

Universidad de los Andes
Facultad De Ingeniería
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental



**TESIS DE ESPECIALIZACIÓN
INGENIERÍA DE SISTEMAS HÍDRICOS URBANOS**

**COMPARACIÓN ENTRE LOS SOFTWARES WATERGEMS Y REDES,
EN LA MODELACIÓN HIDRÁULICA DE REDES DE DISTRIBUCIÓN
DE AGUA POTABLE**

Preparado por:
Ing. Juan Camilo Vergara Valderrama

Asesor:
Ing. Juan Guillermo Saldarriaga Valderrama

Informe Final Tesis

Bogotá, 17 de Febrero de 2012

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	7
1 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	8
1.1 ANTECEDENTES	8
1.1.1 <i>Objetivos Generales</i>	8
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i>	8
2 ESTADO DEL ARTE	9
3 METODOLOGÍA.....	28
3.1 METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE MODELOS HIDRÁULICOS EN WATERGEMS	28
3.1.1 <i>Construcción de la topología de los modelos hidráulicos</i>	28
3.1.2 <i>Procedimiento para la evaluación de la topología creada</i>	33
3.1.3 <i>Asignación de elevaciones a los nodos de los modelos hidráulicos</i>	34
3.1.4 <i>Procedimiento para la asignación de demandas a los nodos del modelo</i>	34
3.1.5 <i>Visualización de la red en el software WaterGems</i>	35
3.1.6 <i>Ejecución del modelo</i>	35
3.1.7 <i>Generación de reportes</i>	37
3.2 METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE MODELOS HIDRÁULICOS EN REDES	37
DATOS Y ANÁLISIS DE DATOS	41
3.3 DATOS.....	41
3.3.1 <i>Datos para el modelo de la red de distribución de agua potable “Olivos I”</i>	41
3.3.2 <i>Datos para el modelo de la red de distribución de agua potable “Olivos II”</i>	44
3.3.3 <i>Datos para el modelo de la red de distribución de agua potable “Olivos IV”</i>	47
3.4 TABLAS.....	50
3.4.1 <i>Tablas de resultados de la modelación de redes de distribución de agua potable mediante el software WaterGems</i>	50
3.4.2 <i>Tablas de resultados de la modelación de redes de distribución de agua potable mediante el software Redes</i>	77
4 CONCLUSIONES	91
5 BIBLIOGRAFÍA	92

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CUADRO DE DIALOGO PRINCIPAL SOFTWARE WATERGEMS.....	28
FIGURA 2. HERRAMIENTAS BÁSICAS DEL SOFTWARE WATERGEMS.....	29
FIGURA 3. CUADRO DE PROPIEDADES PARA CADA ELEMENTO.	30
FIGURA 4. PASOS 3 Y 4 DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN TOPOLOGICA DE MODELOS HIDRÁULICOS (NODOS).	30
FIGURA 5. PASO 5 DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN TOPOLOGICA DE MODELOS HIDRÁULICOS (NODOS).....	31
FIGURA 6. PASOS 7, 8 Y 9 DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN TOPOLOGICA DE MODELOS HIDRÁULICOS (NODOS).	32
FIGURA 7. PASOS 2, 3 Y 4 DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN TOPOLOGICA DE MODELOS HIDRÁULICOS (TUBOS).	33
FIGURA 8. CREACIÓN DE LAS ÁREAS (HERRAMIENTA POLÍGONOS DE THIESSEN).	34
FIGURA 9. TOPOLOGÍA DE LA RED.....	35
FIGURA 10. FIN DE CÁLCULO DE LA RED.....	36
FIGURA 11. GENERACIÓN DE REPORTES DE RESULTADOS.....	37
FIGURA 12. EXPORTAR ARCHIVO A EPANET.....	38
FIGURA 13. ARCHIVO DE EXCEL EPANET.....	38
FIGURA 14. MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE DATOS EPANET.....	39
FIGURA 15. MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE DATOS REDES.....	39
FIGURA 16. CIRCUITO OLIVOS I MODELADO EN EL SOFTWARE REDES.....	40
FIGURA 17. CIRCUITO OLIVOS IV MODELADO EN EL SOFTWARE REDES.....	40
FIGURA 18. LOCALIZACIÓN GENERAL, BARRIO LOS OLIVOS I.....	41
FIGURA 19. LOCALIZACIÓN GENERAL, BARRIO LOS OLIVOS II.....	44
FIGURA 20. LOCALIZACIÓN GENERAL, BARRIO LOS OLIVOS IV.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA BARRIO LOS OLIVOS I	42
TABLA 2. DATOS DE POBLACIÓN A ABASTECER OLIVOS I.	42
TABLA 3. CURVA DE CONSUMO APLICADA A LA RED PROYECTADA.	43
TABLA 4. CURVA DE PRESIONES APLICADA AL PUNTO DE ALIMENTACIÓN RED PROYECTADA.....	44
TABLA 5. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA BARRIO LOS OLIVOS II.	45
TABLA 6. DATOS DE POBLACIÓN A ABASTECER OLIVOS II.	45
TABLA 7. CURVA DE CONSUMO APLICADA A LA RED PROYECTADA.	46
TABLA 8. CURVA DE PRESIONES APLICADA AL PUNTO DE ALIMENTACIÓN RED PROYECTADA.....	46
TABLA 9. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA BARRIO LOS OLIVOS IV.	47
TABLA 10. DATOS DE POBLACIÓN A ABASTECER OLIVOS IV.	48
TABLA 11. CURVA DE CONSUMO APLICADA A LA RED PROYECTADA.	48
TABLA 12. CURVA DE PRESIONES APLICADA AL PUNTO DE ALIMENTACIÓN RED PROYECTADA.....	49
TABLA 13. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA NODO DE LA RED (REPORTE 1).	50
TABLA 14. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA NODO DE LA RED (REPORTE 2).	51
TABLA 15. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA NODO DE LA RED (REPORTE 3).	52
TABLA 16. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA TUBO DE LA RED (REPORTE 1).....	53
TABLA 17. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA TUBO DE LA RED (REPORTE 2).....	54
TABLA 18. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA TUBO DE LA RED (REPORTE 3).....	55
TABLA 19. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA TUBO DE LA RED (REPORTE 4).....	56
TABLA 20. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA TUBO DE LA RED (REPORTE 5).....	57
TABLA 21. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA TUBO DE LA RED (REPORTE 6).....	58
TABLA 22. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA VÁLVULA DE LA RED (REPORTE 1).....	59
TABLA 23. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA VÁLVULA DE LA RED (REPORTE 2).....	60
TABLA 24. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA NODO DE LA RED (REPORTE 1).	61
TABLA 25. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA NODO DE LA RED (REPORTE 2).	62
TABLA 26. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA NODO DE LA RED (REPORTE 3).	63
TABLA 27. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA NODO DE LA RED (REPORTE 4).	64
TABLA 28. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS II PARA CADA TUBO DE LA RED (REPORTE 1).	65
TABLA 29. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS II PARA CADA TUBO DE LA RED (REPORTE 2).	66
TABLA 30. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS II PARA CADA TUBO DE LA RED (REPORTE 3).	67
TABLA 31. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS II PARA CADA TUBO DE LA RED (REPORTE 4).	68
TABLA 32. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS II PARA CADA TUBO DE LA RED (REPORTE 5).	69
TABLA 33. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS II PARA CADA TUBO DE LA RED (REPORTE 6).	70
TABLA 34. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS II PARA CADA VÁLVULA DE LA RED (REPORTE 1).....	71
TABLA 35. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS II PARA CADA VÁLVULA DE LA RED (REPORTE 2).....	72
TABLA 36. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS IV PARA CADA NODO DE LA RED (REPORTE 1).	73
TABLA 37. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS IV PARA CADA TUBO DE LA RED (REPORTE 1).....	74
TABLA 38. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS IV PARA CADA TUBO DE LA RED (REPORTE 2).....	75
TABLA 39. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS IV PARA CADA VÁLVULA DE LA RED (REPORTE 1).	76
TABLA 40. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS IV PARA CADA NODO DE LA RED (REPORTE 1).	77
TABLA 41. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS IV PARA CADA TUBO DE LA RED (REPORTE 1).....	78
TABLA 42. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS IV PARA CADA TUBO DE LA RED (REPORTE 2).....	79
TABLA 43. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA NODO DE LA RED (REPORTE 1).	80
TABLA 44. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA NODO DE LA RED (REPORTE 2).	81
TABLA 45. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA NODO DE LA RED (REPORTE 3).	82
TABLA 46. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA TUBO DE LA RED (REPORTE 1).....	83
TABLA 47. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA TUBO DE LA RED (REPORTE 2).....	84
TABLA 48. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA TUBO DE LA RED (REPORTE 3).....	85



TABLA 49. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA TUBO DE LA RED (REPORTE 4).....	86
TABLA 50. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA TUBO DE LA RED (REPORTE 5).....	87
TABLA 51. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA TUBO DE LA RED (REPORTE 6).....	88
TABLA 52. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA TUBO DE LA RED (REPORTE 7).....	89
TABLA 53. RESULTADOS DE MODELACIÓN RED OLIVOS I PARA CADA TUBO DE LA RED (REPORTE 8).....	90

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1. PÉRDIDAS TOTALES CON UN ERROR ΔQ_i	13
ECUACIÓN 2. ALTURA PIEZOMÉTRICA CON PERDIDAS TOTALES.....	13
ECUACIÓN 3. ALTURA PIEZOMÉTRICA CON PERDIDAS TOTALES SIMPLIFICADA.....	13
ECUACIÓN 4. SUMA PÉRDIDAS TOTALES EN UNA RED.....	14
ECUACIÓN 5. SUMA PÉRDIDAS TOTALES EN UNA RED.....	14
ECUACIÓN 6. DELTA DE CAUDAL HARDY-CROSS (CORRECCIÓN DE CAUDAL).....	14
ECUACIÓN 7. DELTA DE CAUDAL HARDY-CROSS (CORRECCIÓN DE CAUDAL) SIMPLIFICADA.....	14
ECUACIÓN 8. CAUDAL EXPRESADO EN FUNCIÓN DE LA CARGA HIDRÁULICA.....	15
ECUACIÓN 9. CAUDAL EXPRESADO EN FUNCIÓN DE LA CARGA HIDRÁULICA MENOS UN ΔH_i	15
ECUACIÓN 10. CAUDAL EXPRESADO EN FUNCIÓN DE LA CARGA HIDRÁULICA MENOS UN ΔH_i	16
ECUACIÓN 11. TEOREMA DEL BINOMIO.....	16
ECUACIÓN 12. TEOREMA DEL BINOMIO SIMPLIFICADO.....	16
ECUACIÓN 13. CAUDAL DE CADA ELEMENTO DE LA RED CON EL TEOREMA DEL BINOMIO SIMPLIFICADO.....	16
ECUACIÓN 14. ECUACIÓN DE CONTINUIDAD PARA UNA RED.....	16
ECUACIÓN 15. ECUACIÓN DE CONTINUIDAD PARA UNA RED.....	17
ECUACIÓN 16. CAUDALES I_j PARA CADA UNA DE LAS TUBERÍAS DE LA RED.....	17
ECUACIÓN 17. VARIACIÓN DE ALTURAS PIEZOMÉTRICAS HARDY-CROSS.....	17
ECUACIÓN 18. ECUACIÓN DE CONTINUIDAD PARA UNA RED.....	18
ECUACIÓN 19. CAUDAL EXPRESADO EN FUNCIÓN DE LA CARGA HIDRÁULICA.....	18
ECUACIÓN 20. CAUDAL EXPRESADO EN FUNCIÓN DE LA CARGA HIDRÁULICA.....	18
ECUACIÓN 21. CAUDAL EXPRESADO EN FUNCIÓN DE LA CARGA HIDRÁULICA.....	18
ECUACIÓN 22. CONJUNTO DE ECUACIONES DIFERENCIALES.....	19
ECUACIÓN 23. ECUACIÓN DIFERENCIAL EN FUNCIÓN DEL CAUDAL.....	19
ECUACIÓN 24. CORRECCIÓN DE ALTURAS MEDIANTE EL MÉTODO DE NEWTON-RAPSHON.....	19
ECUACIÓN 25. ECUACIÓN DE CONTINUIDAD MÉTODO DE LA TEORÍA LINEAL.....	20
ECUACIÓN 26. ECUACIÓN DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA.....	20
ECUACIÓN 27. SUMA DE CAUDALES PARA EL TRAMO I_j DE CADA CIRCUITO.....	20
ECUACIÓN 28. FACTOR K_{I_j}	20
ECUACIÓN 29. PERDIDAS DE ENERGÍA TOTALES.....	20
ECUACIÓN 30. FACTOR K_{I_j}'	21
ECUACIÓN 31. FACTOR K_{I_j}	21
ECUACIÓN 32. FACTOR K_{I_j}'	21
ECUACIÓN 33. ECUACIÓN DE CONTINUIDAD MÉTODO DEL GRADIENTE.....	22
ECUACIÓN 34. PÉRDIDAS DE ENERGÍA TOTALES.....	22
ECUACIÓN 35. PERDIDAS DE ENERGÍA TOTAL POR UNA BOMBA U OTRO TIPO DE ACCESORIO.....	22
ECUACIÓN 36. PARÁMETRO CARACTERÍSTICO DEL TUBO.....	23
ECUACIÓN 37. PÉRDIDAS DE ALTURA PIEZOMÉTRICA PARA CADA TRAMO.....	24
ECUACIÓN 38. SISTEMA MATRICIAL DE ECUACIONES PARA SOLUCIÓN.....	25

INTRODUCCIÓN

En el inicio de los tiempos el hombre tuvo la necesidad de suplir sus necesidades básicas; por esto los grupos de personas se vieron en la necesidad ubicarse en zonas donde tuvieran un cuerpo de agua cercano a su sitio de asentamiento.

A medida que el hombre fue evolucionando y el número de la población fue creciendo, se vieron en la necesidad de expandir sus fronteras empezando por pequeñas aldeas hasta las grandes ciudades que conocemos hoy en día.

Debido a lo anterior se tuvo que empezar a pensar en un sistema que pudiera tomar el agua de los cuerpos de agua y conducirla hasta los lugares mas alejados de este, para así dar la posibilidad de que cada una de las personas que hacen parte de una aldea, pueblo o ciudad, tuvieran acceso a dicho fluido para poder suplir sus necesidades básicas y así mejorar su calidad de vida.

A medida que las aldeas o pueblos se fueron expandiendo cada vez más, estas se estaban convirtiendo paulatinamente en grandes ciudades las cuales requerían grandes sistemas de distribución de agua, haciendo que estos cada vez fueran mucho más grandes y complejos de calcular.

Debido a lo anterior se vio la necesidad de crear métodos de cálculo que fueran capaces de dar una idea del comportamiento del agua al interior de la red de tubos, por lo que desde la década de 1920 surgieron diferentes personajes que crearon y propusieron diferentes métodos de cálculo como Hardy Cross, D.W. Martin y G. Peters (adaptación del método de Newton-Raphson al caso de solución de redes de distribución de agua potable), D.J. Woody y C.O.A Charles, E Todini, E.P.O´Connell entre otros.

Una vez fueron creados estos métodos de cálculo y la tecnología fue avanzando se fueron creando softwares que lograran analizar las redes necesarias para satisfacer a las ciudades sin necesidad de tomar tanto tiempo a la hora de hacer los cálculos pertinentes para dichas redes.

Hoy en día se puede encontrar muchos softwares especializados en hacer dichos cálculos para redes de distribución de agua potable, por lo que el usuario tiene una gran variedad de alternativas a escoger a excepción del costo que debe pagar para acceder a uno u otro software.

En el presente documento se mostrará la comparación entre dos softwares que desarrollan los cálculos pertinentes para redes de distribución de agua, con el fin de comparar los resultados de uno y otro.

1 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 Objetivos Generales

- Comparar los resultados obtenidos a la hora de realizar la modelación de diferentes redes de distribución de agua, mediante la utilización de dos softwares de diseño el WaterGems y el software Redes desarrollado por el CIACUA de la Universidad de los Andes.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar las diferencias en cuanto al manejo de herramientas de modelación, facilidad de construcción topológica de redes, claridad en la presentación de herramientas, para así determinar que software es más sencillo de usar.
- Observar los resultados en cuanto a parámetros hidráulicos y determinar si existe alguna diferencia, entre uno y otro.
- Determinar el grado de dificultad para realizar la modelación de una misma red en un software y otro.

2 ESTADO DEL ARTE

En los últimos 70 años, diferentes métodos numéricos han sido usados (y siguen empleándose) para estimar los caudales y presiones en redes de distribución de agua. Estos métodos van desde aproximaciones gráficas basadas en analogías físicas, métodos numéricos iterativos simples hasta complejas organizaciones matriciales para la resolución numérica de sistemas de ecuaciones no lineales.

Es importante destacar que todos los métodos numéricos de análisis en redes de distribución se basan en dos principios básicos como antiguos que se cumplen independientemente de la configuración y elementos que componen el sistema, estos son: i) Ecuación de conservación de masa en nodos y ii) Ecuación de conservación de energía aplicadas a un flujo incompresible a través de un sistema a presión.

Las variables del modelo son entonces: a) los caudales internos que circulan por las líneas, b) los caudales externos demandados por los nodos, c) la altura piezométrica y presión en los nodos del sistema, y d) las pérdidas de carga en cada línea. En resumen, los métodos de análisis de redes de distribución más significativos que abarcan un periodo de desarrollo de cerca de 6 décadas son los siguientes:

- Método(s) de Hardy Cross, (corrección de caudales y corrección de alturas piezométricas).
- Método de Newton-Raphson.
- Método de la Teoría Lineal.
- Método del Gradiente Hidráulico.

Es importante anotar que los métodos de la Teoría Lineal y Gradiente Hidráulico emplean formulaciones matriciales aprovechando el gran poder de procesamiento numérico de los computadores modernos.

Observando el desarrollo del tema a través de la historia, se puede identificar diferentes etapas que son de gran aporte a lo que hoy se conoce como la modelación hidráulica por medio de softwares.

En el siglo XVII se dieron los primeros desarrollos teóricos y experimentales sobre mecánica de fluidos. De este siglo podemos destacar los aportes de Bernoulli (1738). En 1752 basado en las formulaciones teóricas de Bernoulli, Leonard Euler planteo las ecuaciones de energía en la forma que hoy conocemos y que sirven de base aún en los modelos hidráulicos actuales. En el mismo siglo, Antoine Chézy (1770) encontró que en las pérdidas del agua en movimiento la relación V^2/RS permanecía razonablemente constante en ciertas condiciones. Relación que sirvió de base en las ecuaciones de pérdidas por fricción desarrolladas posteriormente.

En 1839 los investigadores G. Hagen y J.L Poiseulle desarrollaron de manera independiente la ecuación de pérdida de carga en pequeñas tuberías bajo regímenes de flujo laminar.

Para 1845 J. Weisbach publica tres volúmenes de ingeniería mecánica basados en los resultados de sus experimentos. La famosa Ecuación Darcy-Weisbach surge de este trabajo como una extensión a los trabajos previos de Chézy; de hecho existe una clara relación entre el coeficiente C de Chézy con el factor de fricción de la ecuación de Darcy-Weisbach.

En 1883 los trabajos de experimentación O. Reynolds basados en observaciones previas de Hagen, permitieron establecer una clara distinción entre los flujos laminar y turbulento. El investigador identificó un número a dimensional para cuantificar la condición que permitía clasificar estos tipos de regímenes de flujo.

Entre las décadas de 1900 - 1930 se presentaron también interesantes avances. Se debe destacar el desarrollo de la teoría de capa límite que estudiaba la interacción entre los fluidos y las paredes de las tuberías, estudio liderado por L. Prandtl y sus estudiantes T. Von Karman, J. Nikuradse, H. Blasius y T. Stanton. Como resultado de años de investigación, se pudo demostrar experimental y teóricamente el efecto de la pared de la tubería sobre el fluido y su perfil de velocidades. Cabe destacar especialmente los experimentos de Nikuradse con partículas de arena normalizadas y mediciones de pérdidas de carga que permitieron un mejor entendimiento para el cálculo del factor de fricción en la fórmula de Darcy-Weisbach.

Mientras tanto en 1906, los investigadores A. Hazen y G.S. Williams desarrollaban una fórmula empírica para el cálculo de pérdida de carga en tuberías. A pesar que no tenía la misma rigurosidad teórica que la ecuación de Darcy-Weisbach, la fórmula hallada posteriormente conocida como ecuación de Hazen-Williams permitió un fácil cálculo de las pérdidas y fue ampliamente adoptada en Norte América.

Finalmente para este periodo, se debe destacar el trabajo realizado en 1938 por los investigadores C. Colebrook y C. White quienes basándose en los trabajos de Prandtl y sus discípulos, desarrollaron la ecuación de Colebrook-White para la determinación del factor de fricción/de la formulación Darcy-Weisbach en tuberías comerciales.

Como consecuencia de este trabajo en 1944 L Moody de la Universidad de Princeton publica el diagrama de Moody, el cual esencialmente es una representación gráfica de la Ecuación de Colebrook-White para el rango flujo turbulento y la Ec. Hagen-Poiseulle en el rango de flujo laminar.

Una vez se dieron estos grandes avances teóricos para el desarrollo de la hidráulica a presión, fueron apareciendo personas que paulatinamente según las necesidades de cada uno de los periodos de la época empezaron a desarrollar métodos de calculo de redes, a fin de poder lograr conocer en detalle el comportamiento del agua en las redes de distribución de agua en las grandes ciudades

En 1936 Hardy Cross un ingeniero estructural de la Universidad de Illinois, desarrolló un método matemático para resolver un análisis de distribución de momentos en estructuras aporticadas. Luego Cross entendió que el método desarrollado podría también ser usado para resolver

caudales y presiones en redes malladas de distribución de agua y publicó un artículo técnico con este método pionero de futuros desarrollos.

En los trabajos de Cross formulaban en esencia dos posibles metodologías: i) Corrección de Caudales en las tuberías del sistema mediante un proceso iterativo incluyendo un factor de ajuste de caudales en cada circuito, y ii) Corrección del Valor de Altura Piezométrica en cada nodo del sistema bajo un proceso iterativo con un factor de ajuste para las alturas piezométricas o cargas de los nodos. Para el cálculo de pérdidas por fricción se usaba la ecuación de Hazen-Williams.

Comparando ambos métodos, se observó que "la convergencia era lenta y no totalmente satisfactoria" cuando se empleaba el método de corrección de alturas en nodos. Esto fue atribuido a la dificultad en obtener buenas estimaciones iniciales de los valores de gradiente hidráulico en los nodos. Como resultado el método de corrección de caudales por circuito tuvo la aceptación de la comunidad de ingeniería y fue rápidamente conocido con el nombre exclusivo de "Método de Hardy Cross".

Para 1950 se encuentra el analizador de redes de distribución desarrollado por McIlroy. Este fue un método análogo al modelo computacional eléctrico, desarrollado para simular el comportamiento de un sistema de distribución de agua calculando los flujos como si fueran corriente eléctrica en lugar de agua.

El comienzo de este periodo, se da a principios de los 50's con los primeros (básicos) modelos de análisis de redes para computadores. Con la presentación de los primeros equipos de computo (mainframes) y el establecimiento del lenguaje de programación FORTRAN, los investigadores comenzaron con la implementación de las metodologías conocidas de análisis para su uso en los primeros computadores digitales.

En 1957 los investigadores Hoag y Weinberg adaptaron el método de Hardy Cross para resolver redes para computadores digitales. En la presentación de su implementación se discutieron aspectos de velocidad, exactitud y la viabilidad económica de aplicar el método en un amplio espectro de simulaciones de redes.

Subsecuentemente, dos firmas americanas de ingeniería como Rader & Associates y Brown & Caldwell, emergieron como los pioneros en el uso del computador para analizar redes de distribución de agua para sus clientes. En el mismo año, la firma de informática Datics Corporation en Texas se convirtió en una de las primeras empresas en comercializar un programa comercial.

Sin embargo, con la creciente sofisticación de los computadores a mediados de la década del 60, más universidades e investigadores comenzaron a cuestionar el uso del método Hardy Cross para analizar caudales y presiones en sistemas de distribución debido al reconocimiento de las siguientes limitaciones del método: i) Dependiendo del tamaño y complejidad del sistema, el método requería de muchas iteraciones para finalmente lograr la convergencia numérica y ii) el método original estaba restringido a sistemas perfectamente simples y no simulaba explícitamente el comportamiento de elementos singulares como válvulas, bombas, etc.

En respuesta a las limitaciones del Método de Cross, diferentes investigadores comenzaron a analizar nuevas formulaciones y manejos matemáticos al análisis de redes los cuales pudieran aprovechar de mejor manera las posibilidades aportadas por procesadores con cada vez mayores velocidades de cálculo. Dentro de los métodos subsecuentemente desarrollados se encontraron: 1) Método del Nodo Simultáneo, 2) Método del Circuito Simultáneo, 3) Método de Teoría Lineal y 4) Método Compuesto/Gradiente Conjugado.

En 1963 D.W. Martin y G. Peters fueron los primeros investigadores en publicar un algoritmo que podía usarse para resolver simultáneamente el valor de gradiente hidráulico en cada nodo del sistema de distribución. En la aplicación del algoritmo, las ecuaciones de pérdida de carga para cada tubería estaban escritas en términos de los caudales en cada tubería expresados como una función de los valores de gradiente en los nodos extremos de cada tramo. La sustitución de estas ecuaciones dentro de la ecuación de conservación de masa en cada nodo traía consigo la formación de un sistema de N Ecuaciones No-Lineales (siendo N el número de nodos).

En 1969 Alvin Fowler y su asistente Robert Epp de la Universidad de British Columbia (CA) desarrollaron una nueva aproximación para el análisis de redes malladas que aplicaba el método de Newton-Raphson para simultáneamente resolver los factores de ajuste de caudal asociados con el método original de Cross (1936).

En 1972 los profesores Don J. Wood y Charles introdujeron una nueva formulación al problema del análisis de redes malladas "El Método de Teoría Lineal" en el cual la conservación de masa en los nodos y las ecuaciones de energía en cada circuito eran resueltas simultáneamente para directamente hallar en caudal en cada una de las tuberías.

Posteriores investigaciones como las realizadas por Roland Jeppson de la Universidad de Utah en colaboración con CH2M Hill trajeron consigo en 1976 el desarrollo de un nuevo software comercial para el análisis de redes basado en el método del "Circuito Simultáneo". En el uso de este algoritmo, las ecuaciones no-lineales de energía para cada circuito o ruta son escritas en términos de los factores de ajuste de caudal. Así como en los métodos de "Nodo", las ecuaciones los-linealizadas usando una expansión estándar de las Series de Taylor y luego son resueltas de manera iterativa usando el método de Newton Raphson.

Finalmente este repaso por los métodos numéricos concluye con el Método del Gradiente el cual fue propuesto en 1987 por Todini y Pilati. En esta formulación, las ecuaciones individuales de energía en cada tubería se combinan con las ecuaciones individuales de conservación en cada nodo para proveer una solución simultánea tanto de cargas en los nodos como caudales individuales en las tuberías. Las ecuaciones no lineales de energía son linealizadas usando la expansión en series de Taylor. Un aspecto por destacar del método es el trabajo con matrices de manera dispersa, lo que permite a reducción de la memoria requerida y el tiempo de cálculo en computadores.

Este método ha sido actualmente adoptado por la mayoría de programas de software comerciales del mercado incluyendo EPANET, WaterCAD, WaterGems, H2OMap, InfoWater, etc.

A continuación se muestra el proceso matemático utilizado para llegar a desarrollar cada uno de los métodos principales de cálculo para resolver redes de distribución de agua:

- ***Método de Hardy-Cross con corrección de caudales***

En un principio este método fue desarrollado para el cálculo de estructuras en concreto y acero. Pero más adelante Cross lo adaptó al cálculo de redes cerradas de distribución de agua potable.

Para la adaptación del método al cálculo de redes de distribución de agua potable el profesor Cross utilizó la ecuación de Hazen-Williams.

El método original se basa en suponer los caudales en cada uno de los tubos de la red e ir corrigiendo esta suposición. Dado que se conocen todas las características de la tubería (d , k_s , Σk_m , l), el método es un proceso de comprobación de diseño.

Para el cálculo de los caudales se debe primero suponer primero supone un error ΔQ_i en el circuito i , por lo que las pérdidas para cada tubo son:

$$h_{f_{ij}} + \sum h_{m_{ij}} = \left(\sum k_{m_{ij}} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}} \right) \frac{(Q_{ij} + \Delta Q_i)^2}{2g A_{ij}^2}$$

Ecuación 1. Pérdidas totales con un error ΔQ_i .

Estableciendo una altura piezométrica donde se contemple las pérdidas por fricción y menores, y reemplazando en la Ecuación 1 se tiene:

$$h_{ij} = \left(\sum k_{m_{ij}} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}} \right) \frac{Q_{ij}^2 + 2Q_{ij}\Delta Q_i + \Delta Q_i^2}{2g A_{ij}^2}$$

Ecuación 2. Altura piezométrica con pérdidas totales.

El término ΔQ_i^2 puede despreciarse en la parte derecha de esta última ecuación, ya que su orden de magnitud es pequeño en comparación con los demás sumandos, luego:

$$h_{ij} = \left(\sum k_{m_{ij}} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}} \right) \frac{Q_{ij}^2 + 2Q_{ij}\Delta Q_i}{2g A_{ij}^2}$$

Ecuación 3. Altura piezométrica con pérdidas totales simplificada.

Ahora, utilizando la siguiente ecuación:

$$\sum_{j=1}^{NT_i} \frac{\left(\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}} \right)}{2gA_{ij}} Q_{ij} (|Q_{ij}|) = 0$$

Ecuación 4. Suma pérdidas totales en una red.

Se llega a la siguiente expresión:

$$\frac{Q_{ij}^2}{2gA_{ij}^2} \left(\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}} \right) + 2\Delta Q_i \frac{Q_{ij}}{2gA_{ij}^2} \left(\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}} \right) = 0$$

Ecuación 5. Suma pérdidas totales en una red.

Despejando ΔQ_i se obtiene la siguiente ecuación para el cálculo del factor de corrección de caudales en cada uno de los ciclos de cálculo:

$$\Delta Q_i = - \frac{\sum \left(\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}} \right) \frac{Q_{ij}^2}{A_{ij}^2}}{2 \sum \left(\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}} \right) \frac{Q_{ij}^2}{A_{ij}^2}}$$

Ecuación 6. Delta de caudal Hardy-Cross (corrección de caudal).

La anterior ecuación se puede describir de la siguiente forma:

$$\Delta Q_i = - \frac{\sum (h_{fij} + \sum h_{mij}) \frac{Q_{ij}^2}{A_{ij}^2}}{2 \sum \left(\frac{h_{fij} + \sum h_{mij}}{Q_{ij}} \right)}$$

Ecuación 7. Delta de caudal Hardy-Cross (corrección de caudal) simplificada.

- *Método de Hardy-Cross con corrección de alturas piezométricas*

Ya que para el método anteriormente mencionado es necesario balancear los caudales antes de comenzar el proceso de cálculo, esto hace que el método se torne engorroso en el caso de que se presenten redes de gran tamaño.

Debido a esto se tuvo la necesidad modificar el método. Esto fue planteado en 1938 por el ingeniero R.J. Cornish, quien le dio el nombre de balance de cantidad, y se utilizó para resolver las ecuaciones de altura.

El método de Hardy-Cross con corrección de alturas piezométricas se utiliza para resolver las ecuaciones de altura piezométrica. De nuevo se utiliza la ecuación de Darcy-Weisbach para el cálculo de las pérdidas por fricción, aunque se podría recurrir a cualquier ecuación de resistencia fluida.¹

$$Q_{ij} = \left(\frac{H_j - H_i}{\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}}} \right)^{\frac{1}{2}} \sqrt{2gA_{ij}}$$

Ecuación 8. Caudal expresado en función de la carga hidráulica.

Este método propone suponer la altura piezométrica en vez de caudales en cada uno de los tubos de la red, (la altura piezométrica en uno de los nodos es conocida o debe ser su defecto tiene que ser superpuesta). Luego se ajustan las alturas piezométricas supuestas, nodo por nodo, hasta completar todos los nodos de la red

Dichas alturas deben ser recalculadas mediante un proceso iterativo y este se detendrá hasta que la diferencia de las alturas calculadas anteriormente y actuales sea muy pequeña.

El factor que se utiliza para corregir las alturas piezométricas en cada uno de los nodos se calcula tal como se explica a continuación. Si se supone que la altura piezométrica H_i del nodo i esta subestimada o sobrestimada:²

$$Q_{ij} = \left(\frac{(H_j - H_i) - \Delta H_i}{\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}}} \right)^{\frac{1}{2}} \sqrt{2gA_{ij}}$$

Ecuación 9. Caudal expresado en función de la carga hidráulica menos un ΔH_i .

¹ Juan G Saldarriaga, (2007). Hidráulica de tuberías: Abastecimiento de agua, redes, riegos. (2da. Ed). Bogotá, Colombia: Alfaomega-Uniandes.

² Juan G Saldarriaga, (2007). Hidráulica de tuberías: Abastecimiento de agua, redes, riegos. (2da. Ed). Bogotá, Colombia: Alfaomega-Uniandes.

Rescribiendo la ecuación y dejándola en términos de altura se tendrá que:

$$Q_{ij} = \frac{\sqrt{2gA_{ij}}}{\left(\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}}\right)^{\frac{1}{2}}} \left((H_j - H_i) - \Delta H_i \right)^{\frac{5}{2}}$$

Ecuación 10. Caudal expresado en función de la carga hidráulica menos un ΔH_i .

Utilizando el Teorema del Binomio se tiene que el término de la derecha de la ecuación No. 10 queda:

$$\left[(H_j - H_i) - \Delta H_i \right]^{\frac{5}{2}} = (H_j - H_i)^{\frac{5}{2}} - \frac{1}{2} (H_j - H_i)^{\frac{3}{2}} \Delta H_i + \frac{1}{8} (H_j - H_i)^{\frac{1}{2}} \Delta H_i^2 - \frac{1}{16} (H_j - H_i)^{-\frac{1}{2}} \Delta H_i^3 + \frac{5}{128} (H_j - H_i)^{-\frac{3}{2}} \Delta H_i^4 + \dots$$

Ecuación 11. Teorema del Binomio.

Eliminando los términos que tienen potencias altas se tiene que:

$$\left[(H_j - H_i) - \Delta H_i \right]^{\frac{5}{2}} = (H_j - H_i)^{\frac{5}{2}} - \frac{1}{2} (H_j - H_i)^{\frac{3}{2}} \Delta H_i$$

Ecuación 12. Teorema del Binomio simplificado.

