante, las presiones del cálculo manual son mayores aproximadamente 10 m.c.a a las obtenidas por los software, pero aún así está dentro de la normativa.

GRÁFICA 4.6 Resumen de presiones en nudos de la red UTPL



Fuente: El autor

La gráfica 4.6 se puede ver que la presión de la red UTPL, para los tres tipos de modelación a los que se sometió dicha red a modo de comprobación (EPANET V2.0-CYPECAD y cálculos manuales), y para los dos valores de simultaneidad (K=1 y K=0.26) con/sin hidrante las presiones se mantienen dentro de los parámetros de las normas técnicas.

Para un $k=0.26$ con/sin hidrante las presiones en los tres métodos se semejantes. Pero, note que para un $K=1$ con/sin hidrante, las presiones del cálculo manual son mayores aproximadamente 10 m.c.a. con las obtenidas por los software, pero aún así está dentro de la normativa.

4.3. Implementación de nudos de control en la red de agua potable UTPL.

La implementación de nudos de control en el campus universitario es parte del proyecto de automatización de la red UTPL, que se construirán en un futuro en la universidad.

Se prevé construir 4 nudos de control principales para toda la red y además un nudo de control secundario para cada edificio de la Universidad. Los mismos que además de servir para precaución y gestionar el mejoramiento de la red, utilizará como laboratorio a escala real para los estudiantes y profesionales interesados en el estudio de esta línea.

La instalación de dispositivos para control, recolección y almacenamiento de datos de presión, caudales y parámetros de calidad serán de gran ayuda para llevar un seguimiento adecuado del comportamiento hidráulico y sanitario de la red de distribución de agua potable de la UTPL, permitiendo además optimizar tiempo y recursos en cuanto a la detección de puntos de fuga, depresiones, insuficiencia de caudales de la red, en caso de existir; pudiendo implementar medidas, plan de reparación oportuna y evitando altos costos en rehabilitación o cambio de tuberías.

Cada nudo de control dispone de un by-pass los cuales pasarán por un pozo de control, de mampostería de ladrillo revestido de 1.5x1.5x2 metros, que permite la

trabajabilidad de 1 a 2 personas en su interior. Para poder ingresar al interior del pozo de control se deberá disponer de una escalera de hierro fundido, además deberá estar cerrado con una tapa de hierro fundido para el resguardo del mismo.

El detalle de accesorios, precios de cada nudo de control se detallan a continuación.

TABLA 4.6 Presupuesto general de nudos de control

ELEMENTOS	COSTO
NUDO DE CONTROL I	1437.4
NUDO DE CONTROL II	1437.4
NUDO DE CONTROL III	1702.7
Nudos de control secundarios (12 BLOQUES)	1476.0
TOTAL:	6053.5
IVA	0.0
TOTAL + IVA	6053.5

Fuente: El autor

TABLA 4.7 Listado de accesorios de los nudos de control de la red de agua potable de la UTPL. Incluye precios.

DESCRIPCION	CANTIDAD	DIAMETRO	P_UNITARIO	TOTAL
TE	8	90mm	10.67	85.36
TE	2	110mm	22.27	44.54
TE	2	160mm	77.486	154.972

TE	12	3"	5.643	67.716
TE PVC	10	1"	1.857	18.57
UNION	8	90mm	2.1	16.8
UNION	2	110mm	3.05	6.1
UNION	2	160mm	7.7	15.4
VALVULA MARIPOSA	3	90mm	35.71	107.13
VALVULA MARIPOSA	3	160mm	93.5	280.5
VALVULA DE COMPUERTA	9	90mm	99.36	894.24
VALVULA DE COMPUERTA	3	110mm	162	486
CODO	8	90X45	4.1	32.8
CODO	12	90X90	3.81	45.72
CODO	2	110X90	7	14
CODO	4	160X90	41.87	167.48
CODO	10	1"	0.94	9.4
REDUCTOR	4	90x3"	13.271	53.084
REDUCTOR	2	110x90	6.414	12.828
REDUCTOR	1	160x110	20.229	20.229
AMPLIACION	4	3"X90	13.271	53.084
AMPLIACION	2	90X110	6.414	12.828
AMPLIACION	1	110X160	12.432	12.432
TUBO	5	90mm	28.87	144.35
TUBO	1	110mm	39.81	39.81
TUBO	1	160mm	92.57	92.57

TUBO DESAGUE PVC	8	75 mm	15.429	123.432
TUBO PVC	5	1"	15.35	76.75
MEDIDOR DE AGUA	26	U	33.34	866.84
... viene	3	75 mm	4.957	14.871
... sigue ...	3	75 mm	1.	87
Tapas de hierro fundido	3	U	60	180
Caja de Hierro(sensores)	4	U	10	40
CORTADORA	10	1"	5.42	54.2
Escaleras de Acceso	3	U	20	60
			SUBTOTAL 1	4308.023

Fuente: El autor

TABLA 4.8 Materiales para construcción de nudos de control. Incluye precios

DESCRIPCION	CANTIDAD	P_UNITARIO	TOTAL
cemento x saco	20	6.93	138.6
ladrillo (u)	1318	0.2	263.6
arena fina (m ³)	3.5	5.6	19.6
arena gruesa (m ³)	1.1	5.6	6.16
grava (m ³)	0.9	5.6	5.04
			SUBTOTAL 2
			433

FUENTE: El autor

TABLA 4.9 Equipos de medición y control.

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL U.S.D.
1	5	MEDIDOR CON SALIDA DE PULSOS	194.00	970.00
3	6	MEDIDOR CON SALIDA DE PULSOS	832.00	4,992.00
4	6	TRANSDUCTOR DE PRESION	310.00	1,860.00
5	2	SENSOR DE TEMPERATURA TIPO RTD	300.00	600.00
			SUBTOTAL	8,422.00
			12% IVA	1,010.64
			TOTAL	9,432.64

Fuente: Empresa EMECON

Los esquemas de los nudos se encuentran en los anexos: 2a, 2b y 2c del Cap.4.
Además de los caudalímetros y sensores a utilizar.

CAPÍTULO V

**MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE REDES DE AGUA
POTABLE**

5. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA RED DE AGUA POTABLE.

5.1. Introducción

El desconocimiento por parte de la Junta Directiva ó el descuido de las autoridades competentes, para la operación y mantenimiento de redes de agua potable; hacen que la mayoría de los proyectos duren períodos menores a los de diseño.

Con el desarrollo del presente manual se pretende brindar a la comunidad conocimientos básicos para el mantenimiento preventivo y correctivo de un sistema de acueductos (con sus componentes), logrando así que las redes de conducción tengan la vida útil para la que fue diseñada, puesto que una red de agua potable no es únicamente un sistema por donde entra, pasa y sale agua en las conexiones.

El presente manual puede ser aplicando tanto en redes existentes como en proyectos en gestión ó en fase de construcción.

5.2. Importancia de la operación

Para que un sistema de abastecimiento de agua potable funcione correctamente con la eficiencia requerida para la que fue diseñado, cada una de sus partes debe estar en buen estado y funcionar correctamente.

La importancia por la que se debe operar un sistema de abastecimiento de agua potable se da básicamente por las siguientes razones.

- Garantizar a la comunidad la calidad y la cantidad de agua suficiente y permanente. Un tanque lleno es la primera condición para que el fluido pueda llegar hasta los lugares más altos y apartados de la comunidad.
- Garantizar las presiones requeridas dentro del sistema para cubrir la demanda tanto en lugares bajos como altos en la comunidad.

5.3. Importancia del mantenimiento

Para un correcto mantenimiento del sistema es necesario hacer una inspección sanitaria que consiste en hacer una revisión de los diferentes componentes de la red de agua potable para identificar posibles problemas y tomar las medidas correctivas necesarias.

La inspección sanitaria involucra dos aspectos básicos:

- a. Mantenimiento preventivo:** con el fin de evitar o disminuir la gravedad de las fallas que puedan presentarse en los componentes del sistema.
- b. Mantenimiento correctivo:** corresponde a las acciones de reparación de daños causadas por daños normales al uso o por acciones extrañas o imprevistas.

5.4. Personal para la operación y mantenimiento de una red de agua potable.

5.4.1. Gerente de operación y mantenimiento de la red

Persona calificada, responsable de coordinar, controlar y supervisar la adecuada operación y mantenimiento de la red con la ayuda de la comunidad.

El gerente de operación y mantenimiento de la red, deberá tener conocimiento en: manejo de agua y normatividad vigente, optimización de recursos hidráulicos, administración y manejo de personal. Deberá tener una experiencia mínima de 3 años, con habilidad de resolver problemas difíciles que se presenten en el trabajo, alta capacidad de análisis, liderazgo y toma de decisiones, trabajar en equipo y bajo presión.

Además deberá tener disposición para trabajar en campo y en oficina, mayormente en campo. Para el trabajo de campo deberá tener a su disposición un vehículo, radio y equipos de seguridad. En oficina contará con los equipos adecuados para la realización de sus funciones.

5.4.2. Secretario

Las labores del secretario son únicamente en oficina, éste tiene la responsabilidad de apoyar en las actividades administrativas de la gerencia de operación y mantenimiento de la red. Otras de sus actividades es atender a los reportes de los usuarios, elaborar oficios, memorándums, capturar informes y reportes de trabajo, manejar la correspondencia, archivar documentos, atender llamadas telefónicas y servir como enlace directo a la gerencia de operación y mantenimiento de la red.

5.4.3. Cuadrillas de trabajo

Reciben asignación de trabajo, es decir, realizan actividades de acuerdo a al plan de trabajo asignado por la gerencia de operación y mantenimiento de la red.

Una cuadrilla de trabajo está compuesta por un chofer, un fontanero, un machetero, un tubero, un encargado de detectar fugas, un albañil y un ayudante de albañilería.

La cuadrilla de trabajo es la encargada de la detección, reparación de fugas, limpieza, etc., en la red de agua potable.

5.4.4. Jefe de la cuadrilla de trabajo

Es el encargado de realizar los respectivos reportes de trabajo, el mismo que lo entrega a la secretaria (o) de la gerencia de operación y mantenimiento al final de cada jornada de trabajo.

5.5. Materiales y herramientas para la operación y mantenimiento de redes de agua potable

Corresponde a los materiales requeridos para reparación y repuestos de la red, y a las herramientas y equipos que deben utilizarse dentro en las labores de operación y mantenimiento.

Los materiales a utilizarse deben cumplir con las especificaciones requeridas, estar disponibles cuando se les necesiten y tener una existencia suficiente como para garantizar la cantidad y oportunidad de su suministro.

Y por último los instrumentos, herramientas y los equipos apropiados para los trabajos que los requieren, que deben encontrarse permanentemente en buenas condiciones y estar al alcance del personal para su empleo oportuno.

Los materiales y las herramientas usualmente requeridas para operación y mantenimiento de una red de agua potable son:

- **Herramientas:** llaves de dado para válvulas de red, llaves de tubo, llave inglesa, tarrajas, sierra para metales, escofina, guantes, herramientas menores al 5% (machetes, palas, picos, carretillas, martillo, etc.).
- **Materiales:** tuberías, accesorios, pegamento, hipoclorito (para desinfectar).

5.6. Frecuencia de mantenimiento de la red de agua potable

Las frecuencias de mantenimiento corresponden a las actividades que se deben hacer en un periodo de tiempo, durante un año de trabajo de la red. Se deben

hacer actividades de mantenimiento semanal, mensual, trimestral, semestral y anual,

CUADRO 5.1 Frecuencia de mantenimiento de una red de agua potable

SEMANAL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Abrir y cerrar las válvulas de aire y purga en la red. ✓ Observar y examinar que no existen fugas en las tuberías de la red. En caso de detectarlas, repararlas inmediatamente.
MENSUAL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Abrir y cerrar las válvulas, verificando el funcionamiento
TRIMESTRAL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Limpiar la zona aledaña de piedras y malezas de las cámaras rompe-presión y de la caja de válvulas de purga. ✓ Limpiar el canal de escurrimiento de las cámaras rompe-presión.
SEMESTRAL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Limpieza y desinfección. ✓ Lubricar las válvulas de control. ✓ Verificar las cámaras rompe-presión, las cajas de las válvulas de purga, de aire y de control ✓ Pintar con anticorrosivo las válvulas de control, de aire y de purga.
ANUAL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pintar los elementos metálicos (tapas, válvulas de control, etc.). ✓ Pintar las paredes exteriores y techo de las cajas de válvulas de aire, de purga y de las cámaras rompe-presión.

Fuente: El autor

5.7. Actividades de operación y mantenimiento de la red de agua potable

5.7.1. Actividades de operación y mantenimiento en el tanque de distribución

Operación

- Manejo de válvulas y accesorios.

Mantenimiento preventivo

- Realizar inspecciones cada tres meses y observar que el tanque no tenga grietas o filtraciones.
- Mantener el área cercana al área limpia y protegida del ingreso de animales o personas ajenas al lugar.
- Verificar que el tanque esté limpio y con suficiente agua.
- Verificar que la tapa, escaleras, accesorios de ventilación y la estructura misma del tanque estén en buen estado.
- Proteger las tuberías de rebose y ventilación del ingreso de insectos.

Mantenimiento correctivo

- Reparar y/o reponer tuberías, válvulas y accesorios.
- Reparar la estructura
- Reponer tapas de visita o escaleras que conducen a la parte superior del tanque; si presentasen daños.
- Limpieza y desinfección del tanque, mínimo una vez al año y de ser posible cada seis meses.

5.7.2. Actividades de operación y mantenimiento en las conducciones

Operación

- Manejo y regulación de válvulas.

Mantenimiento preventivo

- Verificar si hay deslizamientos o hundimientos de la tierra.
- Ver si existen áreas húmedas anormales sobre la línea de conducción; si es así, revisar la tubería enterrada para controlar posibles fugas de agua.
- Verificar el funcionamiento de las válvulas y accesorios móviles.
- Revisar el estado de las pinturas de los elementos mecánicos.
- Mantener el sitio de la instalación de las tuberías limpia y libre de obstrucciones, para inspeccionar fácilmente cualquier anomalía que se presente en el trayecto.
- Revisar el funcionamiento de las válvula haciéndolas girar lentamente (para evitar el golpe de ariete); las válvulas deben abrirse o cerrarse fácilmente. No olvide dejar la válvula tal como la encontró abierta o cerrada. Esta actividad se puede hacer cada tres meses.
- Verificar que las tuercas y pernos de las válvulas estén fuertemente apretadas y que las empaquetaduras estén en buen estado, para evitar fugas.
- Pintar o retocar con pintura corrosiva, las válvulas y los accesorios que estén a la vista de la red de distribución.
- Abrir la válvula de purga de lodo para evitar los sedimentos existentes.
- Por lo menos una vez al mes limpiar y revisar la caja de válvulas e inspeccionar las conducciones de la red.

Mantenimiento correctivo

- Reparar tuberías, válvulas y accesorios deteriorados.
- Limpiar y desinfectar.

5.7.3. Actividades de operación y mantenimiento en las acometidas domiciliarias.

Operación

- Manejo y regulación de la llave de paso.

Mantenimiento preventivo

- Inspección de fugas en las conexiones domiciliarias, por lo menos una vez al mes.
- Inspección de medidores.

Mantenimiento correctivo

- Reparación y/o cambio de medidores.
- Reparación de tubería de acometida.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- A través del inventario de la red de agua potable UTPL con su respectivo diseño, cálculos y comprobación se proporcionó planos actualizados de la red en edificios y red principal a nuestra universidad.
- El diseño de la red actual de la UTPL cumple con los parámetros técnicos de velocidad y presión, en las líneas de distribución y nudos de la red, respectivamente. A excepción del tramo 36-48, adyacente a la capilla, cuya velocidad (superior a 4 m/s) para un $k=1$, está fuera del límite permisible.

