“ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL ESTABLECIMIENTO EDUCATIVO OFICIAL LOS LAURELES, DE LA ZONA RURAL, DEL DISTRITO DE BARRANCABERMEJA SANTANDER”



ESP. LUIS EDUARDO FORERO DOMINGUEZ

MP 25202-321347 CND

DISTRITO ESPECIAL DE BARRANCABERMEJA

SANTANDER

JUNIO 2025

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVOS 6

1.1 Objetivo general 6

1.2 Objetivos específicos 6

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 7

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL DISTRITO 9

3.1 Economía 9

3.2 Temperatura 10

3.3 Clima 10

3.4 Hidrografía 10

4. PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA RED CONTRA INCENDIOS 12

4.1 Principios de la combustión en incendios 12

4.2 Clasificación del riesgo contra incendio 13

4.2.1 Grupo de ocupación 13

4.3 Clasificación del riesgo para la red contra incendio 14

4.4 Almacenamiento para red contra incendios 15

4.5 Cálculo de perdidas en tuberías y accesorios 16

4.5.1 Cálculo de perdidas en tuberías 16

4.5.2 Perdidas en accesorios 17

4.6 Sistema de rociadores 19

4.7 Modelación de sistema de Rociadores – Software EPANET 21

4.8 Distribución y diámetros de ramales 26

4.9 Modelación de sistema de Tuberías – Software EPANET 27

4.10 Sistema de bombeo red contra incendios 35

4.10.1 Altura máxima de succión 35

4.10.2 Cálculo de N.P.S.H. 36

4.10.3 Cálculo de potencia 37

4.11 Sistema de Gabinetes 37

4.11.1 Gabinetes Tipo III 39

4.12 Extintores 40

CONCLUSIONES 42

ANEXOS 45

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Grupos y subgrupos de ocupación 14

Tabla 2. Requisitos para la asignación de chorros de mangueras y de duración del abastecimiento de agua para sistemas calculados hidráulicamente. 15

Tabla 3. Cálculo de volumen de abastecimiento contra incendios. 16

Tabla 4. Coeficientes de perdida menores para diferentes accesorios. 18

Tabla 5. Características principales del sistema de rociadores automáticos 20

Tabla 6. Presión y demanda media de los nodos de diseño según el piso. 26

Tabla 7. Áreas de protección y espaciamiento máximos entre rociadores ESFR 26

Tabla 8. Promedio de velocidades y caudales por diámetro de tubería según el piso. 35

Tabla 9. Datos modelación nodos – Piso 1 45

Tabla 10. Datos modelación nodos – Piso 2 65

Tabla 11. Modelación - Tubería diámetro 82.8 mm Piso 1 80

Tabla 12. Modelación - Tubería diámetro 108.2 mm Piso 1 98

Tabla 13. Modelación - Tubería diámetro 161.48 mm Piso 1 103

Tabla 14. Modelación - Tubería diámetro 211.56 mm Piso 1 104

Tabla 15. Modelación - Tubería diámetro 82.8 mm Piso 2 105

Tabla 16. Modelación - Tubería diámetro 108.2 mm Piso 2 109

Tabla 17. Modelación - Tubería diámetro 161.48 mm Piso 2 118

Tabla 18. Modelación - Tubería diámetro 211.56 mm Piso 2 124

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del proyecto – Institución educativa Los Laureles. 7

Figura 2. Tetraedro de fuego 13

Figura 3. Modelación nodos Piso 1 – Variación de presión por diámetro. 22

Figura 4. Modelación nodos Piso 2 – Variación de presión por diámetro. 24

Figura 5. Modelación tuberías Piso 1 - Velocidad 28

Figura 6. Modelación tuberías Piso 1 - Caudal 29

Figura 7. Modelación tuberías Piso 2 - Velocidad 31

Figura 8. Modelación tuberías Piso 2 - Caudal 33

Figura 9. Detalle de boquilla de la manguera presente en el gabinete. 40

Figura 10. Referencia bomba seleccionada 126

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Realizar el diseño de la red contra incendios para el Establecimiento Educativo Oficial Los Laureles ubicado la zona rural del Distrito de Barrancabermeja (Santander) siguiendo la normativa vigente: NFPA 13, NFPA 14 y la NSR-10.