Luego, al remplazar esta última ecuación en la Ecuación 10 se obtiene:

$$Q_{ij} = \frac{\sqrt{2gA_{ij}}}{\left(\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}}\right)^{\frac{1}{2}}} \left((H_j - H_i)^{\frac{5}{2}} - \frac{1}{2} (H_j - H_i)^{\frac{3}{2}} \Delta H_i \right)$$

Ecuación 13. Caudal de cada elemento de la red con el Teorema del Binomio simplificado.

Por definición se puede decir que:

$$\sum_{j=1}^{NT_i} Q_{ij} - Q_{Di} = 0$$

Ecuación 14. Ecuación de continuidad para una red.

Si se rempazan los Q_{ij} se llega a:

$$\sum_{j=1}^{NT_i} \left[\left(\frac{H_j - H_i}{\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}}} \right)^{\frac{1}{2}} \sqrt{2gA_{ij}} - \frac{(H_j - H_i)^{-\frac{1}{2}} \Delta H_i}{2 \left(\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}} \right)^{\frac{1}{2}}} \sqrt{2gA_{ij}} \right] - Q_{Di} = 0$$

Ecuación 15. Ecuación de continuidad para una red expresado en función de alturas piezométricas.

En esta última ecuación se pueden identificar con facilidad los caudales Q_{ij} en cada una de las tuberías. Luego:³

$$\sum_{j=1}^{NT_i} Q_{ij} - Q_{Di} - \frac{\Delta H_i}{2} \sum_{j=1}^{NT_i} \frac{Q_{ij}}{H_j - H_i} = 0$$

Ecuación 16. Caudales ij para cada una de las tuberías de la red.

Finalmente al despejar el factor de corrección para las alturas piezométricas en los nodos de la red se obtiene:⁴

$$\Delta H_i = \frac{2(\sum Q_{ij} - Q_{Di} + Q_{si})}{\sum \frac{Q_{ij}}{H_j - H_i}}$$

Ecuación 17. Variación de alturas piezométricas Hardy-Cross (corrección de alturas piezométricas).

³ Juan G Saldarriaga, (2007). Hidráulica de tuberías: Abastecimiento de agua, redes, riegos. (2da. Ed). Bogotá, Colombia: Alfaomega-Uniandes.

⁴ Juan G Saldarriaga, (2007). Hidráulica de tuberías: Abastecimiento de agua, redes, riegos. (2da. Ed). Bogotá, Colombia: Alfaomega-Uniandes.

- **Método de Newton-Rhapson**

Para el uso del Método de Newton –Rhapson en el caso de redes de distribución se tienen las siguientes ecuaciones:

$$\sum_{j=1}^{Nu} Q_{ij} - Q_{Di} = 0$$

Ecuación 18. Ecuación de continuidad para una red.

Nu = número de uniones (nodos)

Q_{Di} = caudal demandado en la unión i

Utilizando la siguiente ecuación:

$$Q_{ij} = \sqrt{2gA_{ij}} \frac{H_j - H_i}{\left(\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}}\right)^{\frac{1}{2}}} \left(|H_j - H_i|\right)^{-\frac{1}{2}}$$

Ecuación 19. Caudal expresado en función de la carga hidráulica.

Se puede obtener que:

$$\sum_{j=1}^{Nu} \sqrt{2gA_{ij}} \frac{(H_j - H_i)^{\frac{1}{2}}}{\left(\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}}\right)^{\frac{1}{2}}} - Q_{Di} = 0$$

Ecuación 20. Caudal expresado en función de la carga hidráulica.

Es evidente que esta ecuación es de la forma siguiente:

$$f(H_1, \dots, H_{Nu}) = \sum_{j=1}^{Nu} \sqrt{2gA_{ij}} \frac{(H_j - H_i)^{\frac{1}{2}}}{\left(\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

Ecuación 21. Caudal expresado en función de la carga hidráulica.

Por lo que se obtiene un conjunto de ecuaciones que se pueden resolverse mediante el método iterativo del Newton-Rapshon.

$$\frac{\delta f_i}{\delta X_j} = \frac{\delta f_i}{\delta H_j}$$

$$\frac{\delta f_i}{\delta X_i} = \frac{\delta f_i}{\delta H_i}$$

Ecuación 22. Conjunto de ecuaciones diferenciales (solución mediante el método de Newton-Rapshon).

H_i y H_j representan alturas piezométricas. Luego:

$$\frac{\delta f_i}{\delta X_j} = \frac{\delta}{\delta H_j} \left[\sum_{j=1}^{Nu} \frac{\sqrt{2g} A_{ij} (H_j - H_i)^{\frac{1}{2}}}{\left(\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}} \right)^{\frac{1}{2}}} - Q_{Di} \right]$$

Ecuación 23. Ecuación diferencial en función del caudal y la diferencia de altura piezométrica.

Después de acomodar, remplazar y hacer procesos de derivación se tiene que la expresión final para la corrección de alturas será:

$$\frac{\delta f_i}{\delta H_i} = - \sum_{j=1}^{Nu} \frac{\delta f_i}{\delta H_i}$$

Ecuación 24. Corrección de alturas mediante el método de Newton-Rapshon.

En 1970 D.J. Woody y C.O.A. Charles. desarrollaron un nuevo método de cálculo el cual consiste en resolver simultáneamente las ecuaciones de la conservación de la masa y la conservación de la energía, con el fin de calcular el caudal. Uno de los aspectos más característicos de este método es que el número de iteraciones que se tienen que realizar para llegar a la respuesta es mucho menor.

- ***Método de la teoría lineal***

El método de la teoría lineal se basa en las siguientes ecuaciones:

Para cada unión de la red se debe cumplir la ecuación de continuidad:

$$\sum_{j=1}^{NT_i} Q_{ij} - Q_{Di} + Q_{Si} = 0$$

Ecuación 25. Ecuación de continuidad método de la teoría lineal.

Para cada circuito se debe cumplir la ecuación de conservación de la energía.

$$\sum_{j=1}^{NT_i} h_{fij} + \sum_{j=1}^{NT_j} h_{mij} = 0$$

Ecuación 26. Ecuación de conservación de la energía.

La ecuación que existe para cada circuito es:

$$\sum_{j=1}^{NT_i} k_{ij} Q_{ij}^2 = 0$$

Ecuación 27. Suma de caudales para el tramo ij de cada circuito.

También se puede plantear que el factor k_{ij} esta dado por:

$$k_{ij} = \frac{\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}}}{2g A_{ij}^2}$$

Ecuación 28. Factor k_{ij} .

Para lograr resolver el sistema de ecuaciones se propone el siguiente procedimiento:

$$h_{fij} + \sum k_{mij} = k'_{ij} Q_{ij}$$

Ecuación 29. Pérdidas de energía totales.

En donde:

$$k'_{ij} = k_{ij}Q_{oij}$$

Ecuación 30. Factor k_{ij} '.

A fin de que las ecuaciones anteriores sean válidas se debe hacer una suposición de caudal para cada uno de los tubos. También a la hora de hacer la suposición de los caudales no hay necesidad de hacer un previo cálculo de los mismos ya que no se debe cumplir la ecuación de continuidad para cada uno de los nodos, el caudal supuesto puede ser igual para todos los tubos.

Para obtener los k'_{ij} en cada iteración se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$k_{ij} = \frac{\sum k_{mij} + f_{ij} \frac{l_{ij}}{d_{ij}}}{2gA_{ij}^2}$$

Ecuación 31. Factor k_{ij} .

Una vez obtenido dicho valor se puede calcular el coeficiente mediante la siguiente expresión:

$$k'_{ij} = k_{ij}Q_{oij}$$

Ecuación 32. Factor k_{ij} '.

A la hora de empezar el cálculo de una determinada red se debe empezar en plantear las ecuaciones de continuidad para cada uno de los nodos.

A continuación se deben plantear las ecuaciones de conservación de energía para cada circuito.

Una vez planteadas dichas ecuaciones se pueden organizar estas en forma matricial, por lo que la resolución de este sistema matricial se puede expresar de la siguiente forma:

$$[A][B] = [C]$$

Las incógnitas de cada iteración son los Q_{ij} (matriz columna $[B]$), es decir, los caudales en cada uno de los tubos que conforman la red; por lo que dicho sistema se puede resolver de la siguiente forma:

$$[B] = [A]^{-1}[C]$$

De esta forma se obtendrán los valores de caudal para cada una de las tuberías.

- ***Método del gradiente***

El método del Gradiente fue desarrollado por los profesores E. Todini y E.P.O'Connell en la Universidad de Newcastle upon Tyne y por R. Salgado; en este método se planteó proponer ecuaciones de energía individuales para cada tubo las cuales se combinan con las ecuaciones de masa individuales en cada unión con el fin de obtener una solución simultánea tanto de los caudales en las tuberías como de las alturas piezométricas en los nodos.

Para dicho método se debe cumplir que:

$$\sum_{j=1}^{NT_i} Q_{ij} - Q_{Di} + Q_{Si} = 0$$

Ecuación 33. Ecuación de continuidad Método del Gradiente.

En cada tubo la energía total disponible se gasta en pérdidas por fricción y en pérdidas menores:

$$H_t = h_f + \sum h_m$$

Ecuación 34. Pérdidas de energía totales.

Si se tienen en cuenta las pérdidas menores causadas por cualquier tipo de accesorio y la posible existencia de bombas en algunos de los tubos de la red:

$$H_t = \alpha Q^n + \beta Q + \gamma$$

Ecuación 35. Perdidas de energía total por una bomba u otro tipo de accesorio.

Donde:

n = Exponente que depende de la ecuación de fricción utilizada (2.0 para el caso de la ecuación de Darcy-Weisbach).

α, β, γ = Parámetros características del tubo, las válvulas y las bombas.⁵

Por consiguiente:

$$\alpha = \frac{\left(f \frac{l}{d} + \sum k_m\right)}{2gA^2}$$

Ecuación 36. Parámetro característico del tubo.

El valor del parámetro α incluye los factores de pérdidas por fricción y pérdidas menores. Para algunos tipos de válvulas, el parámetro α establece su relación Q^n .

Para bombas colocadas en las tuberías se requieren los tres parámetros α, β y γ ya que la relación entre la altura piezométrica suministrada por la bomba y el canal es polinomial.

Para el Método del Gradiente Hidráulico se hacen las siguientes definiciones adicionales, con el fin de describir la topología de la red en forma matricial:

[A10] = Matriz topológica tramo a nodo para los NS nodos de altura piezométrica fija. Su dimensión es NT x NS con un valor igual a -1 en las filas correspondientes a los tramos conectados a nodos de altura piezométrica fija.

NS = Número de nodos de altura piezométrica fija o conocida.

[A12] = “Matriz de conectividad” asociada a cada uno de los nodos de la red. Su dimensión es NT x NN con solo dos elementos diferentes de cero en la i-ésima fila:

-1 en la columna correspondiente al nodo inicial del tramo i.

1 en la columna correspondiente al nodo final del tramo i.

NN = Número de nodos con altura piezométrica desconocida.

NT = Número de tuberías de la red.

⁵ Juan G Saldarriaga, (2007). Hidráulica de tuberías: Abastecimiento de agua, redes, riegos. (2da. Ed). Bogotá, Colombia: Alfaomega-Uniandes.

La pérdida de altura piezométrica en cada tramo de tubería es:

$$[A11][Q] + [A12][H] = -[A10][H_0]$$

Ecuación 37. Pérdidas de altura piezométrica para cada tramo.

$[A11]$ = Matriz diagonal de NT x NT definida como sigue:

$[Q]$ = Vector de caudales con dimensión NT x 1.

$[H]$ = Vector de alturas piezométricas desconocidas con dimensiones NN x 1.

$[H_0]$ = Vector de alturas piezométricas fijas con dimensión NS x 1.

$$[A21][Q] = [q]$$

donde:

$[A21]$ = Matriz transpuesta de $[A12]$.

$[q]$ = Vector de consumo en cada nodo de la red, con dimensión NN x 1.

Las anteriores ecuaciones se pueden expresar así:

$$\begin{bmatrix} [A11] & [A12] \\ [A21] & [0] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [Q] \\ [H] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -[A10] & [H_0] \\ [q] \end{bmatrix}$$

Al realizar operaciones matemáticas la anterior ecuación queda:

$$\begin{bmatrix} [N] & [A11] & [A12] \\ [0] & [A21] & [0] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [dQ] \\ [dH] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [dE] \\ [dq] \end{bmatrix}$$

$[N]$ = Matriz diagonal (n_1, n_2, \dots, n_{NT}) con dimensión NT x NT.

$[A11]'$ = Matriz con dimensión NT x NT definida como:

$[dE]$ representa el desbalance de energía por unidad de peso en cada tubo y $[dq]$ representa el desbalance de caudal en cada nodo.

$$[dE] = [A11][Q_i] + [A12][H_i] + [A10][H_0]$$

y

$$[dq] = [A21][Q_i] - [q]$$

En el Método del Gradiente se soluciona el sistema descrito anteriormente, teniendo que para cada iteración se tiene que:

$$[dQ] = [Q_{i+1}] - [Q_i]$$

y

$$[dH] = [H_{i+1}] - [H_i]$$

Utilizando las propiedades y operaciones del algebra lineal y remplazando una ecuación en otra se obtiene que:

$$[H_{i+1}] = \{[A21]([N][A11])^{-1}[A12]\}^{-1} \times \\ \{[A21]([N][A11])^{-1}([A11][Q_i] + [A10]) - ([A21][Q_i] - [q])\}$$

$$[Q_{i+1}] = \{[I] - ([N]^{-1}[A11]) - [A11]\}[Q_i] - \{([N][A11])^{-1}([A12][H_{i+1}] + [A10][H_0])\}$$

Se puede describir la ecuación anterior como un sistema de ecuaciones lineales para las alturas piezométricas:

$$\{[A21]([N][A11])^{-1}[A12]\}[H_{i+1}] \\ = -\{[A21]([N][A11])^{-1}([A11][Q_i] + [A10][H_0]) - ([A21][Q_i] - [q])\}$$

Ecuación 38. Sistema matricial de ecuaciones para solución de redes mediante el método del gradiente.

Una vez se desarrollaron cada uno de los diferentes métodos y la capacidad tecnológica fue desarrollándose, los investigadores fueron desarrollando pequeños programas donde tuvieran

como base alguno de estos métodos para resolver dichas redes mediante herramientas tecnológicas.

A principios de los 80's muchos de estos programas de "Investigación Académica" (ej: Fowler, Jepsson, Sharmir y Howard, Wood, etc.) fueron paulatinamente convertidos en aplicaciones comerciales de software que fueron promocionados y mercadeados a través de Universidades y/o a través de empresa medianas e inclusive grandes corporaciones. Esto en paralelo con la introducción del computador personal (PC) al público en general que a partir de 1981 surgió con el éxito del IBM PC o compatible que hizo posible el llevar las metodologías de análisis a equipos de escritorio.

Dentro de las primeras aplicaciones más importantes de la industria se destaca la entrada al mercado a partir de 1982 de WATSIM desarrollado por Boeing Computer Services y de KYPIPE por parte de la Universidad de Kentucky.

Paralelamente a principios de esta década se desarrolló el primer modelo de calidad de agua en sistemas de distribución. En esencia se trataba de un modelo en periodo estático que empleaba las formulaciones propuestas por D. Wood de la Universidad de Kentucky e investigadores de la U.S. EPA.

A medida que avanzaban los 80's aparecieron las aplicaciones lanzadas por firmas norteamericanas e internacionales como Expert Development Corporation (WATSYS), WRC (WATNET), Charles Howard y Associates (SPP8), y SAFEGE Consulting Engineers (Piccolo) emergieron como los proveedores de servicios integrales de modelación para varias empresas de agua alrededor del mundo.

Los modelos entonces empezaron a extenderse a sistemas de mayor complejidad hidráulica y en ese momento agencias gubernamentales como el USACE y la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU (U.S. EPA) también desarrollaron sus propias aplicaciones.

En el periodo que va de 1988 - 1990 aparecen ya implementaciones de modelos de calidad de agua extendidos. Se puede destacar el modelo DWQM desarrollado por W. Graynman, R. Clark y D. Males que permitía ejecutar simulaciones dinámicas de calidad a partir de los caudales/velocidades generados por un modelo hidráulico y un esquema numérico alterno que permitía rastrear sustancias conservativas o no-conservativas a lo largo de la red. En este modelo cada tramo de tubería se representaba como una serie de sub-tramos y sub-nodos seleccionados como una aproximación de la distancia que recorría la sustancia a ser analizada en un salto (tiempo) de cálculo (Método de Elementos Discretos de Volumen).

Para mediados de 1992 sale al mercado la primera versión del software CyberNET. Este software lanzado por la casa matriz Haestad Methods con base en Connecticut, incluyó como gran novedad la integración del modelo hidráulico en un entorno CAD.

En 1993 se lanza la primera versión al público del Software EPANET desarrollado por un grupo de trabajo de la U.S. EPA. La primera versión de EPANET se basó en dos modelos de uso

público mencionados anteriormente: WADISO (Simulación Hidráulica) y DWQM (Modelación Dinámica de Calidad). Es importante anotar que EPANET sufrió cambios significativos hasta el lanzamiento de la versión EPANET 2.0 a finales de la década (1998 – 2000).

Si bien el algoritmo de Gradiente Hidráulico comenzó a ser una estándar de cálculo en la mayoría de programas luego de su adopción por el EPANET, cada nueva versión los paquetes comerciales traía consigo mejoras en el manejo de datos, reportes gráficos y tabulares, gestión de escenarios, y la capacidad de interoperación con otros sistemas de información, especialmente con Bases de Datos Comerciales y Sistemas de Información Geográfica (GIS).

A medida que se llega al final de la década del 90 y comienzos del siglo XXI, se encuentra que de manera análoga que muchos desarrolladores de Software comercial lanzaron al mercado diferentes paquetes de software o versiones más desarrolladas y en ambiente Windows de programas comerciales previamente desarrollados para DOS.

Dentro esta lista, que fue actualizada se encontraban programas como: EPANET 2.0 (U.S. EPA), WaterCAD 5.0 (Haestad Methods), WaterGems, Pipe 2000 (Civil Engineering Software Centre - U.KY), H20Net/H20Map (MWH Soft, Inc.), MIKE NET (BOSS International, Inc.), AquaNet, (Finite Technologies Inc.), ERACLITO y ARCHIMEDE (PROTEO s.r.l.), STANET (Ingenieurbüro Fischer-Uhring), Wadiso SA (GLS Engineering Software Pty Ltd), entre otros.

En los últimos 10 años (después de 2002), el desarrollo y avance de los paquetes comerciales ha sido tal que a pesar de compartir muchos la misma base del algoritmo de cálculo (Gradiente Hidráulico) existe una marcada diferenciación entre los diferentes software especialmente en conceptos de interoperabilidad, facilidad de uso, herramientas de productividad, procesos de consulta multi-criterio, operaciones de análisis espacial, posibilidades gráficas, integración con Sistemas de Información Geográfica (GIS), etc.

3 METODOLOGÍA

Para poder determinar si existe alguna diferencia en cuanto a los resultados hidráulicos que arroje uno u otro software de modelación, se construirán y modelaran tres redes de distribución de agua con un número de tuberías considerable.

Dichas redes que se presentaran a continuación son casos reales en los cuales se tuvo que proyectar una solución de distribución del fluido, para tres zonas del Municipio de Soacha ubicado en el Departamento de Cundinamarca por la salida al costado sur de la ciudad de Bogotá, las cuales no contaban con un sistema confiable de distribución de agua potable.

3.1 METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE MODELOS HIDRÁULICOS EN WATERGEMS

3.1.1 Construcción de la topología de los modelos hidráulicos.

Para la construcción de la topología de la red, el software WaterGems da la posibilidad de construir manualmente la topología siguiendo el trazado de las calles y carreras o de importar un archivo topográfico tipo shape existente.

En el caso de que se requiera construir la topología de la red manualmente se debe utilizar las herramientas básicas que ofrece este software, como los botones Junction, Pipe, Valve, Reservoir y demás que se requieran para el desarrollo de un proyecto en específico.

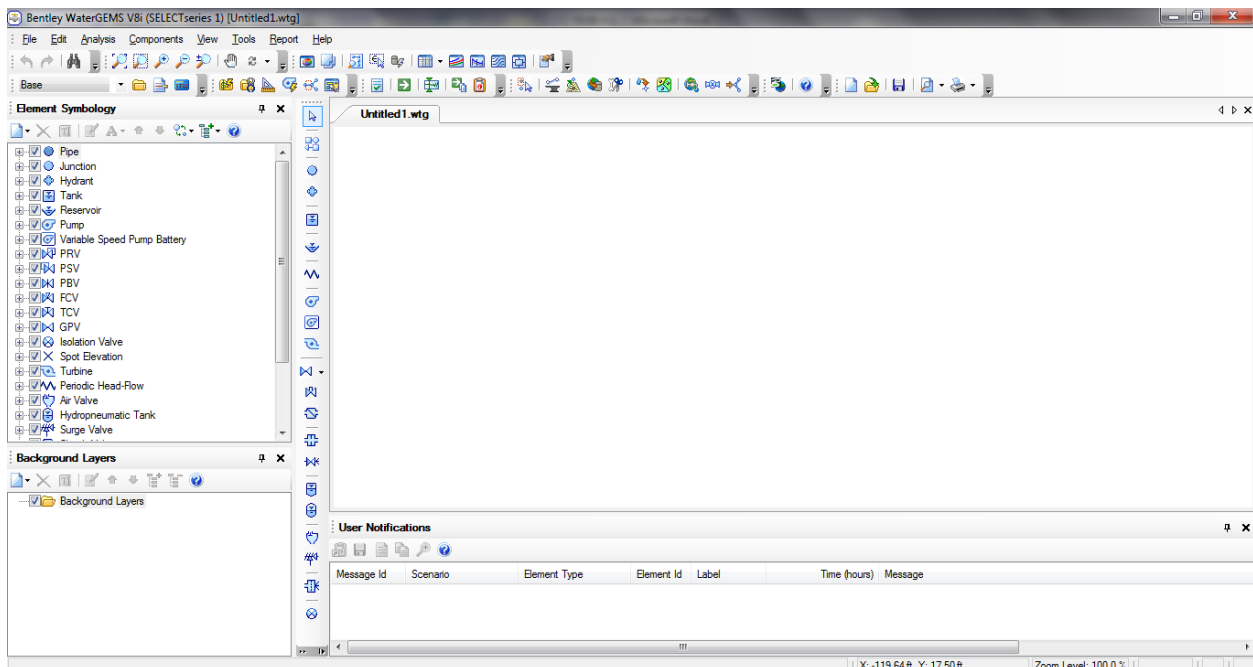


Figura 1. Cuadro de dialogo principal software WaterGems.

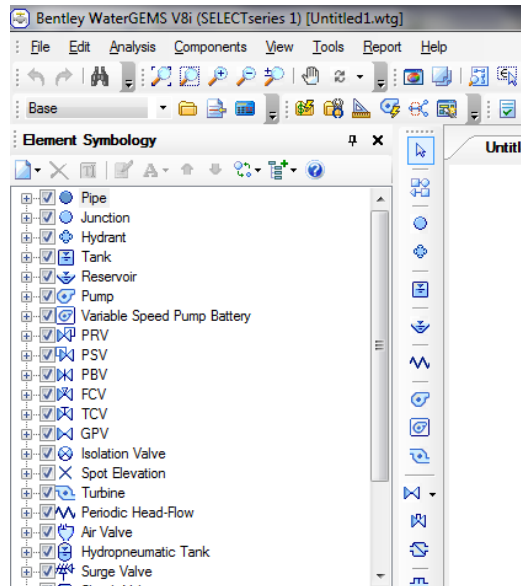


Figura 2. Herramientas básicas del software WaterGems.

Al empezar a construir la red se debe elegir cada una de las herramientas básicas e insertarlas en el cuadro de dialogo principal. Según sea el caso, cada uno de los elementos dibujados tienen la propiedad de que sus características topográficas, hidráulicas y geométricas puedan ser modificadas según las características del proyecto. Dichas propiedades de cada uno de los elementos se muestran en el cuadro de propiedades del programa.

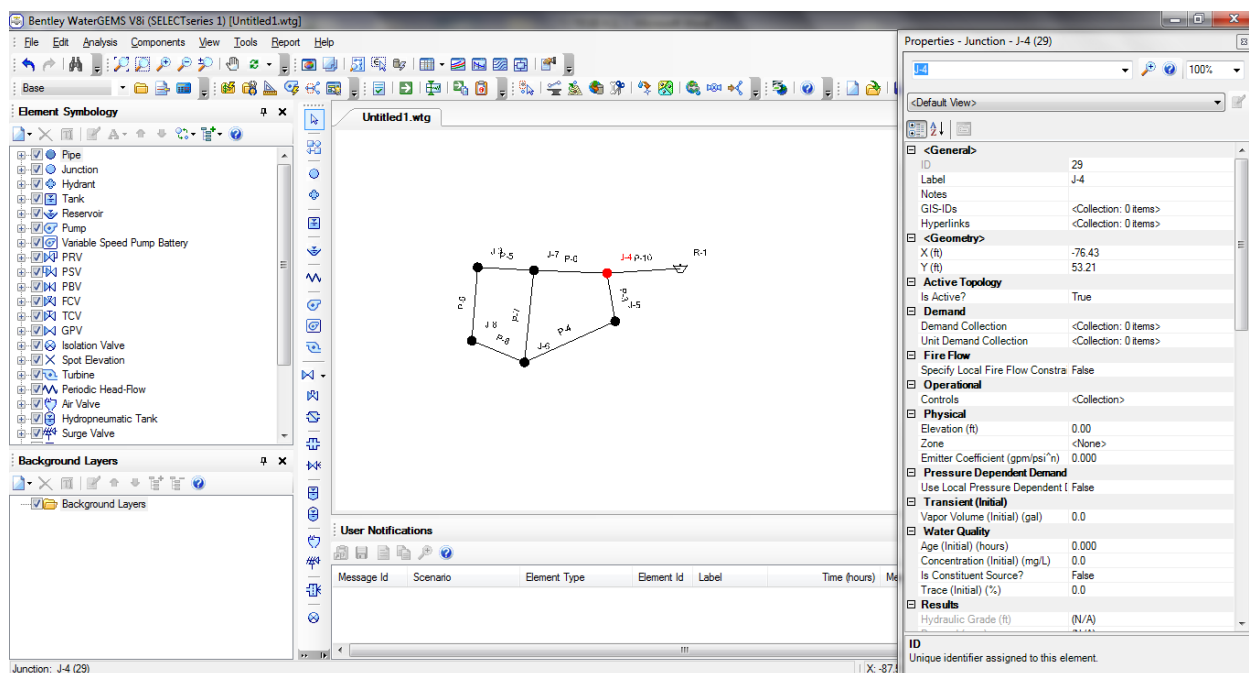


Figura 3. Cuadro de propiedades para cada elemento.

Cuando se requiera construir la topología de una red existente se debe importar al software WaterGems el archivo topográfico tipo shape correspondiente a la red en cuestión, y no se debe hacer manualmente como se describió anteriormente, ya que la red existe y la información topográfica tanto planimétrica como altimétrica está disponible. Cuando se presentan estos casos el programa ofrece una herramienta llamada Modelbuilder la cual permite realizar lo anteriormente enunciado.

Para la creación de nodos del modelo (Uniones, Válvulas, VRPs, Tanques, Reservorios, Bombas, etc):

1. Abrir la herramienta Modelbuilder.
2. En el ModelBuilder, crear una nueva conexión.
3. Seleccionar como tipo de fuente de datos “Shapefiles”.
4. Seleccionar el archivo shape que se empleará como fuente.
5. Oprimir el botón Next> (siguiente).

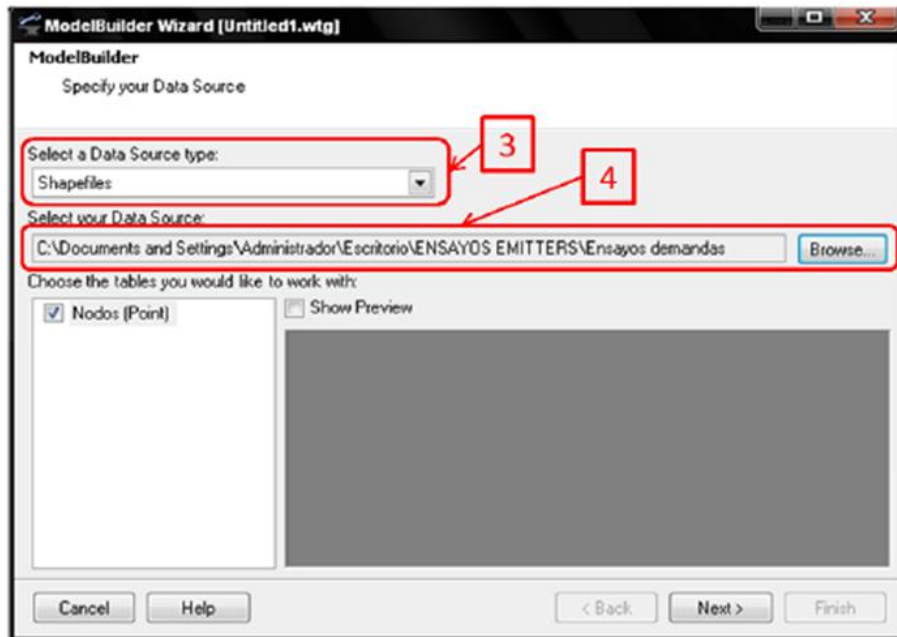


Figura 4. Pasos 3 y 4 del proceso de construcción topológica de modelos hidráulicos (nodos).

6. En la siguiente ventana, seleccionar la unidad para las coordenadas (metros) y las opciones para la creación de los objetos en el modelo (en general se dejan las opciones por defecto). Posteriormente, oprimir el botón Next> (siguiente).

7. Seleccionar el tipo de tabla del modelo a sincronizar, según el tipo de datos que contenga el archivo shape (Junction, PRV, Tank, etc.).
8. Seleccionar el campo clave de los datos contenidos en el archivo shape.
9. Correlacionar los datos del archivo shape con los datos de la tabla y asignar unidades adecuadas. Oprimir el botón Next> (siguiente).
10. En el siguiente paso, señalar si se quiere construir el modelo de inmediato o no, y oprimir el botón Finish.

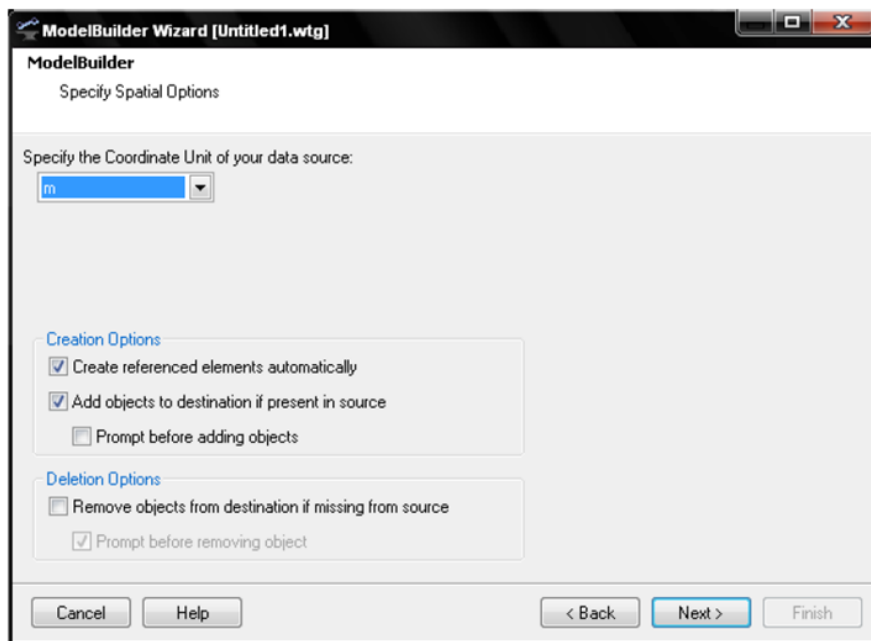


Figura 5. Paso 5 del proceso de construcción topológica de modelos hidráulicos (nodos).

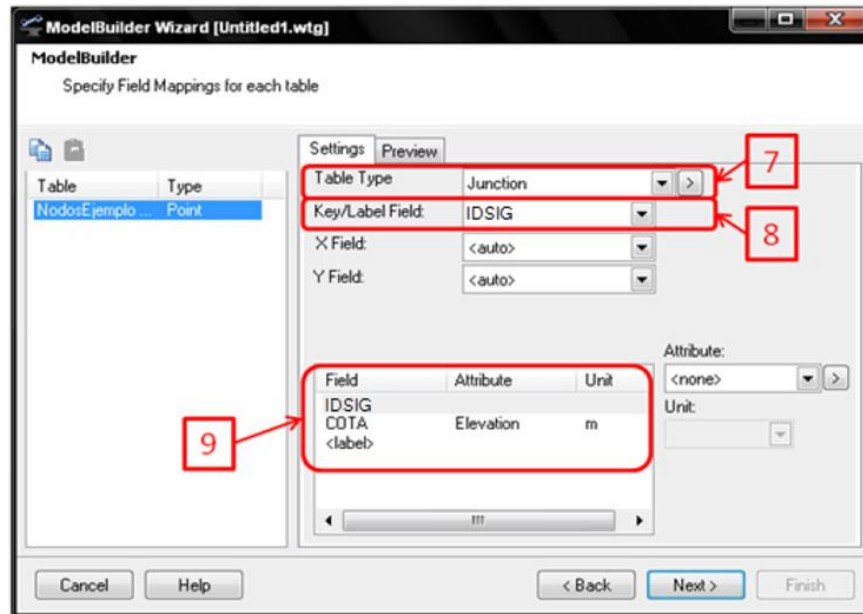


Figura 6. Pasos 7, 8 y 9 del proceso de construcción topológica de modelos hidráulicos (nodos).

Para la creación de tuberías del modelo:

1. Se deben repetir los pasos 1 a 5 de la metodología para la creación de nodos.
2. Seleccionar la unidad para las coordenadas (en este caso metros).
3. El modelo de datos del programa WaterGEMS, y en general cualquier programa de modelación hidráulica de redes, requieren una relación entre cada tubo y sus nodos inicial y final. Por esto es necesario que al importar la información de la base de datos se cree la relación entre cada tubo y sus nodos inicial y final empleando herramientas de análisis topológico. Lo anterior se logra seleccionado la opción “Crear nodos si no se encuentra alguno en el extremo del tubo”.