Además en los nudos 81, 82, 83 y 84 existen presiones negativas con el mismo coeficiente de simultaneidad

- Los métodos de simultaneidad y Hunter, para el cálculo de caudales en edificios, son los más recomendables en nuestro estudio.
- Los métodos empíricos (Dawson & Bowman, Británico) son aplicables en viviendas con pocos muebles sanitarios.
- Los métodos para cálculo de pérdidas (Flamant y PVC) son confiables, ya que los resultados de éstos se encuentran dentro de las normativas.
- Los software CYPE CAD (versión demostrativa) y EPANET V2.0 para modelación de redes mixtas no difieren en gran medida en sus resultados, haciéndolos confiables y aplicables en redes mixtas.
- Existe una falta de implementación de medidores y llaves generales en las acometidas en los edificios del campus UTPL.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda aumentar el diámetro de la tubería en el tramo 36-48 en caso de extensión de la red, para mantener la velocidad dentro de las especificaciones y evitar daños en el mismo

- Es importante contar con un plano de la red de agua potable por construir, ya que si se detectan fallas que necesiten una reparación o cambio de la tubería saber exactamente la ubicación y las características hidráulicas de la misma, con esto se evitara pérdida de tiempo y dinero.
- Es conveniente ubicar hidrantes a una distancia de 100 a 200m por motivos económicos y de seguridad, en el caso de la red UTPL se encuentra un hidrante y una boca de fuego distanciados aproximadamente 20 m uno del otro, ubicados cerca del centro de convenciones de la universidad; por lo que se recomienda trasladar el hidrante cerca al polideportivo o a algún otro edificio que carezca de este servicio.
- En las acometidas donde aún existe tubería de manguera flex, se recomienda cambiarlas a tubería de PVC o polipropileno; ya que éstas se encuentran en mal estado, y pueden seguir ocasionando fugas.
- Rediseñar y cambiar las tuberías de los Laboratorios I, ya que muchas de éstas se encuentran en desuso y otras presentan fugas.
- Implementar medidores y llaves de abonado en las acometidas de cada edificio, ya que si se presentan daños en las instalaciones internas de viviendas o edificios, poder hacer las respectivas reparaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLAUDIO MATAIX; (1982), Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas 2da edición, México.
- RAFAEL PEREZ CARMONA; (1997), Instalaciones hidráulicas sanitarias y de gas en edificaciones 2da edición, Colombia.
- MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA SUBSECRETARIA DE SANIAMIENTO AMBIENTAL, Normas para el Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes; agosto 1993.
- EPANET v20, CYPE_CAD (versión demostrativa); manuales de ayuda del usuario.
- GILBERTO SOTELO ÁVILA(2000); Hidráulica general, volumen 1, Limusa-México
- RICARDO ALVAREZ LOPEZ CUALLA (1999); Diseño de acueductos y alcantarillados, 2da edición, Colombia.
- HOLGER BENAVIDES MUÑOZ, Apuntes de clase, Hidráulica 1.
- HOLGER BENAVIDES MUÑOZ, conferencias de clase, Infraestructura de fluidos.
- MONICA CISNEROS, Apuntes de clase, Sanitaria 1 y 2.
- JULIO GONZALES, Apuntes de clase, topografía 1 y 2.

- GARCIA SOSA JORGE, 2001, Instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificios. México

Links

- Seminario Iberoamericano .sobre sistemas de abastecimiento urbano de agua João Pessoa (Brasil);
[www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoA%20\(6\).pdf.com](http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoA%20(6).pdf.com)
- Documento Publicado por Salud y Desplazamiento, recomendaciones para la inspección sanitaria de sistemas de abastecimiento [http--www_disaster-info_net-desplazados.mht](http://www_disaster-info_net-desplazados.mht)
- www.monografias.com
- www.uralita.com

Estado de la Red a las 16:00 Horas sim 1 con h

Nudo			Presión (m)			Línea		Longitud (m)		Diámetro (mm)		Caudal (LPS)		Velocidad (m/s)	
5	53	94	6.43	11.73	3.98	6	87	63.33	5.04	83	37	3.75	0.85	0.69	0.79
6	54	95	5.47	11.87	3.98	14	88	15.41	9.3	83	37	4.22	0.65	0.78	0.6
6	55	96	3.71	11.72	4.7	15	89	14.54	48.87	83	83	4.22	5	0.78	0.92
8	56	97	3.75	12.42	5.59	16	90	6.76	36.21	83	83	4.22	5	0.78	0.92
11	57	98	2.05	11.79	8.47	17	94	48.73	2.5	155.1	155.1	52.84	57.06	2.8	3.02
12	58	99	12.7	11.85	11.5	18	102	0.3	2.58	155.1	155.1	52.44	49.1	2.78	2.6
13	59	100	13.3	11.76	15.7	19	103	24.48	33.2	155.1	155.1	52.04	49.1	2.75	2.6
14	60	102	13.4	10.7	18.5	21	104	10.23	1.25	155.1	155.1	52.04	7.97	2.75	0.42
15	61	103	2.76	10.57	18.5	23	108	43.71	11.97	83	83	6.3	7.97	1.16	1.47
16	62	104	2.75	10.88	18.7	24	109	2.23	9.51	155.1	83	45.74	7.97	2.42	1.47
17	63	105	2.74	10.99	14.5	25	110	108.5	57.27	147.6	101.6	45.74	24.76	2.67	3.05
18	64	106	4.61	10.54	17.6	27	111	49.09	44.94	83	83	1.5	7.97	0.28	1.47
19	65	107	4.7	10.24	17.3	28	112	50.42	4.42	83	58.2	0.4	0.4	0.07	0.15
20	66	108	4.98	10.04	11.8	30	113	49.93	5.23	147.6	58.2	44.24	0.4	2.59	0.15
21	67	109	5.59	6.54	11.8	32	3	14	1.2	83	155.1	3.68	49.1	0.68	2.6
22	68	110	4.75	6.28	5.28	33	4	6.33	7	83	155.1	0.81	49.1	0.15	2.6
23	71	111	12.4	5.27	0.77	34	7	84.85	0.92	83	155.1	0.81	7.97	0.15	0.42
24	72	112	12.3	4.14	-0.1	36	8	33.23	4	147.6	155.1	39.75	7.97	2.32	0.42
25	73	113	11.9	4.98	11.9	41	9	1.99	10.17	101.6	83	5.47	-3.75	0.67	0.69
26	76	115	11.6	5.11	11.9	42	10	3.26	28.4	101.6	155.1	5.47	52.04	0.67	2.75
27	77	116	11.5	3.7	10.9	43	11	2.24	8.15	83	155.1	2.21	52.04	0.41	2.75
28	78	117	15.7	1.59	14.6	45	22	90.75	10.51	101.6	83	3.26	6.3	0.4	1.16
29	79	101	15.8	0.76	4.92	46	73	38	2.4	101.6	83	2.43	0	0.3	0
30	80	114	15.7	0.34	18.6	47	93	0.4	4.09	83	83	1.64	1.5	0.3	0.28

31	81	118	16	-0.49	18.6	48	96	5.61	3.03	83	83	1.64	0	0.3	0
32	82	1	14.6	-0.5	0	50	98	56.01	5	83	83	0.79	4.49	0.15	0.83
33	83		14.5	-0.59		52	105	28.73	6.06	101.6	147.6	9.52	39.75	1.17	2.32
34	84		18.5	-0.71		53	106	23.48	15.29	101.6	147.6	24.76	39.75	3.05	2.32
35	85		18.8	-0.32		60	114	58.21	2.18	101.6	101.6	6.4	5.47	0.79	0.67
36	86		18.6	0.06		61	116	9.55	10	101.6	101.6	3.19	0.79	0.39	0.1
37	87		20.4	-0.12		63	118	3.65	5.87	101.6	83	3.19	0	0.39	0
38	74		19.1	4.97		64	121	34.05	54.4	58.2	101.6	1.49	24.76	0.56	3.05
39	75		16.7	4.91		65	123	35.65	45.99	58.2	83	1.19	18.36	0.45	3.39
40	2		16.7	1.41		66	125	19.23	36.44	101.6	101.6	1.7	6.4	0.21	0.79
41	10		19.4	2.11		68	127	7.59	1.6	101.6	83	1.7	8.12	0.21	1.5
42	9		15.3	3.43		69	129	7.11	29.55	101.6	58.2	1.7	3.12	0.21	1.17
43	3		14.4	2.03		70	131	10.23	1.09	101.6	83	1.5	5	0.19	0.92
44	4		15	5.09		72	132	11.35	2.87	63	83	1.94	0	0.62	0
45	88		15	2.73		75	135	15.26	1.9	83	83	16.42	0	3.03	0
46	89		14.5	3.18		77	138	6	3.45	83	83	8.12	0	1.5	0
47	69		14.9	5.59		78	1	8.48	1.2	83	83	8.12	0	1.5	0
48	70		18.4	1.69		81	5	49.2	2.14	83	83	8.12	5.53	1.5	1.02
49	90		17.3	1.72		82	26	58.96	6.73	83	83	8.12	2.76	1.5	0.51
50	91		17.3	2.06		84	29	1.39	6.44	37	83	2.06	8.3	1.92	1.53
51	92		17.6	2.06		85	31	16.35	42.84	37	101.6	1.06	5.47	0.99	0.67
52	93		15.1	4.19		86	35	5.75	20.07	37	105.3	0.21	34.28	0.2	3.94

Estado de la Red a las 16:00 Horas sim 1 sin h

Nudo			Presión (m)			Línea		Longitud (m)		Diámetro (mm)		Caudal (LPS)		Velocidad (m/s)	
5	53	94	6.79	17.33	5.27	6	87	63.33	5.04	83	37	3.12	0.85	0.58	0.79
6	54	95	5.81	17.47	5.27	14	88	15.41	9.3	83	37	4.22	0.65	0.78	0.6
6	55	96	3.95	17.32	6.16	15	89	14.54	48.87	83	83	4.22	0	0.78	0
8	56	97	3.96	18.02	7.05	16	90	6.76	36.21	83	83	4.22	0	0.78	0
11	57	98	2.07	17.39	10.7	17	94	48.73	2.5	155.1	155.1	47.84	52.06	2.53	2.76
12	58	99	12.9	17.45	13.7	18	102	0.3	2.58	155.1	155.1	47.44	44.72	2.51	2.37
13	59	100	13.6	17.35	18.2	19	103	24.48	33.2	155.1	155.1	47.04	44.72	2.49	2.37
14	60	102	13.6	16.3	21.2	21	104	10.23	1.25	155.1	155.1	47.04	7.34	2.49	0.39
15	61	103	3.56	16.16	21.4	23	108	43.71	11.97	83	83	6.3	7.34	1.16	1.36
16	62	104	3.56	16.47	21.5	24	109	2.23	9.51	155.1	83	40.74	7.34	2.16	1.36
17	63	105	3.77	16.58	17.3	25	110	108.5	57.27	147.6	101.6	40.74	19.76	2.38	2.44
18	64	106	5.98	16.14	20.6	27	111	49.09	44.94	83	83	1.5	7.34	0.28	1.36
19	65	107	6.16	15.83	20.4	28	112	50.42	4.42	83	58.2	0.4	0.4	0.07	0.15
20	66	108	6.44	15.64	17.4	30	113	49.93	5.23	147.6	58.2	39.24	0.4	2.29	0.15
21	67	109	7.05	14.28	17.4	32	3	14	1.2	83	155.1	3.68	44.72	0.68	2.37
22	68	110	6.23	14.01	13.7	33	4	6.33	7	83	155.1	0.81	44.72	0.15	2.37
23	71	111	14.6	13.64	11.6	34	7	84.85	0.92	83	155.1	0.81	7.34	0.15	0.39
24	72	112	14.5	12.54	11.6	36	8	33.23	4	147.6	155.1	34.75	7.34	2.03	0.39
25	73	113	14.1	13.5	17.5	41	9	1.99	10.17	101.6	83	5.47	-3.12	0.67	0.58
26	76	115	13.8	13.79	17.5	42	10	3.26	28.4	101.6	155.1	5.47	47.04	0.67	2.49
27	77	116	13.7	13.36	16.5	43	11	2.24	8.15	83	155.1	2.21	47.04	0.41	2.49
28	78	117	18.2	12.4	17.1	45	22	90.75	10.51	101.6	83	3.26	6.3	0.4	1.16
29	79	101	18.3	11.57	13.3	46	73	38	2.4	101.6	83	2.43	0	0.3	0
30	80	114	18.2	11.15	21.4	47	93	0.4	4.09	83	83	1.64	1.5	0.3	0.28
31	81	118	18.5	10.33	21.4	48	96	5.61	3.03	83	83	1.64	0	0.3	0
32	82	1	17.1	10.31	0	50	98	56.01	5	83	83	0.79	4.49	0.15	0.83
33	83		17	10.22		52	105	28.73	6.06	101.6	147.6	9.52	34.75	1.17	2.03

34	84		21.2	10.1		53	106	23.48	15.29	101.6	147.6	19.76	34.75	2.44	2.03
35	85		21.6	10.98		60	114	58.21	2.18	101.6	101.6	6.4	5.47	0.79	0.67
36	86		21.4	11.72		61	116	9.55	10	101.6	101.6	3.19	0.79	0.39	0.1
37	87		23.2	11.55		63	118	3.65	5.87	101.6	83	3.19	0	0.39	0
38	74		21.9	13.34		64	121	34.05	54.4	58.2	101.6	1.49	19.76	0.56	2.44
39	75		19.5	13.28		65	123	35.65	45.99	58.2	83	1.19	13.36	0.45	2.47
40	2		19.5	1.43		66	125	19.23	36.44	101.6	101.6	1.7	6.4	0.21	0.79
41	10		22.2	2.14		68	127	7.59	1.6	101.6	83	1.7	3.12	0.21	0.58
42	9		18.1	3.6		69	129	7.11	29.55	101.6	58.2	1.7	3.12	0.21	1.17
43	3		17.2	2.11		70	131	10.23	1.09	101.6	83	1.5	0	0.19	0
44	4		17.8	5.2		72	132	11.35	2.87	63	83	1.94	0	0.62	0
45	88		17.8	3.54		75	135	15.26	1.9	83	83	11.42	0	2.11	0
46	89		17.3	3.99		77	138	6	3.45	83	83	3.12	0	0.58	0
47	69		17.7	7.05		78	1	8.48	1.2	83	83	3.12	0	0.58	0
48	70		20.9	1.73		81	5	49.2	2.14	83	83	3.12	5.53	0.58	1.02
49	90		19.8	1.76		82	26	58.96	6.73	83	83	3.12	2.76	0.58	0.51
50	91		20.4	2.08		84	29	1.39	6.44	37	83	2.06	8.3	1.92	1.53
51	92		20.6	2.08		85	31	16.35	42.84	37	101.6	1.06	5.47	0.99	0.67
52	93		19.4	4.55		86	35	5.75	20.07	37	105.3	0.21	29.28	0.2	3.36

Estado de la Red a las 16:00 Horas sim 0.26 con h															
Nudo			Presión (m)			Línea		Longitud (m)		Diámetro (mm)		Caudal (LPS)		Velocidad (m/s)	
5	53	94	8.42	36.13	10.8	6	87	63.33	5.04	83	37	0.78	0.22	0.15	0.2
6	54	95	7.4	36.47	10.8	14	88	15.41	9.3	83	37	1.07	0.17	0.2	0.15