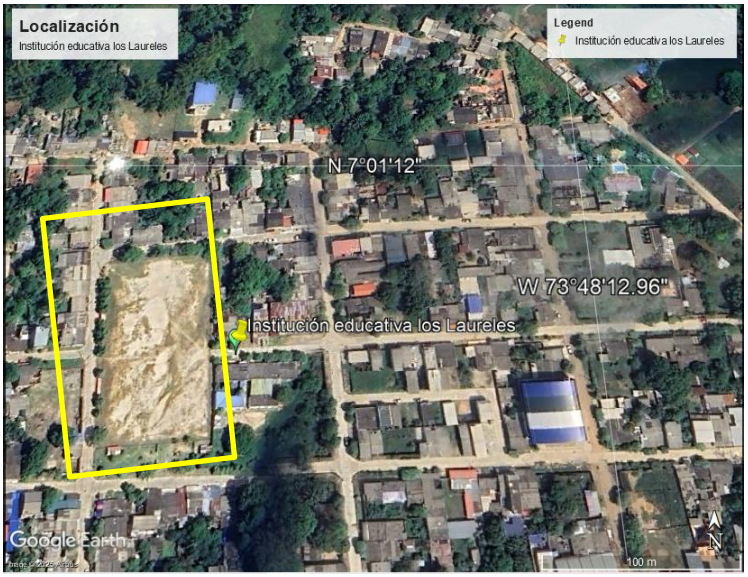
1.2 Objetivos específicos

- Garantizar la cobertura hidráulica en todas las áreas del establecimiento educativo mediante una red de tuberías, rociadores, gabinetes y extintores que cumpla con los requerimientos mínimos establecidos por la normatividad vigente.
- Diseñar un sistema de abastecimiento confiable (reserva de agua, tuberías y bombas) que asegure un suministro continuo y suficiente durante el tiempo requerido de operación ante un incendio (30 minutos).
- Modelar la red contra incendio empleando modelos matemáticos apropiados que aseguren la presión de servicio para cada nodo de provisión de agua y la resiliencia del sistema.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La red contra incendio (RCI) se diseñó para El Establecimiento Educativo Oficial Los Laureles, el cual se encuentra ubicado en el municipio de Barrancabermeja (Santander) en las siguientes coordenadas: 7°1'8.015"N, 73°48'19.635"N (Figura 1). Al tratarse de una edificación destinada al uso escolar, donde se concentran diariamente un alto número de personas, resulta indispensable la implementación de un sistema de protección contra incendios que asegure la integridad física de sus usuarios y bienes inmuebles ante una conflagración.

Figura 1. Localización del proyecto – Institución educativa Los Laureles.



Fuente: Google Earth

Para el diseño de la RCI se siguieron estándares internacionales: NFPA 13 y 14 (National Fire Protection Association); así como las normativas nacionales: NSR-10 (títulos J y K), NTC 2301 y NTC 1669. A partir de los lineamientos contenidos en la normativa guía se establecieron

los criterios y parámetros de diseño presentados en este documento. Finalmente, se verificó el diseño de la RCI propuesto con los parámetros mínimos exigidos por la normativa vigente, garantizando una configuración que optimiza tanto los recursos hidráulicos como mecánicos para un correcto desempeño del sistema ante situaciones de emergencia.

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL DISTRITO

En la presente sección se describe brevemente los principales aspectos del municipio donde tendrá lugar El Establecimiento Educativo Oficial Los Laureles. Esta información fue consultada en documentos oficiales y reportes técnicos suministrados por el municipio.