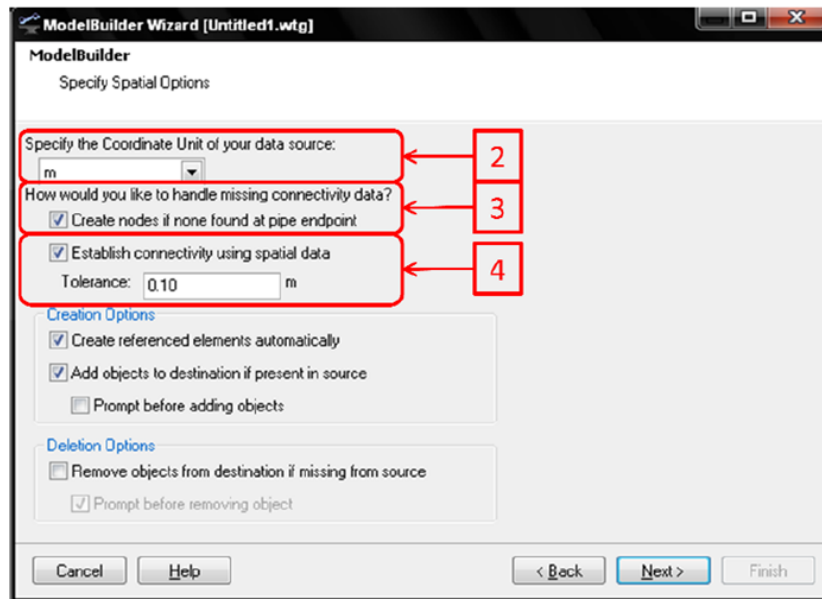


Figura 7. Pasos 2, 3 y 4 del proceso de construcción topológica de modelos hidráulicos (tubos).

4. También se debe dejar señalada la opción “Establecer conectividad usando datos espaciales”. Para esto se debe dar también una tolerancia para el análisis. Oprimir el botón Next> (siguiente).

5. Seleccionar el tipo de tabla “Pipe” (tubería).

6. Seleccionar el campo clave de los datos contenidos en el archivo shape.

7. Correlacionar los datos del archivo shape con los datos de la tabla (por ejemplo diámetro y material) y asignar unidades adecuadas. Oprimir el botón Next> (siguiente).

8. En el siguiente paso, señalar si se quiere construir el modelo de inmediato o no, y oprimir el botón Finish.

3.1.2 Procedimiento para la evaluación de la topología creada.

Una vez que se ha realizado la importación de la información para la construcción de la topología de un modelo hidráulico, es necesario hacer una revisión general del modelo creado para detectar posibles errores que se hubieran podido generar por diferentes causas, tales como:

- Errores de dibujo en la información consignada.
- Tuberías o nodos faltantes en la base de datos.
- Tuberías o nodos redundantes en la base de datos.

3.1.3 Asignación de elevaciones a los nodos de los modelos hidráulicos.

El que un modelo hidráulico arroje buenos resultados depende en su mayor parte de que la información empleada para la elaboración del mismo sea de buena calidad. Si no se cuenta con buena información, no será posible alcanzar la precisión deseada. Uno de los puntos ante los cuales es más susceptible la modelación hidráulica es la información altimétrica empleada para asignar elevaciones a los nodos de modelo (uniones, válvulas, tanques, etc).

3.1.4 Procedimiento para la asignación de demandas a los nodos del modelo.

La asignación de demandas a cada nodo del modelo de forma manual es una labor sumamente dispendiosa. Por esto, el WaterGEMS ofrece una herramienta que permite hacer esta labor de forma automática con base en la información digital que se dispone.

Se utilizó el método de áreas para la asignación de demandas a los nodos, del cual se crean los polígonos de Thiessen desde el programa hidráulico y se distribuye el caudal según corresponda al área aferente de cada nodo.

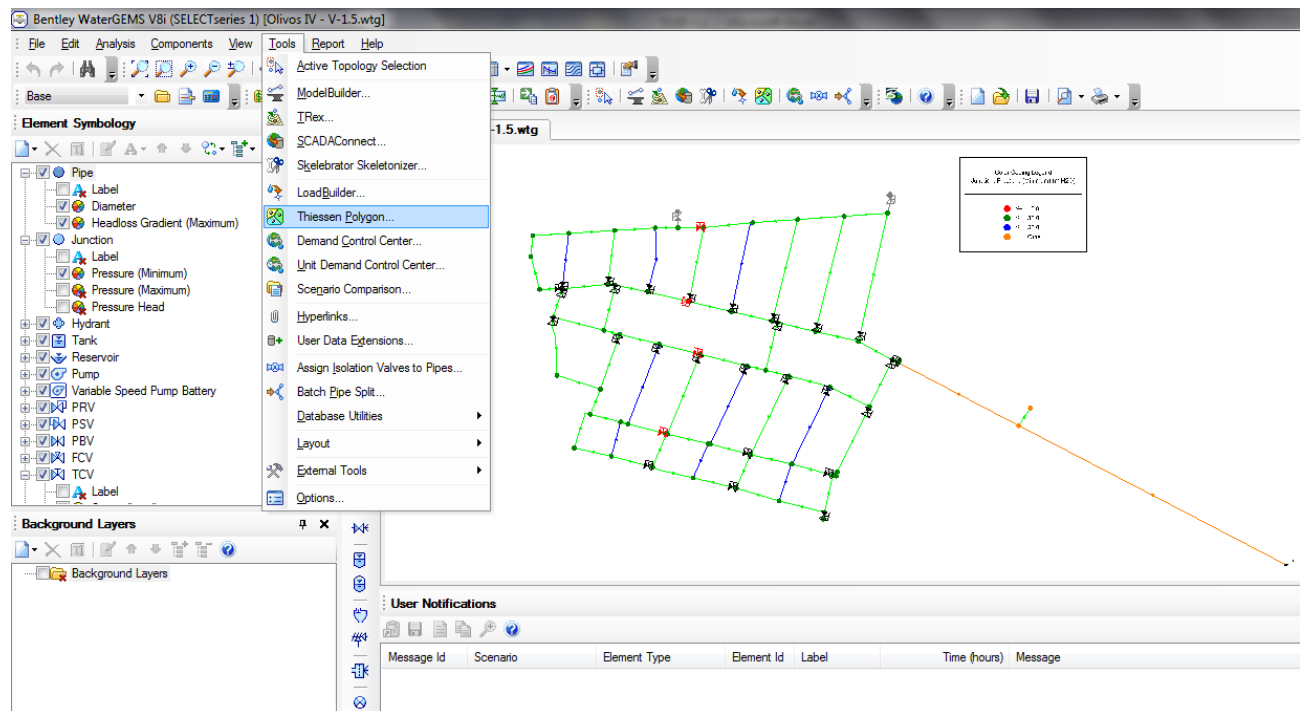


Figura 8. Creación de las áreas (Herramienta Polígonos de Thiessen).

3.1.5 Visualización de la red en el software WaterGems.

Una vez se haya construido la topología de la red, definiendo sus respectivos nodos, diámetros materiales, coordenadas, elevaciones y demás características geométricas e hidráulicas, la red se vera de la siguiente forma en el cuadro de diálogo:

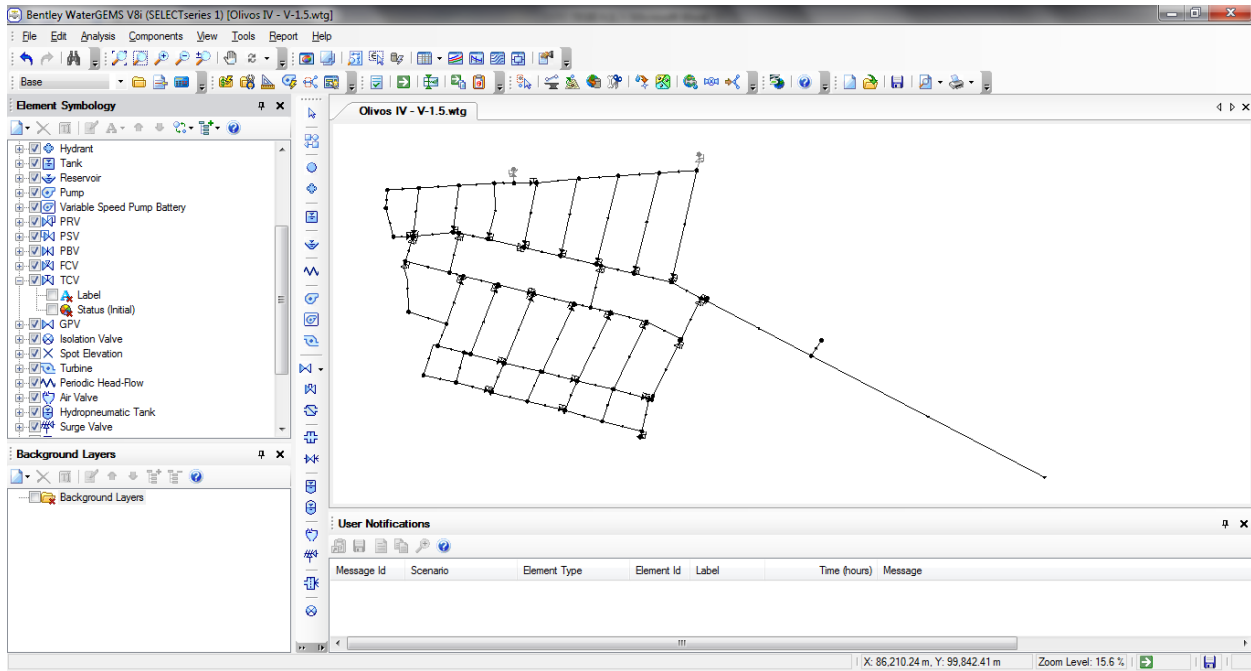


Figura 9. Topología de la red.

3.1.6 Ejecución del modelo.

Una vez se haya corroborado la información suministrada al modelo y se haya verificado que todos los datos fueron ingresados correctamente, el paso a seguir es darle la orden al programa para correr el modelo para esto se hace click en el botón “Run”.

Cuando el programa finalice el cálculo, se debe verificar que en el recuadro ubicado en la parte inferior del cuadro de diálogo no se presente ningún error como se presenta a continuación:

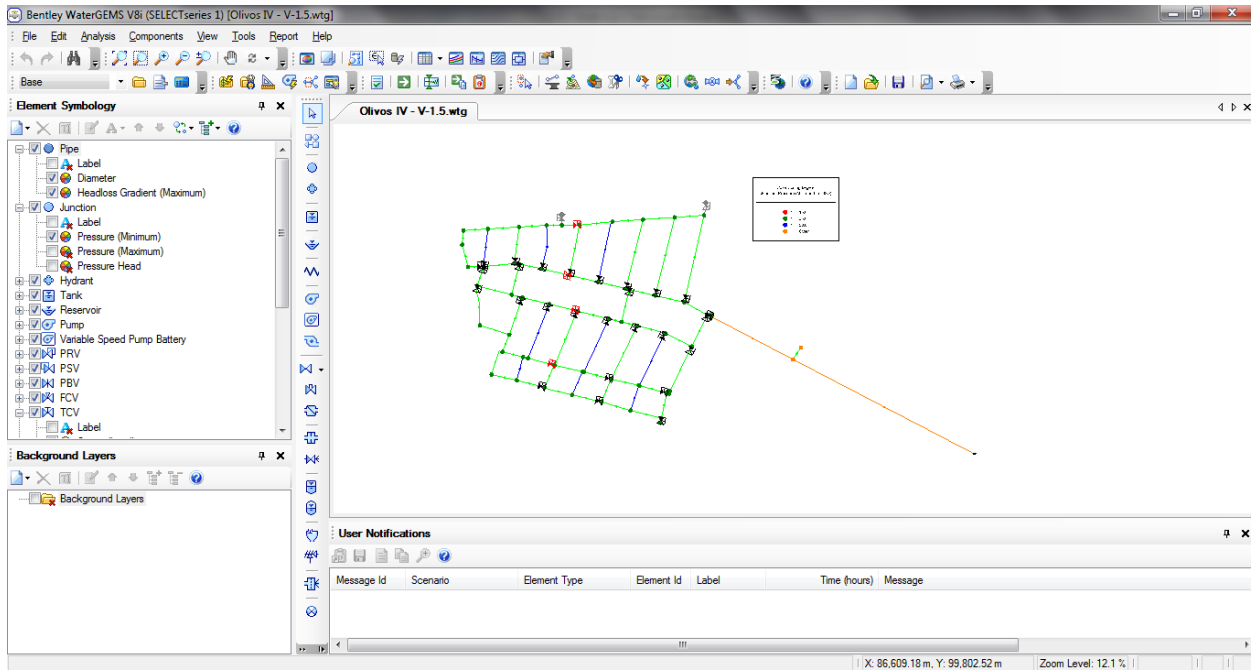


Figura 10. Fin de cálculo de la red.

3.1.7 Generación de reportes.

Para la generación de reportes, se debe seleccionar toda la red y hacer click derecho en cualquier punto de la misma. Al realizar este proceso aparece una ventana de diálogo en la cual se selecciona la opción “Edit Group...”.

Al hacer click en el botón “Edit Group” aparece una pantalla de diálogo en la cual muestra el listado de cada uno de los elementos que conforman la red. Allí se debe elegir que tipo de reporte se desea generar.

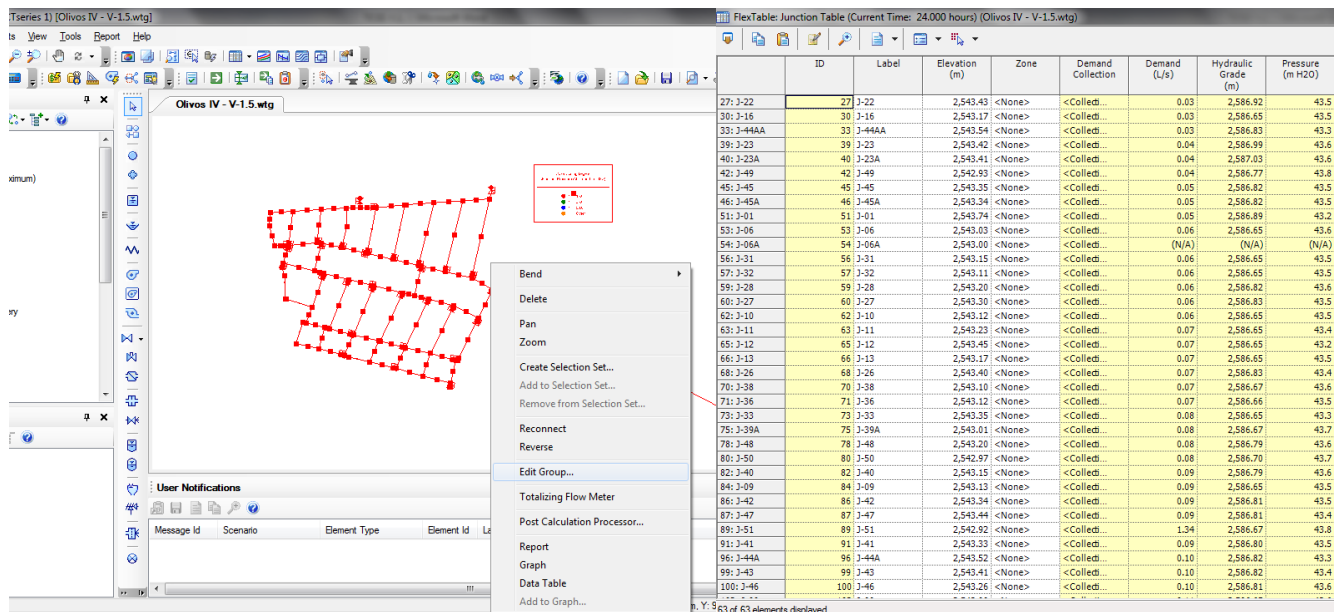


Figura 11. Generación de reportes de resultados.

3.2 METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE MODELOS HIDRÁULICOS EN REDES

Para este caso en particular, la construcción de la red de distribución de agua se realizó con en la topología ya montada de la red, en el modelo realizado en el software WaterGems.

Para montar dicha red en el software Redes se debe primero exportar el archivo al software de modelación “Epanet”. Para exportarlo se debe hacer click en “File”, “Export” y “Epanet”. Una vez se den estas instrucciones se creara un archivo tipo “.inp”.

Dicho archivo se debe abrir con el software de Microsoft Office Excel. Una vez sea abierto este archivo, se mostrarán todas las características de la red como nodos, tubos, coordenadas, demandas, válvulas y otras más organizadas en columnas y filas.

Para poder abrir el archivo en el software Redes se debe ajustar dichos valores a la forma que por defecto tiene el programa Redes; una vez hecha esta operación se podrá abrir sin generar error.

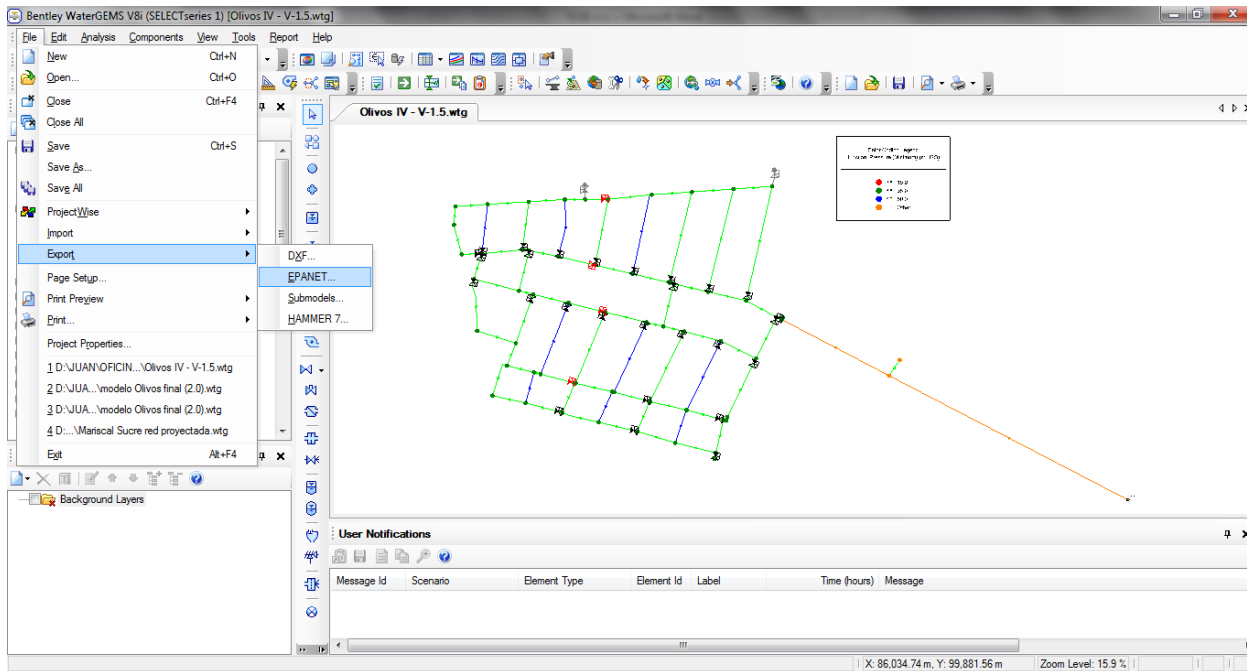


Figura 12. Exportar archivo a Epanet.

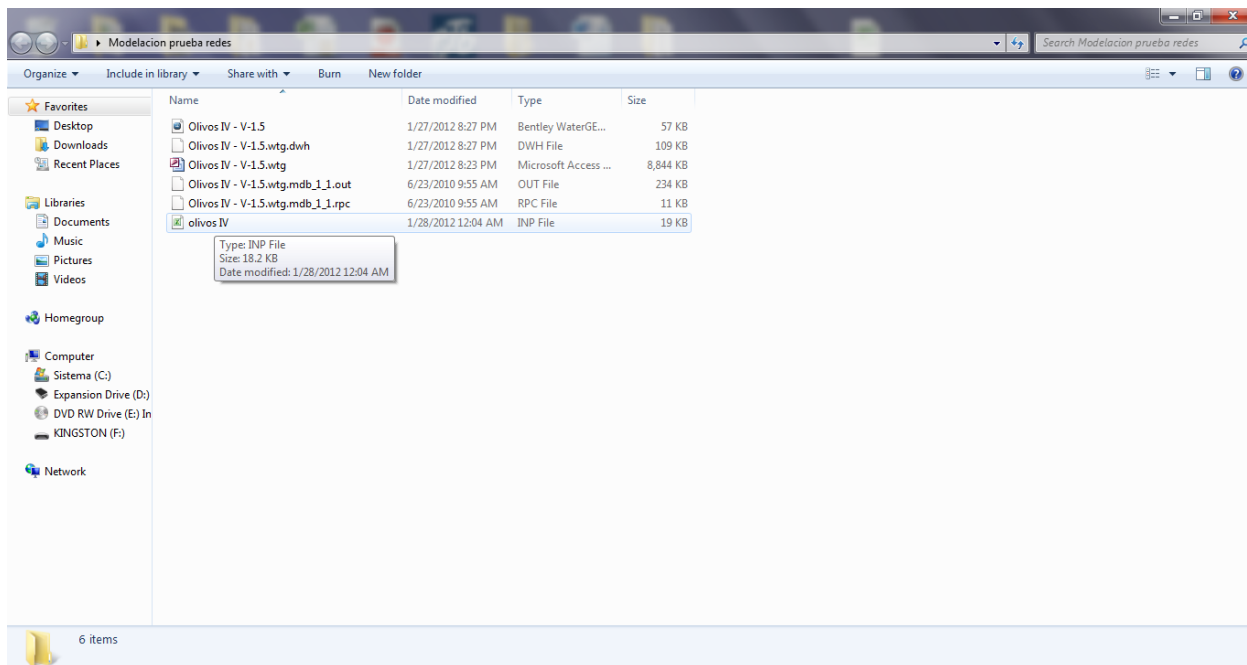
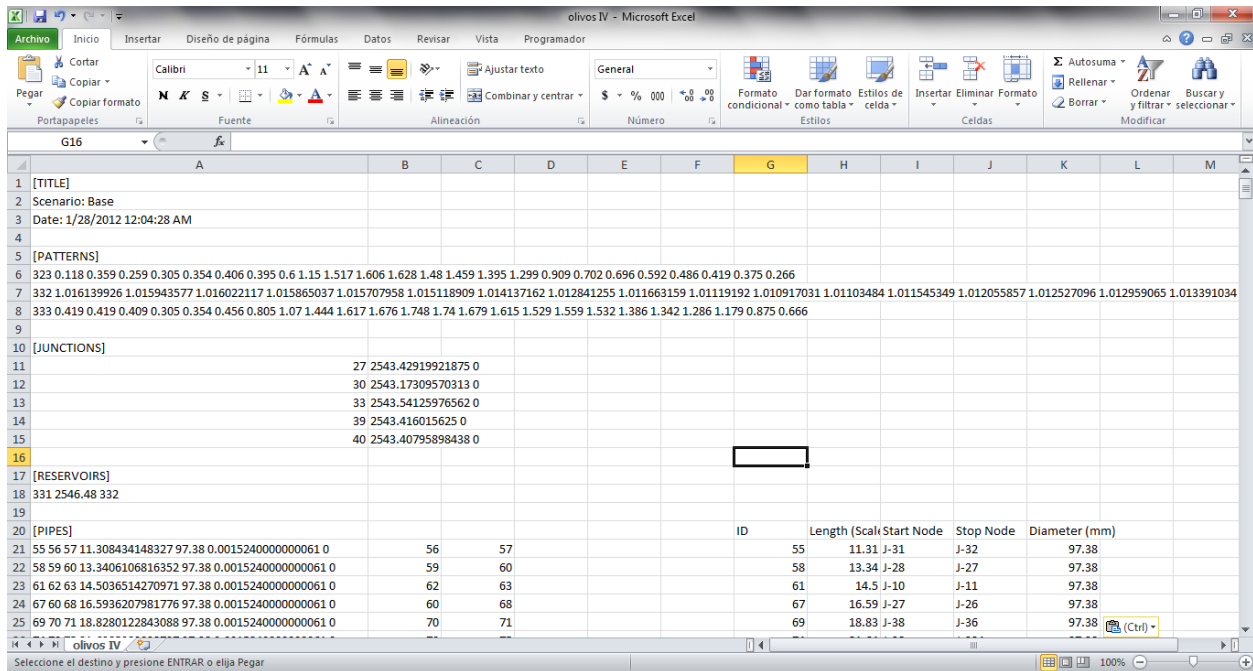
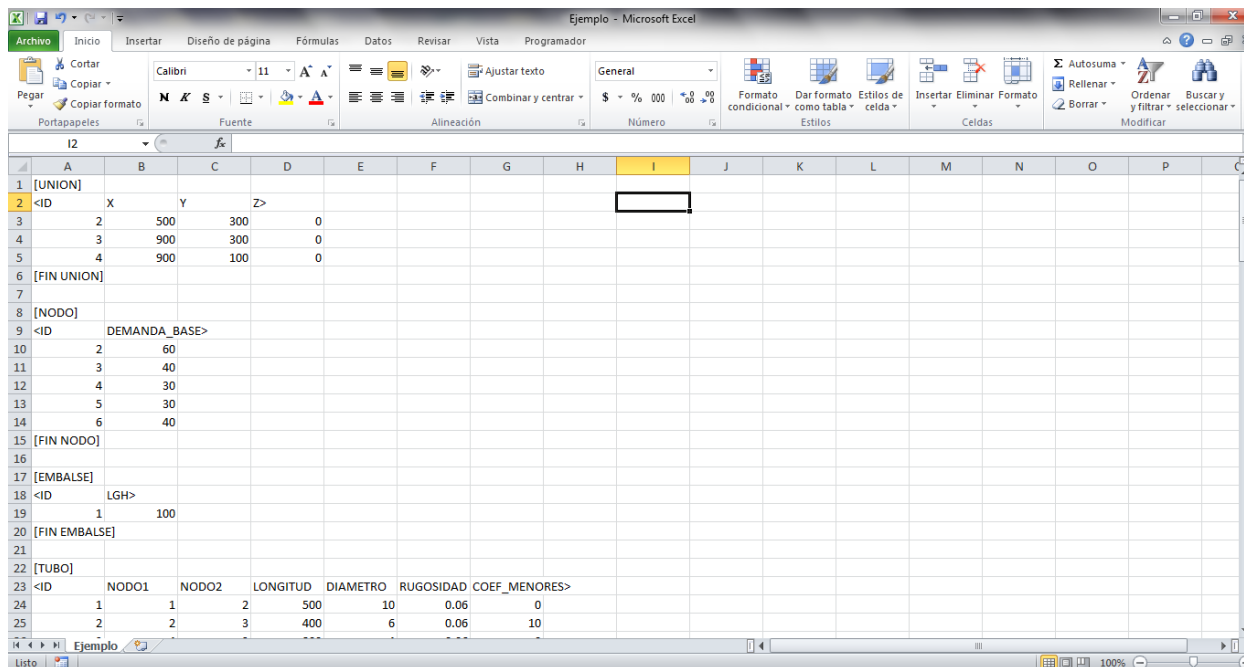


Figura 13. Archivo de Excel Epanet.



[PIPES]					ID	Length (Scale)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)		
21	55	56	57	11.308434148327	97.38	0.0015240000000061	0	55	11.31 J-31	J-32	97.38
22	58	59	60	13.3406106816352	97.38	0.0015240000000061	0	58	13.34 J-28	J-27	97.38
23	61	62	63	14.5036514270971	97.38	0.0015240000000061	0	61	14.5 J-10	J-11	97.38
24	67	60	68	16.5936207981776	97.38	0.0015240000000061	0	67	16.59 J-27	J-26	97.38
25	69	70	71	18.8280122843088	97.38	0.0015240000000061	0	69	18.83 J-38	J-36	97.38

Figura 14. Modelo de distribución de datos Epanet.



[TUBO]						
<ID>	NODO1	NODO2	LONGITUD	DIAMETRO	RUGOSIDAD	COEF_MENORES>
24	1	1	2	500	10	0.06
25	2	2	3	400	6	0.06

Figura 15. Modelo de distribución de datos Redes.

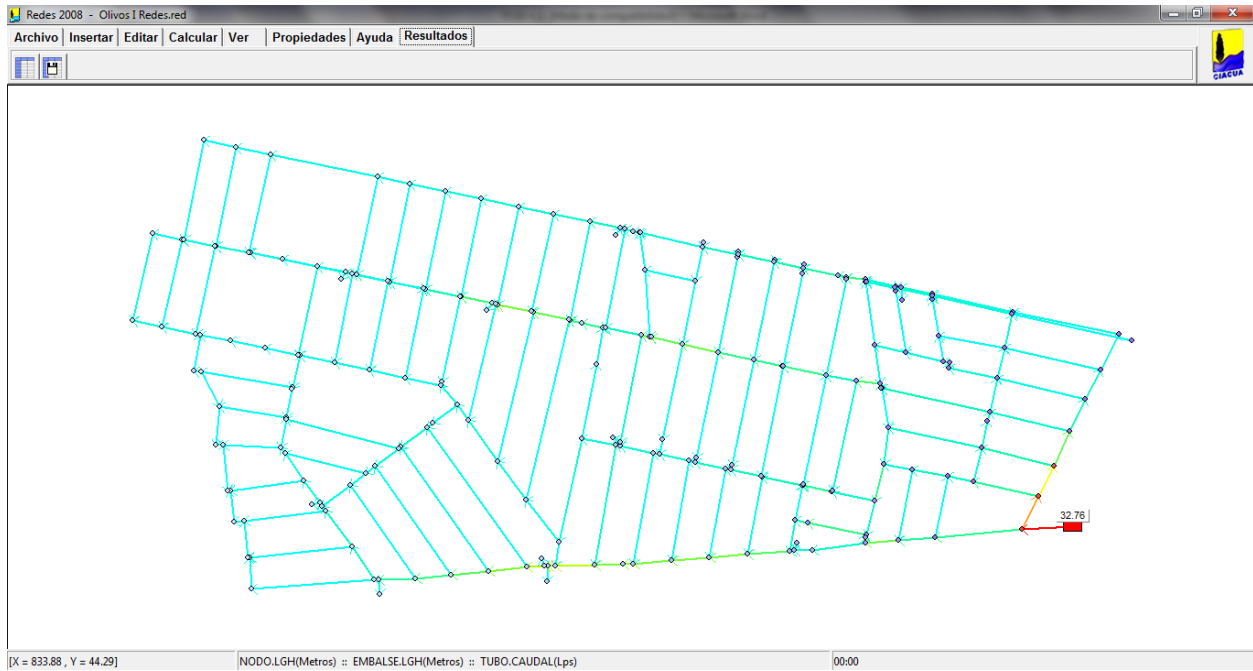


Figura 16. Circuito Olivos I modelado en el software Redes.

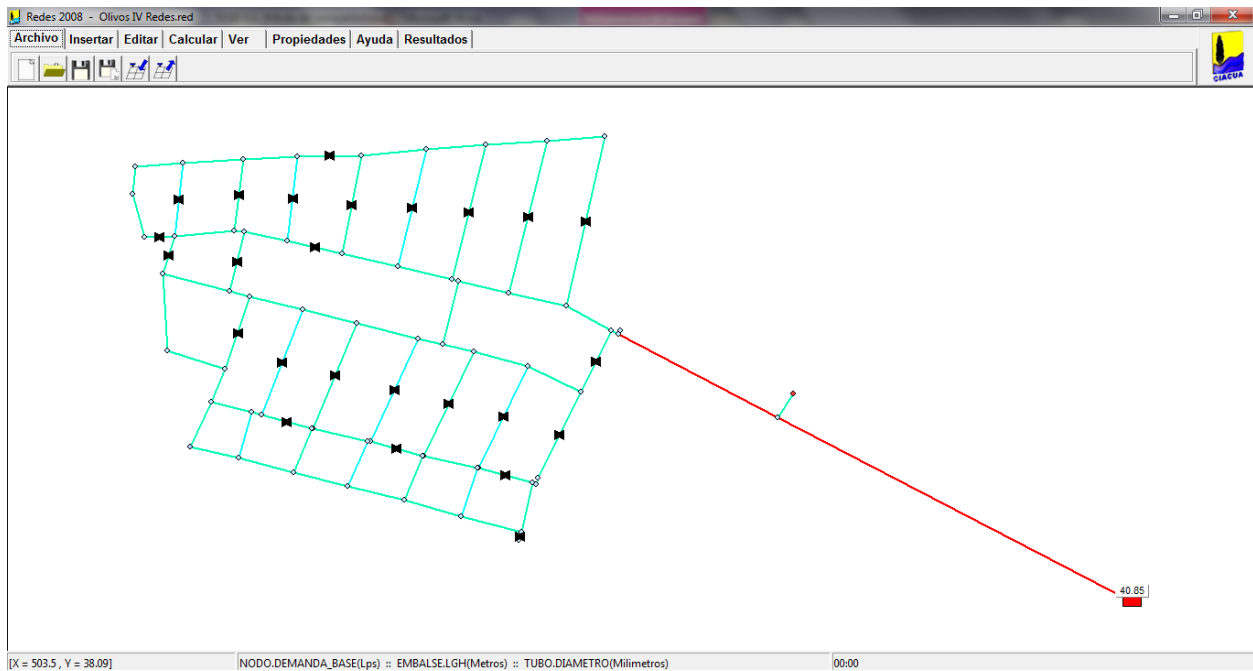


Figura 17. Circuito Olivos IV modelado en el software Redes.

DATOS Y ANÁLISIS DE DATOS

3.3 DATOS

3.3.1 Datos para el modelo de la red de distribución de agua potable “Olivos I”

El barrio Los Olivos I se encuentra ubicado en el Municipio de Soacha, en la Comuna 3. Limita por el oriente con la calle 4 o con el barrio Juan Pablo I, por el occidente con la calle 1-Sur o con el barrio Los Olivos II, por el sur con la Tv 13 o con el barrio Los Olivos III y por el norte con la Tv 14^a o con la ciudad de Bogotá.