6	55	96	5.28	36.32	12.4	15	89	14.54	48.87	83	83	1.07	1.27	0.2	0.23
8	56	97	5.12	37.33	14.1	16	90	6.76	36.21	83	83	1.07	1.27	0.2	0.23
11	57	98	2.19	36.72	19.7	17	94	48.73	2.5	155.1	155.1	13.43	14.5	0.71	0.77
12	58	99	14.34	36.78	22.8	18	102	0.3	2.58	155.1	155.1	13.32	12.64	0.71	0.67
13	59	100	15.11	36.68	28.4	19	103	24.48	33.2	155.1	155.1	13.22	12.64	0.7	0.67
14	60	102	15.17	35.83	32.1	21	104	10.23	1.25	155.1	155.1	13.22	1.86	0.7	0.1
15	61	103	7.11	35.83	32.6	23	108	43.71	11.97	83	83	1.6	1.86	0.3	0.34
16	62	104	7.12	35.81	32.9	24	109	2.23	9.51	155.1	83	11.62	1.86	0.62	0.34
17	63	105	8.26	35.92	28.9	25	110	108.5	57.27	147.6	101.6	11.62	6.29	0.68	0.78
18	64	106	11.85	35.48	35	27	111	49.09	44.94	83	83	0.38	1.86	0.07	0.34
19	65	107	12.42	35.18	34.7	28	112	50.42	4.42	83	58.2	0.1	0.1	0.02	0.04
20	66	108	12.85	34.99	36.2	30	113	49.93	5.23	147.6	58.2	11.24	0.1	0.66	0.04
21	67	109	14.06	35.39	36.2	32	3	14	1.2	83	155.1	0.93	12.64	0.17	0.67
22	68	110	12.56	35.19	35.3	33	4	6.33	7	83	155.1	0.21	12.64	0.04	0.67
23	71	111	23.65	35.32	34.2	34	7	84.85	0.92	83	155.1	0.21	1.86	0.04	0.1
24	72	112	23.5	34.22	33.4	36	8	33.23	4	147.6	155.1	10.1	1.86	0.59	0.1
25	73	113	23.18	35.19	36.5	41	9	1.99	10.17	101.6	83	1.39	-0.78	0.17	0.15
26	76	115	22.87	35.5	36.8	42	10	3.26	28.4	101.6	155.1	1.39	13.22	0.17	0.7
27	77	116	22.79	35.18	35.8	43	11	2.24	8.15	83	155.1	0.56	13.22	0.1	0.7
28	78	117	28.36	34.36	27.3	45	22	90.75	10.51	101.6	83	0.83	1.6	0.1	0.3
29	79	101	28.58	34.17	35.1	46	73	38	2.4	101.6	83	0.62	0	0.08	0
30	80	114	28.55	33.88	32.6	47	93	0.4	4.09	83	83	0.42	0.38	0.08	0.07
31	81	118	28.72	33.37	32.6	48	96	5.61	3.03	83	83	0.42	0	0.08	0
32	82	1	27.34	33.37	0	50	98	56.01	5	83	83	0.2	1.14	0.04	0.21
33	83		27.24	33.36		52	105	28.73	6.06	101.6	147.6	2.42	10.1	0.3	0.59
34	84		32.04	33.35		53	106	23.48	15.29	101.6	147.6	6.29	10.1	0.78	0.59
35	85		32.48	32.9		60	114	58.21	2.18	101.6	101.6	1.63	1.39	0.2	0.17
36	86		32.59	33.6		61	116	9.55	10	101.6	101.6	0.81	0.2	0.1	0.02
37	87		34.58	33.43		63	118	3.65	5.87	101.6	83	0.81	0	0.1	0

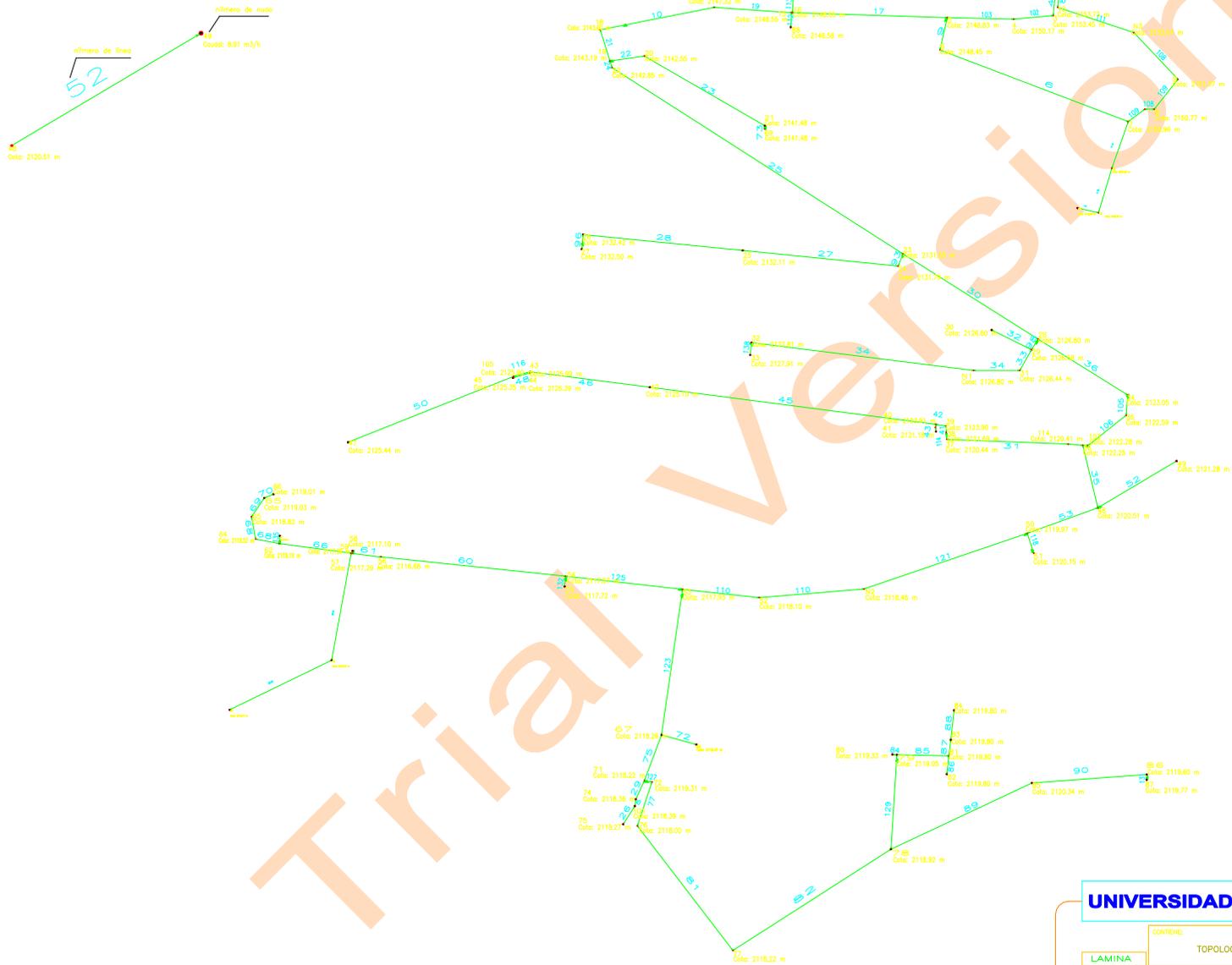
38	74		33.33	35.16		64	121	34.05	54.4	58.2	101.6	0.38	6.29	0.14	0.78
39	75		30.92	35.15		65	123	35.65	45.99	58.2	83	0.3	4.66	0.11	0.86
40	2		30.91	1.55		66	125	19.23	36.44	101.6	101.6	0.43	1.63	0.05	0.2
41	10		33.66	2.26		68	127	7.59	1.6	101.6	83	0.43	2.06	0.05	0.38
42	9		29.7	4.54		69	129	7.11	29.55	101.6	58.2	0.43	0.79	0.05	0.3
43	3		28.81	2.51		70	131	10.23	1.09	101.6	83	0.38	1.27	0.05	0.23
44	4		29.41	5.68		72	132	11.35	2.87	63	83	0.49	0	0.16	0
45	88		29.45	7.09		75	135	15.26	1.9	83	83	4.17	0	0.77	0
46	89		28.9	7.55		77	138	6	3.45	83	83	2.06	0	0.38	0
47	69		29.36	14.06		78	1	8.48	1.2	83	83	2.06	0	0.38	0
48	70		34.32	1.89		81	5	49.2	2.14	83	83	2.06	1.4	0.38	0.26
49	90		33.52	1.92		82	26	58.96	6.73	83	83	2.06	0.7	0.38	0.13
50	91		34.73	2.2		84	29	1.39	6.44	37	83	0.52	2.11	0.49	0.39
51	92		34.95	2.2		85	31	16.35	42.84	37	101.6	0.27	1.39	0.25	0.17
52	93		35.9	6.18		86	35	5.75	20.07	37	105.3	0.05	8.71	0.05	1.07

Estado de la Red a las 16:00 Horas sim 0.26 sin h															
Nudo			Presión (m)			Línea		Longitud (m)		Diámetro (mm)		Caudal (LPS)		Velocidad (m/s)	
5	53	94	2156	2154.4	2156	6	87	63.33	5.04	83	37	0.64	0.22	0.12	0.2
6	54	95	2156	2154.4	2156	14	88	15.41	9.3	83	37	1.07	0.17	0.2	0.15
6	55	96	2156	2154.4	2156	15	89	14.54	48.87	83	83	1.07	0	0.2	0
8	56	97	2156	2154.3	2155	16	90	6.76	36.21	83	83	1.07	0	0.2	0
11	57	98	2156	2154.3	2155	17	94	48.73	2.5	155.1	155.1	12.16	13.23	0.64	0.7

12	58	99	2156	2154.3	2155	18	102	0.3	2.58	155.1	155.1	12.05	11.51	0.64	0.61
13	59	100	2156	2154.3	2155	19	103	24.48	33.2	155.1	155.1	11.95	11.51	0.63	0.61
14	60	102	2156	2154.3	2155	21	104	10.23	1.25	155.1	155.1	11.95	1.71	0.63	0.09
15	61	103	2156	2154.3	2155	23	108	43.71	11.97	83	83	1.6	1.71	0.3	0.32
16	62	104	2156	2154.3	2155	24	109	2.23	9.51	155.1	83	10.35	1.71	0.55	0.32
17	63	105	2156	2154.3	2155	25	110	108.48	57.27	147.6	101.6	10.35	5.02	0.61	0.62
18	64	106	2156	2154.3	2155	27	111	49.09	44.94	83	83	0.38	1.71	0.07	0.32
19	65	107	2156	2154.3	2155	28	112	50.42	4.42	83	58.2	0.1	0.1	0.02	0.04
20	66	108	2156	2154.3	2154	30	113	49.93	5.23	147.6	58.2	9.97	0.1	0.58	0.04
21	67	109	2155	2154.2	2154	32	3	14	1.2	83	155.1	0.93	11.51	0.17	0.61
22	68	110	2156	2154.1	2154	33	4	6.33	7	83	155.1	0.21	11.51	0.04	0.61
23	71	111	2155	2154.1	2154	34	7	84.85	0.92	83	155.1	0.21	1.71	0.04	0.09
24	72	112	2155	2154.1	2154	36	8	33.23	4	147.6	155.1	8.83	1.71	0.52	0.09
25	73	113	2155	2154.1	2154	41	9	1.99	10.17	101.6	83	1.39	-0.64	0.17	0.12
26	76	115	2155	2154.1	2154	42	10	3.26	28.4	101.6	155.1	1.39	11.95	0.17	0.63
27	77	116	2155	2154.1	2154	43	11	2.24	8.15	83	155.1	0.56	11.95	0.1	0.63
28	78	117	2155	2154	2155	45	22	90.75	10.51	101.6	83	0.83	1.6	0.1	0.3
29	79	101	2155	2154	2154	46	73	38	2.4	101.6	83	0.62	0	0.08	0
30	80	114	2155	2154	2155	47	93	0.4	4.09	83	83	0.42	0.38	0.08	0.07
31	81	118	2155	2153.9	2155	48	96	5.61	3.03	83	83	0.42	0	0.08	0
32	82	1	2155	2153.9	2156	50	98	56.01	5	83	83	0.2	1.14	0.04	0.21
33	83		2155	2153.9		52	105	28.73	6.06	101.6	147.6	2.42	8.83	0.3	0.52
34	84		2155	2153.9		53	106	23.48	15.29	101.6	147.6	5.02	8.83	0.62	0.52
35	85		2155	2154		60	114	58.21	2.18	101.6	101.6	1.63	1.39	0.2	0.17
36	86		2155	2154		61	116	9.55	10	101.6	101.6	0.81	0.2	0.1	0.02

37	87		2155	2154		63	118	3.65	5.87	101.6	83	0.81	0	0.1	0
38	74		2155	2154.1		64	121	34.05	54.4	58.2	101.6	0.38	5.02	0.14	0.62
39	75		2155	2154.1		65	123	35.65	45.99	58.2	83	0.3	3.39	0.11	0.63
40	2		2155	2156		66	125	19.23	36.44	101.6	101.6	0.43	1.63	0.05	0.2
41	10		2155	2156		68	127	7.59	1.6	101.6	83	0.43	0.79	0.05	0.15
42	9		2155	2155.9		69	129	7.11	29.55	101.6	58.2	0.43	0.79	0.05	0.3
43	3		2155	2156		70	131	10.23	1.09	101.6	83	0.38	0	0.05	0
44	4		2155	2156		72	132	11.35	2.87	63	83	0.49	0	0.16	0
45	88		2155	2155.7		75	135	15.26	1.9	83	83	2.9	0	0.54	0
46	89		2155	2155.7		77	138	6	3.45	83	83	0.79	0	0.15	0
47	69		2155	2155.4		78	1	8.48	1.2	83	83	0.79	0	0.15	0
48	70		2155	2156		81	5	49.2	2.14	83	83	0.79	1.4	0.15	0.26
49	90		2155	2156		82	26	58.96	6.73	83	83	0.79	0.7	0.15	0.13
50	91		2155	2156		84	29	1.39	6.44	37	83	0.52	2.11	0.49	0.39
51	92		2155	2156		85	31	16.35	42.84	37	101.6	0.27	1.39	0.25	0.17
52	93		2155	2155.9		86	35	5.75	20.07	37	105.3	0.05	7.44	0.05	0.92

ESQUEMA 4.1 Topología de la Red de agua potable de la U.T.P.L.