3.1 Economía

El distrito de Barrancabermeja se destaca como una de las ciudades industriales más relevantes del departamento de Santander, principalmente por su economía centrada en la industria petrolera, la cual tiene un impacto significativo a nivel regional, nacional e incluso internacional. Además de las labores de exploración y refinación de crudo, la ciudad cuenta con un sector comercial activo y actividades portuarias que se benefician de su ubicación estratégica sobre el río Magdalena. Con el paso del tiempo, Barrancabermeja se ha consolidado como un centro logístico de almacenamiento, distribución y transformación con alcance nacional e internacional. En el ámbito industrial, también resalta el sector minero-energético, ya que es la segunda ciudad del país en volumen de barriles refinados, después de Cartagena, y ha fortalecido la producción de biodiésel y energía eléctrica. Por otro lado, aunque se han hecho avances en el sector turístico, su impacto sigue siendo más relevante a nivel regional que nacional, situación similar a la del sector agroindustrial. En este último, el enfoque ha sido hacia una producción más tecnificada y sostenible, aunque aún falta desarrollo en otros eslabones de la cadena productiva. Tanto el turismo como el agroindustrial contribuyen con menos del 5 % al Producto Interno Bruto (PIB)

municipal. A futuro, se espera que la ciudad continúe diversificando sus actividades industriales para lograr un crecimiento más equilibrado y sostenible.

3.2 Temperatura

Barrancabermeja se caracteriza por manejar una temperatura alta durante todo el año, maneja una temperatura media de 29º C que oscila entre los 27ºC y 32ºC. Este comportamiento térmico constante se debe a su ubicación geográfica cercana al ecuador, lo cual le otorga un clima típicamente cálido. Las noches suelen ser calurosas y con poca variación térmica en comparación con el día, lo que hace que la sensación térmica sea bastante estable.

3.3 Clima

El clima de Barrancabermeja está ubicado en el departamento de Santander, sobre la margen occidental del río Magdalena, en la región del Magdalena Medio colombiano y su clima es de tipo tropical monzónico, lo que significa que presenta una marcada temporada de lluvias y una menor de sequía. El régimen de lluvias es de tipo bimodal, propio de las zonas tropicales del país, con temporadas más lluviosas entre los meses de abril a mayo y de septiembre a noviembre. Durante los meses de diciembre a febrero y en julio, las precipitaciones tienden a disminuir notablemente, lo cual incide en la reducción de los caudales de ríos y quebradas que atraviesan la región. Esta condición climática favorece la vegetación exuberante en la región, aunque también puede generar problemas como inundaciones y alta humedad ambiental.

3.4 Hidrografía

Barrancabermeja, ubicada en el departamento de Santander, Colombia, posee una hidrografía rica y estratégica, dominada principalmente por la presencia del río Magdalena, el principal

afluente del país, que bordea la ciudad y ha sido fundamental en su desarrollo económico, portuario y social. Este gran río actúa como eje articulador de la vida fluvial y sustenta una amplia red de humedales y caños que conforman un sistema hídrico de gran biodiversidad. Entre los cuerpos de agua más relevantes que rodean o conforman la hidrografía de Barrancabermeja se destacan la Ciénaga Miramar, la Ciénaga San Silvestre —una de las más importantes por su función ecológica y abastecimiento de agua potable—, y diversos caños como el Caño Rosario y el Caño Las Camelias.

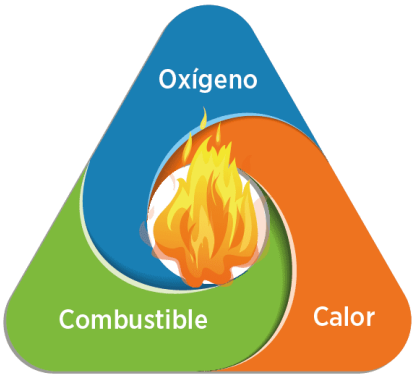
4. PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA RED CONTRA INCENDIOS

4.1 Principios de la combustión en incendios

Para el desarrollo de un incendio se requiere la simultaneidad en un mismo espacio y tiempo la presencia de un combustible y comburente. Adicionalmente, para la generación de un incendio se requiere un estado energético óptimo para la reacción entre el combustible y comburente. Dicha energía de activación es aportada por los focos de ignición: equipos eléctricos defectuosos, descargar eléctricas o chispas, superficiales calientes o fricción mecánica, escape de gases o vapores inflamables. En resumen, el inicio de un incendio requiere tres factores: Combustible, Comburente y Foco de ignición.