La localización descrita del barrio Los Olivos I, se presenta gráficamente en la figura que se encuentra a continuación:

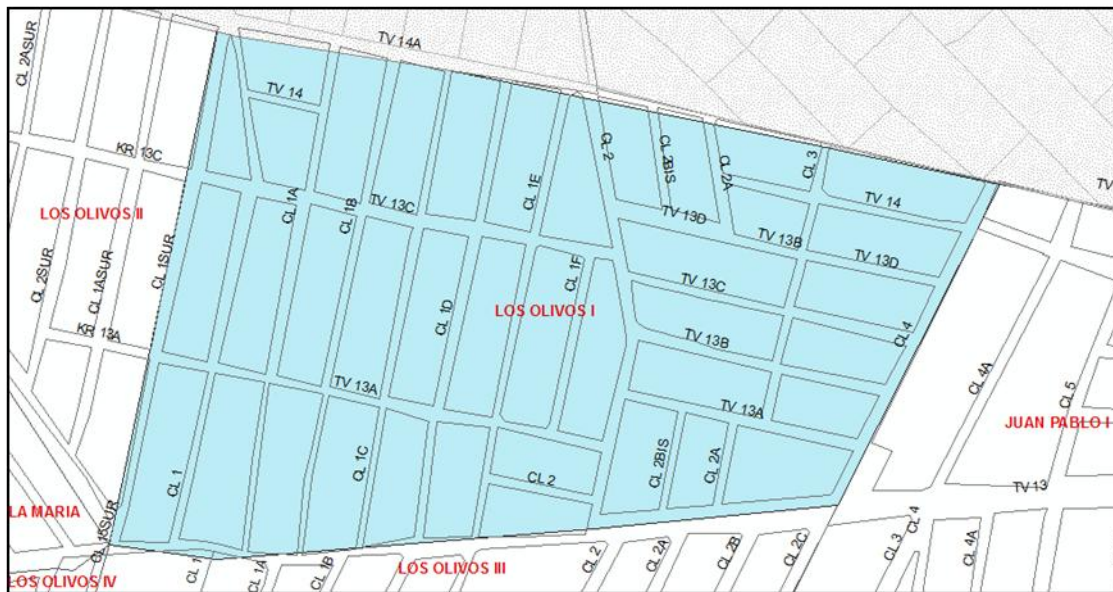


Figura 18. Localización general, barrio Los Olivos I.

Las coordenadas aproximadas en las cuales se enmarca el barrio son:

NORTE	ESTE
100.422	86.853
100.100	86.360

Tabla 1. Localización geográfica barrio Los Olivos I

Topográficamente el conjunto de los barrios de la parte baja de la Autopista Sur, en este caso para el barrio Los Olivos I, corresponde a un desarrollo residencial de mejora progresiva y origen subnormal completamente plano, con vías locales vehiculares con pendientes entre el 0.15% y el 0.5%, y vías peatonales muy estrechas, de pendientes longitudinales similares.

Concluyendo la estimación de la población del área servida, se resume esta en el siguiente cuadro:

COMUNA 3	DENSIDAD DEMOGRÁFICA (hab./ha)	ÁREA (ha)	POBLACIÓN DE DISEÑO (habitantes)
Barrio Los Olivos I	615	10.21	6.279

Tabla 2. Datos de población a abastecer Olivos I.

Se tomó el siguiente patrón de demanda el cual se relaciona a continuación:

TIME FROM START (HOURS)	MULTIPLIER
2	0.409
3	0.305
4	0.354
5	0.456
6	0.805
7	1.07
8	1.444
9	1.617
10	1.676
11	1.748
12	1.74
13	1.679
14	1.615
15	1.529
16	1.559

TIME FROM START (HOURS)	MULTIPLIER
17	1.532
18	1.386
19	1.342
20	1.286
21	1.179
22	0.875
23	0.666
24	0.419

Tabla 3. Curva de consumo aplicada a la red proyectada.

Los datos tomados para el nodo de alimentación de la red son:

- Elevación = 2546.43 m.s.n.m
- Presión media (m.c.a) = 31.02
- Curva característica de presiones en el tiempo, asignada al punto de alimentación de la red proyectada:

TIME FROM START (HOURS)	MULTIPLIER
1	1.0119029
2	1.0120286
3	1.0121739
4	1.0120247
5	1.0156101
6	1.0148522
7	1.0139725
8	1.0144123
9	1.013301
10	1.0129829
11	1.0127119
12	1.0130222
13	1.0130889
14	1.0135562
15	1.0139686
16	1.0145144
17	1.014915
18	1.0153352
19	1.0155983

TIME FROM START (HOURS)	MULTIPLIER
20	1.0136073
21	1.0139646
22	1.0147658
23	1.0115063
24	1.0121818

Tabla 4. Curva de presiones aplicada al punto de alimentación red proyectada.

3.3.2 Datos para el modelo de la red de distribución de agua potable “Olivos II”

El barrio Los Olivos II se encuentra ubicado en el Municipio de Soacha, en la Comuna 3. Limita por el oriente con la calle 1-Sur o con el barrio Los Olivos I, por el occidente con la calle 4-Sur, por el sur con la Cr 13^a o con el barrio La María y por el norte con la Tv 14^a o con la ciudad de Bogotá. Al nor-occidente este barrio limita con el humedal Tibanica.

La localización descrita del barrio Los Olivos II, se presenta gráficamente en la figura que se encuentra a continuación:



NORTE	ESTE
100.500	86.435
100.100	85.960

Tabla 5. Localización geográfica barrio Los Olivos II.

La estimación de la población del área servida que se utilizó es:

COMUNA 3	DENSIDAD DEMOGRÁFICA (hab./ha)	ÁREA (ha)	POBLACIÓN DE DISEÑO (habitantes)
Barrio Los Olivos II	615	8.36	5.141

Tabla 6. Datos de población a abastecer Olivos II.

Se tomó el siguiente patrón de demanda el cual se relaciona a continuación:

TIME FROM START (HOURS)	MULTIPLIER
2	0.409
3	0.305
4	0.354
5	0.456
6	0.805
7	1.07
8	1.444
9	1.617
10	1.676
11	1.748
12	1.74
13	1.679
14	1.615
15	1.529
16	1.559
17	1.532
18	1.386
19	1.342
20	1.286
21	1.179

TIME FROM START (HOURS)	MULTIPLIER
22	0.875
23	0.666
24	0.419

Tabla 7. Curva de consumo aplicada a la red proyectada.

Los datos tomados para el nodo de alimentación de la red son:

- Elevación = 2546.43 m.s.n.m
- Presión media (m.c.a) = 31.02
- Curva característica de presiones en el tiempo, asignada al punto de alimentación de la red proyectada:

TIME FROM START (HOURS)	MULTIPLIER
1	1.0119029
2	1.0120286
3	1.0121739
4	1.0120247
5	1.0156101
6	1.0148522
7	1.0139725
8	1.0144123
9	1.013301
10	1.0129829
11	1.0127119
12	1.0130222
13	1.0130889
14	1.0135562
15	1.0139686
16	1.0145144
17	1.014915
18	1.0153352
19	1.0155983
20	1.0136073
21	1.0139646
22	1.0147658
23	1.0115063
24	1.0121818

Tabla 8. Curva de presiones aplicada al punto de alimentación red proyectada.

3.3.3 Datos para el modelo de la red de distribución de agua potable “Olivos IV”

El barrio Los Olivos IV se encuentra ubicado en el Municipio de Soacha, en la Comuna 3. Limita por el oriente con las calles 1-Sur y calle 1 o con el barrio Los Olivos III, por el occidente con la calle 6B-Sur, por el sur con la Cr 9 o con el barrio Los Olivares y por el norte con la Tv 13 o con el barrio La María.

La localización descrita del barrio Los Olivos IV, se presenta gráficamente en la figura que se encuentra a continuación:

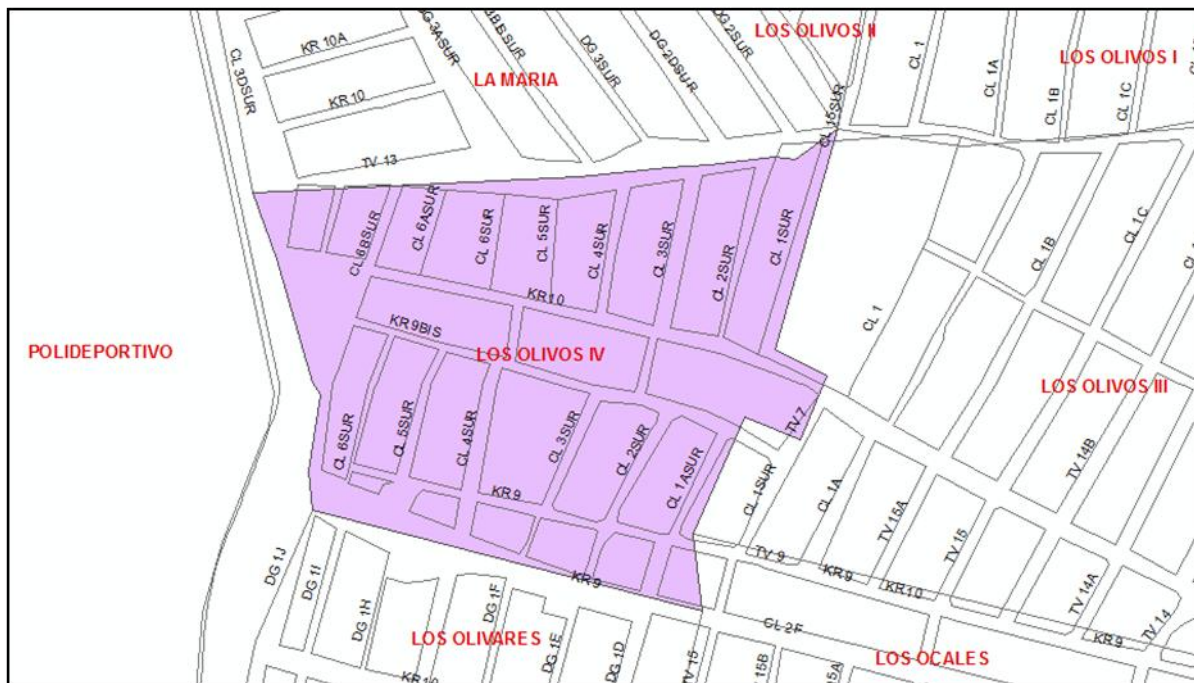


Figura 20. Localización general, barrio Los Olivos IV.

Las coordenadas aproximadas en las cuales se enmarca el barrio son:

NORTE	ESTE
100.100	86360
99900	86.100

Tabla 9. Localización geográfica barrio Los Olivos IV.

La estimación de la población del área servida, se resume en el siguiente cuadro:

COMUNA 3	DENSIDAD DEMOGRÁFICA (hab./ha)	ÁREA (ha)	POBLACIÓN DE DISEÑO (habitantes)
Barrio Los Olivos IV (Datos para el modelo)	615	4.03	2.478

Tabla 10. Datos de población a abastecer Olivos IV.

Se tomó el siguiente patrón de demanda el cual se relaciona a continuación:

TIME FROM START (HOURS)	MULTIPLIER
2	0.409
3	0.305
4	0.354
5	0.456
6	0.805
7	1.07
8	1.444
9	1.617
10	1.676
11	1.748
12	1.74
13	1.679
14	1.615
15	1.529
16	1.559
17	1.532
18	1.386
19	1.342
20	1.286
21	1.179
22	0.875
23	0.666
24	0.419

Tabla 11. Curva de consumo aplicada a la red proyectada.

- Elevación = 2546.48 m.s.n.m
- Presión media (m.c.a) = 35.40

- Curva característica de presiones en el tiempo, asignada al punto de alimentación de la red proyectada para el barrio Los Olivos IV:

Time from Start (hours)	Multiplier
1	1.01594358
2	1.01602212
3	1.01586504
4	1.01570796
5	1.01511891
6	1.01413716
7	1.01284126
8	1.01166316
9	1.01119192
10	1.01091703
11	1.01103484
12	1.01154535
13	1.01205586
14	1.0125271
15	1.01295907
16	1.01339103
17	1.01362665
18	1.013823
19	1.01413716
20	1.01433351
21	1.01476548
22	1.01547234
23	1.01613993
24	1.01613993

Tabla 12. Curva de presiones aplicada al punto de alimentación red proyectada.

3.4 TABLAS

3.4.1 Tablas de resultados de la modelación de redes de distribución de agua potable mediante el software WaterGems

3.4.1.1 Red de distribución los Olivos I (nodos)

ID	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)	ID	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
27	2,544.29	0.03	2,559.89	15.6	156	2,543.31	0.2	2,559.94	16.6
29	2,544.27	0.04	2,559.89	15.6	158	2,543.34	0.2	2,559.89	16.5
31	2,544.10	0.04	2,559.89	15.8	160	2,543.30	0.2	2,559.88	16.6
33	2,543.55	0.04	2,559.89	16.3	162	2,543.17	0.2	2,559.87	16.7
35	2,543.69	0.04	2,559.88	16.2	164	2,543.07	0.21	2,559.87	16.8
39	2,543.50	0.05	2,559.88	16.4	166	2,542.75	0.21	2,559.87	17.1
41	2,543.38	0.05	2,559.87	16.5	168	2,542.77	0.21	2,559.87	17.1
43	2,543.14	0.05	2,559.86	16.7	170	2,543.00	0.21	2,559.83	16.8
45	2,543.08	0.06	2,559.85	16.8	172	2,543.02	0.22	2,559.81	16.8
47	2,542.93	0.06	2,559.80	16.9	174	2,542.99	0.22	2,559.79	16.8
49	2,542.90	0.06	2,559.79	16.9	176	2,543.00	0.22	2,559.78	16.8
51	2,543.08	0.06	2,559.78	16.7	178	2,543.01	0.22	2,559.71	16.7
53	2,542.79	0.07	2,559.75	17	213	2,544.05	0.27	2,565.97	21.9
56	2,543.79	0.07	2,559.89	16.1	215	2,544.05	0.27	2,565.90	21.9
58	2,543.77	0.07	2,559.89	16.1	217	2,544.05	0.27	2,565.92	21.9
60	2,543.39	0.08	2,559.89	16.5	221	2,543.84	0.28	2,565.20	21.4
62	2,543.37	0.08	2,559.89	16.5	223	2,543.56	0.28	2,564.55	21
64	2,543.02	0.08	2,559.89	16.9	225	2,543.67	0.28	2,563.83	20.2
66	2,543.01	0.08	2,559.89	16.9	227	2,543.57	0.29	2,562.98	19.4
68	2,542.88	0.09	2,559.88	17	229	2,543.55	0.29	2,562.68	19.1
70	2,542.89	0.09	2,559.88	17	231	2,543.47	0.29	2,561.78	18.3
72	2,543.08	0.09	2,559.87	16.8	233	2,543.28	0.29	2,560.92	17.6
76	2,543.08	0.1	2,559.87	16.8	235	2,543.41	0.3	2,560.83	17.4
78	2,543.12	0.1	2,559.87	16.8	237	2,543.44	0.3	2,560.79	17.4
80	2,543.12	0.1	2,559.87	16.8	239	2,543.29	0.3	2,560.62	17.3
82	2,543.01	0.1	2,559.87	16.9	241	2,543.29	0.3	2,560.36	17.1
84	2,543.00	0.11	2,559.87	16.9	243	2,543.15	0.31	2,560.21	17.1
86	2,542.99	0.11	2,559.86	16.9	245	2,543.17	0.31	2,560.11	16.9
88	2,542.97	0.11	2,559.86	16.9	247	2,543.00	0.31	2,560.04	17
90	2,542.96	0.11	2,559.83	16.9	249	2,543.00	0.31	2,560.04	17
92	2,542.88	0.12	2,559.80	16.9	251	2,543.27	0.32	2,559.96	16.7
94	2,542.87	0.12	2,559.80	16.9	253	2,542.94	0.32	2,559.95	17
96	2,542.80	0.12	2,559.78	17	255	2,542.98	0.32	2,559.94	17
98	2,542.80	0.12	2,559.78	17	257	2,542.83	0.32	2,559.93	17.1
101	2,542.80	0.13	2,559.75	17	259	2,542.92	0.33	2,559.92	17
103	2,543.05	0.13	2,559.72	16.7	261	2,542.82	0.33	2,559.91	17.1
105	2,543.10	5.36	2,559.64	16.5	263	2,542.85	0.33	2,559.91	17.1
119	2,544.55	0.15	2,566.01	21.5	265	2,542.81	0.33	2,559.89	17.1
121	2,544.21	0.15	2,565.74	21.5	267	2,542.82	0.34	2,559.89	17.1
123	2,544.19	0.15	2,565.73	21.5	269	2,543.08	0.34	2,559.87	16.8
125	2,544.01	0.16	2,565.26	21.2	271	2,542.69	0.34	2,559.91	17.2
127	2,544.01	0.16	2,565.25	21.2	273	2,542.68	0.34	2,559.92	17.2
129	2,543.93	0.16	2,564.90	21	275	2,542.67	0.35	2,559.93	17.3
131	2,543.91	0.16	2,564.82	20.9	277	2,542.72	0.35	2,559.94	17.2
133	2,543.77	0.17	2,564.54	20.8	279	2,542.70	0.35	2,559.96	17.3
135	2,543.75	0.17	2,564.46	20.7	281	2,542.69	0.35	2,559.96	17.3
137	2,543.69	0.17	2,564.28	20.6	283	2,542.68	0.36	2,559.97	17.3
139	2,543.68	0.17	2,564.21	20.5	285	2,543.17	0.36	2,560.00	16.8
141	2,543.62	0.18	2,561.59	18	288	2,543.17	0.36	2,559.83	16.7
143	2,543.64	0.18	2,561.60	18	290	2,543.19	0.36	2,559.82	16.6
145	2,543.83	0.18	2,560.38	16.5	293	2,542.69	0.37	2,559.89	17.2
147	2,543.32	0.18	2,560.56	17.2	296	2,543.46	0.37	2,559.98	16.5
150	2,543.46	0.19	2,560.14	16.7	298	2,543.49	0.37	2,560.01	16.5
152	2,543.40	0.19	2,559.99	16.6	300	2,543.19	0.38	2,560.01	16.8
154	2,543.26	0.19	2,559.94	16.7	302	2,543.18	0.38	2,560.01	16.8

Tabla 13. Resultados de modelación red Olivos I para cada nodo de la red (Reporte 1).

ID	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)	ID	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
304	2,543.06	0.38	2,559.99	16.9	682	2,546.12	0.86	2,565.93	19.8
306	2,543.14	0.38	2,559.99	16.8	683	2,546.09	0.86	2,565.91	19.8
310	2,542.69	0.39	2,559.91	17.2	684	2,546.04	0.86	2,565.80	19.8
314	2,542.69	0.39	2,559.89	17.2	685	2,546.04	0.86	2,565.81	19.8
323	2,543.02	0.41	2,560.01	17	686	2,546.02	0.86	2,565.69	19.7
351	2,542.98	0.44	2,559.89	16.9	687	2,545.97	0.86	2,566.01	20
356	2,542.98	0.45	2,559.88	16.9	688	2,546.09	0.86	2,566.01	19.9
359	2,543.66	0.45	2,561.59	17.9	689	2,546.31	0.87	2,566.16	19.9
363	2,543.68	0.46	2,561.59	17.9	690	2,546.46	0.87	2,566.17	19.7
365	2,544.05	0.46	2,565.97	21.9	692	2,544.52	0.87	2,561.45	16.9
368	2,544.28	0.46	2,559.88	15.6	693	2,544.98	0.87	2,565.20	20.2
370	2,543.00	0.46	2,559.86	16.9	694	2,544.27	0.87	2,561.47	17.2
372	2,543.30	0.47	2,560.79	17.5	695	2,546.79	0.87	2,568.42	21.6
374	2,542.71	0.47	2,559.96	17.2	696	2,547.10	0.87	2,567.29	20.2
604	2,544.42	0.76	2,561.44	17	697	2,546.34	0.88	2,566.19	19.9
605	2,543.87	0.76	2,559.89	16	698	2,546.31	0.88	2,566.24	19.9
608	2,543.95	0.76	2,560.00	16	699	2,546.08	0.88	2,566.28	20.2
609	2,543.74	0.76	2,564.35	20.6	701	2,546.35	0.88	2,566.21	19.9
610	2,543.81	0.77	2,564.56	20.8	702	2,546.38	0.88	2,566.09	19.7
611	2,543.96	0.77	2,564.91	21	703	2,546.08	0.88	2,565.91	19.8
616	2,544.29	0.77	2,566.05	21.8	704	2,546.04	0.88	2,565.81	19.8
617	2,544.04	0.77	2,566.28	22.2	705	2,545.95	0.89	2,565.65	19.7
619	2,543.76	0.78	2,560.83	17.1	706	2,545.73	0.89	2,565.48	19.8
624	2,543.04	0.78	2,560.04	17	707	2,545.34	0.89	2,565.35	20
653	2,544.52	0.82	2,561.45	16.9	709	2,545.25	0.89	2,565.36	20.1
656	2,546.40	0.82	2,572.03	25.6	711	2,546.54	0.89	2,567.44	20.9
657	2,546.39	0.83	2,568.92	22.5	713	2,545.41	0.9	2,566.86	21.5
658	2,545.84	0.83	2,567.83	22	716	2,546.01	0.9	2,565.69	19.7
660	2,545.30	0.83	2,566.97	21.7	717	2,544.53	0.9	2,561.45	16.9
661	2,545.37	0.83	2,566.81	21.4	728	2,547.10	0.91	2,566.12	19
662	2,545.48	0.83	2,566.59	21.1	729	2,546.12	0.92	2,565.93	19.8
663	2,544.56	0.83	2,566.00	21.4	730	2,545.08	0.92	2,565.35	20.3
664	2,544.00	0.83	2,559.89	15.9	732	2,545.37	0.92	2,565.36	20
666	2,544.33	0.84	2,561.47	17.1	733	2,545.61	0.92	2,565.42	19.8
667	2,545.70	0.84	2,565.95	20.2	734	2,545.69	0.92	2,565.50	19.8
668	2,546.02	0.84	2,566.16	20.1	737	2,544.21	0.93	2,565.73	21.5
669	2,546.09	0.84	2,566.30	20.2	738	2,545.76	0.93	2,565.50	19.7
670	2,545.85	0.84	2,566.58	20.7	739	2,545.35	0.93	2,565.36	20
671	2,545.77	0.84	2,566.65	20.9	740	2,545.59	0.93	2,565.42	19.8
672	2,546.06	0.84	2,567.52	21.5	741	2,545.06	0.93	2,565.35	20.3
673	2,546.33	0.85	2,568.21	21.9	742	2,546.37	0.93	2,566.09	19.7
674	2,546.43	0.85	2,568.31	21.9	743	2,545.34	0.93	2,565.70	20.4
675	2,546.69	0.85	2,570.46	23.8	744	2,545.25	0.93	2,565.36	20.1
676	2,546.76	0.85	2,569.35	22.6	745	2,545.11	0.94	2,565.22	20.1
677	2,546.98	0.85	2,567.91	20.9	746	2,544.96	0.94	2,565.11	20.1
678	2,547.10	0.85	2,567.57	20.5	747	2,544.60	0.94	2,565.06	20.5
680	2,546.35	0.85	2,566.59	20.2	748	2,546.47	0.94	2,567.85	21.4
681	2,546.37	0.86	2,566.09	19.7	749	2,546.56	0.94	2,567.34	20.8

Tabla 14. Resultados de modelación red Olivos I para cada nodo de la red (Reporte 2).

ID	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
750	2,546.68	0.94	2,566.85	20.2
751	2,546.71	0.94	2,566.56	19.9
752	2,546.37	0.94	2,566.21	19.8
759	2,546.09	0.95	2,565.91	19.8
903	2,544.02	1.13	2,559.89	15.9
967	2,544.34	1.21	2,561.47	17.1
1030	2,543.34	1.29	2,559.89	16.5

Tabla 15. Resultados de modelación red Olivos I para cada nodo de la red (Reporte 3).

3.4.1.2 Red de distribución los Olivos I (tubos)

ID	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
30	3.7	97.38	PVC	0.43	0.06	0.0001
32	27.58	97.38	PVC	-0.07	0.01	0
34	32.37	97.38	PVC	0.18	0.02	0
36	30.84	97.38	PVC	0.42	0.06	0.0001
42	31.73	97.38	PVC	0.82	0.11	0.0002
44	31.36	97.38	PVC	0.92	0.12	0.0003
46	28.88	97.38	PVC	1.11	0.15	0.0004
50	31.06	97.38	PVC	1.37	0.18	0.0005
52	28.71	97.38	PVC	1.03	0.14	0.0003
57	10.43	143.34	PVC	-1.23	0.08	0.0001
59	1.62	143.34	PVC	-1.59	0.1	0.0002
61	31.33	143.34	PVC	0.86	0.05	0
63	1.35	143.34	PVC	2.46	0.15	0.0004
65	30.32	143.34	PVC	2.11	0.13	0.0002
67	1.75	143.34	PVC	1.8	0.11	0.0002
71	1.32	143.34	PVC	1.82	0.11	0.0002
77	1.72	143.34	PVC	1.95	0.12	0.0002
79	30.4	143.34	PVC	2.03	0.13	0.0002
81	1.37	143.34	PVC	1.68	0.1	0.0002
83	27.5	143.34	PVC	1.73	0.11	0.0001
85	4.32	143.34	PVC	1.3	0.08	0.0001
87	5.68	143.34	PVC	1.44	0.09	0.0001
89	25.73	143.34	PVC	0.87	0.05	0
93	28.72	97.38	PVC	1.98	0.27	0.001
95	1.3	97.38	PVC	1.97	0.26	0.0009
97	29.31	97.38	PVC	1.81	0.24	0.0009
99	1.33	97.38	PVC	1.97	0.26	0.0009
100	27.26	97.38	PVC	1.91	0.26	0.0009
102	1.43	97.38	PVC	2.81	0.38	0.0019
104	26.55	97.38	PVC	2.06	0.28	0.0011
106	77.5	97.38	PVC	1.93	0.26	0.001
122	25.58	97.38	PVC	7.52	1.01	0.0106
124	1.01	97.38	PVC	5.85	0.78	0.0068
126	35.59	97.38	PVC	8.53	1.15	0.0132
128	1.06	97.38	PVC	7.51	1.01	0.0104
132	5.1	97.38	PVC	9.54	1.28	0.0162
134	27.2	97.38	PVC	7.34	0.99	0.0101
136	5.38	97.38	PVC	9.19	1.23	0.0151
138	26.44	97.38	PVC	5.96	0.8	0.007
140	5.1	97.38	PVC	8.44	1.13	0.0129
144	3.46	143.34	PVC	-7.36	0.46	0.0016
148	92.16	97.38	PVC	-2.91	0.39	0.002
153	41.62	97.38	PVC	4.09	0.55	0.0036
155	44.41	97.38	PVC	2.21	0.3	0.0012
157	16.37	97.38	PVC	0.68	0.09	0.0002
161	31.86	97.38	PVC	1.12	0.15	0.0004
163	31.74	97.38	PVC	0.74	0.1	0.0002
165	30.75	97.38	PVC	0.38	0.05	0
169	1.31	143.34	PVC	3.66	0.23	0.0005
173	30.71	97.38	PVC	1.9	0.25	0.0009
175	26.58	97.38	PVC	1.58	0.21	0.0007
177	4.1	97.38	PVC	3.32	0.45	0.0025
179	30.27	97.38	PVC	3.03	0.41	0.0021
180	26.07	97.38	PVC	3.43	0.46	0.0026
181	77.81	75.74	PVC	0.62	0.14	0.0004
182	78.24	75.74	PVC	0.07	0.01	0
183	78.69	75.74	PVC	-0.1	0.02	0
184	79.06	75.74	PVC	-0.08	0.02	0
194	65.96	75.74	PVC	-2.73	0.61	0.0058
199	12.9	75.74	PVC	2.65	0.59	0.0055
201	3.77	75.74	PVC	2.01	0.45	0.0034
203	3.97	75.74	PVC	1.24	0.28	0.0014
214	16.29	143.34	PVC	29.41	1.82	0.0191
216	3.6	143.34	PVC	28.68	1.78	0.0182
219	30.67	75.74	PVC	2.84	0.63	0.0063
220	11.55	75.74	PVC	-3.91	0.87	0.011
224	33.57	143.34	PVC	29.8	1.85	0.0196
226	32.88	143.34	PVC	31.56	1.96	0.0217
228	33.55	143.34	PVC	34.34	2.13	0.0253
230	8.22	143.34	PVC	42.32	2.62	0.0369

Tabla 16. Resultados de modelación red Olivos I para cada tubo de la red (Reporte 1).

ID	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
232	24.83	143.34	PVC	42.03	2.6	0.0364
236	6.31	143.34	PVC	24.02	1.49	0.0132
238	3.49	143.34	PVC	22.95	1.42	0.0122
240	15.08	143.34	PVC	22.19	1.37	0.0115
242	33.96	143.34	PVC	17.49	1.08	0.0075
244	32.35	143.34	PVC	13.74	0.85	0.0049
246	31.91	143.34	PVC	10.75	0.67	0.0031
248	31.21	143.34	PVC	8.31	0.52	0.002
250	4.76	143.34	PVC	7.22	0.45	0.0016
254	27.78	75.74	PVC	0.54	0.12	0.0003
256	1.49	75.74	PVC	0.93	0.21	0.001
260	8.53	75.74	PVC	0.94	0.21	0.0009
262	27.59	75.74	PVC	0.61	0.14	0.0004
264	2.44	75.74	PVC	0.92	0.2	0.0009
266	39.83	75.74	PVC	0.59	0.13	0.0004
268	6.02	75.74	PVC	0.98	0.22	0.0009
276	6.43	143.34	PVC	-5.25	0.33	0.0009
278	28.44	143.34	PVC	-3.77	0.23	0.0005
280	24.17	143.34	PVC	-4.76	0.29	0.0007
282	3.42	143.34	PVC	-5.58	0.35	0.001
284	5.41	143.34	PVC	-3.98	0.25	0.0006
286	38.43	143.34	PVC	-4.99	0.31	0.0008
289	41.9	75.74	PVC	1.03	0.23	0.0011
292	6.14	97.38	PVC	-2.32	0.31	0.0014
295	28.89	143.34	PVC	3.94	0.24	0.0005
299	5.96	97.38	PVC	-4.62	0.62	0.0044
301	28.27	97.38	PVC	-0.6	0.08	0.0001
303	2.8	97.38	PVC	2.47	0.33	0.0015
307	17.39	97.38	PVC	0.21	0.03	0
311	1.37	143.34	PVC	-5.75	0.36	0.0011
316	1.02	143.34	PVC	-5.96	0.37	0.0012
317	25.93	143.34	PVC	-4.69	0.29	0.0007
325	10.09	97.38	PVC	2.42	0.32	0.0014
352	3.68	143.34	PVC	3.06	0.19	0.0003
353	27.07	143.34	PVC	2.17	0.13	0.0002
361	3.41	143.34	PVC	-7.18	0.44	0.0015
380	2.74	97.38	PVC	0	0	0
381	4.8	97.38	PVC	0	0	0
383	29.59	97.38	PVC	0.6	0.08	0.0001
384	3.75	97.38	PVC	0.6	0.08	0.0002
386	3.67	97.38	PVC	1.39	0.19	0.0005
387	91.23	97.38	PVC	1.39	0.19	0.0005
389	83.72	75.74	PVC	-0.29	0.06	0.0001
390	3.6	75.74	PVC	-0.29	0.06	0.0001
392	83.54	75.74	PVC	-0.28	0.06	0.0001
393	3.51	75.74	PVC	-0.28	0.06	0.0001
395	83.77	75.74	PVC	-0.22	0.05	0
396	3.24	75.74	PVC	-0.22	0.05	0
399	83.67	97.38	PVC	-0.27	0.04	0
400	3.31	97.38	PVC	-0.27	0.04	0
402	83.64	75.74	PVC	-0.15	0.03	0
403	3.41	75.74	PVC	-0.15	0.03	0
405	83.71	75.74	PVC	-0.25	0.06	0.0001
406	3.41	75.74	PVC	-0.25	0.06	0.0001
408	83.61	75.74	PVC	-0.33	0.07	0.0001
409	3.57	75.74	PVC	-0.33	0.07	0.0001
411	6.29	97.38	PVC	2.01	0.27	0.001
412	23.96	97.38	PVC	2.01	0.27	0.001
414	84.19	75.74	PVC	-0.04	0.01	0
415	3.5	75.74	PVC	-0.04	0.01	0
417	84.63	75.74	PVC	0.28	0.06	0.0001
418	3.43	75.74	PVC	0.28	0.06	0.0002
420	84.69	97.38	PVC	0.97	0.13	0.0003
421	3.74	97.38	PVC	0.97	0.13	0.0002
423	3.62	143.34	PVC	-1.26	0.08	0.0001
424	75.33	143.34	PVC	-1.26	0.08	0.0001
426	3.49	143.34	PVC	2.19	0.14	0.0002
427	26.96	143.34	PVC	2.19	0.14	0.0002
429	3.36	97.38	PVC	-0.46	0.06	0.0001
433	34.49	97.38	PVC	9.22	1.24	0.0152

Tabla 17. Resultados de modelación red Olivos I para cada tubo de la red (Reporte 2).