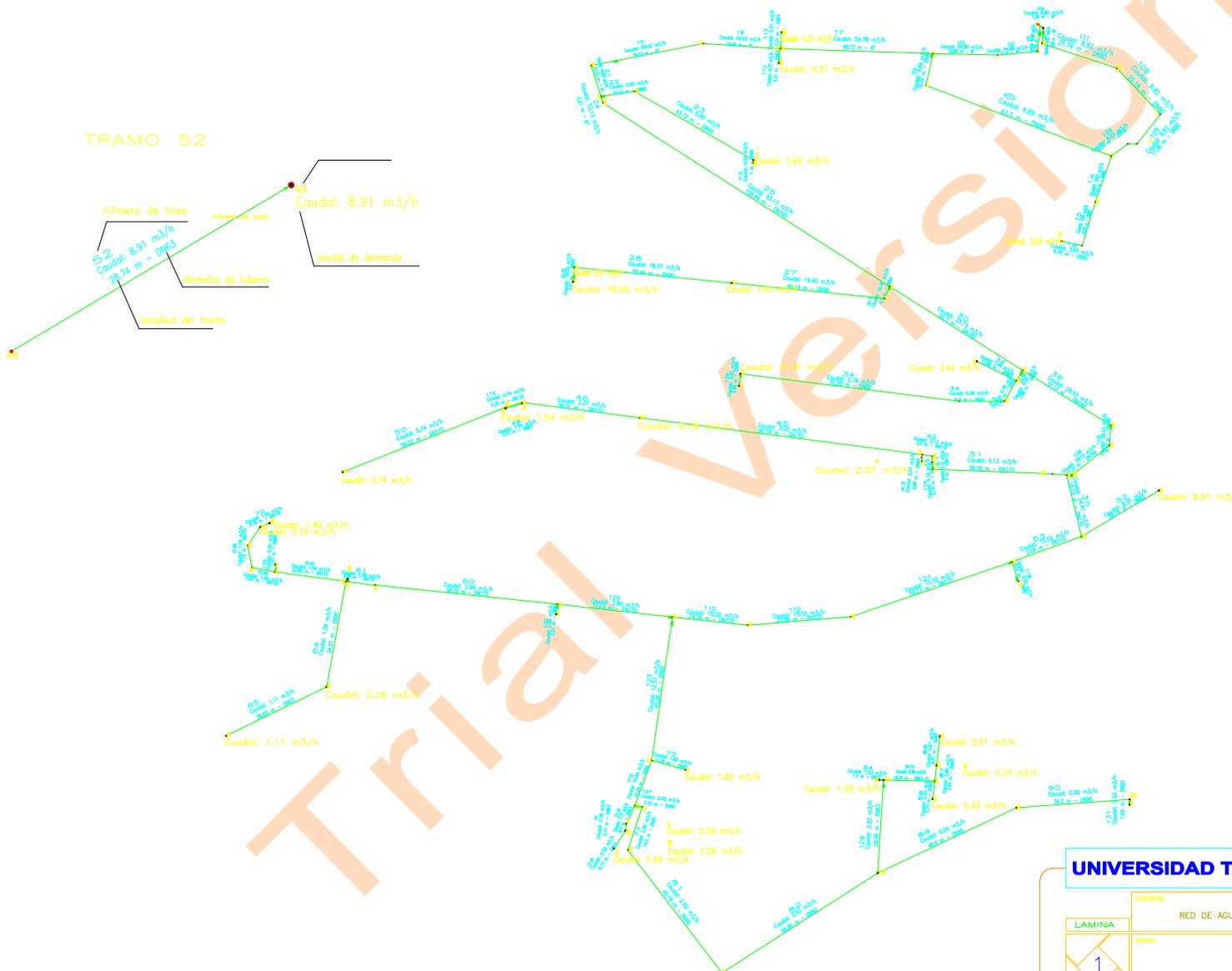
UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA	
CONTIENE:	MARZO/2009
LAMINA	ESCALA: 1-1000
REVISY:	OBJAYO:
LEVANTO:	DIBUJO:
HOJAS CASTELLO	JHORN CASTELLO
DE: 1	UBICACION:
HOLGER BENAVIDES MUÑOZ	"UTPL"

Trial Version

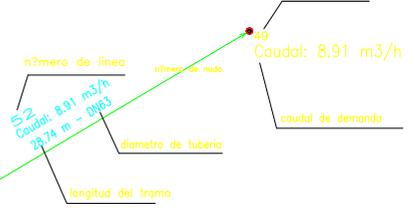
Trial Version

CAPITULO IV: Interpretación de resultados e implementación de nudos de control en la red de agua potable de la U.T.P.L.

ANEXO 1



TRAMO 52



UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA

CONTIENE: RED DE AGUA POTABLE- DATOS HIDRAULICOS		MARZO/2009
LAMINA 1		ESCALA: 1-1000
REVISO: HOLGER BENAVIDES MUÑOZ	LEVANTO: JHONN CASTELLO	DISEÑO: JHONN CASTELLO
DE: 1		UBICACIÓN: "UTPL"



CATASTRO SANITARIO U.T.P.L

Nro edificios	DESCRIPCION	SIMBOL		
		 INODORO	LAVAMANOS	URINARIOS
	CANCHAS DEPORTIVAS			
	POLIDEPORTIVO			
	OCTOGONO			
	LABORATORIOS			
	MODALIDAD ABIERTA			
	CAFETERIA			
	ADMINISTRACION CENTRAL			
	BANCO LOJA CAPILLA			
	EDIFICIOS (CITTES)			
	LAB. DE UCG, CETTIA			
	PLANTA DE CERAMICA (CERART)			
	PLANTA DE LACTEOS (ECOLAC)			
	PLANTAS DE PRODUCTOS NATURALES			
	IMPRESA			
	CENTRO COVENCIONES.			
	LAVADORA DE VEHICULOS			
	MECANICA			
	CASA DE GUARDIAN, CONSERJE			
	ALMACEN BODEGAS			
	INVERNADEROS			
	EDIFICIO 3 (AULAS)			
	EDIFICIO 4 (AULAS)			
	EDIFICIO 5 (AULAS)			
	EDIFICIO 6 (AULAS)			

CAPÍTULO 3. Actualización de la red de agua potable-UTPL

ANEXO 1

Resumen de aparatos sanitarios y longitudes de tubería edificios U.T.P.L.											
DESCRIPCIÓN	Lavabo	Inodoro con fluxómetro	Inodoro con cisterna	Urinario con grifo temporizado	Fregadero	Lavadero	Lavadora	Grifo asilado	Ducha	Consumo genérico	Longitud total (m)
OCTÓGONO	29	32		20							258
MODALIDAD ABIERTA	18		15	6	1						229
EDIFICIO OSCAR H.	4	4	3	5				3			86
EDIF. VIRGINIA RIOFRÍO	4	6	1	4							89
EDIFICIO DE AULAS 5	6		10					1			90
EDIFICIO CENTRAL	28		28	6		4					346
EDITORIAL	4	2	4			7					113
CEDIB	2		2								13
MUSEO	2		2			1					46
CAPILLA	1		3								50
CASA DE GUARIAN 1	1		1			1		2	1	1	37
CASA DE GUARIAN 2	1		1			1	1		1		28
POLIDEPORTIVO	5		7						12		84
UPSI	24	32	5	6							369
UCG-CETTIA	12		11		40			10	4	8	570
P.N. y ANFITEATRO	4		4		4	6		2	2		181
CERART	8		8					12	4		185
LABORATORIOS I	5		6	1	68	18	1	12	1		571
EDIFICIO DE AULAS 6	2							8			85
CAFETERIA	7	6		3	8			2	4		171

TOTAL ACCESORIOS= 662
TOTAL LONGITUD de TUBERIA (m) = 3601

TOTAL	662	167	82	111	51	121	38	2	52	29	9
-------	-----	-----	----	-----	----	-----	----	---	----	----	---

ANEXO 2a

CÁLCULO MANUAL DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA UTP L CON UN HIDRANTE POR CHEZY MANNING

n (PVC)= 0,015
n (HG)= 0,015

$$h_f = \frac{4^{10/3}}{\pi^2} * n^2 \left(\frac{L}{D^{16/3}} \right) Q^2$$

Línea	Nudo	L (m)	q (m3/s)	qij (m3/s)	Z (msnm)	D (m)	hfi linea	hfi nudo	Z + hfi al nudo	Carga al nudo	Cumple presión	V (m/s) = 4Q/PD2
	1			0,063	2156							
94	2	2,5	0	0,063	2154,44	0,1551	0,482	0,482	2154,92	1,08	OK	3,35
3	90	1,2	0	0,059	2154,07	0,1551	0,202	0,684	2154,75	1,25	OK	3,13
4	3	7	0	0,059	2153,45	0,1551	1,176	1,658	2155,11	0,89	OK	3,13
102	4	2,58	0	0,059	2150,27	0,1551	0,433	0,915	2151,19	4,81	OK	3,13
103	5	33,2	0	0,059	2147,43	0,1551	5,577	6,059	2153,49	2,51	OK	3,13
17	15	48,73	0	0,059	2148,56	0,1551	8,186	8,668	2157,23	-1,23	NO cumple	3,13
18	16	0,3	0	0,059	2148,55	0,1551	0,050	0,532	2149,08	6,92	OK	3,11
19	17	24,48	0	0,058	2147,32	0,1551	4,002	4,484	2151,80	4,20	OK	3,09
10	94	28,4	0	0,058	2144,64	0,1551	4,642	5,124	2149,76	6,24	OK	3,09
11	18	8,15	0	0,058	2143,6	0,1551	1,332	1,814	2145,41	10,59	OK	3,09
21	19	10,23	0,0063	0,058	2142,99	0,1551	1,672	2,154	2145,14	10,86	OK	3,09
24	22	2,23	0	0,046	2142,85	0,1551	0,224	0,706	2143,56	12,44	OK	2,42
25	23	108,48	0	0,046	2131,45	0,1476	14,198	14,680	2146,13	9,87	OK	2,67
30	28	49,93	0	0,044	2126,6	0,1476	6,113	6,595	2133,20	22,80	OK	2,59
36	34	33,23	0	0,040	2122,85	0,1476	3,285	3,767	2126,62	29,38	OK	2,32
105	35	6,06	0	0,040	2122,39	0,1476	0,599	1,081	2123,47	32,53	OK	2,32
106	36	15,29	0	0,040	2122,25	0,1476	1,511	1,993	2124,24	31,76	OK	2,32
35	48	20,07	0	0,034	2120,31	0,1016	10,813	11,295	2131,60	24,40	OK	4,23
53	50	23,48	0	0,025	2119,77	0,1016	6,600	7,082	2126,85	29,15	OK	3,05
121	52	54,4	0	0,025	2118,28	0,1016	15,290	15,772	2134,05	21,95	OK	3,05
110	53	57,27	0	0,025	2117,73	0,1016	16,097	16,579	2134,31	21,69	OK	3,05
125	54	36,44	0	0,006	2117,37	0,1016	0,684	1,166	2118,54	37,46	OK	0,79
60	56	58,21	0,0032	0,006	2116,48	0,1016	1,093	1,575	2118,06	37,94	OK	0,79
61	57	9,55	0	0,003	2117,09	0,1016	0,045	0,527	2117,62	38,38	OK	0,39
63	59	3,65	0	0,003	2117,12	0,1016	0,017	0,499	2117,62	38,38	OK	0,39

Línea	Nudo	L (m)	q (m3/s)	qij (m3/s)	Z (msnm)	D (m)	hfi linea	hfi nudo	Z + hfi al nudo	Carga al nudo	Cumple presión	V (m/s) = 4Q/PD2
66	62	19,23	0	0,002	2117,99	0,1016	0,025	0,507	2118,50	37,50	OK	0,21
68	64	7,59	0	0,002	2118,32	0,1016	0,010	0,492	2118,81	37,19	OK	0,21
69	65	7,11	0,0002	0,002	2118,62	0,1016	0,009	0,491	2119,11	36,89	OK	0,21
70	66	10,23	0,0015	0,002	2118,81	0,1016	0,011	0,493	2119,30	36,70	OK	0,19
104	11	1,25	0	0,004	2153,8	0,1551	0,001	0,483	2154,28	1,72	OK	0,22
7	92	100	0	0,004	2153,79	0,1551	0,086	0,568	2154,36	1,64	OK	0,22
8	10	100	0	0,004	2153,73	0,1551	0,086	0,568	2154,30	1,70	OK	0,22
111	9	44,94	0	0,004	2151,37	0,083	1,079	1,561	2152,93	3,07	OK	0,78
108	8	11,97	0	0,004	2150,77	0,083	0,287	0,769	2151,54	4,46	OK	0,78
109	7	9,51	0	0,004	2150,59	0,083	0,228	0,710	2151,30	4,70	OK	0,78
14	12	15,41	0	0,004	2141,52	0,083	0,370	0,852	2142,37	13,63	OK	0,78
15	13	14,54	0	0,004	2140,74	0,083	0,349	0,831	2141,57	14,43	OK	0,78
16	14	6,76	0,0042	0,004	2140,68	0,083	0,162	0,644	2141,32	14,68	OK	0,78
6	6	63,33	0	0,000	2148,45	0,083	0,000	0,482	2148,93	7,07	OK	0,00
9	93	10,17	0	0,000	2149,67	0,083	0,000	0,482	2150,15	5,85	OK	0,00
112	88	4,42	0,0004	0,000	2148,58	0,0582	0,006	0,488	2149,07	6,93	OK	0,15
113	89	5,23	0,0004	0,000	2148,12	0,0582	0,007	0,490	2148,61	7,39	OK	0,15
22	20	10,51	0	0,006	2142,55	0,083	0,562	1,044	2143,59	12,41	OK	1,16
23	21	43,71	0,0063	0,006	2141,28	0,083	2,338	2,820	2144,10	11,90	OK	1,16
73	69	2,4	0	0,000	2141,28	0,083	0,000	0,482	2141,76	14,24	OK	0,00
93	24	4,09	0	0,002	2131,59	0,083	0,012	0,494	2132,08	23,92	OK	0,28
27	25	49,09	0,0011	0,002	2131,91	0,083	0,149	0,631	2132,54	23,46	OK	0,28
28	26	50,42	0,0004	0,000	2132,22	0,083	0,011	0,493	2132,71	23,29	OK	0,07
96	27	3,03	0	0,000	2132,3	0,083	0,000	0,482	2132,78	23,22	OK	0,00
98	29	5	0	0,004	2126,38	0,083	0,136	0,618	2127,00	29,00	OK	0,83
33	31	6,33	0	0,001	2126,24	0,083	0,006	0,488	2126,73	29,27	OK	0,15
34	32	84,85	0,0008	0,001	2127,61	0,083	0,075	0,557	2128,17	27,83	OK	0,15
138	33	3,45	0	0,000	2127,71	0,083	0,000	0,482	2128,19	27,81	OK	0,00
32	30	14	0,0037	0,004	2126,4	0,083	0,256	0,738	2127,14	28,86	OK	0,68
31	37	42,84	0	0,005	2120,24	0,1016	0,588	1,070	2121,31	34,69	OK	0,67
114	38	2,18	0	0,005	2121,49	0,1016	0,030	0,512	2122,00	34,00	OK	0,67
41	39	1,99	0	0,005	2123,9	0,1016	0,027	0,509	2124,41	31,59	OK	0,67
42	40	3,26	0	0,005	2123,91	0,1016	0,045	0,527	2124,44	31,56	OK	0,67