Los tres factores clave (Combustible, Comburente y Foco de ignición) para el inicio de un incendio se conocen como el Triángulo del fuego (Figura 2). Adicionalmente, para el progreso y propagación de un incendio la energía de ignición debe ser suficiente para generar para generar una reacción en cadena, conformando el tetraedro del fuego. En la actualidad, existen varios métodos para la evaluación del riesgo contra incendio y emplean distintos parámetros para su valoración. Para el presente estudio y en conformidad con las normativa nacional se emplearon los requerimientos establecidos en la NSR10 (Titulo J y K) explicitados en la secciones a continuación.

Figura 2. Tetraedro de fuego



4.2 Clasificación del riesgo contra incendio

4.2.1 Grupo de ocupación

De acuerdo con la NSR10 (Titulo J – J.1.1.2) la clasificación del riesgo contra incendio depende de la ocupación o uso de la edificación (Tabla 1). Debido a que el proyecto de construcción se destinará para uso educativo su clasificación es de tipo Institucional (I) y subgrupo educativo (I-3). De esta forma, la edificación podrá ser empleada para la reunión de personas con propósitos educativos y de instrucción.

Tabla 1. Grupos y subgrupos de ocupación

Grupos y Subgrupos de ocupación	Clasificación	Sección del Reglamento
A	**ALMACENAMIENTO**	K.2.2
A-1	Riesgo moderado	
A-2	Riesgo bajo	
C	**COMERCIAL**	K.2.3
C-1	Servicios	
C-2	Bienes	
E	**ESPECIALES**	K.2.4
F	**FABRIL E INDUSTRIAL**	K.2.5
F-1	Riesgo moderado	
F-2	Riesgo bajo	
I	**INSTITUCIONAL**	K.2.6
I-1	Reclusión	
I-2	Salud o incapacidad	
I-3	Educación	
I-4	Seguridad pública	
I-5	Servicio público	

Fuente: NRS 10 -Titulo J. Tabla J.1.1-1

4.3 Clasificación del riesgo para la red contra incendio

El Establecimiento Educativo Oficial Los Laureles presenta una baja carga combustible en el riesgo de propagación de un incendio. Los materiales típicos presentes en una institución educativa: mobiliario escolar, libros y equipos electrónicos; no representan un riesgo elevado de propagación rápida del fuego. Además, en este tipo de edificaciones no se realizan actividades con fuentes constantes de ignición o se manipulan sustancias inflamables. No obstante, los posibles focos de riesgo de un incendio en cafeterías o laboratorios están controlados al ser ubicados en zonas específicas con ingreso controlado.

Adicionalmente, la edificación presente una carga térmica es baja dado que no maneja ni almacena materiales peligrosos, así mismo, las actividades generadoras de calor tienen una baja frecuencias producto de la división de la jornada escolar. En este sentido, el Establecimiento Educativo Oficial Los Laureles cumple con los requisitos para ser tratada como una edificación de riesgo leve en cuanto a la RCI de acuerdo con la NSR-10 (Título J).

4.4 Almacenamiento para red contra incendios

Para el almacenamiento de la RCI se siguieron los criterios establecidos en la norma NTC 1669 y NTC 2301. considerando que el proyecto es de nivel de riesgo leve y es una red combinada ya que es una edificación educativa con baja carga de combustible y mobiliario ligero, así como dicta la siguiente tabla.

Tabla 2. Requisitos para la asignación de chorros de mangueras y de duración del abastecimiento de agua para sistemas calculados hidráulicamente.

Ocupación	Mangueras interiores		total combinado de las mangueras interiores y exteriores		Duración (minutos)
	gpm	L/m	gpm	L/m	
Riesgo Ligero	0,50 o 100	0,189, 379	100	379	30
Riesgo ordinario	0,50, Ó 100	0,189, 379	250	946	60-90
Riesgo extra	0, 50, o 100	0,189, 379	500	1 893	90-120

Fuente: NTC 2301 Duración mínima y suministro de agua de acuerdo con el tipo de riesgo.