ID	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
435	22.98	97.38	PVC	8.46	1.14	0.013
436	3.44	97.38	PVC	8.46	1.14	0.013
438	23.78	97.38	PVC	0	0	0
439	6.17	97.38	PVC	0	0	0
441	2.19	97.38	PVC	0	0	0
442	28.21	97.38	PVC	0	0	0
444	3.24	75.74	PVC	-0.8	0.18	0.0006
445	24.14	75.74	PVC	-0.8	0.18	0.0007
447	3.76	143.34	PVC	29.21	1.81	0.0189
448	33.27	143.34	PVC	29.21	1.81	0.0189
450	3.45	75.74	PVC	-0.87	0.19	0.0008
451	65.38	75.74	PVC	-0.87	0.19	0.0008
453	3.42	75.74	PVC	-2.04	0.45	0.0035
454	75.26	75.74	PVC	-2.04	0.45	0.0035
456	3.44	75.74	PVC	-3.06	0.68	0.0071
457	84.93	75.74	PVC	-3.06	0.68	0.0071
459	3.51	97.38	PVC	-8.26	1.11	0.0125
460	94.68	97.38	PVC	-8.26	1.11	0.0125
465	3.57	143.34	PVC	7.54	0.47	0.0017
466	102.28	143.34	PVC	7.53	0.47	0.0017
468	30.64	143.34	PVC	34.2	2.12	0.0251
469	3.53	143.34	PVC	34.2	2.12	0.0251
471	17.35	97.38	PVC	-9.89	1.33	0.0172
472	3.39	97.38	PVC	-9.89	1.33	0.0172
474	3.33	97.38	PVC	0.78	0.1	0.0002
475	10.59	97.38	PVC	0.78	0.1	0.0002
477	3.39	97.38	PVC	4.39	0.59	0.0041
478	146.91	97.38	PVC	4.39	0.59	0.0041
480	10.18	97.38	PVC	3.45	0.46	0.0027
481	122.81	97.38	PVC	3.45	0.46	0.0026
483	8.83	97.38	PVC	2.69	0.36	0.0017
484	107.52	97.38	PVC	2.69	0.36	0.0017
486	8.73	97.38	PVC	2.13	0.29	0.0011
487	91.39	97.38	PVC	2.13	0.29	0.0011
489	26.69	143.34	PVC	-6.06	0.38	0.0011
490	8.72	143.34	PVC	-6.06	0.38	0.0011
492	6.01	75.74	PVC	0.85	0.19	0.0007
493	100.53	75.74	PVC	0.85	0.19	0.0008
495	7	75.74	PVC	0.71	0.16	0.0006
496	83.67	75.74	PVC	0.71	0.16	0.0006
498	7.15	75.74	PVC	0.65	0.14	0.0005
499	65.05	75.74	PVC	0.65	0.14	0.0005
501	7.01	75.74	PVC	0.64	0.14	0.0005
502	57.49	75.74	PVC	0.64	0.14	0.0005
504	5.91	75.74	PVC	0.72	0.16	0.0006
505	44.72	75.74	PVC	0.72	0.16	0.0006
507	22	143.34	PVC	-4.19	0.26	0.0006
508	3.29	143.34	PVC	-4.19	0.26	0.0005
510	55.46	75.74	PVC	-0.73	0.16	0.0006
511	3.33	75.74	PVC	-0.73	0.16	0.0005
513	77.33	97.38	PVC	-1.65	0.22	0.0007
514	3.37	97.38	PVC	-1.65	0.22	0.0007
516	6	97.38	PVC	2.2	0.29	0.0012
517	23.74	97.38	PVC	2.2	0.29	0.0012
519	25.52	97.38	PVC	-0.07	0.01	0
520	5.85	97.38	PVC	-0.07	0.01	0
522	2.66	75.74	PVC	-0.25	0.05	0.0001
523	76.33	75.74	PVC	-0.25	0.05	0.0001
525	2.91	75.74	PVC	-0.15	0.03	0.0001
526	76.11	75.74	PVC	-0.15	0.03	0
528	3.06	75.74	PVC	-0.18	0.04	0
529	76.01	75.74	PVC	-0.18	0.04	0
531	72.29	97.38	PVC	-0.46	0.06	0.0001
532	3.45	97.38	PVC	-1.75	0.23	0.0008
534	16.49	97.38	PVC	3.07	0.41	0.0022
535	6.06	97.38	PVC	3.07	0.41	0.0022
537	102.04	97.38	PVC	1.34	0.18	0.0005
538	3.17	97.38	PVC	1.34	0.18	0.0006
540	3.41	97.38	PVC	-2.59	0.35	0.0016
541	23.64	97.38	PVC	-2.59	0.35	0.0016

Tabla 18. Resultados de modelación red Olivos I para cada tubo de la red (Reporte 3).

ID	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
543	131.33	97.38	PVC	1.68	0.23	0.0008
544	3.79	97.38	PVC	1.68	0.23	0.0007
546	159.76	97.38	PVC	2.52	0.34	0.0015
547	3.4	97.38	PVC	2.52	0.34	0.0015
549	2.33	97.38	PVC	6.79	0.91	0.0088
550	45.03	97.38	PVC	6.79	0.91	0.0088
555	124.45	97.38	PVC	1.66	0.22	0.0007
556	3.26	97.38	PVC	1.66	0.22	0.0007
558	99.43	97.38	PVC	1.95	0.26	0.001
559	3.26	97.38	PVC	1.95	0.26	0.001
561	72.29	97.38	PVC	1.83	0.25	0.0009
562	2.55	97.38	PVC	1.83	0.25	0.0009
564	26.9	97.38	PVC	1.95	0.26	0.001
565	3.43	97.38	PVC	1.95	0.26	0.001
567	3.45	75.74	PVC	0.47	0.1	0.0003
568	6.09	75.74	PVC	0.47	0.1	0.0003
570	28.64	75.74	PVC	0.61	0.14	0.0004
571	3.22	75.74	PVC	0.61	0.14	0.0005
573	30.13	75.74	PVC	0.64	0.14	0.0005
574	3.3	75.74	PVC	0.64	0.14	0.0005
576	3.34	97.38	PVC	-1.96	0.26	0.001
577	28.69	97.38	PVC	-1.96	0.26	0.001
580	3.47	75.74	PVC	0.45	0.1	0.0003
581	6.07	75.74	PVC	0.45	0.1	0.0003
583	3.54	75.74	PVC	0.46	0.1	0.0003
584	6	75.74	PVC	0.46	0.1	0.0003
587	3.42	75.74	PVC	0.47	0.1	0.0003
588	6.12	75.74	PVC	0.47	0.1	0.0003
590	3.41	75.74	PVC	0.46	0.1	0.0003
591	6.13	75.74	PVC	0.46	0.1	0.0002
593	3.4	75.74	PVC	0.47	0.1	0.0003
594	6.14	75.74	PVC	0.46	0.1	0.0002
597	91.48	143.34	PVC	-6.27	0.39	0.0012
599	3.46	97.38	PVC	0.78	0.11	0.0003
600	8.96	97.38	PVC	0.78	0.11	0.0002
753	0.48	101.6	PVC	15.09	1.86	0.0298
754	0.55	101.6	PVC	5.24	0.65	0.0049
755	0.59	76.2	PVC	-1.58	0.35	0.0025
756	0.64	101.6	PVC	6.74	0.83	0.007
757	1.07	76.2	PVC	0.88	0.19	0.0006
758	1.09	76.2	PVC	-0.4	0.09	0.0003
760	1.12	76.2	PVC	1.64	0.36	0.0024
761	1.18	76.2	PVC	0.79	0.17	0.0008
762	1.25	76.2	PVC	-1.23	0.27	0.0014
765	1.68	152.4	PVC	-1.21	0.07	0
766	1.74	76.2	PVC	-0.12	0.03	0
767	1.68	101.6	PVC	5.24	0.65	0.0044
768	1.73	76.2	PVC	-7.48	1.64	0.0338
769	1.91	101.6	PVC	-8.57	1.06	0.0109
770	1.91	76.2	PVC	-0.92	0.2	0.0008
771	2	76.2	PVC	-4.78	1.05	0.0153
773	2.03	152.4	PVC	-21.46	1.18	0.008
774	2.28	152.4	PVC	-5.4	0.3	0.0008
775	2.32	76.2	PVC	-0.92	0.2	0.0009
776	2.53	101.6	PVC	12.35	1.52	0.021
777	2.93	76.2	PVC	2.74	0.6	0.0057
778	3.09	152.4	PVC	58.55	3.21	0.0495
779	3.09	76.2	PVC	0.81	0.18	0.0007
780	3.22	76.2	PVC	2.54	0.56	0.0049
781	3.31	76.2	PVC	0.92	0.2	0.0008
782	3.37	76.2	PVC	0	0	0
783	3.38	76.2	PVC	0.55	0.12	0.0004
784	3.6	76.2	PVC	-0.92	0.2	0.0009
785	4.38	101.6	PVC	13.25	1.63	0.0238
786	4.48	101.6	PVC	14.21	1.75	0.027
787	4.59	76.2	PVC	-3.7	0.81	0.0097
788	4.64	76.2	PVC	2.49	0.55	0.0048
791	4.93	76.2	PVC	-2.82	0.62	0.006
792	5.08	76.2	PVC	2.14	0.47	0.0037
793	5.16	76.2	PVC	4.4	0.96	0.0131

Tabla 19. Resultados de modelación red Olivos I para cada tubo de la red (Reporte 4).

ID	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
794	5.26	152.4	PVC	-15.87	0.87	0.0047
796	5.4	152.4	PVC	-5.4	0.3	0.0007
797	6.68	101.6	PVC	-10.28	1.27	0.0151
799	7.83	101.6	PVC	8.1	1	0.0098
800	7.92	76.2	PVC	-7.89	1.73	0.0373
801	7.91	152.4	PVC	-17.34	0.95	0.0055
803	8.15	76.2	PVC	-4.13	0.91	0.0118
805	8.99	76.2	PVC	-6.04	1.32	0.0231
808	10.77	76.2	PVC	-4.47	0.98	0.0135
809	10.89	152.4	PVC	0.92	0.05	0
810	13.86	76.2	PVC	0.91	0.2	0.0008
811	14.43	152.4	PVC	21.46	1.18	0.0081
812	13.68	101.6	PVC	8.11	1	0.0099
814	18.16	152.4	PVC	-21.46	1.18	0.0081
817	22.74	76.2	PVC	-0.46	0.1	0.0003
819	24	76.2	PVC	-7.48	1.64	0.0339
820	24.15	76.2	PVC	5.08	1.11	0.017
823	26.31	101.6	PVC	7.99	0.99	0.0096
825	26.1	76.2	PVC	-0.12	0.03	0
827	26.82	76.2	PVC	3.91	0.86	0.0107
828	26.87	76.2	PVC	2.78	0.61	0.0058
829	27.19	76.2	PVC	2.54	0.56	0.005
830	27.55	152.4	PVC	-17.64	0.97	0.0057
831	27.84	152.4	PVC	-44.26	2.43	0.0298
832	28.75	152.4	PVC	58.55	3.21	0.0495
833	28.88	152.4	PVC	26.44	1.45	0.0117
834	29.91	152.4	PVC	49.81	2.73	0.0369
835	30.08	76.2	PVC	4.75	1.04	0.0151
836	30.38	152.4	PVC	-16.45	0.9	0.005
839	30.63	76.2	PVC	4.09	0.9	0.0116
840	31.23	152.4	PVC	31.76	1.74	0.0163
842	31.28	152.4	PVC	-4.39	0.24	0.0005
843	32.93	101.6	PVC	-3.22	0.4	0.0019
844	31.58	76.2	PVC	-5.84	1.28	0.0218
845	31.74	101.6	PVC	4.54	0.56	0.0035
846	31.77	76.2	PVC	2.01	0.44	0.0033
847	32.61	101.6	PVC	3.42	0.42	0.0021
848	30.68	101.6	PVC	6.84	0.84	0.0073
849	32.2	101.6	PVC	2.68	0.33	0.0014
851	32.33	152.4	PVC	-47.58	2.61	0.034
852	32.34	152.4	PVC	-8.98	0.49	0.0017
853	32.72	76.2	PVC	1.69	0.37	0.0024
854	33.04	152.4	PVC	42.92	2.35	0.0282
856	33.64	152.4	PVC	-2.48	0.14	0.0002
857	34.24	76.2	PVC	-2.41	0.53	0.0045
858	34.43	101.6	PVC	7.36	0.91	0.0083
859	38.49	101.6	PVC	7.54	0.93	0.0087
860	41.59	76.2	PVC	0	0	0
862	44.06	152.4	PVC	-112.17	6.15	0.1625
863	46.23	152.4	PVC	-30.18	1.65	0.0149
865	49.01	76.2	PVC	4.4	0.96	0.0131
866	49.83	76.2	PVC	-7.89	1.73	0.0373
868	54.01	76.2	PVC	1.43	0.31	0.0018
870	55.93	76.2	PVC	-6.04	1.32	0.0231
871	56.32	101.6	PVC	4.52	0.56	0.0035
872	56.8	76.2	PVC	1.67	0.37	0.0024
873	58.36	152.4	PVC	-3.35	0.18	0.0003
875	58.22	76.2	PVC	2.49	0.55	0.0048
876	58.59	76.2	PVC	-2.46	0.54	0.0047
878	64.89	101.6	PVC	-10.28	1.27	0.0151
880	67.86	76.2	PVC	-4.47	0.98	0.0135
882	71.78	152.4	PVC	-19.73	1.08	0.0069
883	75.78	152.4	PVC	-52.8	2.89	0.041
884	77.8	76.2	PVC	-4.13	0.91	0.0118
885	81.42	76.2	PVC	-4.78	1.05	0.0152
886	82.32	76.2	PVC	1.25	0.27	0.0014
887	84.05	76.2	PVC	1.86	0.41	0.0029
889	85.83	76.2	PVC	-0.11	0.02	0
890	86.09	76.2	PVC	1.64	0.36	0.0023
891	92.75	76.2	PVC	0.91	0.2	0.0008

Tabla 20. Resultados de modelación red Olivos I para cada tubo de la red (Reporte 5).

ID	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
892	94.28	152.4	PVC	-20.58	1.13	0.0075
893	94.28	101.6	PVC	-8.57	1.06	0.0109
901	5.77	152.4	PVC	-0.76	0.04	0.0001
905	2.11	152.4	PVC	-1.6	0.09	0
910	3.63	143.34	PVC	6.27	0.39	0.0012
912	0.79	75.74	PVC	1.52	0.34	0.0019
913	1.02	75.74	PVC	1.56	0.35	0.002
915	2.75	76.2	PVC	3.42	0.75	0.0084
916	81.97	76.2	PVC	3.42	0.75	0.0084
918	2.68	76.2	PVC	2.78	0.61	0.0058
919	64.5	76.2	PVC	2.78	0.61	0.0058
921	2.87	76.2	PVC	2.01	0.44	0.0033
922	59.09	76.2	PVC	2.01	0.44	0.0033
924	2.11	76.2	PVC	1.11	0.24	0.0011
925	95.5	76.2	PVC	1.11	0.24	0.0012
927	2.48	76.2	PVC	-0.59	0.13	0.0005
928	94.9	76.2	PVC	-0.59	0.13	0.0004
930	95.05	76.2	PVC	0.73	0.16	0.0006
931	2.85	76.2	PVC	0.73	0.16	0.0006
933	3.94	76.2	PVC	-1.96	0.43	0.0032
934	28.76	76.2	PVC	-1.96	0.43	0.0032
936	3.78	97.38	PVC	-9.22	1.24	0.0152
942	15.73	152.4	PVC	0.47	0.03	0
943	3.24	152.4	PVC	0.47	0.03	0
945	3.44	75.74	PVC	0.46	0.1	0.0003
946	6.11	75.74	PVC	0.46	0.1	0.0002
951	1.25	152.4	PVC	-12.47	0.68	0.0031
952	24.78	152.4	PVC	-12.47	0.68	0.0031
961	23.34	101.6	PVC	5.85	0.72	0.0055
962	1.82	101.6	PVC	5.85	0.72	0.0056
965	3.31	97.38	PVC	0.46	0.06	0.0001
966	84.56	97.38	PVC	0.46	0.06	0.0001
969	6.45	101.6	PVC	0	0	0
970	21.15	101.6	PVC	0	0	0
978	50.53	76.2	PVC	-4.69	1.03	0.0147
979	1.29	76.2	PVC	-4.69	1.03	0.0147
980	16.47	152.4	PVC	-18.99	1.04	0.0065
982	1.18	152.4	PVC	-14.61	0.8	0.004
983	25.55	152.4	PVC	-14.61	0.8	0.0041
990	1.59	76.2	PVC	4.96	1.09	0.0163
991	28.84	76.2	PVC	4.96	1.09	0.0163
993	6.03	76.2	PVC	4.19	0.92	0.012
994	2.19	76.2	PVC	4.19	0.92	0.0121
996	3.14	101.6	PVC	5.27	0.65	0.0045
997	30.05	101.6	PVC	5.27	0.65	0.0046
1000	20.93	76.2	PVC	-2.29	0.5	0.0041
1001	1.84	76.2	PVC	-2.29	0.5	0.0041
1003	4.57	76.2	PVC	-3.01	0.66	0.0067
1004	53.58	76.2	PVC	-3.01	0.66	0.0067
1006	41.26	76.2	PVC	-4.57	1	0.0141
1007	2.02	76.2	PVC	-4.57	1	0.014
1009	6.31	76.2	PVC	-1.35	0.3	0.0017
1010	65.46	76.2	PVC	-1.35	0.3	0.0017
1016	0.51	152.4	PVC	0.9	0.05	0
1017	0.95	152.4	PVC	44.26	2.43	0.0295
1020	1.22	152.4	PVC	0	0	0
1021	54.7	152.4	PVC	0	0	0
1023	2.04	152.4	PVC	0	0	0
1024	29.21	152.4	PVC	0	0	0
1026	2.36	97.38	PVC	0.13	0.02	0
1027	22.86	97.38	PVC	0.13	0.02	0

Tabla 21. Resultados de modelación red Olivos I para cada tubo de la red (Reporte 6).

3.4.1.3 Red de distribución los Olivos I (válvulas)

ID	Elevation (m)	Diameter (Valve) (mm)	Headloss Coefficient Setting (Initial)	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (L/s)	Hydraulic Grade (From) (m)	Hydraulic Grade (To) (m)	Headloss (m)
379	2,544.36	97.38	0	0.39	0	2,561.44	2,559.89	0
382	2,543.52	97.38	0	0.39	0.6	2,559.88	2,559.88	0
385	2,543.07	97.38	0	0.39	1.39	2,559.85	2,559.85	0
388	2,543.79	75.74	0	0.39	-0.29	2,559.89	2,559.89	0
391	2,543.37	75.74	0	0.39	-0.28	2,559.89	2,559.89	0
394	2,543.01	75.74	0	0.39	-0.22	2,559.89	2,559.89	0
398	2,542.88	97.38	0	0.39	-0.27	2,559.88	2,559.88	0
401	2,543.09	75.74	0	0.39	-0.15	2,559.87	2,559.87	0
404	2,543.12	75.74	0	0.39	-0.25	2,559.87	2,559.87	0
407	2,543.01	75.74	0	0.39	-0.33	2,559.87	2,559.87	0
410	2,542.97	97.38	0	0.39	2.01	2,559.86	2,559.86	0
413	2,542.89	75.74	0	0.39	-0.04	2,559.80	2,559.80	0
416	2,542.80	75.74	0	0.39	0.28	2,559.78	2,559.78	0
419	2,542.80	97.38	0	0.39	0.97	2,559.75	2,559.75	0
422	2,542.97	143.34	0	0.39	-1.26	2,559.86	2,559.86	0
425	2,542.91	143.34	0	0.39	2.19	2,559.88	2,559.88	0
428	2,542.89	97.38	0	0.39	-0.46	2,559.88	2,559.88	0
431	2,545.42	97.38	0	0.39	9.22	2,566.53	2,566.53	0
434	2,543.94	97.38	0	0.39	8.46	2,564.95	2,564.95	0
437	2,543.63	97.38	0	0.39	0	2,564.21	2,561.59	0
440	2,543.84	97.38	0	0.39	0	2,561.60	2,560.38	0
443	2,544.04	75.74	0	0.39	-0.8	2,565.90	2,565.90	0
446	2,544.02	143.34	0	0.39	29.21	2,565.83	2,565.83	0
449	2,543.85	75.74	0	0.39	-0.87	2,565.21	2,565.21	0
452	2,543.57	75.74	0	0.39	-2.04	2,564.56	2,564.56	0
455	2,543.66	75.74	0	0.39	-3.06	2,563.86	2,563.86	0
458	2,543.57	97.38	0	0.39	-8.26	2,563.03	2,563.03	0
464	2,543.45	143.34	0	0.39	7.53	2,561.77	2,561.77	0
467	2,543.25	143.34	0	0.39	34.2	2,561.01	2,561.01	0
470	2,543.16	97.38	0	0.39	-9.89	2,560.86	2,560.86	0
473	2,543.50	97.38	0	0.39	0.78	2,560.83	2,560.83	0
476	2,543.30	97.38	0	0.39	4.39	2,560.60	2,560.60	0
479	2,543.31	97.38	0	0.39	3.45	2,560.34	2,560.34	0
482	2,543.10	97.38	0	0.39	2.69	2,560.19	2,560.19	0
485	2,543.22	97.38	0	0.39	2.13	2,560.10	2,560.10	0
488	2,542.87	143.34	0	0.39	-6.06	2,560.03	2,560.03	0
491	2,543.00	75.74	0	0.39	0.85	2,560.03	2,560.03	0
494	2,543.13	75.74	0	0.39	0.71	2,559.99	2,559.99	0
497	2,542.70	75.74	0	0.39	0.65	2,559.96	2,559.96	0
500	2,542.73	75.74	0	0.39	0.64	2,559.94	2,559.94	0
503	2,542.70	75.74	0	0.39	0.72	2,559.92	2,559.92	0
506	2,542.68	143.34	0	0.39	-4.19	2,559.92	2,559.92	0
509	2,542.72	75.74	0	0.39	-0.73	2,559.90	2,559.90	0
512	2,542.72	97.38	0	0.39	-1.65	2,559.88	2,559.88	0
515	2,542.81	97.38	0	0.39	2.2	2,559.86	2,559.86	0
518	2,542.79	97.38	0	0.39	-0.07	2,559.87	2,559.87	0
521	2,543.00	75.74	0	0.39	-0.25	2,559.87	2,559.87	0
524	2,543.12	75.74	0	0.39	-0.15	2,559.87	2,559.87	0
527	2,543.08	75.74	0	0.39	-0.18	2,559.87	2,559.87	0
533	2,543.35	97.38	0	0.39	3.07	2,559.90	2,559.90	0
536	2,543.26	97.38	0	0.39	1.34	2,559.89	2,559.89	0
539	2,543.31	97.38	0	0.39	-2.59	2,559.94	2,559.94	0
542	2,543.40	97.38	0	0.39	1.68	2,559.90	2,559.90	0
545	2,543.45	97.38	0	0.39	2.52	2,559.90	2,559.90	0
548	2,543.33	97.38	0	0.39	6.79	2,560.54	2,560.54	0
554	2,543.41	97.38	0	0.39	1.66	2,559.89	2,559.89	0
557	2,543.18	97.38	0	0.39	1.95	2,559.91	2,559.91	0
560	2,543.05	97.38	0	0.39	1.83	2,559.93	2,559.93	0
563	2,542.71	97.38	0	0.39	1.95	2,559.97	2,559.97	0
566	2,542.70	75.74	0	0.39	0.47	2,559.96	2,559.96	0
569	2,542.83	75.74	0	0.39	0.61	2,559.93	2,559.93	0
572	2,543.06	75.74	0	0.39	0.64	2,559.87	2,559.87	0
575	2,543.02	97.38	0	0.39	-1.96	2,559.79	2,559.79	0
579	2,542.99	75.74	0	0.39	0.45	2,559.88	2,559.88	0
582	2,543.65	75.74	0	0.39	0.46	2,561.59	2,561.59	0

Tabla 22. Resultados de modelación red Olivos I para cada válvula de la red (Reporte 1).

ID	Elevation (m)	Diameter (Valve) (mm)	Headloss Coefficient Setting (Initial)	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (L/s)	Hydraulic Grade (From) (m)	Hydraulic Grade (To) (m)	Headloss (m)
586	2,543.37	75.74	0	0.39	0.47	2,560.79	2,560.79	0
589	2,544.05	75.74	0	0.39	0.46	2,565.97	2,565.97	0
592	2,543.00	75.74	0	0.39	0.46	2,559.86	2,559.86	0
595	2,544.27	143.34	0	0.39	-6.27	2,561.48	2,561.48	0
598	2,543.01	97.38	0	0.39	0.78	2,560.04	2,560.04	0
627	2,545.98	76.2	0	0.39	-0.12	2,566.01	2,566.01	0
630	2,546.40	152.4	0	0.39	58.55	2,571.88	2,571.88	0
631	2,545.85	76.2	0	0.39	2.49	2,567.80	2,567.80	0
635	2,545.88	101.6	0	0.39	8.11	2,566.08	2,566.08	0
636	2,546.11	101.6	0	0.39	-8.57	2,566.32	2,566.32	0
637	2,545.87	76.2	0	0.39	-4.78	2,566.61	2,566.61	0
638	2,545.79	76.2	0	0.39	-7.48	2,566.71	2,566.71	0
639	2,546.69	76.2	0	0.39	-7.89	2,570.16	2,570.16	0
640	2,546.76	76.2	0	0.39	-6.04	2,569.15	2,569.15	0
641	2,547.10	152.4	0	0.39	-21.46	2,567.31	2,567.31	0
642	2,547.10	76.2	0	0.39	0.91	2,566.13	2,566.13	0
644	2,546.04	101.6	0	0.39	5.24	2,565.80	2,565.80	0
645	2,545.59	76.2	0	0.39	1.64	2,565.42	2,565.42	0
646	2,545.05	76.2	0	0.39	2.54	2,565.33	2,565.33	0
647	2,544.03	76.2	0	0.39	2.78	2,564.71	2,564.71	0
648	2,544.14	76.2	0	0.39	2.01	2,565.01	2,565.01	0
652	2,546.79	101.6	0	0.39	-10.28	2,568.32	2,568.32	0
914	2,544.60	76.2	0	0.39	3.42	2,565.04	2,565.04	0
917	2,544.96	76.2	0	0.39	2.78	2,565.09	2,565.09	0
920	2,545.11	76.2	0	0.39	2.01	2,565.21	2,565.21	0
923	2,545.25	76.2	0	0.39	1.11	2,565.36	2,565.36	0
926	2,545.34	76.2	0	0.39	-0.59	2,565.70	2,565.70	0
929	2,545.70	76.2	0	0.39	0.73	2,565.95	2,565.95	0
932	2,544.00	76.2	0	0.39	-1.96	2,559.91	2,559.91	0
941	2,543.98	152.4	0	0.39	0.47	2,559.89	2,559.89	0
944	2,544.28	75.74	0	0.39	0.46	2,559.88	2,559.88	0
950	2,545.60	152.4	0	0.39	-12.47	2,565.42	2,565.42	0
953	2,544.31	152.4	0	0.39	-5.4	2,561.47	2,561.47	0
956	2,547.10	152.4	0	0.39	21.46	2,567.46	2,567.46	0
959	2,545.40	152.4	0	0.39	-44.26	2,567.00	2,567.00	0
960	2,545.12	101.6	0	0.39	5.85	2,565.23	2,565.23	0
964	2,544.01	97.38	0	0.39	0.46	2,559.89	2,559.89	0
968	2,544.40	101.6	0	0.39	0	2,561.47	2,565.06	0
977	2,545.35	97.38	0	0.39	-4.69	2,566.79	2,566.79	0
981	2,546.04	97.38	0	0.39	-14.61	2,565.81	2,565.81	0
984	2,546.98	76.2	0	0.39	-4.47	2,567.77	2,567.77	0
985	2,547.10	76.2	0	0.39	-4.13	2,567.48	2,567.48	0
989	2,546.56	76.2	0	0.39	4.96	2,567.32	2,567.32	0
992	2,546.55	76.2	0	0.39	4.19	2,567.37	2,567.37	0
995	2,545.97	101.6	0	0.39	5.27	2,566.15	2,566.15	0
998	2,546.40	76.2	0	0.39	4.4	2,568.86	2,568.86	0
999	2,546.42	76.2	0	0.39	-2.29	2,568.30	2,568.30	0
1002	2,546.49	76.2	0	0.39	-3.01	2,566.20	2,566.20	0
1005	2,546.67	76.2	0	0.39	-4.57	2,566.82	2,566.82	0
1008	2,546.41	76.2	0	0.39	-1.35	2,566.10	2,566.10	0
1018	2,544.56	76.2	0	0.39	0	2,561.45	2,565.20	0
1019	2,544.53	152.4	0	0.39	0	2,561.45	2,565.35	0
1022	2,544.27	152.4	0	0.39	0	2,561.47	2,559.89	0
1025	2,543.18	97.38	0	0.39	0.13	2,560.01	2,560.01	0

Tabla 23. Resultados de modelación red Olivos I para cada válvula de la red (Reporte 2).

3.4.1.4 Red de distribución los Olivos II (nodos)

ID	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
27	2,544.29	0.03	2,559.89	15.6
29	2,544.27	0.04	2,559.89	15.6
31	2,544.10	0.04	2,559.89	15.8
33	2,543.55	0.04	2,559.89	16.3
35	2,543.69	0.04	2,559.88	16.2
39	2,543.50	0.05	2,559.88	16.4
41	2,543.38	0.05	2,559.87	16.5
43	2,543.14	0.05	2,559.86	16.7
45	2,543.08	0.06	2,559.85	16.8
47	2,542.93	0.06	2,559.80	16.9
49	2,542.90	0.06	2,559.79	16.9
51	2,543.08	0.06	2,559.78	16.7
53	2,542.79	0.07	2,559.75	17
56	2,543.79	0.07	2,559.89	16.1
58	2,543.77	0.07	2,559.89	16.1
60	2,543.39	0.08	2,559.89	16.5
62	2,543.37	0.08	2,559.89	16.5
64	2,543.02	0.08	2,559.89	16.9
66	2,543.01	0.08	2,559.89	16.9
68	2,542.88	0.09	2,559.88	17
70	2,542.89	0.09	2,559.88	17
72	2,543.08	0.09	2,559.87	16.8
76	2,543.08	0.1	2,559.87	16.8
78	2,543.12	0.1	2,559.87	16.8
80	2,543.12	0.1	2,559.87	16.8
82	2,543.01	0.1	2,559.87	16.9
84	2,543.00	0.11	2,559.87	16.9
86	2,542.99	0.11	2,559.86	16.9
88	2,542.97	0.11	2,559.86	16.9
90	2,542.96	0.11	2,559.83	16.9
92	2,542.88	0.12	2,559.80	16.9
94	2,542.87	0.12	2,559.80	16.9
96	2,542.80	0.12	2,559.78	17
98	2,542.80	0.12	2,559.78	17
101	2,542.80	0.13	2,559.75	17
103	2,543.05	0.13	2,559.72	16.7
105	2,543.10	5.36	2,559.64	16.5
119	2,544.55	0.15	2,566.01	21.5
121	2,544.21	0.15	2,565.74	21.5
123	2,544.19	0.15	2,565.73	21.5
125	2,544.01	0.16	2,565.26	21.2
127	2,544.01	0.16	2,565.25	21.2
129	2,543.93	0.16	2,564.90	21
131	2,543.91	0.16	2,564.82	20.9
133	2,543.77	0.17	2,564.54	20.8
135	2,543.75	0.17	2,564.46	20.7
137	2,543.69	0.17	2,564.28	20.6
139	2,543.68	0.17	2,564.21	20.5
141	2,543.62	0.18	2,561.59	18
143	2,543.64	0.18	2,561.60	18
145	2,543.83	0.18	2,560.38	16.5
147	2,543.32	0.18	2,560.56	17.2
150	2,543.46	0.19	2,560.14	16.7
152	2,543.40	0.19	2,559.99	16.6
154	2,543.26	0.19	2,559.94	16.7

Tabla 24. Resultados de modelación red Olivos I para cada nodo de la red (Reporte 1).

ID	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
156	2,543.31	0.2	2,559.94	16.6
158	2,543.34	0.2	2,559.89	16.5
160	2,543.30	0.2	2,559.88	16.6
162	2,543.17	0.2	2,559.87	16.7
164	2,543.07	0.21	2,559.87	16.8
166	2,542.75	0.21	2,559.87	17.1
168	2,542.77	0.21	2,559.87	17.1
170	2,543.00	0.21	2,559.83	16.8
172	2,543.02	0.22	2,559.81	16.8
174	2,542.99	0.22	2,559.79	16.8
176	2,543.00	0.22	2,559.78	16.8
178	2,543.01	0.22	2,559.71	16.7
213	2,544.05	0.27	2,565.97	21.9
215	2,544.05	0.27	2,565.90	21.9
217	2,544.05	0.27	2,565.92	21.9
221	2,543.84	0.28	2,565.20	21.4
223	2,543.56	0.28	2,564.55	21
225	2,543.67	0.28	2,563.83	20.2
227	2,543.57	0.29	2,562.98	19.4
229	2,543.55	0.29	2,562.68	19.1
231	2,543.47	0.29	2,561.78	18.3
233	2,543.28	0.29	2,560.92	17.6
235	2,543.41	0.3	2,560.83	17.4
237	2,543.44	0.3	2,560.79	17.4
239	2,543.29	0.3	2,560.62	17.3
241	2,543.29	0.3	2,560.36	17.1
243	2,543.15	0.31	2,560.21	17.1
245	2,543.17	0.31	2,560.11	16.9
247	2,543.00	0.31	2,560.04	17
249	2,543.00	0.31	2,560.04	17
251	2,543.27	0.32	2,559.96	16.7
253	2,542.94	0.32	2,559.95	17
255	2,542.98	0.32	2,559.94	17
257	2,542.83	0.32	2,559.93	17.1
259	2,542.92	0.33	2,559.92	17
261	2,542.82	0.33	2,559.91	17.1
263	2,542.85	0.33	2,559.91	17.1
265	2,542.81	0.33	2,559.89	17.1
267	2,542.82	0.34	2,559.89	17.1
269	2,543.08	0.34	2,559.87	16.8
271	2,542.69	0.34	2,559.91	17.2
273	2,542.68	0.34	2,559.92	17.2
275	2,542.67	0.35	2,559.93	17.3
277	2,542.72	0.35	2,559.94	17.2
279	2,542.70	0.35	2,559.96	17.3
281	2,542.69	0.35	2,559.96	17.3
283	2,542.68	0.36	2,559.97	17.3
285	2,543.17	0.36	2,560.00	16.8
288	2,543.17	0.36	2,559.83	16.7
290	2,543.19	0.36	2,559.82	16.6
293	2,542.69	0.37	2,559.89	17.2
296	2,543.46	0.37	2,559.98	16.5
298	2,543.49	0.37	2,560.01	16.5
300	2,543.19	0.38	2,560.01	16.8
302	2,543.18	0.38	2,560.01	16.8

Tabla 25. Resultados de modelación red Olivos I para cada nodo de la red (Reporte 2).