Línea	Nudo	L (m)	q (m3/s)	qij (m3/s)	Z (msnm)	D (m)	hfi linea	hfi nudo	Z + hfi al nudo	Carga al nudo	Cumple presión	V (m/s) = 4Q/PD2
45	42	90,75	0,0008	0,003	2125,1	0,1016	0,442	0,924	2126,02	29,98	OK	0,40
46	43	38	0	0,002	2125,99	0,1016	0,103	0,585	2126,57	29,43	OK	0,30
116	46	10	0	0,001	2125,9	0,1016	0,003	0,485	2126,38	29,62	OK	0,10
50	47	56,01	0,0008	0,001	2125,44	0,1016	0,016	0,498	2125,94	30,06	OK	0,10
43	41	2,24	0,0022	0,002	2121,16	0,083	0,015	0,497	2121,66	34,34	OK	0,41
47	44	0,4	0	0,002	2125,39	0,083	0,001	0,483	2125,87	30,13	OK	0,30
48	45	5,61	0,0016	0,002	2125,35	0,083	0,020	0,502	2125,85	30,15	OK	0,30
52	49	28,73	0,0095	0,010	2121,08	0,1016	1,194	1,676	2122,76	33,24	OK	1,17
118	51	5,87	0	0,000	2119,55	0,083	0,000	0,482	2120,03	35,97	OK	0,00
123	67	45,99	0	0,018	2118,06	0,083	20,897	21,379	2139,44	16,56	OK	3,39
75	71	15,26	0	0,016	2118,02	0,083	5,546	6,028	2124,05	31,95	OK	3,03
127	72	1,6	0	0,008	2119,11	0,083	0,142	0,624	2119,73	36,27	OK	1,50
77	73	6	0	0,008	2118,13	0,083	0,533	1,015	2119,15	36,85	OK	1,50
78	76	8,48	0	0,008	2117,8	0,083	0,754	1,236	2119,04	36,96	OK	1,50
81	77	49,2	0	0,008	2118,02	0,083	4,373	4,855	2122,87	33,13	OK	1,50
82	78	58,96	0	0,008	2118,72	0,083	5,240	5,722	2124,44	31,56	OK	1,50
89	85	48,87	0	0,005	2120,14	0,083	1,647	2,129	2122,27	33,73	OK	0,92
90	86	36,21	0	0,005	2119,4	0,083	1,220	1,702	2121,10	34,90	OK	0,92
72	68	11,35	0,0019	0,002	2118,25	63	0,000	0,482	2118,73	37,27	OK	0,00
29	74	6,44	0,0028	0,008	2118,16	0,083	0,598	1,080	2119,24	36,76	OK	1,53
5	101	2,14	0,0028	0,006	2118,14	0,083	0,088	0,570	2118,71	37,29	OK	1,02
26	75	6,73	0,0028	0,003	2118,17	0,083	0,069	0,551	2118,72	37,28	OK	0,51
129	79	29,55	0	0,003	2118,85	0,0582	2,575	3,057	2121,91	34,09	OK	1,17
85	81	16,35	0	0,001	2119,6	0,037	1,841	2,323	2121,92	34,08	OK	0,99
87	83	5,04	0,0002	0,001	2119,6	0,037	0,365	0,847	2120,45	35,55	OK	0,79
88	84	9,3	0,0007	0,001	2119,6	0,037	0,394	0,876	2120,48	35,52	OK	0,60
84	80	1,39	0,0021	0,002	2119,13	0,037	0,591	1,073	2120,20	35,80	OK	1,92
86	82	5,75	0,0002	0,000	2119,6	0,037	0,025	0,507	2120,11	35,89	OK	0,20
131	87	1,09	0,005	0,005	2119,57	0,083	0,037	0,519	2120,09	35,91	OK	0,92
132	55	2,87	0	0,000	2117,52	0,083	0,000	0,482	2118,00	38,00	OK	0,00
1	58	1,2	0	0,000	2117,03	0,083	0,000	0,482	2117,51	38,49	OK	0,00
64	60	34,05	0,0003	0,001	2117,96	0,0582	0,677	1,159	2119,12	36,88	OK	0,56
65	61	35,65	0,0012	0,001	2117,94	0,0582	0,452	0,934	2118,87	37,13	OK	0,45
135	63	1,9	0	0,000	2117,88	0,083	0,000	0,482	2118,36	37,64	OK	0,00

ANEXO 2c

CÁLCULO MANUAL DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA UTPL CON UN HIDRANTE POR HAZEN WILLIAMS

CH (PVC)= 140
CH (HG)= 120

$$H_f = \frac{10.646 \cdot L}{D_{int}^{4.87037}} \left(\frac{q_{ij}}{C_H} \right)^{1.85185}$$

Línea	Nudo	L (m)	q (m3/s)	qij (m3/s)	Z (msnm)	D (m)	hfi línea	hfi al nudo	Z + hfi al nudo	Carga al nudo	Cumple presión	V (m/s) = 4Q/PD2
	1			0,06336	2156							
94	2	2,5	0	0,06336	2154,44	0,1551	0,20	0,20	2154,64	1,36	OK	3,35
3	90	1,2	0	0,05914	2154,07	0,1551	0,08	0,28	2154,35	1,65	OK	3,13
4	3	7	0	0,05914	2153,45	0,1551	0,49	0,69	2154,14	1,86	OK	3,13
102	4	2,58	0	0,05914	2150,27	0,1551	0,18	0,38	2150,65	5,35	OK	3,13
103	5	33,2	0	0,05914	2147,43	0,1551	2,32	2,52	2149,95	6,05	OK	3,13
17	15	48,73	0	0,05914	2148,56	0,1551	3,41	3,61	2152,17	3,83	OK	3,13
18	16	0,3	0	0,05874	2148,55	0,1551	0,02	0,22	2148,77	7,23	OK	3,11
19	17	24,48	0	0,05834	2147,32	0,1551	1,67	1,87	2149,19	6,81	OK	3,09
10	94	28,4	0	0,05834	2144,64	0,1551	1,94	2,13	2146,77	9,23	OK	3,09
11	18	8,15	0	0,05834	2143,6	0,1551	0,56	0,75	2144,35	11,65	OK	3,09
21	19	10,23	0,0063	0,05834	2142,99	0,1551	0,70	0,90	2143,89	12,11	OK	3,09
24	22	2,23	0	0,04574	2142,85	0,1551	0,10	0,30	2143,15	12,85	OK	2,42
25	23	108,5	0	0,04574	2131,45	0,1476	4,51	4,71	2136,16	19,84	OK	2,67
30	28	49,93	0	0,04424	2126,6	0,1476	1,95	2,15	2128,75	27,25	OK	2,59
36	34	33,23	0	0,03975	2122,85	0,1476	1,07	1,26	2124,11	31,89	OK	2,32
105	35	6,06	0	0,03975	2122,39	0,1476	0,19	0,39	2122,78	33,22	OK	2,32
106	36	15,29	0	0,03975	2122,25	0,1476	0,49	0,69	2122,94	33,06	OK	2,32
35	48	20,07	0	0,03428	2120,31	0,1016	3,02	3,21	2123,52	32,48	OK	4,23
53	50	23,48	0	0,02476	2119,77	0,1016	1,93	2,13	2121,90	34,10	OK	3,05
121	52	54,4	0	0,02476	2118,28	0,1016	4,47	4,67	2122,95	33,05	OK	3,05
110	53	57,27	0	0,02476	2117,73	0,1016	4,71	4,91	2122,64	33,36	OK	3,05
125	54	36,44	0	0,00640	2117,37	0,1016	0,24	0,44	2117,81	38,19	OK	0,79
60	56	58,21	0,00321	0,00640	2116,48	0,1016	0,39	0,59	2117,07	38,93	OK	0,79
61	57	9,55	0	0,00319	2117,09	0,1016	0,02	0,22	2117,31	38,69	OK	0,39
63	59	3,65	0	0,00319	2117,12	0,1016	0,01	0,21	2117,33	38,67	OK	0,39

Línea	Nudo	L (m)	q (m3/s)	qij (m3/s)	Z (msnm)	D (m)	hfi línea	hfi al nudo	Z + hfi al nudo	Carga al nudo	Cumple presión	V (m/s) = 4Q/PD2
66	62	19,23	0	0,00170	2117,99	0,1016	0,01	0,21	2118,20	37,80	OK	0,21
68	64	7,59	0	0,00170	2118,32	0,1016	0,00	0,20	2118,52	37,48	OK	0,21
69	65	7,11	0,0002	0,00170	2118,62	0,1016	0,00	0,20	2118,82	37,18	OK	0,21
70	66	10,23	0,0015	0,00150	2118,81	0,1016	0,00	0,20	2119,01	36,99	OK	0,19
104	11	1,25	0	0,00422	2153,8	0,1551	0,001	0,20	2154,00	2,00	OK	0,22
7	92	100	0	0,00422	2153,79	0,1551	0,05	0,25	2154,04	1,96	OK	0,22
8	10	100	0	0,00422	2153,73	0,1551	0,05	0,25	2153,98	2,02	OK	0,22
111	9	44,94	0	0,00422	2151,37	0,083	0,37	0,57	2151,94	4,06	OK	0,78
108	8	11,97	0	0,00422	2150,77	0,083	0,10	0,30	2151,07	4,93	OK	0,78
109	7	9,51	0	0,00422	2150,59	0,083	0,08	0,28	2150,87	5,13	OK	0,78
14	12	15,41	0	0,00422	2141,52	0,083	0,13	0,33	2141,85	14,15	OK	0,78
15	13	14,54	0	0,00422	2140,74	0,083	0,12	0,32	2141,06	14,94	OK	0,78
16	14	6,76	0,00422	0,00422	2140,68	0,083	0,06	0,25	2140,93	15,07	OK	0,78
6	6	63,33	0	0,00000	2148,45	0,083	0,00	0,20	2148,65	7,35	OK	0,00
9	93	10,17	0	0,00000	2149,67	0,083	0,00	0,20	2149,87	6,13	OK	0,00
112	88	4,42	0,0004	0,00040	2148,58	0,0582	0,00	0,20	2148,78	7,22	OK	0,15
113	89	5,23	0,0004	0,00040	2148,12	0,0582	0,00	0,20	2148,32	7,68	OK	0,15
22	20	10,51	0	0,00630	2142,55	0,083	0,18	0,38	2142,93	13,07	OK	1,16
23	21	43,71	0,0063	0,00630	2141,28	0,083	0,76	0,96	2142,24	13,76	OK	1,16
73	69	2,4	0	0,00000	2141,28	0,083	0,00	0,20	2141,48	14,52	OK	0,00
93	24	4,09	0	0,00150	2131,59	0,083	0,01	0,20	2131,79	24,21	OK	0,28
27	25	49,09	0,0011	0,00150	2131,91	0,083	0,06	0,26	2132,17	23,83	OK	0,28
28	26	50,42	0,0004	0,00040	2132,22	0,083	0,01	0,20	2132,42	23,58	OK	0,07
96	27	3,03	0	0,00000	2132,3	0,083	0,00	0,20	2132,50	23,50	OK	0,00
98	29	5	0	0,00449	2126,38	0,083	0,05	0,25	2126,63	29,37	OK	0,83
33	31	6,33	0	0,00081	2126,24	0,083	0,00	0,20	2126,44	29,56	OK	0,15
34	32	84,85	0,00081	0,00081	2127,61	0,083	0,03	0,23	2127,84	28,16	OK	0,15
138	33	3,45	0	0,00000	2127,71	0,083	0,00	0,20	2127,91	28,09	OK	0,00
32	30	14	0,00368	0,00368	2126,4	0,083	0,09	0,29	2126,69	29,31	OK	0,68
31	37	42,84	0	0,00547	2120,24	0,1016	0,22	0,41	2120,65	35,35	OK	0,67
114	38	2,18	0	0,00547	2121,49	0,1016	0,01	0,21	2121,70	34,30	OK	0,67
41	39	1,99	0	0,00547	2123,9	0,1016	0,01	0,21	2124,11	31,89	OK	0,67
42	40	3,26	0	0,00547	2123,91	0,1016	0,02	0,21	2124,12	31,88	OK	0,67
45	42	90,75	0,00083	0,00326	2125,1	0,1016	0,17	0,37	2125,47	30,53	OK	0,40

Línea	Nudo	L (m)	q (m3/s)	qij (m3/s)	Z (msnm)	D (m)	hfi línea	hfi al nudo	Z + hfi al nudo	Carga al nudo	Cumple presión	V (m/s) = 4Q/PD2
46	43	38	0	0,00243	2125,99	0,1016	0,04	0,24	2126,23	29,77	OK	0,30
116	46	10	0	0,00079	2125,9	0,1016	0,00	0,20	2126,10	29,90	OK	0,10
50	47	56,01	0,00079	0,00079	2125,44	0,1016	0,01	0,21	2125,65	30,35	OK	0,10
43	41	2,24	0,00221	0,00221	2121,16	0,083	0,01	0,20	2121,36	34,64	OK	0,41
47	44	0,4	0	0,00164	2125,39	0,083	0,00	0,20	2125,59	30,41	OK	0,30
48	45	5,61	0,00164	0,00164	2125,35	0,083	0,01	0,21	2125,56	30,44	OK	0,30
52	49	28,73	0,00952	0,00952	2121,08	0,1016	0,40	0,60	2121,68	34,32	OK	1,17
118	51	5,87	0	0,00000	2119,55	0,083	0,00	0,20	2119,75	36,25	OK	0,00
123	67	45,99	0	0,01836	2118,06	0,083	5,82	6,02	2124,08	31,92	OK	3,39
75	71	15,26	0	0,01642	2118,02	0,083	1,57	1,77	2119,79	36,21	OK	3,03
127	72	1,6	0	0,00812	2119,11	0,083	0,04	0,24	2119,35	36,65	OK	1,50
77	73	6	0	0,00812	2118,13	0,083	0,17	0,37	2118,50	37,50	OK	1,50
78	76	8,48	0	0,00812	2117,8	0,083	0,24	0,44	2118,24	37,76	OK	1,50
81	77	49,2	0	0,00812	2118,02	0,083	1,37	1,57	2119,59	36,41	OK	1,50
82	78	58,96	0	0,00812	2118,72	0,083	1,65	1,85	2120,57	35,43	OK	1,50
89	85	48,87	0	0,00500	2120,14	0,083	0,56	0,75	2120,89	35,11	OK	0,92
90	86	36,21	0	0,00500	2119,4	0,083	0,41	0,61	2120,01	35,99	OK	0,92
72	68	11,35	0,00194	0,00194	2118,25	63	0,00	0,20	2118,45	37,55	OK	0,00
29	74	6,44	0,00277	0,00830	2118,16	0,083	0,19	0,39	2118,55	37,45	OK	1,53
5	101	2,14	0,00277	0,00553	2118,18	0,083	0,03	0,23	2118,41	37,59	OK	1,02
26	75	6,73	0,00276	0,00276	2118,17	0,083	0,03	0,22	2118,39	37,61	OK	0,51
129	79	29,55	0	0,00312	2118,85	0,0582	0,79	0,99	2119,84	36,16	OK	1,17
85	81	16,35	0	0,00106	2119,6	0,038	0,47	0,67	2120,27	35,73	OK	0,93
87	83	5,04	0,0002	0,00085	2119,6	0,029	0,36	0,56	2120,16	35,84	OK	1,29
88	84	9,3	0,00065	0,00065	2119,6	0,029	0,41	0,60	2120,20	35,80	OK	0,98
84	80	1,39	0,00206	0,00206	2119,13	0,037	0,16	0,36	2119,49	36,51	OK	1,92
86	82	5,75	0,00021	0,00021	2119,6	0,017	0,42	0,62	2120,22	35,78	OK	0,93
131	87	1,09	0,005	0,00500	2119,57	0,083	0,01	0,21	2119,78	36,22	OK	0,92
132	55	2,87	0	0,00000	2117,52	0,083	0,00	0,20	2117,72	38,28	OK	0,00
1	58	1,2	0	0,00000	2117,03	0,083	0,00	0,20	2117,23	38,77	OK	0,00
64	60	34,05	0,0003	0,00149	2117,96	0,0582	0,23	0,43	2118,39	37,61	OK	0,56
65	61	35,65	0,00119	0,00119	2117,94	0,0582	0,16	0,36	2118,30	37,70	OK	0,45
135	63	1,9	0	0,00000	2117,88	0,083	0,00	0,20	2118,08	37,92	OK	0,00