ID	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
304	2,543.06	0.38	2,559.99	16.9
306	2,543.14	0.38	2,559.99	16.8
310	2,542.69	0.39	2,559.91	17.2
314	2,542.69	0.39	2,559.89	17.2
323	2,543.02	0.41	2,560.01	17
351	2,542.98	0.44	2,559.89	16.9
356	2,542.98	0.45	2,559.88	16.9
359	2,543.66	0.45	2,561.59	17.9
363	2,543.68	0.46	2,561.59	17.9
365	2,544.05	0.46	2,565.97	21.9
368	2,544.28	0.46	2,559.88	15.6
370	2,543.00	0.46	2,559.86	16.9
372	2,543.30	0.47	2,560.79	17.5
374	2,542.71	0.47	2,559.96	17.2
604	2,544.42	0.76	2,561.44	17
605	2,543.87	0.76	2,559.89	16
608	2,543.95	0.76	2,560.00	16
609	2,543.74	0.76	2,564.35	20.6
610	2,543.81	0.77	2,564.56	20.8
611	2,543.96	0.77	2,564.91	21
616	2,544.29	0.77	2,566.05	21.8
617	2,544.04	0.77	2,566.28	22.2
619	2,543.76	0.78	2,560.83	17.1
624	2,543.04	0.78	2,560.04	17
653	2,544.52	0.82	2,561.45	16.9
656	2,546.40	0.82	2,572.03	25.6
657	2,546.39	0.83	2,568.92	22.5
658	2,545.84	0.83	2,567.83	22
660	2,545.30	0.83	2,566.97	21.7
661	2,545.37	0.83	2,566.81	21.4
662	2,545.48	0.83	2,566.59	21.1
663	2,544.56	0.83	2,566.00	21.4
664	2,544.00	0.83	2,559.89	15.9
666	2,544.33	0.84	2,561.47	17.1
667	2,545.70	0.84	2,565.95	20.2
668	2,546.02	0.84	2,566.16	20.1
669	2,546.09	0.84	2,566.30	20.2
670	2,545.85	0.84	2,566.58	20.7
671	2,545.77	0.84	2,566.65	20.9
672	2,546.06	0.84	2,567.52	21.5
673	2,546.33	0.85	2,568.21	21.9
674	2,546.43	0.85	2,568.31	21.9
675	2,546.69	0.85	2,570.46	23.8
676	2,546.76	0.85	2,569.35	22.6
677	2,546.98	0.85	2,567.91	20.9
678	2,547.10	0.85	2,567.57	20.5
680	2,546.35	0.85	2,566.59	20.2
681	2,546.37	0.86	2,566.09	19.7
682	2,546.12	0.86	2,565.93	19.8
683	2,546.09	0.86	2,565.91	19.8
684	2,546.04	0.86	2,565.80	19.8
685	2,546.04	0.86	2,565.81	19.8
686	2,546.02	0.86	2,565.69	19.7
687	2,545.97	0.86	2,566.01	20
688	2,546.09	0.86	2,566.01	19.9

Tabla 26. Resultados de modelación red Olivos I para cada nodo de la red (Reporte 3).

ID	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
689	2,546.31	0.87	2,566.16	19.9
690	2,546.46	0.87	2,566.17	19.7
692	2,544.52	0.87	2,561.45	16.9
693	2,544.98	0.87	2,565.20	20.2
694	2,544.27	0.87	2,561.47	17.2
695	2,546.79	0.87	2,568.42	21.6
696	2,547.10	0.87	2,567.29	20.2
697	2,546.34	0.88	2,566.19	19.9
698	2,546.31	0.88	2,566.24	19.9
699	2,546.08	0.88	2,566.28	20.2
701	2,546.35	0.88	2,566.21	19.9
702	2,546.38	0.88	2,566.09	19.7
703	2,546.08	0.88	2,565.91	19.8
704	2,546.04	0.88	2,565.81	19.8
705	2,545.95	0.89	2,565.65	19.7
706	2,545.73	0.89	2,565.48	19.8
707	2,545.34	0.89	2,565.35	20
709	2,545.25	0.89	2,565.36	20.1
711	2,546.54	0.89	2,567.44	20.9
713	2,545.41	0.9	2,566.86	21.5
716	2,546.01	0.9	2,565.69	19.7
717	2,544.53	0.9	2,561.45	16.9
728	2,547.10	0.91	2,566.12	19
729	2,546.12	0.92	2,565.93	19.8
730	2,545.08	0.92	2,565.35	20.3
732	2,545.37	0.92	2,565.36	20
733	2,545.61	0.92	2,565.42	19.8
734	2,545.69	0.92	2,565.50	19.8
737	2,544.21	0.93	2,565.73	21.5
738	2,545.76	0.93	2,565.50	19.7
739	2,545.35	0.93	2,565.36	20
740	2,545.59	0.93	2,565.42	19.8
741	2,545.06	0.93	2,565.35	20.3
742	2,546.37	0.93	2,566.09	19.7
743	2,545.34	0.93	2,565.70	20.4
744	2,545.25	0.93	2,565.36	20.1
745	2,545.11	0.94	2,565.22	20.1
746	2,544.96	0.94	2,565.11	20.1
747	2,544.60	0.94	2,565.06	20.5
748	2,546.47	0.94	2,567.85	21.4
749	2,546.56	0.94	2,567.34	20.8
750	2,546.68	0.94	2,566.85	20.2
751	2,546.71	0.94	2,566.56	19.9
752	2,546.37	0.94	2,566.21	19.8
759	2,546.09	0.95	2,565.91	19.8
903	2,544.02	1.13	2,559.89	15.9
967	2,544.34	1.21	2,561.47	17.1
1030	2,543.34	1.29	2,559.89	16.5

Tabla 27. Resultados de modelación red Olivos I para cada nodo de la red (Reporte 4).

3.4.1.5 Red de distribución los Olivos II (tubos)

ID	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
30	3.7	97.38	PVC	0.43	0.06	0.0001
32	27.58	97.38	PVC	-0.07	0.01	0
34	32.37	97.38	PVC	0.18	0.02	0
36	30.84	97.38	PVC	0.42	0.06	0.0001
42	31.73	97.38	PVC	0.82	0.11	0.0002
44	31.36	97.38	PVC	0.92	0.12	0.0003
46	28.88	97.38	PVC	1.11	0.15	0.0004
50	31.06	97.38	PVC	1.37	0.18	0.0005
52	28.71	97.38	PVC	1.03	0.14	0.0003
57	10.43	143.34	PVC	-1.23	0.08	0.0001
59	1.62	143.34	PVC	-1.59	0.1	0.0002
61	31.33	143.34	PVC	0.86	0.05	0
63	1.35	143.34	PVC	2.46	0.15	0.0004
65	30.32	143.34	PVC	2.11	0.13	0.0002
67	1.75	143.34	PVC	1.8	0.11	0.0002
71	1.32	143.34	PVC	1.82	0.11	0.0002
77	1.72	143.34	PVC	1.95	0.12	0.0002
79	30.4	143.34	PVC	2.03	0.13	0.0002
81	1.37	143.34	PVC	1.68	0.1	0.0002
83	27.5	143.34	PVC	1.73	0.11	0.0001
85	4.32	143.34	PVC	1.3	0.08	0.0001
87	5.68	143.34	PVC	1.44	0.09	0.0001
89	25.73	143.34	PVC	0.87	0.05	0
93	28.72	97.38	PVC	1.98	0.27	0.001
95	1.3	97.38	PVC	1.97	0.26	0.0009
97	29.31	97.38	PVC	1.81	0.24	0.0009
99	1.33	97.38	PVC	1.97	0.26	0.0009
100	27.26	97.38	PVC	1.91	0.26	0.0009
102	1.43	97.38	PVC	2.81	0.38	0.0019
104	26.55	97.38	PVC	2.06	0.28	0.0011
106	77.5	97.38	PVC	1.93	0.26	0.001
122	25.58	97.38	PVC	7.52	1.01	0.0106
124	1.01	97.38	PVC	5.85	0.78	0.0068
126	35.59	97.38	PVC	8.53	1.15	0.0132
128	1.06	97.38	PVC	7.51	1.01	0.0104
132	5.1	97.38	PVC	9.54	1.28	0.0162
134	27.2	97.38	PVC	7.34	0.99	0.0101
136	5.38	97.38	PVC	9.19	1.23	0.0151
138	26.44	97.38	PVC	5.96	0.8	0.007
140	5.1	97.38	PVC	8.44	1.13	0.0129
144	3.46	143.34	PVC	-7.36	0.46	0.0016
148	92.16	97.38	PVC	-2.91	0.39	0.002
153	41.62	97.38	PVC	4.09	0.55	0.0036
155	44.41	97.38	PVC	2.21	0.3	0.0012
157	16.37	97.38	PVC	0.68	0.09	0.0002
161	31.86	97.38	PVC	1.12	0.15	0.0004
163	31.74	97.38	PVC	0.74	0.1	0.0002
165	30.75	97.38	PVC	0.38	0.05	0
169	1.31	143.34	PVC	3.66	0.23	0.0005
173	30.71	97.38	PVC	1.9	0.25	0.0009
175	26.58	97.38	PVC	1.58	0.21	0.0007
177	4.1	97.38	PVC	3.32	0.45	0.0025
179	30.27	97.38	PVC	3.03	0.41	0.0021
180	26.07	97.38	PVC	3.43	0.46	0.0026
181	77.81	75.74	PVC	0.62	0.14	0.0004
182	78.24	75.74	PVC	0.07	0.01	0
183	78.69	75.74	PVC	-0.1	0.02	0
184	79.06	75.74	PVC	-0.08	0.02	0
194	65.96	75.74	PVC	-2.73	0.61	0.0058
199	12.9	75.74	PVC	2.65	0.59	0.0055
201	3.77	75.74	PVC	2.01	0.45	0.0034
203	3.97	75.74	PVC	1.24	0.28	0.0014
214	16.29	143.34	PVC	29.41	1.82	0.0191
216	3.6	143.34	PVC	28.68	1.78	0.0182
219	30.67	75.74	PVC	2.84	0.63	0.0063
220	11.55	75.74	PVC	-3.91	0.87	0.011
224	33.57	143.34	PVC	29.8	1.85	0.0196
226	32.88	143.34	PVC	31.56	1.96	0.0217
228	33.55	143.34	PVC	34.34	2.13	0.0253
230	8.22	143.34	PVC	42.32	2.62	0.0369

Tabla 28. Resultados de modelación red Olivos II para cada tubo de la red (Reporte 1).

ID	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
232	24.83	143.34	PVC	42.03	2.6	0.0364
236	6.31	143.34	PVC	24.02	1.49	0.0132
238	3.49	143.34	PVC	22.95	1.42	0.0122
240	15.08	143.34	PVC	22.19	1.37	0.0115
242	33.96	143.34	PVC	17.49	1.08	0.0075
244	32.35	143.34	PVC	13.74	0.85	0.0049
246	31.91	143.34	PVC	10.75	0.67	0.0031
248	31.21	143.34	PVC	8.31	0.52	0.002
250	4.76	143.34	PVC	7.22	0.45	0.0016
254	27.78	75.74	PVC	0.54	0.12	0.0003
256	1.49	75.74	PVC	0.93	0.21	0.001
260	8.53	75.74	PVC	0.94	0.21	0.0009
262	27.59	75.74	PVC	0.61	0.14	0.0004
264	2.44	75.74	PVC	0.92	0.2	0.0009
266	39.83	75.74	PVC	0.59	0.13	0.0004
268	6.02	75.74	PVC	0.98	0.22	0.0009
276	6.43	143.34	PVC	-5.25	0.33	0.0009
278	28.44	143.34	PVC	-3.77	0.23	0.0005
280	24.17	143.34	PVC	-4.76	0.29	0.0007
282	3.42	143.34	PVC	-5.58	0.35	0.001
284	5.41	143.34	PVC	-3.98	0.25	0.0006
286	38.43	143.34	PVC	-4.99	0.31	0.0008
289	41.9	75.74	PVC	1.03	0.23	0.0011
292	6.14	97.38	PVC	-2.32	0.31	0.0014
295	28.89	143.34	PVC	3.94	0.24	0.0005
299	5.96	97.38	PVC	-4.62	0.62	0.0044
301	28.27	97.38	PVC	-0.6	0.08	0.0001
303	2.8	97.38	PVC	2.47	0.33	0.0015
307	17.39	97.38	PVC	0.21	0.03	0
311	1.37	143.34	PVC	-5.75	0.36	0.0011
316	1.02	143.34	PVC	-5.96	0.37	0.0012
317	25.93	143.34	PVC	-4.69	0.29	0.0007
325	10.09	97.38	PVC	2.42	0.32	0.0014
352	3.68	143.34	PVC	3.06	0.19	0.0003
353	27.07	143.34	PVC	2.17	0.13	0.0002
361	3.41	143.34	PVC	-7.18	0.44	0.0015
380	2.74	97.38	PVC	0	0	0
381	4.8	97.38	PVC	0	0	0
383	29.59	97.38	PVC	0.6	0.08	0.0001
384	3.75	97.38	PVC	0.6	0.08	0.0002
386	3.67	97.38	PVC	1.39	0.19	0.0005
387	91.23	97.38	PVC	1.39	0.19	0.0005
389	83.72	75.74	PVC	-0.29	0.06	0.0001
390	3.6	75.74	PVC	-0.29	0.06	0.0001
392	83.54	75.74	PVC	-0.28	0.06	0.0001
393	3.51	75.74	PVC	-0.28	0.06	0.0001
395	83.77	75.74	PVC	-0.22	0.05	0
396	3.24	75.74	PVC	-0.22	0.05	0
399	83.67	97.38	PVC	-0.27	0.04	0
400	3.31	97.38	PVC	-0.27	0.04	0
402	83.64	75.74	PVC	-0.15	0.03	0
403	3.41	75.74	PVC	-0.15	0.03	0
405	83.71	75.74	PVC	-0.25	0.06	0.0001
406	3.41	75.74	PVC	-0.25	0.06	0.0001
408	83.61	75.74	PVC	-0.33	0.07	0.0001
409	3.57	75.74	PVC	-0.33	0.07	0.0001
411	6.29	97.38	PVC	2.01	0.27	0.001
412	23.96	97.38	PVC	2.01	0.27	0.001
414	84.19	75.74	PVC	-0.04	0.01	0
415	3.5	75.74	PVC	-0.04	0.01	0
417	84.63	75.74	PVC	0.28	0.06	0.0001
418	3.43	75.74	PVC	0.28	0.06	0.0002
420	84.69	97.38	PVC	0.97	0.13	0.0003
421	3.74	97.38	PVC	0.97	0.13	0.0002
423	3.62	143.34	PVC	-1.26	0.08	0.0001
424	75.33	143.34	PVC	-1.26	0.08	0.0001
426	3.49	143.34	PVC	2.19	0.14	0.0002
427	26.96	143.34	PVC	2.19	0.14	0.0002
429	3.36	97.38	PVC	-0.46	0.06	0.0001
433	34.49	97.38	PVC	9.22	1.24	0.0152

Tabla 29. Resultados de modelación red Olivos II para cada tubo de la red (Reporte 2).

ID	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
435	22.98	97.38	PVC	8.46	1.14	0.013
436	3.44	97.38	PVC	8.46	1.14	0.013
438	23.78	97.38	PVC	0	0	0
439	6.17	97.38	PVC	0	0	0
441	2.19	97.38	PVC	0	0	0
442	28.21	97.38	PVC	0	0	0
444	3.24	75.74	PVC	-0.8	0.18	0.0006
445	24.14	75.74	PVC	-0.8	0.18	0.0007
447	3.76	143.34	PVC	29.21	1.81	0.0189
448	33.27	143.34	PVC	29.21	1.81	0.0189
450	3.45	75.74	PVC	-0.87	0.19	0.0008
451	65.38	75.74	PVC	-0.87	0.19	0.0008
453	3.42	75.74	PVC	-2.04	0.45	0.0035
454	75.26	75.74	PVC	-2.04	0.45	0.0035
456	3.44	75.74	PVC	-3.06	0.68	0.0071
457	84.93	75.74	PVC	-3.06	0.68	0.0071
459	3.51	97.38	PVC	-8.26	1.11	0.0125
460	94.68	97.38	PVC	-8.26	1.11	0.0125
465	3.57	143.34	PVC	7.54	0.47	0.0017
466	102.28	143.34	PVC	7.53	0.47	0.0017
468	30.64	143.34	PVC	34.2	2.12	0.0251
469	3.53	143.34	PVC	34.2	2.12	0.0251
471	17.35	97.38	PVC	-9.89	1.33	0.0172
472	3.39	97.38	PVC	-9.89	1.33	0.0172
474	3.33	97.38	PVC	0.78	0.1	0.0002
475	10.59	97.38	PVC	0.78	0.1	0.0002
477	3.39	97.38	PVC	4.39	0.59	0.0041
478	146.91	97.38	PVC	4.39	0.59	0.0041
480	10.18	97.38	PVC	3.45	0.46	0.0027
481	122.81	97.38	PVC	3.45	0.46	0.0026
483	8.83	97.38	PVC	2.69	0.36	0.0017
484	107.52	97.38	PVC	2.69	0.36	0.0017
486	8.73	97.38	PVC	2.13	0.29	0.0011
487	91.39	97.38	PVC	2.13	0.29	0.0011
489	26.69	143.34	PVC	-6.06	0.38	0.0011
490	8.72	143.34	PVC	-6.06	0.38	0.0011
492	6.01	75.74	PVC	0.85	0.19	0.0007
493	100.53	75.74	PVC	0.85	0.19	0.0008
495	7	75.74	PVC	0.71	0.16	0.0006
496	83.67	75.74	PVC	0.71	0.16	0.0006
498	7.15	75.74	PVC	0.65	0.14	0.0005
499	65.05	75.74	PVC	0.65	0.14	0.0005
501	7.01	75.74	PVC	0.64	0.14	0.0005
502	57.49	75.74	PVC	0.64	0.14	0.0005
504	5.91	75.74	PVC	0.72	0.16	0.0006
505	44.72	75.74	PVC	0.72	0.16	0.0006
507	22	143.34	PVC	-4.19	0.26	0.0006
508	3.29	143.34	PVC	-4.19	0.26	0.0005
510	55.46	75.74	PVC	-0.73	0.16	0.0006
511	3.33	75.74	PVC	-0.73	0.16	0.0005
513	77.33	97.38	PVC	-1.65	0.22	0.0007
514	3.37	97.38	PVC	-1.65	0.22	0.0007
516	6	97.38	PVC	2.2	0.29	0.0012
517	23.74	97.38	PVC	2.2	0.29	0.0012
519	25.52	97.38	PVC	-0.07	0.01	0
520	5.85	97.38	PVC	-0.07	0.01	0
522	2.66	75.74	PVC	-0.25	0.05	0.0001
523	76.33	75.74	PVC	-0.25	0.05	0.0001
525	2.91	75.74	PVC	-0.15	0.03	0.0001
526	76.11	75.74	PVC	-0.15	0.03	0
528	3.06	75.74	PVC	-0.18	0.04	0
529	76.01	75.74	PVC	-0.18	0.04	0
531	72.29	97.38	PVC	-0.46	0.06	0.0001
532	3.45	97.38	PVC	-1.75	0.23	0.0008
534	16.49	97.38	PVC	3.07	0.41	0.0022
535	6.06	97.38	PVC	3.07	0.41	0.0022
537	102.04	97.38	PVC	1.34	0.18	0.0005
538	3.17	97.38	PVC	1.34	0.18	0.0006
540	3.41	97.38	PVC	-2.59	0.35	0.0016
541	23.64	97.38	PVC	-2.59	0.35	0.0016

Tabla 30. Resultados de modelación red Olivos II para cada tubo de la red (Reporte 3).

ID	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
543	131.33	97.38	PVC	1.68	0.23	0.0008
544	3.79	97.38	PVC	1.68	0.23	0.0007
546	159.76	97.38	PVC	2.52	0.34	0.0015
547	3.4	97.38	PVC	2.52	0.34	0.0015
549	2.33	97.38	PVC	6.79	0.91	0.0088
550	45.03	97.38	PVC	6.79	0.91	0.0088
555	124.45	97.38	PVC	1.66	0.22	0.0007
556	3.26	97.38	PVC	1.66	0.22	0.0007
558	99.43	97.38	PVC	1.95	0.26	0.001
559	3.26	97.38	PVC	1.95	0.26	0.001
561	72.29	97.38	PVC	1.83	0.25	0.0009
562	2.55	97.38	PVC	1.83	0.25	0.0009
564	26.9	97.38	PVC	1.95	0.26	0.001
565	3.43	97.38	PVC	1.95	0.26	0.001
567	3.45	75.74	PVC	0.47	0.1	0.0003
568	6.09	75.74	PVC	0.47	0.1	0.0003
570	28.64	75.74	PVC	0.61	0.14	0.0004
571	3.22	75.74	PVC	0.61	0.14	0.0005
573	30.13	75.74	PVC	0.64	0.14	0.0005
574	3.3	75.74	PVC	0.64	0.14	0.0005
576	3.34	97.38	PVC	-1.96	0.26	0.001
577	28.69	97.38	PVC	-1.96	0.26	0.001
580	3.47	75.74	PVC	0.45	0.1	0.0003
581	6.07	75.74	PVC	0.45	0.1	0.0002
583	3.54	75.74	PVC	0.46	0.1	0.0003
584	6	75.74	PVC	0.46	0.1	0.0003
587	3.42	75.74	PVC	0.47	0.1	0.0003
588	6.12	75.74	PVC	0.47	0.1	0.0003
590	3.41	75.74	PVC	0.46	0.1	0.0003
591	6.13	75.74	PVC	0.46	0.1	0.0002
593	3.4	75.74	PVC	0.47	0.1	0.0003
594	6.14	75.74	PVC	0.46	0.1	0.0002
597	91.48	143.34	PVC	-6.27	0.39	0.0012
599	3.46	97.38	PVC	0.78	0.11	0.0003
600	8.96	97.38	PVC	0.78	0.11	0.0002
753	0.48	101.6	PVC	15.09	1.86	0.0298
754	0.55	101.6	PVC	5.24	0.65	0.0049
755	0.59	76.2	PVC	-1.58	0.35	0.0025
756	0.64	101.6	PVC	6.74	0.83	0.007
757	1.07	76.2	PVC	0.88	0.19	0.0006
758	1.09	76.2	PVC	-0.4	0.09	0.0003
760	1.12	76.2	PVC	1.64	0.36	0.0024
761	1.18	76.2	PVC	0.79	0.17	0.0008
762	1.25	76.2	PVC	-1.23	0.27	0.0014
765	1.68	152.4	PVC	-1.21	0.07	0
766	1.74	76.2	PVC	-0.12	0.03	0
767	1.68	101.6	PVC	5.24	0.65	0.0044
768	1.73	76.2	PVC	-7.48	1.64	0.0338
769	1.91	101.6	PVC	-8.57	1.06	0.0109
770	1.91	76.2	PVC	-0.92	0.2	0.0008
771	2	76.2	PVC	-4.78	1.05	0.0153
773	2.03	152.4	PVC	-21.46	1.18	0.008
774	2.28	152.4	PVC	-5.4	0.3	0.0008
775	2.32	76.2	PVC	-0.92	0.2	0.0009
776	2.53	101.6	PVC	12.35	1.52	0.021
777	2.93	76.2	PVC	2.74	0.6	0.0057
778	3.09	152.4	PVC	58.55	3.21	0.0495
779	3.09	76.2	PVC	0.81	0.18	0.0007
780	3.22	76.2	PVC	2.54	0.56	0.0049
781	3.31	76.2	PVC	0.92	0.2	0.0008
782	3.37	76.2	PVC	0	0	0
783	3.38	76.2	PVC	0.55	0.12	0.0004
784	3.6	76.2	PVC	-0.92	0.2	0.0009
785	4.38	101.6	PVC	13.25	1.63	0.0238
786	4.48	101.6	PVC	14.21	1.75	0.027
787	4.59	76.2	PVC	-3.7	0.81	0.0097
788	4.64	76.2	PVC	2.49	0.55	0.0048
791	4.93	76.2	PVC	-2.82	0.62	0.006
792	5.08	76.2	PVC	2.14	0.47	0.0037
793	5.16	76.2	PVC	4.4	0.96	0.0131

Tabla 31. Resultados de modelación red Olivos II para cada tubo de la red (Reporte 4).

ID	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
794	5.26	152.4	PVC	-15.87	0.87	0.0047
796	5.4	152.4	PVC	-5.4	0.3	0.0007
797	6.68	101.6	PVC	-10.28	1.27	0.0151
799	7.83	101.6	PVC	8.1	1	0.0098
800	7.92	76.2	PVC	-7.89	1.73	0.0373
801	7.91	152.4	PVC	-17.34	0.95	0.0055
803	8.15	76.2	PVC	-4.13	0.91	0.0118
805	8.99	76.2	PVC	-6.04	1.32	0.0231
808	10.77	76.2	PVC	-4.47	0.98	0.0135
809	10.89	152.4	PVC	0.92	0.05	0
810	13.86	76.2	PVC	0.91	0.2	0.0008
811	14.43	152.4	PVC	21.46	1.18	0.0081
812	13.68	101.6	PVC	8.11	1	0.0099
814	18.16	152.4	PVC	-21.46	1.18	0.0081
817	22.74	76.2	PVC	-0.46	0.1	0.0003
819	24	76.2	PVC	-7.48	1.64	0.0339
820	24.15	76.2	PVC	5.08	1.11	0.017
823	26.31	101.6	PVC	7.99	0.99	0.0096
825	26.1	76.2	PVC	-0.12	0.03	0
827	26.82	76.2	PVC	3.91	0.86	0.0107
828	26.87	76.2	PVC	2.78	0.61	0.0058
829	27.19	76.2	PVC	2.54	0.56	0.005
830	27.55	152.4	PVC	-17.64	0.97	0.0057
831	27.84	152.4	PVC	-44.26	2.43	0.0298
832	28.75	152.4	PVC	58.55	3.21	0.0495
833	28.88	152.4	PVC	26.44	1.45	0.0117
834	29.91	152.4	PVC	49.81	2.73	0.0369
835	30.08	76.2	PVC	4.75	1.04	0.0151
836	30.38	152.4	PVC	-16.45	0.9	0.005
839	30.63	76.2	PVC	4.09	0.9	0.0116
840	31.23	152.4	PVC	31.76	1.74	0.0163
842	31.28	152.4	PVC	-4.39	0.24	0.0005
843	32.93	101.6	PVC	-3.22	0.4	0.0019
844	31.58	76.2	PVC	-5.84	1.28	0.0218
845	31.74	101.6	PVC	4.54	0.56	0.0035
846	31.77	76.2	PVC	2.01	0.44	0.0033
847	32.61	101.6	PVC	3.42	0.42	0.0021
848	30.68	101.6	PVC	6.84	0.84	0.0073
849	32.2	101.6	PVC	2.68	0.33	0.0014
851	32.33	152.4	PVC	-47.58	2.61	0.034
852	32.34	152.4	PVC	-8.98	0.49	0.0017
853	32.72	76.2	PVC	1.69	0.37	0.0024
854	33.04	152.4	PVC	42.92	2.35	0.0282
856	33.64	152.4	PVC	-2.48	0.14	0.0002
857	34.24	76.2	PVC	-2.41	0.53	0.0045
858	34.43	101.6	PVC	7.36	0.91	0.0083
859	38.49	101.6	PVC	7.54	0.93	0.0087
860	41.59	76.2	PVC	0	0	0
862	44.06	152.4	PVC	-112.17	6.15	0.1625
863	46.23	152.4	PVC	-30.18	1.65	0.0149
865	49.01	76.2	PVC	4.4	0.96	0.0131
866	49.83	76.2	PVC	-7.89	1.73	0.0373
868	54.01	76.2	PVC	1.43	0.31	0.0018
870	55.93	76.2	PVC	-6.04	1.32	0.0231
871	56.32	101.6	PVC	4.52	0.56	0.0035
872	56.8	76.2	PVC	1.67	0.37	0.0024
873	58.36	152.4	PVC	-3.35	0.18	0.0003
875	58.22	76.2	PVC	2.49	0.55	0.0048
876	58.59	76.2	PVC	-2.46	0.54	0.0047
878	64.89	101.6	PVC	-10.28	1.27	0.0151
880	67.86	76.2	PVC	-4.47	0.98	0.0135
882	71.78	152.4	PVC	-19.73	1.08	0.0069
883	75.78	152.4	PVC	-52.8	2.89	0.041
884	77.8	76.2	PVC	-4.13	0.91	0.0118
885	81.42	76.2	PVC	-4.78	1.05	0.0152
886	82.32	76.2	PVC	1.25	0.27	0.0014
887	84.05	76.2	PVC	1.86	0.41	0.0029
889	85.83	76.2	PVC	-0.11	0.02	0
890	86.09	76.2	PVC	1.64	0.36	0.0023
891	92.75	76.2	PVC	0.91	0.2	0.0008

Tabla 32. Resultados de modelación red Olivos II para cada tubo de la red (Reporte 5).

ID	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
892	94.28	152.4	PVC	-20.58	1.13	0.0075
893	94.28	101.6	PVC	-8.57	1.06	0.0109
901	5.77	152.4	PVC	-0.76	0.04	0.0001
905	2.11	152.4	PVC	-1.6	0.09	0
910	3.63	143.34	PVC	6.27	0.39	0.0012
912	0.79	75.74	PVC	1.52	0.34	0.0019
913	1.02	75.74	PVC	1.56	0.35	0.002
915	2.75	76.2	PVC	3.42	0.75	0.0084
916	81.97	76.2	PVC	3.42	0.75	0.0084
918	2.68	76.2	PVC	2.78	0.61	0.0058
919	64.5	76.2	PVC	2.78	0.61	0.0058
921	2.87	76.2	PVC	2.01	0.44	0.0033
922	59.09	76.2	PVC	2.01	0.44	0.0033
924	2.11	76.2	PVC	1.11	0.24	0.0011
925	95.5	76.2	PVC	1.11	0.24	0.0012
927	2.48	76.2	PVC	-0.59	0.13	0.0005
928	94.9	76.2	PVC	-0.59	0.13	0.0004
930	95.05	76.2	PVC	0.73	0.16	0.0006
931	2.85	76.2	PVC	0.73	0.16	0.0006
933	3.94	76.2	PVC	-1.96	0.43	0.0032
934	28.76	76.2	PVC	-1.96	0.43	0.0032
936	3.78	97.38	PVC	-9.22	1.24	0.0152
942	15.73	152.4	PVC	0.47	0.03	0
943	3.24	152.4	PVC	0.47	0.03	0
945	3.44	75.74	PVC	0.46	0.1	0.0003
946	6.11	75.74	PVC	0.46	0.1	0.0002
951	1.25	152.4	PVC	-12.47	0.68	0.0031
952	24.78	152.4	PVC	-12.47	0.68	0.0031
961	23.34	101.6	PVC	5.85	0.72	0.0055
962	1.82	101.6	PVC	5.85	0.72	0.0056
965	3.31	97.38	PVC	0.46	0.06	0.0001
966	84.56	97.38	PVC	0.46	0.06	0.0001
969	6.45	101.6	PVC	0	0	0
970	21.15	101.6	PVC	0	0	0
978	50.53	76.2	PVC	-4.69	1.03	0.0147
979	1.29	76.2	PVC	-4.69	1.03	0.0147
980	16.47	152.4	PVC	-18.99	1.04	0.0065
982	1.18	152.4	PVC	-14.61	0.8	0.004
983	25.55	152.4	PVC	-14.61	0.8	0.0041
990	1.59	76.2	PVC	4.96	1.09	0.0163
991	28.84	76.2	PVC	4.96	1.09	0.0163
993	6.03	76.2	PVC	4.19	0.92	0.012
994	2.19	76.2	PVC	4.19	0.92	0.0121
996	3.14	101.6	PVC	5.27	0.65	0.0045
997	30.05	101.6	PVC	5.27	0.65	0.0046
1000	20.93	76.2	PVC	-2.29	0.5	0.0041
1001	1.84	76.2	PVC	-2.29	0.5	0.0041
1003	4.57	76.2	PVC	-3.01	0.66	0.0067
1004	53.58	76.2	PVC	-3.01	0.66	0.0067
1006	41.26	76.2	PVC	-4.57	1	0.0141
1007	2.02	76.2	PVC	-4.57	1	0.014
1009	6.31	76.2	PVC	-1.35	0.3	0.0017
1010	65.46	76.2	PVC	-1.35	0.3	0.0017
1016	0.51	152.4	PVC	0.9	0.05	0
1017	0.95	152.4	PVC	44.26	2.43	0.0295
1020	1.22	152.4	PVC	0	0	0
1021	54.7	152.4	PVC	0	0	0
1023	2.04	152.4	PVC	0	0	0
1024	29.21	152.4	PVC	0	0	0
1026	2.36	97.38	PVC	0.13	0.02	0
1027	22.86	97.38	PVC	0.13	0.02	0

Tabla 33. Resultados de modelación red Olivos II para cada tubo de la red (Reporte 6).

3.4.1.6 Red de distribución los Olivos II (válvulas)

ID	Diameter (Valve) (mm)	Headloss Coefficient Setting (Initial)	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (L/s)	Hydraulic Grade (From) (m)	Hydraulic Grade (To) (m)	Headloss (m)
379	97.38	0	0.39	0	2,561.44	2,559.89	0
382	97.38	0	0.39	0.6	2,559.88	2,559.88	0
385	97.38	0	0.39	1.39	2,559.85	2,559.85	0
388	75.74	0	0.39	-0.29	2,559.89	2,559.89	0
391	75.74	0	0.39	-0.28	2,559.89	2,559.89	0
394	75.74	0	0.39	-0.22	2,559.89	2,559.89	0
398	97.38	0	0.39	-0.27	2,559.88	2,559.88	0
401	75.74	0	0.39	-0.15	2,559.87	2,559.87	0
404	75.74	0	0.39	-0.25	2,559.87	2,559.87	0
407	75.74	0	0.39	-0.33	2,559.87	2,559.87	0
410	97.38	0	0.39	2.01	2,559.86	2,559.86	0
413	75.74	0	0.39	-0.04	2,559.80	2,559.80	0
416	75.74	0	0.39	0.28	2,559.78	2,559.78	0
419	97.38	0	0.39	0.97	2,559.75	2,559.75	0
422	143.34	0	0.39	-1.26	2,559.86	2,559.86	0
425	143.34	0	0.39	2.19	2,559.88	2,559.88	0
428	97.38	0	0.39	-0.46	2,559.88	2,559.88	0
431	97.38	0	0.39	9.22	2,566.53	2,566.53	0
434	97.38	0	0.39	8.46	2,564.95	2,564.95	0
437	97.38	0	0.39	0	2,564.21	2,561.59	0
440	97.38	0	0.39	0	2,561.60	2,560.38	0
443	75.74	0	0.39	-0.8	2,565.90	2,565.90	0
446	143.34	0	0.39	29.21	2,565.83	2,565.83	0
449	75.74	0	0.39	-0.87	2,565.21	2,565.21	0
452	75.74	0	0.39	-2.04	2,564.56	2,564.56	0
455	75.74	0	0.39	-3.06	2,563.86	2,563.86	0
458	97.38	0	0.39	-8.26	2,563.03	2,563.03	0
464	143.34	0	0.39	7.53	2,561.77	2,561.77	0
467	143.34	0	0.39	34.2	2,561.01	2,561.01	0
470	97.38	0	0.39	-9.89	2,560.86	2,560.86	0
473	97.38	0	0.39	0.78	2,560.83	2,560.83	0
476	97.38	0	0.39	4.39	2,560.60	2,560.60	0
479	97.38	0	0.39	3.45	2,560.34	2,560.34	0
482	97.38	0	0.39	2.69	2,560.19	2,560.19	0
485	97.38	0	0.39	2.13	2,560.10	2,560.10	0
488	143.34	0	0.39	-6.06	2,560.03	2,560.03	0
491	75.74	0	0.39	0.85	2,560.03	2,560.03	0
494	75.74	0	0.39	0.71	2,559.99	2,559.99	0
497	75.74	0	0.39	0.65	2,559.96	2,559.96	0
500	75.74	0	0.39	0.64	2,559.94	2,559.94	0
503	75.74	0	0.39	0.72	2,559.92	2,559.92	0
506	143.34	0	0.39	-4.19	2,559.92	2,559.92	0
509	75.74	0	0.39	-0.73	2,559.90	2,559.90	0
512	97.38	0	0.39	-1.65	2,559.88	2,559.88	0
515	97.38	0	0.39	2.2	2,559.86	2,559.86	0
518	97.38	0	0.39	-0.07	2,559.87	2,559.87	0
521	75.74	0	0.39	-0.25	2,559.87	2,559.87	0
524	75.74	0	0.39	-0.15	2,559.87	2,559.87	0
527	75.74	0	0.39	-0.18	2,559.87	2,559.87	0
533	97.38	0	0.39	3.07	2,559.90	2,559.90	0
536	97.38	0	0.39	1.34	2,559.89	2,559.89	0
539	97.38	0	0.39	-2.59	2,559.94	2,559.94	0
542	97.38	0	0.39	1.68	2,559.90	2,559.90	0
545	97.38	0	0.39	2.52	2,559.90	2,559.90	0
548	97.38	0	0.39	6.79	2,560.54	2,560.54	0
554	97.38	0	0.39	1.66	2,559.89	2,559.89	0
557	97.38	0	0.39	1.95	2,559.91	2,559.91	0

Tabla 34. Resultados de modelación red Olivos II para cada válvula de la red (Reporte 1).

ID	Diameter (Valve) (mm)	Headloss Coefficient Setting (Initial)	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (L/s)	Hydraulic Grade (From) (m)	Hydraulic Grade (To) (m)	Headloss (m)
560	97.38	0	0.39	1.83	2,559.93	2,559.93	0
563	97.38	0	0.39	1.95	2,559.97	2,559.97	0
566	75.74	0	0.39	0.47	2,559.96	2,559.96	0
569	75.74	0	0.39	0.61	2,559.93	2,559.93	0
572	75.74	0	0.39	0.64	2,559.87	2,559.87	0
575	97.38	0	0.39	-1.96	2,559.79	2,559.79	0
579	75.74	0	0.39	0.45	2,559.88	2,559.88	0
582	75.74	0	0.39	0.46	2,561.59	2,561.59	0
586	75.74	0	0.39	0.47	2,560.79	2,560.79	0
589	75.74	0	0.39	0.46	2,565.97	2,565.97	0
592	75.74	0	0.39	0.46	2,559.86	2,559.86	0
595	143.34	0	0.39	-6.27	2,561.48	2,561.48	0
598	97.38	0	0.39	0.78	2,560.04	2,560.04	0
627	76.2	0	0.39	-0.12	2,566.01	2,566.01	0
630	152.4	0	0.39	58.55	2,571.88	2,571.88	0
631	76.2	0	0.39	2.49	2,567.80	2,567.80	0
635	101.6	0	0.39	8.11	2,566.08	2,566.08	0
636	101.6	0	0.39	-8.57	2,566.32	2,566.32	0
637	76.2	0	0.39	-4.78	2,566.61	2,566.61	0
638	76.2	0	0.39	-7.48	2,566.71	2,566.71	0
639	76.2	0	0.39	-7.89	2,570.16	2,570.16	0
640	76.2	0	0.39	-6.04	2,569.15	2,569.15	0
641	152.4	0	0.39	-21.46	2,567.31	2,567.31	0
642	76.2	0	0.39	0.91	2,566.13	2,566.13	0
644	101.6	0	0.39	5.24	2,565.80	2,565.80	0
645	76.2	0	0.39	1.64	2,565.42	2,565.42	0
646	76.2	0	0.39	2.54	2,565.33	2,565.33	0
647	76.2	0	0.39	2.78	2,564.71	2,564.71	0
648	76.2	0	0.39	2.01	2,565.01	2,565.01	0
652	101.6	0	0.39	-10.28	2,568.32	2,568.32	0
914	76.2	0	0.39	3.42	2,565.04	2,565.04	0
917	76.2	0	0.39	2.78	2,565.09	2,565.09	0
920	76.2	0	0.39	2.01	2,565.21	2,565.21	0
923	76.2	0	0.39	1.11	2,565.36	2,565.36	0
926	76.2	0	0.39	-0.59	2,565.70	2,565.70	0
929	76.2	0	0.39	0.73	2,565.95	2,565.95	0
932	76.2	0	0.39	-1.96	2,559.91	2,559.91	0
941	152.4	0	0.39	0.47	2,559.89	2,559.89	0
944	75.74	0	0.39	0.46	2,559.88	2,559.88	0
950	152.4	0	0.39	-12.47	2,565.42	2,565.42	0
953	152.4	0	0.39	-5.4	2,561.47	2,561.47	0
956	152.4	0	0.39	21.46	2,567.46	2,567.46	0
959	152.4	0	0.39	-44.26	2,567.00	2,567.00	0
960	101.6	0	0.39	5.85	2,565.23	2,565.23	0
964	97.38	0	0.39	0.46	2,559.89	2,559.89	0
968	101.6	0	0.39	0	2,561.47	2,565.06	0
977	97.38	0	0.39	-4.69	2,566.79	2,566.79	0
981	97.38	0	0.39	-14.61	2,565.81	2,565.81	0
984	76.2	0	0.39	-4.47	2,567.77	2,567.77	0
985	76.2	0	0.39	-4.13	2,567.48	2,567.48	0
989	76.2	0	0.39	4.96	2,567.32	2,567.32	0
992	76.2	0	0.39	4.19	2,567.37	2,567.37	0
995	101.6	0	0.39	5.27	2,566.15	2,566.15	0
998	76.2	0	0.39	4.4	2,568.86	2,568.86	0
999	76.2	0	0.39	-2.29	2,568.30	2,568.30	0
1002	76.2	0	0.39	-3.01	2,566.20	2,566.20	0
1005	76.2	0	0.39	-4.57	2,566.82	2,566.82	0
1008	76.2	0	0.39	-1.35	2,566.10	2,566.10	0
1018	76.2	0	0.39	0	2,561.45	2,565.20	0
1019	152.4	0	0.39	0	2,561.45	2,565.35	0
1022	152.4	0	0.39	0	2,561.47	2,559.89	0
1025	97.38	0	0.39	0.13	2,560.01	2,560.01	0

Tabla 35. Resultados de modelación red Olivos II para cada válvula de la red (Reporte 2).

3.4.1.7 Red de distribución los Olivos IV (nodos)

ID	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
27	2,543.43	0.03	2,586.92	43.5
30	2,543.17	0.03	2,586.65	43.5
33	2,543.54	0.03	2,586.83	43.3
39	2,543.42	0.04	2,586.99	43.6
40	2,543.41	0.04	2,587.03	43.6
42	2,542.93	0.04	2,586.77	43.8
45	2,543.35	0.05	2,586.82	43.5
46	2,543.34	0.05	2,586.82	43.5
51	2,543.74	0.05	2,586.89	43.2
53	2,543.03	0.06	2,586.65	43.6
54	2,543.00	(N/A)	(N/A)	(N/A)
56	2,543.15	0.06	2,586.65	43.5
57	2,543.11	0.06	2,586.65	43.5
59	2,543.20	0.06	2,586.82	43.6
60	2,543.30	0.06	2,586.83	43.5
62	2,543.12	0.06	2,586.65	43.5
63	2,543.23	0.07	2,586.65	43.4
65	2,543.45	0.07	2,586.65	43.2
66	2,543.17	0.07	2,586.65	43.5
68	2,543.40	0.07	2,586.83	43.4
70	2,543.10	0.07	2,586.67	43.6
71	2,543.12	0.07	2,586.66	43.5
73	2,543.35	0.08	2,586.65	43.3
75	2,543.01	0.08	2,586.67	43.7
78	2,543.20	0.08	2,586.79	43.6
80	2,542.97	0.08	2,586.70	43.7
82	2,543.15	0.09	2,586.79	43.6
84	2,543.13	0.09	2,586.65	43.5
86	2,543.34	0.09	2,586.81	43.5
87	2,543.44	0.09	2,586.81	43.4
89	2,542.92	1.34	2,586.67	43.8
91	2,543.33	0.09	2,586.80	43.5
96	2,543.52	0.1	2,586.82	43.3
99	2,543.41	0.1	2,586.82	43.4
100	2,543.26	0.1	2,586.81	43.6
102	2,543.00	0.11	2,586.65	43.6
103	2,542.98	0.11	2,586.65	43.7
105	2,543.20	0.11	2,586.66	43.5
108	2,543.11	0.11	2,586.81	43.7
110	2,543.30	0.11	2,586.87	43.6
111	2,543.27	0.12	2,586.87	43.6
113	2,543.15	0.12	2,586.87	43.7
115	2,543.45	0.12	2,586.84	43.4
121	2,543.22	0.13	2,586.89	43.7
123	2,543.50	0.13	2,586.87	43.4
130	2,543.11	0.14	2,586.65	43.5
136	2,543.11	0.14	2,586.87	43.8
137	2,543.09	0.14	2,586.87	43.8
139	2,543.30	0.14	2,586.87	43.6
145	2,543.10	0.15	2,586.65	43.5
152	2,543.10	0.16	2,586.67	43.6
161	2,543.21	0.17	2,586.87	43.7
163	2,543.16	0.17	2,586.88	43.7
174	2,543.41	(N/A)	(N/A)	(N/A)
183	2,543.41	0.19	2,587.03	43.6
187	2,543.15	0.19	2,586.79	43.6
191	2,543.30	0.2	2,586.80	43.5
195	2,543.34	0.2	2,586.81	43.5
199	2,543.41	0.21	2,586.82	43.4
204	2,543.52	0.21	2,586.82	43.3
217	2,543.16	0.23	2,586.65	43.5
334	0	0	2,587.06	2,587.00
337	0	9.37	2,586.83	2,586.80

Tabla 36. Resultados de modelación red Olivos IV para cada nodo de la red (Reporte 1).

3.4.1.8 Red de distribución los Olivos IV (tubos)

ID	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/km)
55	11.31	97.38	PVC	0.7	0.09	0.158
58	13.34	97.38	PVC	-1.77	0.24	0.826
61	14.5	97.38	PVC	-0.09	0.01	0
67	16.59	97.38	PVC	0.1	0.01	0.018
69	18.83	97.38	PVC	1.15	0.16	0.395
74	21.64	97.38	PVC	-0.52	0.07	0.096
76	23.57	97.38	PVC	-0.16	0.02	0.013
79	24.59	75.74	PVC	-1.14	0.25	1.271
81	24.91	97.38	PVC	1.68	0.23	0.753
83	25.02	97.38	PVC	0.03	0	0
85	25.11	97.38	PVC	0.56	0.08	0.107
88	29.03	97.38	PVC	-0.71	0.1	0.174
90	26.01	75.74	PVC	0.44	0.1	0.252
92	26.46	97.38	PVC	-2.05	0.28	1.069
95	26.32	97.38	PVC	-0.72	0.1	0.17
97	26.8	97.38	PVC	-3.24	0.44	2.377
98	27.03	75.74	PVC	0.3	0.07	0.11
101	28.16	97.38	PVC	0.1	0.01	0.011
104	28.41	97.38	PVC	-0.28	0.04	0.021
109	29.32	97.38	PVC	-0.04	0.01	0
114	29.43	97.38	PVC	-1.11	0.15	0.374
118	30.07	97.38	PVC	-0.04	0	0
120	30.64	97.38	PVC	-2.17	0.29	1.185
122	30.67	97.38	PVC	-1.86	0.25	0.902
125	30.78	97.38	PVC	-0.82	0.11	0.213
127	31.99	97.38	PVC	0.03	0	0
131	32.55	97.38	PVC	-0.62	0.08	0.137
135	34.01	97.38	PVC	0.3	0.04	0.026
143	36.25	97.38	PVC	0.19	0.03	0.016
171	15.69	97.38	PVC	-0.06	0.01	0
172	31.76	97.38	PVC	0.11	0.01	0.009
173	5.2	97.38	PVC	-0.22	0.03	0
176	30.08	97.38	PVC	0.99	0.13	0.307
177	32.49	97.38	PVC	1.16	0.16	0.394
178	31.31	97.38	PVC	0.56	0.07	0.114
180	23.15	97.38	PVC	0.1	0.01	0
181	3.49	97.38	PVC	0.36	0.05	0.085
182	27.19	97.38	PVC	-1.71	0.23	0.777
184	1.94	97.38	PVC	-0.19	0.03	0
185	5.37	97.38	PVC	0.55	0.07	0.111
188	0.74	97.38	PVC	-1.77	0.24	0.803
189	29.11	97.38	PVC	-0.94	0.13	0.276
192	1.49	97.38	PVC	-1.47	0.2	0.6
196	0.45	97.38	PVC	-1.75	0.23	0.669
197	28.96	97.38	PVC	-0.82	0.11	0.226
200	0.47	97.38	PVC	-1.22	0.16	0
205	3.02	97.38	PVC	1.82	0.24	0.886
207	2.4	97.38	PVC	-1.6	0.22	0.744
208	29.15	97.38	PVC	1.64	0.22	0.715
219	31.6	97.38	PVC	-0.6	0.08	0.122
221	3.3	97.38	PVC	(N/A)	(N/A)	(N/A)
222	10	97.38	PVC	(N/A)	(N/A)	(N/A)
224	7.72	97.38	PVC	(N/A)	(N/A)	(N/A)
225	3.48	97.38	PVC	(N/A)	(N/A)	(N/A)
227	15.48	97.38	PVC	0	0	0
228	2.46	97.38	PVC	0	0	0
230	2.2	97.38	PVC	-7.13	0.96	9.6
231	2.24	97.38	PVC	-7.13	0.96	9.548
233	2.42	97.38	PVC	3.84	0.52	3.204
234	33.5	97.38	PVC	3.84	0.52	3.207

Tabla 37. Resultados de modelación red Olivos IV para cada tubo de la red (Reporte 1).

ID	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/km)
236	86.95	97.38	PVC	-1.04	0.14	0.329
237	4.16	97.38	PVC	-1.04	0.14	0.357
239	79.31	97.38	PVC	-0.34	0.05	0.038
240	3.06	97.38	PVC	-0.34	0.05	0
242	70.06	97.38	PVC	0.43	0.06	0.072
243	2.52	97.38	PVC	0.43	0.06	0
245	61.74	75.74	PVC	0.12	0.03	0.024
246	2.65	75.74	PVC	0.12	0.03	0
248	49.59	97.38	PVC	0.15	0.02	0.012
249	2.66	97.38	PVC	0.15	0.02	0
251	42.82	75.74	PVC	-0.07	0.01	0.014
252	2.35	75.74	PVC	-0.07	0.01	0
254	35.25	97.38	PVC	-0.18	0.02	0.008
255	2.41	97.38	PVC	-0.18	0.02	0
257	36.63	75.74	PVC	-0.09	0.02	0.016
258	2.06	75.74	PVC	-0.09	0.02	0
260	13.24	97.38	PVC	-0.22	0.03	0.022
261	2.47	97.38	PVC	-0.22	0.03	0
263	2.58	97.38	PVC	-0.49	0.07	0.115
264	18.09	97.38	PVC	-0.49	0.07	0.082
266	2.4	97.38	PVC	-0.45	0.06	0.124
267	29.89	97.38	PVC	-0.45	0.06	0.08
269	1.93	97.38	PVC	0	0	0
270	27.44	97.38	PVC	0	0	0
272	2.04	97.38	PVC	1.92	0.26	0.874
273	32.1	97.38	PVC	1.92	0.26	0.955
275	4.05	97.38	PVC	1.85	0.25	0.882
276	46.44	97.38	PVC	1.85	0.25	0.891
278	56.43	75.74	PVC	-0.63	0.14	0.464
279	3.32	75.74	PVC	-0.63	0.14	0.448
281	57.8	97.38	PVC	-1.13	0.15	0.386
282	2.98	97.38	PVC	-1.13	0.15	0.3
284	57.08	75.74	PVC	-0.57	0.13	0.381
285	2.79	75.74	PVC	-0.57	0.13	0.427
287	56.53	97.38	PVC	-1.02	0.14	0.316
288	3.36	97.38	PVC	-1.02	0.14	0.354
290	55.8	75.74	PVC	0.39	0.09	0.197
291	3.66	75.74	PVC	0.39	0.09	0.244
293	36.44	97.38	PVC	0.48	0.06	0.09
294	3.79	97.38	PVC	0.48	0.06	0.079
296	2.51	97.38	PVC	-0.37	0.05	0.119
297	38.31	97.38	PVC	-0.37	0.05	0.047
299	26.03	97.38	PVC	-0.79	0.11	0.206
300	3.29	97.38	PVC	-0.79	0.11	0.181
302	2.2	97.38	PVC	0.05	0.01	0
303	2.59	97.38	PVC	0.05	0.01	0
305	24.82	97.38	PVC	0	0	0
306	2.64	97.38	PVC	0	0	0
308	26.3	97.38	PVC	-3.28	0.44	2.422
309	3.24	97.38	PVC	-3.28	0.44	2.479
311	26.26	97.38	PVC	-1.1	0.15	0.363
312	2.22	97.38	PVC	-1.1	0.15	0.268
314	28.24	97.38	PVC	-1.28	0.17	0.474
315	2.76	97.38	PVC	-1.28	0.17	0.539
324	33.41	97.38	PVC	-1.14	0.15	0.383
326	27.03	97.38	PVC	0	0	0
327	2.12	97.38	PVC	0	0	0
335	94.28	203.2	PVC	-7.36	0.23	0.306
336	209.24	203.2	PVC	-16.73	0.52	1.3
338	14.67	97.38	PVC	9.37	1.26	15.659

Tabla 38. Resultados de modelación red Olivos IV para cada tubo de la red (Reporte 2).

3.4.1.9 Red de distribución los Olivos IV (válvulas)

ID	Elevation (m)	Diameter (Valve) (mm)	Headloss Coefficient Setting (Initial)	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (L/s)	Hydraulic Grade (From) (m)	Hydraulic Grade (To) (m)	Headloss (m)
220	2,543.50	97.38	0	0.39	(N/A)	(N/A)	(N/A)	(N/A)
223	2,543.01	97.38	0	0.39	(N/A)	(N/A)	(N/A)	(N/A)
226	2,543.08	97.38	0	0.39	0	2,586.65	2,586.87	0
229	2,543.41	97.38	0	0.39	-7.13	2,587.01	2,587.01	0
232	2,543.41	97.38	0	0.39	3.84	2,586.98	2,586.98	0
235	2,543.45	97.38	0	0.39	-1.04	2,586.92	2,586.92	0
238	2,543.22	97.38	0	0.39	-0.34	2,586.89	2,586.89	0
241	2,543.29	97.38	0	0.39	0.43	2,586.87	2,586.87	0
244	2,543.27	75.74	0	0.39	0.12	2,586.87	2,586.87	0
247	2,543.14	97.38	0	0.39	0.15	2,586.87	2,586.87	0
250	2,543.16	75.74	0	0.39	-0.07	2,586.65	2,586.65	0
253	2,543.10	97.38	0	0.39	-0.18	2,586.65	2,586.65	0
256	2,543.17	75.74	0	0.39	-0.09	2,586.65	2,586.65	0
259	2,543.22	97.38	0	0.39	-0.22	2,586.65	2,586.65	0
262	2,543.20	97.38	0	0.39	-0.49	2,586.65	2,586.65	0
265	2,543.11	97.38	0	0.39	-0.45	2,586.65	2,586.65	0
268	2,543.15	97.38	0	0.39	0	2,586.87	2,586.65	0
271	2,543.30	97.38	0	0.39	1.92	2,586.86	2,586.86	0
274	2,543.50	97.38	0	0.39	1.85	2,586.87	2,586.87	0
277	2,543.44	75.74	0	0.39	-0.63	2,586.84	2,586.84	0
280	2,543.40	97.38	0	0.39	-1.13	2,586.83	2,586.83	0
283	2,543.20	75.74	0	0.39	-0.57	2,586.82	2,586.82	0
286	2,543.10	97.38	0	0.39	-1.02	2,586.81	2,586.81	0
289	2,543.18	75.74	0	0.39	0.39	2,586.66	2,586.66	0
292	2,543.14	97.38	0	0.39	0.48	2,586.65	2,586.65	0
295	2,543.35	97.38	0	0.39	-0.37	2,586.65	2,586.65	0
298	2,543.51	97.38	0	0.39	-0.79	2,586.82	2,586.82	0
301	2,543.35	97.38	0	0.39	0.05	2,586.82	2,586.82	0
304	2,543.15	97.38	0	0.39	0	2,586.67	2,586.79	0
307	2,542.93	97.38	0	0.39	-3.28	2,586.76	2,586.76	0
310	2,543.33	97.38	0	0.39	-1.1	2,586.81	2,586.81	0
313	2,543.42	97.38	0	0.39	-1.28	2,586.80	2,586.80	0
325	2,543.11	97.38	0	0.39	0	2,586.66	2,586.81	0

Tabla 39. Resultados de modelación red Olivos IV para cada válvula de la red (Reporte 1).

3.4.2 Tablas de resultados de la modelación de redes de distribución de agua potable mediante el software Redes

3.4.2.1 Red de distribución los Olivos IV (nodos)

ID	Elevación (m)	Demanda (L/s)	Presión (m.c.a)	ID	Elevación (m)	Demanda (L/s)	Presión (m.c.a)
27	43.43	0.03	42.50029	145	43.1	0.15	42.97303
30	43.17	0.03	42.95407	152	43.1	0.16	43.01044
33	43.54	0.03	42.94465	161	43.21	0.17	43.12689
39	43.42	0.04	42.31356	163	43.16	0.17	43.13213
40	43.41	0.04	41.59259	183	43.41	0.19	41.59330
42	42.93	0.04	43.03270	187	43.15	0.19	43.03416
45	43.35	0.05	43.00924	191	43.3	0.2	43.04167
46	43.34	0.05	43.01568	195	43.34	0.2	43.04652
51	43.74	0.05	43.13701	199	43.41	0.21	43.04728
56	43.15	0.06	42.97333	204	43.52	0.21	42.95478
57	43.11	0.06	42.97472	217	43.16	0.23	43.00063
59	43.2	0.06	42.79163	334	0	0	40.83688
60	43.3	0.06	42.77577	337	0	9.37	32.98659
62	43.12	0.06	43.12388				
63	43.23	0.07	43.12637				
65	43.45	0.07	43.12836				
66	43.17	0.07	42.97938				
68	43.4	0.07	42.75055				
70	43.1	0.07	43.00459				
71	43.12	0.07	43.00400				
73	43.35	0.08	42.98183				
75	43.01	0.08	43.00862				
78	43.2	0.08	43.03931				
80	42.97	0.08	43.00601				
82	43.15	0.09	43.03392				
84	43.13	0.09	43.12073				
86	43.34	0.09	43.04647				
87	43.44	0.09	43.04315				
89	42.92	1.34	42.99986				
91	43.33	0.09	43.04142				
96	43.52	0.1	42.96105				
99	43.41	0.1	43.04725				
100	43.26	0.1	43.03633				
102	43	0.11	43.11663				
103	42.98	0.11	43.11636				
105	43.2	0.11	42.96562				
108	43.11	0.11	42.89798				
110	43.3	0.11	42.78279				
111	43.27	0.12	42.84325				
113	43.15	0.12	42.88778				
115	43.45	0.12	42.68130				
121	43.22	0.13	42.65972				
123	43.5	0.13	42.57787				
130	43.11	0.14	42.97150				
136	43.11	0.14	43.12034				
137	43.09	0.14	43.11636				
139	43.3	0.14	42.77292				

Tabla 40. Resultados de modelación red Olivos IV para cada nodo de la red (Reporte 1).

3.4.2.2 Red de distribución los Olivos IV (tubos)

ID	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Fact. Friccion
55	11.31	97.38	0.0015	-0.6183	-0.083018	0.033917079
58	13.34	97.38	0.0015	2.2822	0.306425	0.024297428
61	14.5	97.38	0.0015	-0.7491	-0.100580	0.032191098
67	16.59	97.38	0.0015	2.6249	0.352438	0.023510701
69	18.83	97.38	0.0015	0.2978	0.039985	0.037646242
74	21.64	97.38	0.0015	-0.7868	-0.105642	0.031769255
76	23.57	97.38	0.0015	-0.4971	-0.066744	0.036045665
79	24.59	75.74	0.0015	0.2827	0.062746	0.039454744
81	24.91	97.38	0.0015	0.36	0.048336	0.03956171
83	25.02	97.38	0.0015	0.6267	0.084145	0.033791412
85	25.11	97.38	0.0015	0.6443	0.086508	0.033535571
88	29.03	97.38	0.0015	0.7279	0.097733	0.032441155
90	26.01	75.74	0.0015	0.2479	0.055022	0.039786112
92	26.46	97.38	0.0015	-0.8947	-0.120129	0.030703726
95	26.32	97.38	0.0015	2.9161	0.391537	0.022943461
97	26.8	97.38	0.0015	6.1884	0.830900	0.019418454
98	27.03	75.74	0.0015	0.6192	0.137433	0.031675988
101	28.16	97.38	0.0015	0.1815	0.024370	0.030867731
104	28.41	97.38	0.0015	0.9786	0.131394	0.029990801
109	29.32	97.38	0.0015	-3.1191	-0.418793	0.022591097
114	29.43	97.38	0.0015	3.3607	0.451232	0.022209711
118	30.07	97.38	0.0015	-2.5858	-0.347189	0.023593294
120	30.64	97.38	0.0015	5.2542	0.705468	0.020112915
122	30.67	97.38	0.0015	4.1175	0.552846	0.021218384
125	30.78	97.38	0.0015	0.8707	0.116907	0.030924828
127	31.99	97.38	0.0015	0.633	0.084991	0.033698693
131	32.55	97.38	0.0015	1.8629	0.250127	0.025509203
135	34.01	97.38	0.0015	0.6001	0.080574	0.03419772
143	36.25	97.38	0.0015	-0.8111	-0.108904	0.031512304
171	33.63	97.38	0.0015	-0.2977	-0.039971	0.03763412
172	31.76	97.38	0.0015	0.8199	0.110086	0.031421866
173	5.2	97.38	0.0015	1.0263	0.137799	0.029621942
176	30.08	97.38	0.0015	0.7265	0.097545	0.032458023
177	32.49	97.38	0.0015	0.7235	0.097142	0.032494323
178	31.31	97.38	0.0015	0.8418	0.113026	0.031202511
180	23.15	97.38	0.0015	1.7591	0.236190	0.025867387
181	3.49	97.38	0.0015	3.7283	0.500589	0.021694677
182	27.19	97.38	0.0015	4.6356	0.622410	0.020669923
184	1.94	97.38	0.0015	1.1579	0.155468	0.028716021
185	5.37	97.38	0.0015	-1.1124	-0.149359	0.029012876
188	0.74	97.38	0.0015	-1.0825	-0.145344	0.029216478
189	29.11	97.38	0.0015	-0.9321	-0.125151	0.03037501
192	1.49	97.38	0.0015	-0.7328	-0.098391	0.032382468
196	0.45	97.38	0.0015	-0.6171	-0.082856	0.033935226
197	28.96	97.38	0.0015	-0.2753	-0.036964	0.034697032
200	0.47	97.38	0.0015	-0.3923	-0.052673	0.038579099
205	3.02	97.38	0.0015	-4.1056	-0.551248	0.021232047
207	2.4	97.38	0.0015	3.5638	0.478502	0.021916379
208	29.15	97.38	0.0015	0.8822	0.118451	0.030817847
219	31.6	97.38	0.0015	-0.5684	-0.076318	0.03471609
230	4.44	97.38	0.0015	16.9952	2.281901	0.015842865
233	35.92	97.38	0.0015	-9.795	-1.315149	0.017652712
236	91.11	97.38	0.0015	0	0.000000	0
239	82.37	97.38	0.0015	0	0.000000	0
242	72.58	97.38	0.0015	0	0.000000	0
245	64.39	75.74	0.0015	0	0.000000	0
248	52.25	97.38	0.0015	0	0.000000	0
251	45.17	75.74	0.0015	0	0.000000	0
254	37.66	97.38	0.0015	0	0.000000	0
257	38.69	75.74	0.0015	0	0.000000	0
260	15.71	97.38	0.0015	0	0.000000	0
263	20.67	97.38	0.0015	-0.4533	-0.060863	0.037003447
266	32.29	97.38	0.0015	-0.5006	-0.067214	0.03597427
269	29.37	97.38	0.0015	-2.1937	-0.294542	0.024526821

Tabla 41. Resultados de modelación red Olivos IV para cada tubo de la red (Reporte 1).

ID	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Fact. Friccion
272	34.14	97.38	0.0015	-0.3214	-0.043154	0.039980021
275	50.49	97.38	0.0015	-4.8472	-0.650821	0.020468828
278	59.75	75.74	0.0015	0	0.000000	0
281	60.78	97.38	0.0015	0	0.000000	0
284	59.87	75.74	0.0015	0	0.000000	0
287	59.89	97.38	0.0015	0	0.000000	0
290	59.46	75.74	0.0015	0	0.000000	0
293	40.23	97.38	0.0015	0	0.000000	0
296	40.82	97.38	0.0015	-0.7377	-0.099049	0.032324323
299	29.32	97.38	0.0015	0	0.000000	0
302	4.79	97.38	0.0015	-0.5195	-0.069752	0.035600505
305	27.46	97.38	0.0015	-0.9732	-0.130669	0.030034116
308	29.54	97.38	0.0015	-0.8818	-0.118397	0.030821536
311	28.48	97.38	0.0015	-0.4246	-0.057010	0.037704876
314	31	97.38	0.0015	-0.3135	-0.042093	0.039337253
324	33.41	97.38	0.0015	1.7032	0.228684	0.026072373
326	29.15	97.38	0.0015	1.3527	0.181624	0.027605317
335	94.28	203.2	0.0015	19.4612	0.600112	0.017784392
336	209.24	203.2	0.0015	-2.0426	-0.062986	0.029975445
338	14.67	97.38	0.0015	15.1134	2.029237	0.01620284

Tabla 42. Resultados de modelación red Olivos IV para cada tubo de la red (Reporte 2).

3.4.2.3 Red de distribución los Olivos I (nodos)

ID	Elevación (m)	Demanda (L/s)	Presión (m.c.a)	ID	Elevación (m)	Demanda (L/s)	Presión (m.c.a)
27	4.291	0.13	2.899082661	125	4	0.29	3.613645554
29	4.27	0.13	2.883640289	127	4	0.29	3.589408636
31	4.103	1.29	3.147769928	129	3.93	0.29	3.522310734
33	3.55	5.36	2.823157549	131	3.9	0.29	3.372741938
35	3.686	0.15	4.516866207	133	3.77	0.3	3.345363617
39	3.495	0.15	4.285813332	135	3.75	0.3	3.330589056
41	3.383	0.15	4.280303478	137	3.69	0.3	3.272054911
43	3.142	0.16	4.041243553	139	3.68	0.3	3.174720287
45	3.078	0.16	4.037825108	141	3.61	0.31	3.103928328
47	2.932	0.16	3.89981389	143	3.63	0.31	3.050940275
49	2.898	0.16	3.869285107	145	3.83	0.31	3.00715661
51	3.075	0.17	3.7537148	147	3.32	0.31	3.002087593
53	2.787	0.17	3.733432531	150	3.45	0.32	2.95883131
56	3.788	0.17	3.655707121	152	3.4	0.32	2.939435244
58	3.769	0.17	3.638562202	154	3.25	0.32	2.937652826
60	3.386	0.18	3.573937893	156	3.3	0.32	2.928424597
62	3.371	0.18	3.569297552	158	3.34	0.33	2.922077179
64	3.019	0.18	3.500713825	160	3.29	0.33	2.914190531
66	3.008	0.18	3.37467885	162	3.17	0.33	2.913552046
68	2.88	0.19	3.346685886	164	3.07	0.33	2.914134502
70	2.887	0.19	3.292046309	166	2.75	0.34	2.914199591
72	3.083	0.19	3.208237171	168	2.76	0.34	2.931804657
76	3.083	0.2	3.172914028	170	3	0.03	3.603778601
78	3.117	0.2	3.148010492	172	3.01	0.34	2.938981295
80	3.116	0.2	3.11840415	174	2.99	0.34	2.939048767
82	3.014	0.2	3.090141535	176	3	0.35	2.939547062
84	3.001	0.21	3.058804989	178	3	0.35	2.940804005
86	2.994	0.21	2.944361687	213	4.04	0.35	2.945914268
88	2.969	0.21	2.944395304	215	4.04	0.35	2.947831392
90	2.963	0.21	2.935568571	217	4.05	0.36	2.949669361
92	2.876	0.22	2.925772905	221	3.84	0.36	2.97440815
94	2.872	0.22	2.916311026	223	3.55	0.36	2.932257414
96	2.801	0.22	2.912842989	225	3.66	0.04	3.592167377
98	2.799	0.22	2.874477625	227	3.56	0.36	2.931665897
101	2.79	0.27	3.962832928	229	3.54	0.37	2.939019203
103	3.05	0.27	3.960659981	231	3.46	0.37	3.162944555
105	3.1	0.27	4.314968109	233	3.28	0.37	3.160177946
119	4.55	0.28	3.883246422	235	3.41	0.38	3.096577406
121	4.2	0.28	3.7953794	237	3.43	0.38	3.084498167
123	4.19	0.28	3.705744028	239	3.28	0.38	3.041730165

Tabla 43. Resultados de modelación red Olivos I para cada nodo de la red (Reporte 1).