ANEXO 2e

CÁLCULO MANUAL DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA UTPL CON UN HIDRANTE POR DARCY-WEISBASH

f (PVC) = 0,0025
f (HG)= 0,15

$$h_f = \left(\frac{8 f L}{\pi^2 g D^5} \right) Q^2$$

Línea	Nudo	L (m)	q (m3/s)	qij (m3/s)	Z (msnm)	D (m)	hfi linea	hfi nudo	Z + hfi al nudo	Carga al nudo	Cumple presión	V (m/s) = 4Q/PD2
	1			0,06336	2156							
94	2	2,5	0	0,06336	2154,44	0,1551	0,023	0,023	2154,46	1,54	OK	3,35
3	90	1,2	0	0,05914	2154,07	0,1551	0,010	0,033	2154,10	1,90	OK	3,13
4	3	7	0	0,05914	2153,45	0,1551	0,056	0,089	2153,54	2,46	OK	3,13
102	4	2,58	0	0,05914	2150,27	0,1551	0,021	0,110	2150,38	5,62	OK	3,13
103	5	33,2	0	0,05914	2147,43	0,1551	0,267	0,377	2147,81	8,19	OK	3,13
17	15	48,73	0	0,05914	2148,56	0,1551	0,392	0,769	2149,33	6,67	OK	3,13
18	16	0,3	0	0,05874	2148,55	0,1551	0,002	0,772	2149,32	6,68	OK	3,11
19	17	24,48	0	0,05834	2147,32	0,1551	0,192	0,963	2148,28	7,72	OK	3,09
10	94	28,4	0	0,05834	2144,64	0,1551	0,222	1,186	2145,83	10,17	OK	3,09
11	18	8,15	0	0,05834	2143,6	0,1551	0,064	1,250	2144,85	11,15	OK	3,09
21	19	10,23	0,0063	0,05834	2142,99	0,1551	0,080	1,330	2144,32	11,68	OK	3,09
24	22	2,23	0	0,04574	2142,85	0,1551	0,011	1,341	2144,19	11,81	OK	2,42
25	23	108,48	0	0,04574	2131,45	0,1476	0,669	2,010	2133,46	22,54	OK	2,67
30	28	49,93	0	0,04424	2126,6	0,1476	0,288	2,298	2128,90	27,10	OK	2,59
36	34	33,23	0	0,03975	2122,85	0,1476	0,155	2,453	2125,30	30,70	OK	2,32
105	35	6,06	0	0,03975	2122,39	0,1476	0,028	2,481	2124,87	31,13	OK	2,32
106	36	15,29	0	0,03975	2122,25	0,1476	0,071	2,552	2124,80	31,20	OK	2,32
35	48	20,07	0	0,03428	2120,31	0,1016	0,450	3,002	2123,31	32,69	OK	4,23
53	50	23,48	0	0,02476	2119,77	0,1016	0,275	3,277	2123,05	32,95	OK	3,05
121	52	54,4	0	0,02476	2118,28	0,1016	0,636	3,913	2122,19	33,81	OK	3,05
110	53	57,27	0	0,02476	2117,73	0,1016	0,670	4,583	2122,31	33,69	OK	3,05
125	54	36,44	0	0,00640	2117,37	0,1016	0,028	4,612	2121,98	34,02	OK	0,79
60	56	58,21	0,00321	0,00640	2116,48	0,1016	0,045	4,657	2121,14	34,86	OK	0,79
61	57	9,55	0	0,00319	2117,09	0,1016	0,002	4,659	2121,75	34,25	OK	0,39

Línea	Nudo	L (m)	q (m3/s)	qij (m3/s)	Z (msnm)	D (m)	hfi linea	hfi nudo	Z + hfi al nudo	Carga al nudo	Cumple presión	V (m/s) = 4Q/PD2
63	59	3,65	0	0,00319	2117,12	0,1016	0,001	4,660	2121,78	34,22	OK	0,39
66	62	19,23	0	0,00170	2117,99	0,1016	0,001	4,661	2122,65	33,35	OK	0,21
68	64	7,59	0	0,00170	2118,32	0,1016	0,000	4,661	2122,98	33,02	OK	0,21
69	65	7,11	0,0002	0,00170	2118,62	0,1016	0,000	4,662	2123,28	32,72	OK	0,21
70	66	10,23	0,0015	0,00150	2118,81	0,1016	0,000	4,662	2123,47	32,53	OK	0,19
104	11	1,25	0	0,00422	2153,8	0,1551	0,000	0,023	2153,82	2,18	OK	0,22
7	92	100	0	0,00422	2153,79	0,1551	0,004	0,027	2153,82	2,18	OK	0,22
8	10	100	0	0,00422	2153,73	0,1551	0,004	0,031	2153,76	2,24	OK	0,22
111	9	44,94	0	0,00422	2151,37	0,083	0,042	0,073	2151,44	4,56	OK	0,78
108	8	11,97	0	0,00422	2150,77	0,083	0,011	0,084	2150,85	5,15	OK	0,78
109	7	9,51	0	0,00422	2150,59	0,083	0,009	0,093	2150,68	5,32	OK	0,78
14	12	15,41	0	0,00422	2141,52	0,083	0,014	0,108	2141,63	14,37	OK	0,78
15	13	14,54	0	0,00422	2140,74	0,083	0,014	0,121	2140,86	15,14	OK	0,78
16	14	6,76	0,00422	0,00422	2140,68	0,083	0,006	0,128	2140,81	15,19	OK	0,78
6	6	63,33	0	0,00000	2148,45	0,083	0,000	0,027	2148,48	7,52	OK	0,00
9	93	10,17	0	0,00000	2149,67	0,083	0,000	0,027	2149,70	6,30	OK	0,00
112	88	4,42	0,0004	0,00040	2148,58	0,0582	0,000	0,770	2149,35	6,65	OK	0,15
113	89	5,23	0,0004	0,00040	2148,12	0,0582	0,000	0,772	2148,89	7,11	OK	0,15
22	20	10,51	0	0,00630	2142,55	0,083	0,022	1,352	2143,90	12,10	OK	1,16
23	21	43,71	0,0063	0,00630	2141,28	0,083	0,091	1,443	2142,72	13,28	OK	1,16
73	69	2,4	0	0,00000	2141,28	0,083	0,000	1,443	2142,72	13,28	OK	0,00
93	24	4,09	0	0,00150	2131,59	0,083	0,000	2,010	2133,60	22,40	OK	0,28
27	25	49,09	0,0011	0,00150	2131,91	0,083	0,006	2,016	2133,93	22,07	OK	0,28
28	26	50,42	0,0004	0,00040	2132,22	0,083	0,000	2,017	2134,24	21,76	OK	0,07
96	27	3,03	0	0,00000	2132,3	0,083	0,000	2,017	2134,32	21,68	OK	0,00
98	29	5	0	0,00449	2126,38	0,083	0,005	2,303	2128,68	27,32	OK	0,83
33	31	6,33	0	0,00081	2126,24	0,083	0,000	2,304	2128,54	27,46	OK	0,15
34	32	84,85	0,00081	0,00081	2127,61	0,083	0,003	2,306	2129,92	26,08	OK	0,15
138	33	3,45	0	0,00000	2127,71	0,083	0,000	2,306	2130,02	25,98	OK	0,00
32	30	14	0,00368	0,00368	2126,4	0,083	0,010	2,313	2128,71	27,29	OK	0,68
31	37	42,84	0	0,00547	2120,24	0,1016	0,024	2,577	2122,82	33,18	OK	0,67
114	38	2,18	0	0,00547	2121,49	0,1016	0,001	2,578	2124,07	31,93	OK	0,67
41	39	1,99	0	0,00547	2123,9	0,1016	0,001	2,579	2126,48	29,52	OK	0,67
42	40	3,26	0	0,00547	2123,91	0,1016	0,002	2,581	2126,49	29,51	OK	0,67

Línea	Nudo	L (m)	q (m3/s)	qij (m3/s)	Z (msnm)	D (m)	hfi linea	hfi nudo	Z + hfi al nudo	Carga al nudo	Cumple presión	V (m/s) = 4Q/PD2
45	42	90,75	0,00083	0,00326	2125,1	0,1016	0,018	2,599	2127,70	28,30	OK	0,40
46	43	38	0	0,00243	2125,99	0,1016	0,004	2,604	2128,59	27,41	OK	0,30
116	46	10	0	0,00079	2125,9	0,1016	0,000	2,604	2128,50	27,50	OK	0,10
50	47	56,01	0,00079	0,00079	2125,44	0,1016	0,001	2,605	2128,04	27,96	OK	0,10
43	41	2,24	0,00221	0,00221	2121,16	0,083	0,001	2,582	2123,74	32,26	OK	0,41
47	44	0,4	0	0,00164	2125,39	0,083	0,000	2,604	2127,99	28,01	OK	0,30
48	45	5,61	0,00164	0,00164	2125,35	0,083	0,001	2,605	2127,95	28,05	OK	0,30
52	49	28,73	0,00952	0,00952	2121,08	0,1016	0,050	3,052	2124,13	31,87	OK	1,17
118	51	5,87	0	0,00000	2119,55	0,083	0,000	3,277	2122,83	33,17	OK	0,00
123	67	45,99	0	0,01836	2118,06	0,083	0,813	5,396	2123,46	32,54	OK	3,39
75	71	15,26	0	0,01642	2118,02	0,083	0,216	5,612	2123,63	32,37	OK	3,03
127	72	1,6	0	0,00812	2119,11	0,083	0,006	5,618	2124,73	31,27	OK	1,50
77	73	6	0	0,00812	2118,13	0,083	0,021	5,638	2123,77	32,23	OK	1,50
78	76	8,48	0	0,00812	2117,8	0,083	0,029	5,668	2123,47	32,53	OK	1,50
81	77	49,2	0	0,00812	2118,02	0,083	0,170	5,838	2123,86	32,14	OK	1,50
82	78	58,96	0	0,00812	2118,72	0,083	0,204	6,042	2124,76	31,24	OK	1,50
89	85	48,87	0	0,00500	2120,14	0,083	0,064	6,106	2126,25	29,75	OK	0,92
90	86	36,21	0	0,00500	2119,4	0,083	0,047	6,153	2125,55	30,45	OK	0,92
72	68	11,35	0,00194	0,00194	2118,25	0,0582	0,013	5,409	2123,66	32,34	OK	0,73
29	74	6,44	0,00277	0,00830	2118,16	0,083	0,023	5,635	2123,80	32,20	OK	1,53
5	101	2,14	0,00277	0,00553	2118,14	0,083	0,003	5,639	2123,78	32,22	OK	1,02
26	75	6,73	0,00276	0,00276	2118,17	0,083	0,003	5,641	2123,81	32,19	OK	0,51
129	79	29,55	0	0,00312	2118,85	0,0582	0,089	6,131	2124,98	31,02	OK	1,17
85	81	16,35	0	0,00106	2119,6	0,037	0,055	6,185	2125,79	30,21	OK	0,99
87	83	5,04	0,0002	0,00085	2119,6	0,037	0,011	0,034	2119,63	36,37	OK	0,79
88	84	9,3	0,00065	0,00065	2119,6	0,037	0,012	0,035	2119,63	36,37	OK	0,60
84	80	1,39	0,00206	0,00206	2119,13	0,037	0,018	6,148	2125,28	30,72	OK	1,92
86	82	5,75	0,00021	0,00021	2119,6	0,037	0,001	6,186	2125,79	30,21	OK	0,20
131	87	1,09	0,005	0,00500	2119,57	0,083	0,001	6,155	2125,72	30,28	OK	0,92
132	55	2,87	0	0,00000	2117,52	0,083	0,000	4,612	2122,13	33,87	OK	0,00
1	58	1,2	0	0,00000	2117,03	0,083	0,000	4,659	2121,69	34,31	OK	0,00
64	60	34,05	0,0003	0,00149	2117,96	0,0582	0,023	4,683	2122,64	33,36	OK	0,56
65	61	35,65	0,00119	0,00119	2117,94	0,0582	0,016	4,699	2122,64	33,36	OK	0,45
135	63	1,9	0	0,00000	2117,88	0,083	0,000	4,661	2122,54	33,46	OK	0,00

43,5 43,5 5,61011

ANEXO 2b

CÁLCULO MANUAL DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA UTPL SIN HIDRANTE POR CHEZY MANNING

n (PVC)= 0,015
n (HG)= 0,015

$$h_f = \frac{4^{10/3}}{\pi^2} * n^2 \left(\frac{L}{D^{16/3}} \right) Q^2$$

Línea	Nudo	L (m)	q (m3/s)	qij (m3/s)	Z (msnm)	D (m)	hfi línea	hfi nudo	Z + hfi al nudo	Carga al nudo	Cumple presión	V (m/s) = 4Q/PD2
	1			0,05836	2156							
94	2	2,5	0	0,05836	2154,44	0,1551	0,409	0,409	2154,85	1,15	OK	3,09
3	90	1,2	0	0,05414	2154,07	0,1551	0,169	0,578	2154,65	1,35	OK	2,87
4	3	7	0	0,05414	2153,45	0,1551	0,985	1,394	2154,84	1,16	OK	2,87
102	4	2,58	0	0,05414	2150,27	0,1551	0,363	0,772	2151,04	4,96	OK	2,87
103	5	33,2	0	0,05414	2147,43	0,1551	4,674	5,083	2152,51	3,49	OK	2,87
17	15	48,73	0	0,05414	2148,56	0,1551	6,860	7,269	2155,83	0,17	OK	2,87
18	16	0,3	0	0,05374	2148,55	0,1551	0,042	0,451	2149,00	7,00	OK	2,84
19	17	24,48	0	0,05334	2147,32	0,1551	3,345	3,754	2151,07	4,93	OK	2,82
10	94	28,4	0	0,05334	2144,64	0,1551	3,881	4,290	2148,93	7,07	OK	2,82
11	18	8,15	0	0,05334	2143,6	0,1551	1,114	1,523	2145,12	10,88	OK	2,82
21	19	10,23	0,0063	0,05334	2142,99	0,1551	1,398	1,807	2144,80	11,20	OK	2,82
24	22	2,23	0	0,04074	2142,85	0,1551	0,178	0,587	2143,44	12,56	OK	2,16
25	23	108,48	0	0,04074	2131,45	0,1476	11,264	11,673	2143,12	12,88	OK	2,38
30	28	49,93	0	0,03924	2126,6	0,1476	4,810	5,219	2131,82	24,18	OK	2,29
36	34	33,23	0	0,03475	2122,85	0,1476	2,510	2,919	2125,77	30,23	OK	2,03
105	35	6,06	0	0,03475	2122,39	0,1476	0,458	0,867	2123,26	32,74	OK	2,03
106	36	15,29	0	0,03475	2122,25	0,1476	1,155	1,564	2123,81	32,19	OK	2,03
35	48	20,07	0	0,02928	2120,31	0,1016	7,889	8,298	2128,61	27,39	OK	3,61
53	50	23,48	0	0,01976	2119,77	0,1016	4,203	4,612	2124,38	31,62	OK	2,44
121	52	54,4	0	0,01976	2118,28	0,1016	9,738	10,147	2128,43	27,57	OK	2,44
110	53	57,27	0	0,01976	2117,73	0,1016	10,252	10,661	2128,39	27,61	OK	2,44
125	54	36,44	0	0,00640	2117,37	0,1016	0,684	1,093	2118,46	37,54	OK	0,79
60	56	58,21	0,00321	0,00640	2116,48	0,1016	1,093	1,502	2117,98	38,02	OK	0,79
61	57	9,55	0	0,00319	2117,09	0,1016	0,045	0,453	2117,54	38,46	OK	0,39
63	59	3,65	0	0,00319	2117,12	0,1016	0,017	0,426	2117,55	38,45	OK	0,39