ID	Elevación (m)	Demanda (L/s)	Presión (m.c.a)	ID	Elevación (m)	Demanda (L/s)	Presión (m.c.a)
241	3.29	0.38	3.03467536	243	3.15	0.04	3.456036091
243	3.15	0.04	3.456036091	245	3.16	0.39	2.939099312
245	3.16	0.39	2.939099312	247	3	0.39	2.938981295
247	3	0.39	2.938981295	249	3	0.41	3.058153629
249	3	0.41	3.058153629	251	3.26	0.04	3.355250835
251	3.26	0.04	3.355250835	253	2.94	0.04	3.276850939
253	2.94	0.04	3.276850939	255	2.97	0.44	3.199486732
255	2.97	0.44	3.199486732	257	2.82	0.45	3.191979885
257	2.82	0.45	3.191979885	259	2.92	0.45	3.575454712
259	2.92	0.45	3.575454712	261	2.81	0.46	3.575239182
261	2.81	0.46	3.575239182	263	2.85	0.46	3.962813377
263	2.85	0.46	3.962813377	265	2.8	0.46	3.592556715
265	2.8	0.46	3.592556715	267	2.82	0.46	3.056520462
267	2.82	0.46	3.056520462	269	3.07	0.47	3.326585293
269	3.07	0.47	3.326585293	271	2.69	0.47	2.937870502
271	2.69	0.47	2.937870502	273	2.68	0.05	3.203162432
273	2.68	0.05	3.203162432	275	2.67	0.05	3.143635511
275	2.67	0.05	3.143635511	277	2.72	0.05	3.103730679
277	2.72	0.05	3.103730679	279	2.69	0.06	3.071648598
279	2.69	0.06	3.071648598	281	2.69	0.06	2.983244658
281	2.69	0.06	2.983244658	283	2.68	0.06	2.965553045
283	2.68	0.06	2.965553045	285	3.16	0.06	2.962464571
285	3.16	0.06	2.962464571	288	3.16	0.07	2.901105165
288	3.16	0.07	2.901105165	290	3.19	0.07	3.378750324
290	3.19	0.07	3.378750324	293	2.69	0.07	3.374775887
293	2.69	0.07	3.374775887	296	3.45	0.08	3.300421
296	3.45	0.08	3.300421	298	3.48	0.76	3.63405323
298	3.48	0.76	3.63405323	300	3.19	0.76	3.393870592
300	3.19	0.76	3.393870592	302	3.17	0.76	3.416252613
302	3.17	0.76	3.416252613	304	3.06	0.76	3.657068253
304	3.06	0.76	3.657068253	306	3.14	0.77	3.753371
306	3.14	0.77	3.753371	310	2.69	0.77	3.900579453
310	2.69	0.77	3.900579453	314	2.69	0.77	4.597552776
314	2.69	0.77	4.597552776	323	3.02	0.77	3.973373413
323	3.02	0.77	3.973373413	351	2.98	0.78	3.345263958
351	2.98	0.78	3.345263958	356	2.98	0.08	3.297335863
356	2.98	0.08	3.297335863	359	3.65	0.78	3.005882502
359	3.65	0.78	3.005882502	363	3.67	0.08	3.213988781
363	3.67	0.08	3.213988781	365	4.04	0.82	3.637531757
365	4.04	0.82	3.637531757	368	4.27	0.82	8.037242889

Tabla 44. Resultados de modelación red Olivos I para cada nodo de la red (Reporte 2).

ID	Elevación (m)	Demanda (L/s)	Presión (m.c.a)	ID	Elevación (m)	Demanda (L/s)	Presión (m.c.a)
370	2.99	0.83	5.667331219	685	6.03	0.88	5.041180611
372	3.3	0.83	4.772284985	686	6.01	0.09	3.148679972
374	2.71	0.08	3.208901882	687	5.97	0.88	5.436768532
604	4.42	0.83	4.719043255	688	6.08	0.88	5.417468071
605	3.86	0.83	4.659923553	689	6.31	0.88	5.374700069
608	3.95	0.83	4.667431355	690	6.45	0.88	5.124121189
609	3.74	0.83	4.521884918	692	4.52	0.89	4.357926369
610	3.8	0.83	3.414788008	693	4.98	0.89	4.328316689
611	3.95	0.84	3.637677908	694	4.26	0.89	4.097063065
616	4.29	0.84	4.741034985	695	6.79	0.89	4.219011307
617	4.03	0.84	4.955907345	696	7.1	0.89	5.632154465
619	3.76	0.84	5.049920082	697	6.33	0.9	4.661126137
624	3.03	0.84	5.041266918	698	6.31	0.9	4.549778461
653	4.52	0.84	4.934097767	699	6.08	0.9	3.637666702
656	6.4	0.84	5.086681366	701	6.35	0.09	3.118103504
657	6.38	0.85	5.652588367	702	6.38	0.91	5.454322338
658	5.83	0.85	5.999148369	703	6.08	0.92	5.39433527
660	5.3	0.85	7.678449154	704	6.03	0.92	3.759482622
661	5.37	0.85	7.517098427	705	5.95	0.92	4.106857777
662	5.48	0.85	5.737196922	706	5.72	0.92	4.130945683
663	4.56	0.85	5.726681709	707	5.34	0.92	4.328491211
664	4	0.09	3.151120663	709	5.24	0.93	4.284655094
666	4.32	0.85	5.707221985	711	6.53	0.93	4.328442574
667	5.7	0.86	5.408730984	713	5.41	0.93	4.106761932
668	6.01	0.86	5.394342422	716	6.01	0.93	4.130940437
669	6.09	0.86	5.375868797	717	4.52	0.93	3.759274483
670	5.84	0.86	5.115609646	728	7.1	0.93	5.413537025
671	5.76	0.86	5.121063232	729	6.11	0.93	4.283051968
672	6.05	0.86	4.549880981	730	5.08	0.93	4.237792969
673	6.33	0.86	5.123127937	732	5.36	0.94	4.026374817
674	6.42	0.86	5.368219376	733	5.6	0.94	3.763719082
675	6.69	0.87	5.421534538	734	5.68	0.94	3.703780651
676	6.76	0.87	5.418813705	737	4.21	0.94	5.911432266
677	6.98	0.87	3.645850897	738	5.76	0.94	5.534812927
678	7.1	0.87	3.711127281	739	5.35	0.94	5.498295307
680	6.34	0.87	3.624613285	740	5.59	0.94	5.444543362
681	6.37	0.87	5.88829565	741	5.05	0.94	5.436757565
682	6.12	0.87	5.722289562	742	6.37	0.95	5.37514782
683	6.08	0.88	5.45624876	743	5.33	0.1	3.116710186
684	6.04	0.88	5.48760891	744	5.25	0.1	3.092216492
				745	5.1	0.1	3.090964079
				746	4.96	0.1	3.065969229
				747	4.59	0.11	3.062169552
				748	6.47	0.11	3.058037996
				749	6.55	0.11	3.045959711
				750	6.67	0.11	3.015125751
				751	6.7	1.13	3.464118481
				752	6.36	0.12	2.984913349
				759	6.08	0.12	2.982274055
				903	4.01	0.12	2.931063652
				967	4.34	1.21	3.65633893
				1030	3.34	0.12	2.928542852

Tabla 45. Resultados de modelación red Olivos I para cada nodo de la red (Reporte 3).

3.4.2.4 Red de distribución los Olivos I (nodos)

ID	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Fact. Friccion
30	3.69814	97.38	0.0015	3.9549	0.531014139	0.021409765
32	27.5755	97.38	0.0015	5.1013	0.684938286	0.020242199
34	32.37	97.38	0.0015	3.9363	0.528516765	0.021432324
36	30.8376	97.38	0.0015	3.511	0.47141284	0.021990452
42	31.7297	97.38	0.0015	2.9567	0.396988421	0.022870409
44	31.3608	97.38	0.0015	2.3723	0.318522552	0.024075878
46	28.8816	97.38	0.0015	2.1959	0.294837783	0.024520968
50	31.0638	97.38	0.0015	1.4995	0.201333966	0.026904376
52	28.7122	97.38	0.0015	0.5714	0.076720392	0.034665318
57	10.4286	143.34	0.0015	7.2425	0.448811341	0.02038298
59	1.6157	143.34	0.0015	9.7416	0.603678365	0.019121386
61	31.3317	143.34	0.0015	9.5477	0.591662553	0.019203232
63	1.35035	143.34	0.0015	9.3471	0.579231547	0.019290242
65	30.3249	143.34	0.0015	10.365	0.642309913	0.018872123
67	1.74545	143.34	0.0015	10.7102	0.663701653	0.018742424
71	1.3174	143.34	0.0015	8.3109	0.515019147	0.019782478
77	1.71617	143.34	0.0015	5.2239	0.323720478	0.021921211
79	30.3963	143.34	0.0015	5.2022	0.322375748	0.021941896
81	1.37197	143.34	0.0015	5.5816	0.345886832	0.021595903
83	27.5045	143.34	0.0015	5.5674	0.34500687	0.021608283
85	4.31594	143.34	0.0015	5.4687	0.338890518	0.021695511
87	5.67516	143.34	0.0015	4.9121	0.304398507	0.022229973
89	25.7297	143.34	0.0015	3.8312	0.237416087	0.023543822
93	28.7162	97.38	0.0015	2.1291	0.285868721	0.024702291
95	1.30018	97.38	0.0015	3.0915	0.415087666	0.022637176
97	29.3079	97.38	0.0015	2.84	0.381319415	0.02308413
99	1.33492	97.38	0.0015	2.9676	0.398451935	0.022851025
100	27.2608	97.38	0.0015	2.076	0.278739122	0.02485199
102	1.43405	97.38	0.0015	2.515	0.33768251	0.023747204
104	26.5472	97.38	0.0015	1.5178	0.203791059	0.026823495
106	77.4988	97.38	0.0015	1.7956	0.241090543	0.025738245
122	25.5762	97.38	0.0015	7.1555	0.960750379	0.018832071
124	1.0111	97.38	0.0015	5.3921	0.723983246	0.020000516
126	35.5904	97.38	0.0015	6.0627	0.814022964	0.019503544
128	1.05818	97.38	0.0015	4.0191	0.539634106	0.021332971
132	5.10332	97.38	0.0015	5.6817	0.762867085	0.019776394
134	27.2016	97.38	0.0015	4.6889	0.62956641	0.020618138
136	5.3751	97.38	0.0015	4.3862	0.588923669	0.020923184

Tabla 46. Resultados de modelación red Olivos I para cada tubo de la red (Reporte 1).

ID	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Fact. Fricción
138	26.4402	97.38	0.0015	3.8108	0.51166621	0.02158834
140	5.10492	97.38	0.0015	4.1079	0.55155705	0.0212294
144	3.46435	143.34	0.0015	6.9269	0.42925389	0.0205832
148	92.1627	97.38	0.0015	2.4714	0.33182845	0.02384491
153	41.6161	97.38	0.0015	2.4149	0.32424234	0.02397503
155	44.4082	97.38	0.0015	2.9667	0.39833109	0.02285262
157	16.373	97.38	0.0015	3.2	0.42965568	0.02245911
161	31.8621	97.38	0.0015	1.9836	0.26633281	0.02512522
163	31.7404	97.38	0.0015	1.936	0.25994169	0.02527278
165	30.7451	97.38	0.0015	2.0909	0.28073971	0.02480947
169	1.30719	143.34	0.0015	-0.7172	-0.04444425	0.03624485
173	30.7092	97.38	0.0015	1.0745	0.14427032	0.02927241
175	26.5787	97.38	0.0015	1.1447	0.15369589	0.02880047
177	4.1001	97.38	0.0015	1.88	0.25242271	0.02545278
179	30.2714	97.38	0.0015	2.3669	0.31779751	0.02408884
180	26.0722	97.38	0.0015	3.0382	0.40793121	0.02272774
181	77.8141	75.74	0.0015	0.537	0.11918835	0.03291494
182	78.238	75.74	0.0015	-0.4117	-0.09137773	0.03541897
183	78.6905	75.74	0.0015	-1.4125	-0.31350753	0.02567721
184	79.0621	75.74	0.0015	-1.4109	-0.3131524	0.02568428
194	65.9647	75.74	0.0015	-1.2041	-0.26725268	0.0267014
199	12.8961	75.74	0.0015	0.2819	0.06256833	0.03948762
201	3.76679	75.74	0.0015	-0.2602	-0.05775197	0.04063256
203	3.96739	75.74	0.0015	0.4023	0.08929138	0.03564945
214	16.2873	143.34	0.0015	4.5957	0.28479148	0.02257124
216	3.59515	143.34	0.0015	4.4214	0.27399026	0.02277294
219	30.6697	75.74	0.0015	1.1211	0.24883065	0.02717901
220	11.5514	75.74	0.0015	-6.366	-1.41294791	0.01833562
224	33.5705	143.34	0.0015	10.0856	0.62499574	0.01898133
226	32.8771	143.34	0.0015	10.3184	0.63942215	0.01889007
228	33.5462	143.34	0.0015	10.3586	0.64191331	0.01887458
230	8.2224	143.34	0.0015	10.7785	0.66793414	0.01871741
232	24.8348	143.34	0.0015	10.2662	0.63618736	0.01891029
236	6.31319	143.34	0.0015	13.3694	0.82848993	0.01789859
238	3.49158	143.34	0.0015	13.1877	0.81723014	0.01794899
240	15.0764	143.34	0.0015	12.5699	0.77894562	0.01812739
242	33.9572	143.34	0.0015	10.6113	0.65757291	0.01877902
244	32.3481	143.34	0.0015	9.1243	0.56542483	0.01938981

Tabla 47. Resultados de modelación red Olivos I para cada tubo de la red (Reporte 2).

ID	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Fact. Friccion
246	31.9064	143.34	0.0015	7.8164	0.484375418	0.020046906
248	31.2078	143.34	0.0015	7.1099	0.440594236	0.020465668
250	4.75673	143.34	0.0015	6.0906	0.377429113	0.021177973
254	27.7827	75.74	0.0015	0.8498	0.188615007	0.029154266
256	1.49391	75.74	0.0015	1.1564	0.256665561	0.026970181
260	8.52598	75.74	0.0015	0.8819	0.195739674	0.02887852
262	27.5893	75.74	0.0015	0.5063	0.112374415	0.03344724
264	2.44349	75.74	0.0015	0.4804	0.106625852	0.033932565
266	39.8294	75.74	0.0015	-0.1017	-0.022572542	0.042712978
268	6.02338	75.74	0.0015	-0.0752	-0.016690808	0.057764758
276	6.4287	143.34	0.0015	-1.3652	-0.084600241	0.030406866
278	28.4355	143.34	0.0015	-0.9851	-0.061045779	0.033182516
280	24.1713	143.34	0.0015	-2.4319	-0.150702699	0.0262572
282	3.42208	143.34	0.0015	-4.2351	-0.262445414	0.02300064
284	5.4107	143.34	0.0015	-3.1876	-0.197532762	0.024590299
286	38.4314	143.34	0.0015	-4.5818	-0.283930107	0.022586944
289	41.9026	75.74	0.0015	-0.0751	-0.016668613	0.057841675
292	6.13861	97.38	0.0015	-0.5356	-0.071913619	0.035296856
295	28.8922	143.34	0.0015	-2.2523	-0.139573046	0.02675962
299	5.95912	97.38	0.0015	1.3336	0.179059004	0.02770428
301	28.2666	97.38	0.0015	3.2769	0.439980842	0.022337729
303	2.80015	97.38	0.0015	4.7291	0.63496396	0.020579594
307	17.3938	97.38	0.0015	1.234	0.165685971	0.0282542
311	1.36693	143.34	0.0015	-1.4535	-0.090072114	0.029912366
316	1.02058	143.34	0.0015	0.8897	0.055133925	0.034123473
317	25.9325	143.34	0.0015	0.0008	4.96E-05	10.27620863
325	10.0906	97.38	0.0015	2.728	0.366281466	0.023300612
352	3.67665	143.34	0.0015	9.9631	0.617404524	0.019030474
353	27.0676	143.34	0.0015	8.1442	0.504688895	0.019869244
361	3.408	143.34	0.0015	3.717	0.230339213	0.023711499
380	7.54308	97.38	0.0015	4.5412	0.609735116	0.020763609
383	33.34188	97.38	0.0015	3.2439	0.435550018	0.022389348
386	94.90367	97.38	0.0015	1.9864	0.266708763	0.025116688
389	87.31709	97.38	0.0015	1.9294	0.259055521	0.025293624
392	87.04693	75.74	0.0015	0.8266	0.183465715	0.029362946
395	87.01105	75.74	0.0015	0.8668	0.192388195	0.029006796
399	86.97786	75.74	0.0015	0.7774	0.172545665	0.029833363
402	87.04831	97.38	0.0015	1.0237	0.137449537	0.029641436

Tabla 48. Resultados de modelación red Olivos I para cada tubo de la red (Reporte 3).

ID	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Fact. Fricción
405	87.11494	75.74	0.0015	0.322	0.07146862	0.03798592
408	87.17934	75.74	0.0015	0.2292	0.05087145	0.03726647
411	30.25135	75.74	0.0015	1.0565	0.23449253	0.02758488
414	87.68539	97.38	0.0015	0.2006	0.02693404	0.02913158
417	88.05588	75.74	0.0015	0.6082	0.13499135	0.03182807
420	88.42999	75.74	0.0015	0.8468	0.18794915	0.02918081
423	78.94124	97.38	0.0015	2.3872	0.32052314	0.02404033
426	30.44827	143.34	0.0015	5.8901	0.3650043	0.02133686
429	113.592	143.34	0.0015	0.4084	0.02530819	0.03498529
433	38.2654	97.38	0.0015	4.4908	0.60296804	0.02081469
435	26.42056	97.38	0.0015	5.2657	0.70701185	0.02010339
438	29.95479	97.38	0.0015	3.2	0.42965568	0.02245911
441	30.40218	97.38	0.0015	3.2817	0.44062533	0.02233028
444	27.38138	75.74	0.0015	-4.4601	-0.98992915	0.01975573
447	37.03125	143.34	0.0015	8.8932	0.55110376	0.01949653
450	68.8252	75.74	0.0015	-1.6804	-0.37296853	0.02462688
453	78.68671	75.74	0.0015	-1.0081	-0.22375005	0.02791248
456	88.37565	75.74	0.0015	-0.5341	-0.11854469	0.03296339
459	98.18635	97.38	0.0015	-0.9415	-0.12641276	0.03029524
465	105.84574	143.34	0.0015	-3.7115	-0.22999838	0.02371975
468	34.17344	143.34	0.0015	13.4381	0.83274721	0.01787977
471	20.74627	97.38	0.0015	0.5259	0.07061123	0.03547824
474	13.91904	97.38	0.0015	0.136	0.01826037	0.04106637
477	150.29844	97.38	0.0015	1.7477	0.23465913	0.02590847
480	132.985	97.38	0.0015	1.5266	0.20497261	0.02678507
483	116.35047	97.38	0.0015	1.2125	0.16279922	0.02838014
486	100.12696	97.38	0.0015	0.7268	0.09758555	0.0324544
489	35.40696	143.34	0.0015	-5.1138	-0.31689768	0.02202737
492	106.54186	75.74	0.0015	0.621	0.13783234	0.03165146
495	90.67431	75.74	0.0015	0.6028	0.13379281	0.03190414
498	72.20057	75.74	0.0015	0.5149	0.1142832	0.03329368
501	64.50057	75.74	0.0015	0.6269	0.13914185	0.03157174
504	50.62797	75.74	0.0015	0.6943	0.15410143	0.03072897
507	25.29011	143.34	0.0015	0.1781	0.0110367	0.04615928
510	58.78862	97.38	0.0015	-0.6152	-0.0826013	0.03396406
513	80.69859	97.38	0.0015	-0.4935	-0.06626096	0.03611984
516	29.74228	97.38	0.0015	1.0306	0.13837598	0.02958985
519	31.37065	75.74	0.0015	2.1859	0.48516538	0.02315257

Tabla 49. Resultados de modelación red Olivos I para cada tubo de la red (Reporte 4).

ID	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Fact. Friccion
522	78.99765	75.74	0.0015	0.1992	0.044212885	0.032188457
525	79.02273	75.74	0.0015	0.0724	0.016069342	0.059998754
528	79.06285	97.38	0.0015	-0.2619	-0.035164632	0.032913519
532	3.44742	97.38	0.0015	-0.4431	-0.059493885	0.037245377
534	22.55128	97.38	0.0015	2.1886	0.293857631	0.024540419
537	105.21142	97.38	0.0015	-0.12	-0.016112088	0.046541891
540	27.04662	97.38	0.0015	1.1679	0.156810896	0.028652917
543	135.12466	97.38	0.0015	-0.4132	-0.05547929	0.03800236
546	163.15803	97.38	0.0015	-0.7518	-0.100942231	0.032159956
549	47.36068	97.38	0.0015	1.5317	0.205657376	0.026762942
555	127.70498	97.38	0.0015	-0.0989	-0.013279046	0.056471455
558	102.69066	97.38	0.0015	2.5207	0.338447834	0.023734599
561	74.83986	75.74	0.0015	1.2493	0.277284924	0.026459737
564	30.33184	75.74	0.0015	1.9053	0.422885588	0.023906024
567	9.54113	75.74	0.0015	0.9474	0.210277545	0.028354985
570	31.86142	97.38	0.0015	1.0162	0.136442532	0.029698051
573	33.42869	75.74	0.0015	-0.7221	-0.160271707	0.0304136
576	32.02915	75.74	0.0015	-0.6839	-0.151793132	0.030851469
580	9.54136	75.74	0.0015	0.9104	0.202065312	0.028644433
583	9.5411	75.74	0.0015	0.1522	0.03378113	0.029401006
587	9.5411	75.74	0.0015	0.633	0.140495763	0.031490398
590	9.54112	143.34	0.0015	0.1822	0.011290773	0.045120565
593	9.54111	97.38	0.0015	0.7179	0.096390566	0.032562644
597	95.1101	143.34	0.0015	4.0462	0.250739447	0.023245628
599	12.41949	101.6	0.0015	0.6247	0.077053826	0.034218138
753	0.4801	76.2	0.0015	5.4866	1.203104843	0.018932674
754	2.2329	101.6	0.0015	3.8481	0.474645155	0.021745313
755	0.59033	76.2	0.0015	-2.7093	-0.594096882	0.022073584
756	0.6356	76.2	0.0015	7.1874	1.576057258	0.017908383
757	1.06733	76.2	0.0015	-0.0756	-0.016577612	0.057808097
758	1.09489	76.2	0.0015	-0.8352	-0.183143142	0.029330219
760	87.20834	76.2	0.0015	1.179	0.258531807	0.026881066
761	1.18359	152.4	0.0015	1.7205	0.09431806	0.029091381
762	1.24951	76.2	0.0015	2.2896	0.502064821	0.022937891
765	1.67506	101.6	0.0015	9.0102	1.111366071	0.01810836
766	27.84639	76.2	0.0015	-3.6519	-0.800790759	0.020655383
768	25.73311	76.2	0.0015	-2.9239	-0.641154495	0.021697978
769	96.18779	101.6	0.0015	-5.7843	-0.713466378	0.01987835

Tabla 50. Resultados de modelación red Olivos I para cada tubo de la red (Reporte 5).

ID	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Fact. Fricción
770	1.91049	152.4	0.0015	0.292	0.01600748	0.03021825
771	83.41692	76.2	0.0015	-4.0174	-0.88093781	0.02023099
773	34.62492	152.4	0.0015	-2.1438	-0.11752343	0.02750795
774	7.68573	152.4	0.0015	9.3351	0.51175154	0.0195474
775	2.31814	76.2	0.0015	0.1994	0.04372455	0.03203158
776	2.52723	152.4	0.0015	4.5559	0.2497551	0.02293649
777	2.92542	76.2	0.0015	2.1048	0.46154177	0.02338894
778	31.83306	152.4	0.0015	26.7473	1.46629088	0.01578145
779	3.09264	76.2	0.0015	1.219	0.26730303	0.02665998
780	30.40478	76.2	0.0015	1.3823	0.30311155	0.02585031
781	3.31475	76.2	0.0015	-0.2291	-0.05023718	0.03702572
782	44.9571	76.2	0.0015	-1.3154	-0.28844168	0.02616546
783	3.38354	101.6	0.0015	-0.7247	-0.08938836	0.03285419
784	3.59694	101.6	0.0015	0.2425	0.02991124	0.02978788
785	4.37655	76.2	0.0015	4.5905	1.00660751	0.0196594
786	4.47889	76.2	0.0015	5.6258	1.2336287	0.01883387
787	4.59492	76.2	0.0015	-3.165	-0.69402304	0.02131757
788	62.85802	76.2	0.0015	-2.6562	-0.58245308	0.0221727
791	4.93377	76.2	0.0015	-3.2198	-0.70603962	0.02123646
792	5.07666	152.4	0.0015	0.8322	0.04562133	0.03536137
793	54.17129	76.2	0.0015	0.5003	0.10970608	0.0336121
794	5.26202	101.6	0.0015	-4.7208	-0.58228862	0.02077788
799	21.50792	101.6	0.0015	8.4792	1.0458697	0.01833647
800	57.74978	76.2	0.0015	-7.1235	-1.56204523	0.01794087
801	7.90746	76.2	0.0015	-6.4422	-1.41264937	0.018313
803	85.9557	76.2	0.0015	-2.0929	-0.45893233	0.02341979
805	64.92232	76.2	0.0015	-6.5095	-1.42740695	0.01827398
808	78.6312	76.2	0.0015	-2.0031	-0.43924093	0.02366051
809	10.8876	152.4	0.0015	0.074	0.00405669	0.118116
810	106.6083	76.2	0.0015	-0.3728	-0.0817478	0.03648739
817	22.7386	76.2	0.0015	0.3087	0.06769192	0.03852083
820	24.1514	76.2	0.0015	4.2564	0.93334587	0.01998024
823	26.3117	76.2	0.0015	5.351	1.1733704	0.01903216
827	26.8202	76.2	0.0015	1.5811	0.34670453	0.02502401
828	94.0469	76.2	0.0015	0.2938	0.06442464	0.03908084
830	27.5477	152.4	0.0015	-4.803	-0.26330116	0.02265863
831	28.79145	152.4	0.0015	-9.7861	-0.53647543	0.01935092
833	28.875	152.4	0.0015	3.9147	0.21460442	0.02376266

Tabla 51. Resultados de modelación red Olivos I para cada tubo de la red (Reporte 6).

ID	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Fact. Friccion
834	29.9141	152.4	0.0015	17.7796	0.974680261	0.017099959
835	30.0802	76.2	0.0015	1.957	0.4291321	0.023789793
836	30.3791	152.4	0.0015	-6.814	-0.373544472	0.020937245
839	30.626	152.4	0.0015	3.1907	0.174914639	0.02494679
840	31.2258	101.6	0.0015	5.653	0.697271137	0.019977063
842	31.2849	76.2	0.0015	-4.1614	-0.912514216	0.02007762
843	32.9303	101.6	0.0015	-7.5414	-0.930196453	0.018789194
844	31.5813	76.2	0.0015	-5.4385	-1.192557447	0.018967589
845	31.7413	101.6	0.0015	7.633	0.941494885	0.018741781
846	152.82457	76.2	0.0015	0.95	0.208316553	0.028378558
847	32.6089	101.6	0.0015	-4.5487	-0.561060892	0.020948838
848	30.6837	152.4	0.0015	-3.122	-0.171148495	0.025077848
849	32.1982	152.4	0.0015	9.8226	0.538476362	0.019335546
851	32.3287	76.2	0.0015	-6.9315	-1.519943357	0.018040837
852	32.3436	152.4	0.0015	-5.8817	-0.32243565	0.021637228
853	32.7174	152.4	0.0015	1.1179	0.061283441	0.032599003
854	33.035	76.2	0.0015	9.55	2.094129562	0.016921021
856	33.6428	101.6	0.0015	-1.0416	-0.128476493	0.029834185
857	34.2368	101.6	0.0015	-2.9836	-0.368013119	0.023045455
858	34.4266	76.2	0.0015	-0.4776	-0.104728406	0.034043808
859	38.4939	152.4	0.0015	7.5904	0.416106833	0.020444862
862	44.0649	76.2	0.0015	-36.2644	-7.952078752	0.013306254
863	46.2339	76.2	0.0015	-5.1278	-1.12442697	0.019203396
868	54.0065	101.6	0.0015	-0.6846	-0.084442211	0.033367668
871	56.3227	152.4	0.0015	1.0454	0.05730898	0.033198675
872	56.8003	76.2	0.0015	0.3233	0.070893412	0.038008044
873	58.359	76.2	0.0015	0.3388	0.074292261	0.037498316
876	58.5899	76.2	0.0015	-2.6375	-0.578352536	0.022208234
878	136.54511	101.6	0.0015	-3.9765	-0.490482695	0.021585521
882	71.7769	76.2	0.0015	-2.393	-0.524738434	0.022706281
883	75.7814	76.2	0.0015	-7.4176	-1.626535648	0.017794432
886	82.317	76.2	0.0015	1.1219	0.246010885	0.02721499
887	84.0475	76.2	0.0015	2.3297	0.510857973	0.022846436
889	85.8345	76.2	0.0015	2.0289	0.444898374	0.023589887
892	94.275	152.4	0.0015	-2.4475	-0.134172306	0.026613992
901	5.77093	143.34	0.0015	-4.4146	-0.27356887	0.022781027
905	2.10827	75.74	0.0015	6.2101	1.378345557	0.018429411
912	0.79226	76.2	0.0015	1.3205	0.289560009	0.026140678

Tabla 52. Resultados de modelación red Olivos I para cada tubo de la red (Reporte 7).

ID	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Fact. Fricción
913	1.01931	76.2	0.0015	-2.6327	-0.57729999	0.02221741
915	84.72671	76.2	0.0015	0.7539	0.16531563	0.03012012
924	97.61195	76.2	0.0015	1.601	0.35106821	0.02494907
927	97.37445	76.2	0.0015	-0.1173	-0.02572161	0.03725739
930	97.89835	97.38	0.0015	-3.2675	-0.43871873	0.02235236
933	32.69875	152.4	0.0015	-1.1747	-0.06439723	0.03216572
942	18.9774	152.4	0.0015	-7.3198	-0.4012725	0.02060859
945	9.5411	101.6	0.0015	-0.3631	-0.04478669	0.04060421
951	26.02884	97.38	0.0015	-6.4907	-0.87148941	0.01922284
961	25.16628	101.6	0.0015	7.3078	0.90138298	0.01891362
965	87.86996	76.2	0.0015	-1.3852	-0.30374746	0.02583712
969	27.60087	152.4	0.0015	-9.3934	-0.51494756	0.01952131
978	51.8249	152.4	0.0015	-7.6906	-0.42159981	0.02038618
980	16.4713	76.2	0.0015	-7.8143	-1.71352425	0.0176086
982	26.73241	76.2	0.0015	-3.8647	-0.84745367	0.0204018
990	30.42948	101.6	0.0015	2.5737	0.31745387	0.02385367
993	8.21862	76.2	0.0015	4.314	0.94597643	0.01992259
996	33.19908	76.2	0.0015	-2.6667	-0.58475553	0.02215289
1000	22.76229	76.2	0.0015	-4.9652	-1.08877195	0.01933447
1003	58.15321	76.2	0.0015	-0.6637	-0.14553652	0.03114664
1006	43.27733	152.4	0.0015	-3.1382	-0.17203658	0.02504659
1009	71.77363	152.4	0.0015	-3.6601	-0.20064721	0.02414286
1016	0.51283	152.4	0.0015	-3.2536	-0.17836283	0.02483009
1020	55.92316	97.38	0.0015	-3.2143	-0.4315757	0.02243625
1023	31.24803	97.38	0.0015	5.216	0.70033876	0.02014474
1026	25.21009	97.38	0.0015	2.1209	0.28476773	0.02472508

Tabla 53. Resultados de modelación red Olivos I para cada tubo de la red (Reporte 8).

4 CONCLUSIONES

- Los dos softwares de diseño dan las mismas posibilidades de cálculo; sin embargo el software WaterGems tiene un costo muy elevado respecto al software Redes, por lo que esto hace que el costo del WaterGems se convierta en una limitante a la hora de su uso.
- El cuadro de diálogo principal del software Redes es mucho más amigable que el cuadro de dialogo del software WaterGems ya que allí las herramientas se encuentran mejor indicadas y explicadas haciendo que el usuario no tenga problemas a la hora de construir su modelo.
- A la hora de importar la red existente del modelo de WaterGems al Software Redes, se debe cumplir con varios pasos para que este se deje ejecutar en el software Redes. Una vez importado al programa Epanet y generado el archivo en Excel, la transferencia de datos puede llegar a ser engorrosa y demorada. Esto se debe a que la estructura de la base de datos del programa Epanet no tiene la misma forma que la del programa Redes.
- Los dos software de diseño indican mediante colores características tanto geométricas como hidráulicas, lo cual hace que se puedan distinguir tramos con presiones y/o velocidades críticas de una manera más fácil.
- El software WaterGems da la facilidad de exportar un modelo hidráulico a otro programa de modelación como el Epanet. Esto se logra directamente, ya que el WaterGems y el Epanet son compatibles uno con el otro, haciendo que los tiempos de construcción del modelo de un programa a otro sean prácticamente cero, y por lo tanto no se requiera organizar los datos de entrada en hojas de Excel para que este se ejecute con éxito.
- Al observar los resultados de modelación tanto para los modelos hechos mediante el software WaterGems como en el programa Redes, se identifica que para el circuito Olivos IV los valores de presión son muy parecidos siendo que la diferencia entre ellos es muy pequeña. Para este mismo circuito se ve que la diferencia entre caudales es un poco mas significativa
- En el caso de la modelación del circuito Olivos I los resultados arrojados por los softwares de modelación son drásticamente diferentes, esto se puede presentar debido a diversas diferencias presentadas a la hora de desarrollar la construcción de la topología de la red y/o de las elevaciones planteadas para cada uno de los modelos.

5 BIBLIOGRAFÍA

Lindell E. Ormsbee, (2006). The history of water distribution network analysis: The computer age. *Artículo por ASCE*.

Universidad Politécnica de Valencia, (1996). Ingeniería hidráulica: Aplicada a los sistemas de distribución de agua. (2da. Ed.). Valencia, España.

Juan G Saldarriaga, (2007). Hidráulica de tuberías: Abastecimiento de agua, redes, riegos. (2da. Ed). Bogotá, Colombia: Alfaomega-Uniandes.

Haestad Methods Solution Center-Bentley Systems, Inc, (2006), Bentley WaterGems V8i edition. User Guide.

U.S. Environmental Protection Agency, Office of research and development, (2005), Water distribution system analysis: Field studies, Modeling and management. Reference guide for Utilities. Estados Unidos.

Mays L.W., (2000). Introduction, Water distribution system handbook. New York, NY, Estados Unidos: McGraw Hill.

Haestad Methods, (2004), Advanced water distribution modeling and management. Waterbury, Estados Unidos.