Línea	Nudo	L (m)	q (m3/s)	qij (m3/s)	Z (msnm)	D (m)	hfi línea	hfi nudo	Z + hfi al nudo	Carga al nudo	Cumple presión	V (m/s) = 4Q/PD2
66	62	19,23	0	0,00170	2117,99	0,1016	0,025	0,434	2118,42	37,58	OK	0,21
68	64	7,59	0	0,00170	2118,32	0,1016	0,010	0,419	2118,74	37,26	OK	0,21
69	65	7,11	0,0002	0,00170	2118,62	0,1016	0,009	0,418	2119,04	36,96	OK	0,21
70	66	10,23	0,0015	0,00150	2118,81	0,1016	0,011	0,419	2119,23	36,77	OK	0,19
104	11	1,25	0	0,00422	2153,8	0,1551	0,001	0,410	2154,21	1,79	OK	0,22
7	92	100	0	0,00422	2153,79	0,1551	0,086	0,494	2154,28	1,72	OK	0,22
8	10	100	0	0,00422	2153,73	0,1551	0,086	0,494	2154,22	1,78	OK	0,22
111	9	44,94	0	0,00422	2151,37	0,083	1,079	1,488	2152,86	3,14	OK	0,78
108	8	11,97	0	0,00422	2150,77	0,083	0,287	0,696	2151,47	4,53	OK	0,78
109	7	9,51	0	0,00422	2150,59	0,083	0,228	0,637	2151,23	4,77	OK	0,78
14	12	15,41	0	0,00422	2141,52	0,083	0,370	0,779	2142,30	13,70	OK	0,78
15	13	14,54	0	0,00422	2140,74	0,083	0,349	0,758	2141,50	14,50	OK	0,78
16	14	6,76	0,00422	0,00422	2140,68	0,083	0,162	0,571	2141,25	14,75	OK	0,78
6	6	63,33	0	0,00000	2148,45	0,083	0,000	0,409	2148,86	7,14	OK	0,00
9	93	10,17	0	0,00000	2149,67	0,083	0,000	0,409	2150,08	5,92	OK	0,00
112	88	4,42	0,0004	0,00040	2148,58	0,0582	0,006	0,415	2149,00	7,00	OK	0,15
113	89	5,23	0,0004	0,00040	2148,12	0,0582	0,007	0,416	2148,54	7,46	OK	0,15
22	20	10,51	0	0,00630	2142,55	0,083	0,562	0,971	2143,52	12,48	OK	1,16
23	21	43,71	0,0063	0,00630	2141,28	0,083	2,338	2,747	2144,03	11,97	OK	1,16
73	69	2,4	0	0,00000	2141,28	0,083	0,000	0,409	2141,69	14,31	OK	0,00
93	24	4,09	0	0,00150	2131,59	0,083	0,012	0,421	2132,01	23,99	OK	0,28
27	25	49,09	0,0011	0,00150	2131,91	0,083	0,149	0,558	2132,47	23,53	OK	0,28
28	26	50,42	0,0004	0,00040	2132,22	0,083	0,011	0,420	2132,64	23,36	OK	0,07
96	27	3,03	0	0,00000	2132,3	0,083	0,000	0,409	2132,71	23,29	OK	0,00
98	29	5	0	0,00449	2126,38	0,083	0,136	0,545	2126,92	29,08	OK	0,83
33	31	6,33	0	0,00081	2126,24	0,083	0,006	0,415	2126,65	29,35	OK	0,15
34	32	84,85	0,00081	0,00081	2127,61	0,083	0,075	0,484	2128,09	27,91	OK	0,15
138	33	3,45	0	0,00000	2127,71	0,083	0,000	0,409	2128,12	27,88	OK	0,00
32	30	14	0,00368	0,00368	2126,4	0,083	0,256	0,664	2127,06	28,94	OK	0,68
31	37	42,84	0	0,00547	2120,24	0,1016	0,588	0,997	2121,24	34,76	OK	0,67
114	38	2,18	0	0,00547	2121,49	0,1016	0,030	0,439	2121,93	34,07	OK	0,67
41	39	1,99	0	0,00547	2123,9	0,1016	0,027	0,436	2124,34	31,66	OK	0,67
42	40	3,26	0	0,00547	2123,91	0,1016	0,045	0,454	2124,36	31,64	OK	0,67
45	42	90,75	0,00083	0,00326	2125,1	0,1016	0,442	0,851	2125,95	30,05	OK	0,40
46	43	38	0	0,00243	2125,99	0,1016	0,103	0,512	2126,50	29,50	OK	0,30

Línea	Nudo	L (m)	q (m3/s)	qij (m3/s)	Z (msnm)	D (m)	hfi línea	hfi nudo	Z + hfi al nudo	Carga al nudo	Cumple presión	V (m/s) = 4Q/PD2
116	46	10	0	0,00079	2125,9	0,1016	0,003	0,412	2126,31	29,69	OK	0,10
50	47	56,01	0,00079	0,00079	2125,44	0,1016	0,016	0,425	2125,86	30,14	OK	0,10
43	41	2,24	0,00221	0,00221	2121,16	0,083	0,015	0,424	2121,58	34,42	OK	0,41
47	44	0,4	0	0,00164	2125,39	0,083	0,001	0,410	2125,80	30,20	OK	0,30
48	45	5,61	0,00164	0,00164	2125,35	0,083	0,020	0,429	2125,78	30,22	OK	0,30
52	49	28,73	0,00952	0,00952	2121,08	0,1016	1,194	1,603	2122,68	33,32	OK	1,17
118	51	5,87	0	0,00000	2119,55	0,083	0,000	0,409	2119,96	36,04	OK	0,00
123	67	45,99	0	0,01336	2118,06	0,083	11,065	11,474	2129,53	26,47	OK	2,47
75	71	15,26	0	0,01142	2118,02	0,083	2,683	3,092	2121,11	34,89	OK	2,11
127	72	1,6	0	0,00312	2119,11	0,083	0,021	0,430	2119,54	36,46	OK	0,58
77	73	6	0	0,00312	2118,13	0,083	0,079	0,488	2118,62	37,38	OK	0,58
78	76	8,48	0	0,00312	2117,8	0,083	0,111	0,520	2118,32	37,68	OK	0,58
81	77	49,2	0	0,00312	2118,02	0,083	0,646	1,055	2119,07	36,93	OK	0,58
82	78	58,96	0	0,00312	2118,72	0,083	0,774	1,183	2119,90	36,10	OK	0,58
89	85	48,87	0	0,00000	2120,14	0,083	0,000	0,409	2120,55	35,45	OK	0,00
90	86	36,21	0	0,00000	2119,4	0,083	0,000	0,409	2119,81	36,19	OK	0,00
72	68	11,35	0,00194	0,00194	2118,25	63	0,000	0,409	2118,66	37,34	OK	0,00
29	74	6,44	0,00277	0,00830	2118,16	0,083	0,598	1,007	2119,17	36,83	OK	1,53
5	101	2,14	0,00277	0,00553	2118,14	0,083	0,088	0,497	2118,64	37,36	OK	1,02
26	75	6,73	0,00276	0,00276	2118,17	0,083	0,069	0,478	2118,65	37,35	OK	0,51
129	79	29,55	0	0,00312	2118,85	0,0582	2,575	2,983	2121,83	34,17	OK	1,17
85	81	16,35	0	0,00106	2119,6	0,037	1,841	2,250	2121,85	34,15	OK	0,99
87	83	5,04	0,0002	0,00085	2119,6	0,037	0,365	0,774	2120,37	35,63	OK	0,79
88	84	9,3	0,00065	0,00065	2119,6	0,037	0,394	0,803	2120,40	35,60	OK	0,60
84	80	1,39	0,00206	0,00206	2119,13	0,037	0,591	1,000	2120,13	35,87	OK	1,92
86	82	5,75	0,00021	0,00021	2119,6	0,037	0,025	0,434	2120,03	35,97	OK	0,20
131	87	1,09	0	0,00000	2119,57	0,083	0,000	0,409	2119,98	36,02	OK	0,00
132	55	2,87	0	0,00000	2117,52	0,083	0,000	0,409	2117,93	38,07	OK	0,00
1	58	1,2	0	0,00000	2117,03	0,083	0,000	0,409	2117,44	38,56	OK	0,00
64	60	34,05	0,0003	0,00149	2117,96	0,0582	0,677	1,086	2119,05	36,95	OK	0,56
65	61	35,65	0,00119	0,00119	2117,94	0,0582	0,452	0,861	2118,80	37,20	OK	0,45
135	63	1,9	0	0,00000	2117,88	0,083	0,000	0,409	2118,29	37,71	OK	0,00

ANEXO 2d

CÁLCULO MANUAL DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA UTPL SIN HIDRANTE POR HAZEN WILLIAMS

CH (PVC)= 140
CH (HG)= 120

$$H_f = \frac{10.646 \cdot L}{D_{int}^{4.87037}} \left(\frac{q_{ij}}{C_H} \right)^{1.85185}$$

Línea	Nudo	L (m)	q (m3/s)	qij (m3/s)	Z (msnm)	D (m)	hfi línea	hfi al nudo	Z + hfi al nudo	Carga al nudo	Cumple presión	V (m/s) = 4Q/PD2
	1			0,05836	2156							
94	2	2,5	0	0,05836	2154,44	0,1551	0,17	0,17	2154,61	1,39	OK	3,09
3	90	1,2	0	0,05414	2154,07	0,1551	0,07	0,24	2154,31	1,69	OK	2,87
4	3	7	0	0,05414	2153,45	0,1551	0,42	0,59	2154,04	1,96	OK	2,87
102	4	2,58	0	0,05414	2150,27	0,1551	0,15	0,32	2150,59	5,41	OK	2,87
103	5	33,2	0	0,05414	2147,43	0,1551	1,97	2,14	2149,57	6,43	OK	2,87
17	15	48,73	0	0,05414	2148,56	0,1551	2,89	3,06	2151,62	4,38	OK	2,87
18	16	0,3	0	0,05374	2148,55	0,1551	0,02	0,19	2148,74	7,26	OK	2,84
19	17	24,48	0	0,05334	2147,32	0,1551	1,41	1,58	2148,90	7,10	OK	2,82
10	94	28,4	0	0,05334	2144,64	0,1551	1,64	1,81	2146,45	9,55	OK	2,82
11	18	8,15	0	0,05334	2143,6	0,1551	0,47	0,64	2144,24	11,76	OK	2,82
21	19	10,23	0,0063	0,05334	2142,99	0,1551	0,59	0,76	2143,75	12,25	OK	2,82
24	22	2,23	0	0,04074	2142,85	0,1551	0,08	0,25	2143,10	12,90	OK	2,16
25	23	108,48	0	0,04074	2131,45	0,1476	3,64	3,81	2135,26	20,74	OK	2,38
30	28	49,93	0	0,03924	2126,6	0,1476	1,56	1,73	2128,33	27,67	OK	2,29
36	34	33,23	0	0,03475	2122,85	0,1476	0,83	1,00	2123,85	32,15	OK	2,03
105	35	6,06	0	0,03475	2122,39	0,1476	0,15	0,32	2122,71	33,29	OK	2,03
106	36	15,29	0	0,03475	2122,25	0,1476	0,38	0,55	2122,80	33,20	OK	2,03
35	48	20,07	0	0,02928	2120,31	0,1016	2,25	2,42	2122,73	33,27	OK	3,61
53	50	23,48	0	0,01976	2119,77	0,1016	1,27	1,44	2121,21	34,79	OK	2,44
121	52	54,4	0	0,01976	2118,28	0,1016	2,95	3,12	2121,40	34,60	OK	2,44
110	53	57,27	0	0,01976	2117,73	0,1016	3,10	3,27	2121,00	35,00	OK	2,44
125	54	36,44	0	0,00640	2117,37	0,1016	0,24	0,42	2117,79	38,21	OK	0,79
60	56	58,21	0,00321	0,00640	2116,48	0,1016	0,39	0,56	2117,04	38,96	OK	0,79
61	57	9,55	0	0,00319	2117,09	0,1016	0,02	0,19	2117,28	38,72	OK	0,39

Línea	Nudo	L (m)	q (m3/s)	qij (m3/s)	Z (msnm)	D (m)	hfi línea	hfi al nudo	Z + hfi al nudo	Carga al nudo	Cumple presión	V (m/s) = 4Q/PD2
63	59	3,65	0	0,00319	2117,12	0,1016	0,01	0,18	2117,30	38,70	OK	0,39
66	62	19,23	0	0,00170	2117,99	0,1016	0,01	0,18	2118,17	37,83	OK	0,21
68	64	7,59	0	0,00170	2118,32	0,1016	0,00	0,17	2118,49	37,51	OK	0,21
69	65	7,11	0,0002	0,00170	2118,62	0,1016	0,00	0,17	2118,79	37,21	OK	0,21
70	66	10,23	0,0015	0,00150	2118,81	0,1016	0,00	0,18	2118,99	37,01	OK	0,19
104	11	1,25	0	0,00422	2153,8	0,1551	0,001	0,17	2153,97	2,03	OK	0,22
7	92	100	0	0,00422	2153,79	0,1551	0,05	0,22	2154,01	1,99	OK	0,22
8	10	100	0	0,00422	2153,73	0,1551	0,05	0,22	2153,95	2,05	OK	0,22
111	9	44,94	0	0,00422	2151,37	0,083	0,37	0,54	2151,91	4,09	OK	0,78
108	8	11,97	0	0,00422	2150,77	0,083	0,10	0,27	2151,04	4,96	OK	0,78
109	7	9,51	0	0,00422	2150,59	0,083	0,08	0,25	2150,84	5,16	OK	0,78
14	12	15,41	0	0,00422	2141,52	0,083	0,13	0,30	2141,82	14,18	OK	0,78
15	13	14,54	0	0,00422	2140,74	0,083	0,12	0,29	2141,03	14,97	OK	0,78
16	14	6,76	0,00422	0,00422	2140,68	0,083	0,06	0,23	2140,91	15,09	OK	0,78
6	6	63,33	0	0,00000	2148,45	0,083	0,00	0,17	2148,62	7,38	OK	0,00
9	93	10,17	0	0,00000	2149,67	0,083	0,00	0,17	2149,84	6,16	OK	0,00
112	88	4,42	0,0004	0,00040	2148,58	0,0582	0,00	0,17	2148,75	7,25	OK	0,15
113	89	5,23	0,0004	0,00040	2148,12	0,0582	0,00	0,17	2148,29	7,71	OK	0,15
22	20	10,51	0	0,00630	2142,55	0,083	0,18	0,35	2142,90	13,10	OK	1,16
23	21	43,71	0,0063	0,00630	2141,28	0,083	0,76	0,93	2142,21	13,79	OK	1,16
73	69	2,4	0	0,00000	2141,28	0,083	0,00	0,17	2141,45	14,55	OK	0,00
93	24	4,09	0	0,00150	2131,59	0,083	0,01	0,18	2131,77	24,23	OK	0,28
27	25	49,09	0,0011	0,00150	2131,91	0,083	0,06	0,23	2132,14	23,86	OK	0,28
28	26	50,42	0,0004	0,00040	2132,22	0,083	0,01	0,18	2132,40	23,60	OK	0,07
96	27	3,03	0	0,00000	2132,3	0,083	0,00	0,17	2132,47	23,53	OK	0,00
98	29	5	0	0,00449	2126,38	0,083	0,05	0,22	2126,60	29,40	OK	0,83
33	31	6,33	0	0,00081	2126,24	0,083	0,00	0,17	2126,41	29,59	OK	0,15
34	32	84,85	0,00081	0,00081	2127,61	0,083	0,03	0,20	2127,81	28,19	OK	0,15
138	33	3,45	0	0,00000	2127,71	0,083	0,00	0,17	2127,88	28,12	OK	0,00
32	30	14	0,00368	0,00368	2126,4	0,083	0,09	0,26	2126,66	29,34	OK	0,68
31	37	42,84	0	0,00547	2120,24	0,1016	0,22	0,39	2120,63	35,37	OK	0,67
114	38	2,18	0	0,00547	2121,49	0,1016	0,01	0,18	2121,67	34,33	OK	0,67
41	39	1,99	0	0,00547	2123,9	0,1016	0,01	0,18	2124,08	31,92	OK	0,67
42	40	3,26	0	0,00547	2123,91	0,1016	0,02	0,19	2124,10	31,90	OK	0,67

Línea	Nudo	L (m)	q (m3/s)	qij (m3/s)	Z (msnm)	D (m)	hfi línea	hfi al nudo	Z + hfi al nudo	Carga al nudo	Cumple presión	V (m/s) = 4Q/PD2
45	42	90,75	0,00083	0,00326	2125,1	0,1016	0,17	0,35	2125,45	30,55	OK	0,40
46	43	38	0	0,00243	2125,99	0,1016	0,04	0,21	2126,20	29,80	OK	0,30
116	46	10	0	0,00079	2125,9	0,1016	0,00	0,17	2126,07	29,93	OK	0,10
50	47	56,01	0,00079	0,00079	2125,44	0,1016	0,01	0,18	2125,62	30,38	OK	0,10
43	41	2,24	0,00221	0,00221	2121,16	0,083	0,01	0,18	2121,34	34,66	OK	0,41
47	44	0,4	0	0,00164	2125,39	0,083	0,00	0,17	2125,56	30,44	OK	0,30
48	45	5,61	0,00164	0,00164	2125,35	0,083	0,01	0,18	2125,53	30,47	OK	0,30
52	49	28,73	0,00952	0,00952	2121,08	0,1016	0,40	0,57	2121,65	34,35	OK	1,17
118	51	5,87	0	0,00000	2119,55	0,083	0,00	0,17	2119,72	36,28	OK	0,00
123	67	45,99	0	0,01336	2118,06	0,083	3,23	3,40	2121,46	34,54	OK	2,47
75	71	15,26	0	0,01142	2118,02	0,083	0,80	0,97	2118,99	37,01	OK	2,11
127	72	1,6	0	0,00312	2119,11	0,083	0,01	0,18	2119,29	36,71	OK	0,58
77	73	6	0	0,00312	2118,13	0,083	0,03	0,20	2118,33	37,67	OK	0,58
78	76	8,48	0	0,00312	2117,8	0,083	0,04	0,21	2118,01	37,99	OK	0,58
81	77	49,2	0	0,00312	2118,02	0,083	0,23	0,40	2118,42	37,58	OK	0,58
82	78	58,96	0	0,00312	2118,72	0,083	0,28	0,45	2119,17	36,83	OK	0,58
89	85	48,87	0	0,00000	2120,14	0,083	0,00	0,17	2120,31	35,69	OK	0,00
90	86	36,21	0	0,00000	2119,4	0,083	0,00	0,17	2119,57	36,43	OK	0,00
72	68	11,35	0,00194	0,00194	2118,25	63	0,00	0,17	2118,42	37,58	OK	0,00
29	74	6,44	0,00277	0,00830	2118,16	0,083	0,19	0,36	2118,52	37,48	OK	1,53
5	101	2,14	0,00277	0,00553	2118,18	0,083	0,03	0,20	2118,38	37,62	OK	1,02
26	75	6,73	0,00276	0,00276	2118,17	0,083	0,03	0,20	2118,37	37,63	OK	0,51
129	79	29,55	0	0,00312	2118,85	0,0582	0,79	0,96	2119,81	36,19	OK	1,17
85	81	16,35	0	0,00106	2119,6	0,038	0,47	0,64	2120,24	35,76	OK	0,93
87	83	5,04	0,0002	0,00085	2119,6	0,029	0,36	0,53	2120,13	35,87	OK	1,29
88	84	9,3	0,00065	0,00065	2119,6	0,029	0,41	0,58	2120,18	35,82	OK	0,98
84	80	1,39	0,00206	0,00206	2119,13	0,037	0,16	0,33	2119,46	36,54	OK	1,92
86	82	5,75	0,00021	0,00021	2119,6	0,017	0,42	0,59	2120,19	35,81	OK	0,93
131	87	1,09	0	0,00000	2119,57	0,083	0,00	0,17	2119,74	36,26	OK	0,00
132	55	2,87	0	0,00000	2117,52	0,083	0,00	0,17	2117,69	38,31	OK	0,00
1	58	1,2	0	0,00000	2117,03	0,083	0,00	0,17	2117,20	38,80	OK	0,00
64	60	34,05	0,0003	0,00149	2117,96	0,0582	0,23	0,40	2118,36	37,64	OK	0,56
65	61	35,65	0,00119	0,00119	2117,94	0,0582	0,16	0,33	2118,27	37,73	OK	0,45
135	63	1,9	0	0,00000	2117,88	0,083	0,00	0,17	2118,05	37,95	OK	0,00

ANEXO 2f

CÁLCULO MANUAL DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA UTPL SIN HIDRANTE POR DARCY-WEISBASH

f (PVC) = 0,0025
f (HG)= 0,15

$$h_f = \left(\frac{8 f L}{\pi^2 g D^5} \right) Q^2$$

Línea	Nudo	L (m)	q (m3/s)	qij (m3/s)	Z (msnm)	D (m)	hfi linea	hfi nudo	Z + hfi al nudo	Carga al nudo	Cumple presión	V (m/s) = 4Q/pD2
	1			0,05836	2156							
94	2	2,5	0	0,05836	2154,44	0,1551	0,020	0,020	2154,46	1,54	OK	3,09
3	90	1,2	0	0,05414	2154,07	0,1551	0,008	0,028	2154,10	1,90	OK	2,87
4	3	7	0	0,05414	2153,45	0,1551	0,047	0,075	2153,52	2,48	OK	2,87
102	4	2,58	0	0,05414	2150,27	0,1551	0,017	0,092	2150,36	5,64	OK	2,87
103	5	33,2	0	0,05414	2147,43	0,1551	0,224	0,316	2147,75	8,25	OK	2,87
17	15	48,73	0	0,05414	2148,56	0,1551	0,329	0,645	2149,21	6,79	OK	2,87
18	16	0,3	0	0,05374	2148,55	0,1551	0,002	0,647	2149,20	6,80	OK	2,84
19	17	24,48	0	0,05334	2147,32	0,1551	0,160	0,807	2148,13	7,87	OK	2,82
10	94	28,4	0	0,05334	2144,64	0,1551	0,186	0,993	2145,63	10,37	OK	2,82
11	18	8,15	0	0,05334	2143,6	0,1551	0,053	1,047	2144,65	11,35	OK	2,82
21	19	10,23	0,0063	0,05334	2142,99	0,1551	0,067	1,114	2144,10	11,90	OK	2,82
24	22	2,23	0	0,04074	2142,85	0,1551	0,009	1,122	2143,97	12,03	OK	2,16
25	23	108,48	0	0,04074	2131,45	0,1476	0,531	1,653	2133,10	22,90	OK	2,38
30	28	49,93	0	0,03924	2126,6	0,1476	0,227	1,880	2128,48	27,52	OK	2,29
36	34	33,23	0	0,03475	2122,85	0,1476	0,118	1,998	2124,85	31,15	OK	2,03
105	35	6,06	0	0,03475	2122,39	0,1476	0,022	2,020	2124,41	31,59	OK	2,03
106	36	15,29	0	0,03475	2122,25	0,1476	0,054	2,074	2124,32	31,68	OK	2,03
35	48	20,07	0	0,02928	2120,31	0,1016	0,328	2,402	2122,71	33,29	OK	3,61
53	50	23,48	0	0,01976	2119,77	0,1016	0,175	2,577	2122,35	33,65	OK	2,44
121	52	54,4	0	0,01976	2118,28	0,1016	0,405	2,983	2121,26	34,74	OK	2,44
110	53	57,27	0	0,01976	2117,73	0,1016	0,427	3,409	2121,14	34,86	OK	2,44
125	54	36,44	0	0,00640	2117,37	0,1016	0,028	3,438	2120,81	35,19	OK	0,79
60	56	58,21	0,00321	0,00640	2116,48	0,1016	0,045	3,483	2119,96	36,04	OK	0,79
61	57	9,55	0	0,00319	2117,09	0,1016	0,002	3,485	2120,58	35,42	OK	P

Línea	Nudo	L (m)	q (m3/s)	qij (m3/s)	Z (msnm)	D (m)	hfi linea	hfi nudo	Z + hfi al nudo	Carga al nudo	Cumple presión	V (m/s) = 4Q/pD2
63	59	3,65	0	0,00319	2117,12	0,1016	0,001	3,486	2120,61	35,39	OK	0,39
66	62	19,23	0	0,00170	2117,99	0,1016	0,001	3,487	2121,48	34,52	OK	0,21
68	64	7,59	0	0,00170	2118,32	0,1016	0,000	3,487	2121,81	34,19	OK	0,21
69	65	7,11	0,0002	0,00170	2118,62	0,1016	0,000	3,488	2122,11	33,89	OK	0,21
70	66	10,23	0,0015	0,00150	2118,81	0,1016	0,000	3,488	2122,30	33,70	OK	0,19
104	11	1,25	0	0,00422	2153,8	0,1551	0,003	0,023	2153,82	2,18	OK	0,22
7	92	0,92	0	0,00422	2153,79	0,1551	0,002	0,025	2153,81	2,19	OK	0,22
8	10	4	0	0,00422	2153,73	0,1551	0,010	0,035	2153,76	2,24	OK	0,22
111	9	44,94	0	0,00422	2151,37	0,083	0,042	0,077	2151,45	4,55	OK	0,78
108	8	11,97	0	0,00422	2150,77	0,083	0,011	0,088	2150,86	5,14	OK	0,78
109	7	9,51	0	0,00422	2150,59	0,083	0,009	0,097	2150,69	5,31	OK	0,78
14	12	15,41	0	0,00422	2141,52	0,083	0,014	0,111	2141,63	14,37	OK	0,78
15	13	14,54	0	0,00422	2140,74	0,083	0,014	0,125	2140,86	15,14	OK	0,78
16	14	6,76	0,00422	0,00422	2140,68	0,083	0,006	0,131	2140,81	15,19	OK	0,78
6	6	63,33	0	0,00000	2148,45	0,083	0,000	0,025	2148,47	7,53	OK	0,00
9	93	10,17	0	0,00000	2149,67	0,083	0,000	0,025	2149,69	6,31	OK	0,00
112	88	4,42	0,0004	0,00040	2148,58	0,0582	0,000	0,645	2149,23	6,77	OK	0,15
113	89	5,23	0,0004	0,00040	2148,12	0,0582	0,000	0,647	2148,77	7,23	OK	0,15
22	20	10,51	0	0,00630	2142,55	0,083	0,022	1,135	2143,69	12,31	OK	1,16
23	21	43,71	0,0063	0,00630	2141,28	0,083	0,091	1,226	2142,51	13,49	OK	1,16
73	69	2,4	0	0,00000	2141,28	0,083	0,000	1,226	2142,51	13,49	OK	0,00
93	24	4,09	0	0,00150	2131,59	0,083	0,000	1,654	2133,24	22,76	OK	0,28
27	25	49,09	0,0011	0,00150	2131,91	0,083	0,006	1,659	2133,57	22,43	OK	0,28
28	26	50,42	0,0004	0,00040	2132,22	0,083	0,000	1,660	2133,88	22,12	OK	0,07
96	27	3,03	0	0,00000	2132,3	0,083	0,000	1,660	2133,96	22,04	OK	0,00
98	29	5	0	0,00449	2126,38	0,083	0,005	1,885	2128,27	27,73	OK	0,83
33	31	6,33	0	0,00081	2126,24	0,083	0,000	1,885	2128,13	27,87	OK	0,15
34	32	84,85	0,00081	0,00081	2127,61	0,083	0,003	1,888	2129,50	26,50	OK	0,15
138	33	3,45	0	0,00000	2127,71	0,083	0,000	1,888	2129,60	26,40	OK	0,00
32	30	14	0,00368	0,00368	2126,4	0,083	0,010	1,895	2128,29	27,71	OK	0,68
31	37	42,84	0	0,00547	2120,24	0,1016	0,024	2,099	2122,34	33,66	OK	0,67
114	38	2,18	0	0,00547	2121,49	0,1016	0,001	2,100	2123,59	32,41	OK	0,67
41	39	1,99	0	0,00547	2123,9	0,1016	0,001	2,101	2126,00	30,00	OK	0,67
42	40	3,26	0	0,00547	2123,91	0,1016	0,002	2,103	2126,01	29,99	OK	0,67

Línea	Nudo	L (m)	q (m3/s)	qij (m3/s)	Z (msnm)	D (m)	hfi linea	hfi nudo	Z + hfi al nudo	Carga al nudo	Cumple presión	V (m/s) = $4Q/pD^2$
45	42	90,75	0,00083	0,00326	2125,1	0,1016	0,018	2,121	2127,22	28,78	OK	0,40
46	43	38	0	0,00243	2125,99	0,1016	0,004	2,125	2128,12	27,88	OK	0,30
116	46	10	0	0,00079	2125,9	0,1016	0,000	2,126	2128,03	27,97	OK	0,10
50	47	56,01	0,00079	0,00079	2125,44	0,1016	0,001	2,126	2127,57	28,43	OK	0,10
43	41	2,24	0,00221	0,00221	2121,16	0,083	0,001	2,103	2123,26	32,74	OK	0,41
47	44	0,4	0	0,00164	2125,39	0,083	0,000	2,126	2127,52	28,48	OK	0,30
48	45	5,61	0,00164	0,00164	2125,35	0,083	0,001	2,126	2127,48	28,52	OK	0,30
52	49	28,73	0,00952	0,00952	2121,08	0,1016	0,050	2,452	2123,53	32,47	OK	1,17
118	51	5,87	0	0,00000	2119,55	0,083	0,000	2,577	2122,13	33,87	OK	0,00
123	67	45,99	0	0,01336	2118,06	0,083	0,430	3,840	2121,90	34,10	OK	2,47
75	71	15,26	0	0,01142	2118,02	0,083	0,104	3,944	2121,96	34,04	OK	2,11
127	72	1,6	0	0,00312	2119,11	0,083	0,001	3,945	2123,05	32,95	OK	0,58
77	73	6	0	0,00312	2118,13	0,083	0,003	3,948	2122,08	33,92	OK	0,58
78	76	8,48	0	0,00312	2117,8	0,083	0,004	3,952	2121,75	34,25	OK	0,58
81	77	49,2	0	0,00312	2118,02	0,083	0,025	3,977	2122,00	34,00	OK	0,58
82	78	58,96	0	0,00312	2118,72	0,083	0,030	4,008	2122,73	33,27	OK	0,58
89	85	48,87	0	0,00000	2120,14	0,083	0,000	4,008	2124,15	31,85	OK	0,00
90	86	36,21	0	0,00000	2119,4	0,083	0,000	4,008	2123,41	32,59	OK	0,00
72	68	11,35	0,00194	0,00194	2118,25	0,0582	0,013	3,853	2122,10	33,90	OK	0,73
29	74	6,44	0,00277	0,00830	2118,16	0,083	0,023	3,967	2122,13	33,87	OK	1,53
5	101	2,14	0,00277	0,00553	2118,14	0,083	0,003	3,971	2122,11	33,89	OK	1,02
26	75	6,73	0,00276	0,00276	2118,17	0,083	0,003	3,974	2122,14	33,86	OK	0,51
129	79	29,55	0	0,00312	2118,85	0,0582	0,089	4,097	2122,95	33,05	OK	1,17
85	81	16,35	0	0,00106	2119,6	0,037	0,055	4,151	2123,75	32,25	OK	0,99
87	83	5,04	0,0002	0,00085	2119,6	0,037	0,011	0,030	2119,63	36,37	OK	0,79
88	84	9,3	0,00065	0,00065	2119,6	0,037	0,012	0,031	2119,63	36,37	OK	0,60
84	80	1,39	0,00206	0,00206	2119,13	0,037	0,018	4,114	2123,24	32,76	OK	1,92
86	82	5,75	0,00021	0,00021	2119,6	0,037	0,001	4,152	2123,75	32,25	OK	0,20
131	87	1,09	0	0,00000	2119,57	0,083	0,000	4,008	2123,58	32,42	OK	0,00
132	55	2,87	0	0,00000	2117,52	0,083	0,000	3,438	2120,96	35,04	OK	0,00
1	58	1,2	0	0,00000	2117,03	0,083	0,000	3,485	2120,52	35,48	OK	0,00
64	60	34,05	0,0003	0,00149	2117,96	0,0582	0,023	3,509	2121,47	34,53	OK	0,56
65	61	35,65	0,00119	0,00119	2117,94	0,0582	0,016	3,525	2121,46	34,54	OK	0,45
135	63	1,9	0	0,00000	2117,88	0,083	0,000	3,487	2121,37	34,63	OK	0,00