Teniendo en cuenta los requisitos para la asignación de chorros de mangueras y de duración del abastecimiento de agua para el sistema, corresponde de tipo Riesgo Ligero. Por lo tanto, como sugieren las normas contra incendio, se requieren un caudal de 100 gpm para abastecer el sistema de rociadores y 250 gpm para el sistema de gabinetes teniendo un total de 975 gpm tanto para gabinetes como para rociadores y el almacenamiento debe ser capaz de suministrar la demanda del sistema durante 30min.

Sin embargo, la NTC 1669 dice” 7.10.1.3.2 para un sistema combinado en un edificio equipado con protección parcial automática de rociadores, el caudal requerido en el numeral 7.10.1

se debe incrementar por una cantidad igual a la demanda calculada hidráulicamente de rociadores o 150 gpm (568 L/min) para ocupaciones de riesgo leve o por 500 gpm (1893 L/min) para ocupaciones de riesgo ordinario, cualquiera que sea menor. Por lo tanto, se asigna a cada sistema 250 gpm. Teniendo en cuenta los anteriores parámetros se presenta la siguiente tabla con los cálculos respectivos.

Tabla 3. Cálculo de volumen de abastecimiento contra incendios.

Consumo de rociadores (GPM)	Consumo Gabinete (GPM)	Duración (min)	Volumen contra incendio (m3)
875	500	30	110

4.5 Cálculo de perdidas en tuberías y accesorios

4.5.1 Cálculo de perdidas en tuberías

Las pérdidas por fricción en las tuberías se calculan con ayuda de la ecuación empírica desarrollada por Darcy y Weisbach. Esta ecuación permite calcular la pérdida de energía la cual es aplicada para aguas a diferentes temperaturas, siempre y cuando no difiera significativamente su viscosidad. La fórmula se expresa así:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

Dónde:

hf: Pérdida de energía (m.c.a).

f: factor de fricción de Darcy-Weisbach (adimensional).

L: Longitud de la tubería (m).

D: Diámetro de la tubería (m).

V: Velocidad del fluido (m).

Adicionalmente, se empleó la ecuación de Coolebrook para el calculo del coeficiente de fricción de Darcy-Weisbach como se presenta a continuación:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2Log\left(\frac{\frac{\varepsilon}{D}}{3.71} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}}\right)$$

Dónde:

f: factor de fricción de Darcy-Weisbach (-).

ε: rugosidad de la tubería (m).

D: Diámetro de la tubería (m).

Re: Número de Reynolds (-).

4.5.2 Perdidas en accesorios

Para el cálculo de las pérdidas de energía por accesorios se empleó el método de longitud equivalente. Este método consiste es una técnica simplificada para calcular las pérdidas de energía por fricción en accesorios de tuberías, sustituyéndolos por una longitud ficticia de tubería recta que genera la misma pérdida. Esta longitud se suma a la longitud real de la tubería y se utiliza en la fórmula de Darcy-Weisbach para estimar la pérdida total de carga. La ecuación para el cálculo de las perdidas menores de energía causadas por los accesorios en una tubería es de la siguiente forma.

$$h_k = k_m \frac{V^2}{2g} = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$$

$$L_e = k_m \frac{D}{f}$$

Donde:

hk: Energía por unidad de peso perdida en el accesorio (m).

km: Coeficiente de pérdidas menores del accesorio (m/m).

V: Velocidad media del flujo en la tubería (m/s).

L_e: Longitud equivalente (m).

g: aceleración de la gravedad (m/s^2).

La siguiente tabla muestra un resumen de coeficientes de perdidas menores para accesorios de uso frecuente en sistemas de tuberías.

Tabla 4. Coeficientes de perdida menores para diferentes accesorios.

Accesorio	km
Válvula de globo, completamente abierta	10
Válvula en ángulo, completamente abierta	5
Válvula de cheque, completamente abierta	2.5
Válvula de compuerta, completamente abierta	0.2
Válvula de compuerta, con 3/4 de apertura	1.00-1.15
Válvula de compuerta, con 1/2 de apertura	5.6
Válvula de compuerta, con 1/4 de apertura	24
Codo de radio corto (r/d ± 5 6 1)	0.9
Codo de radio mediano	0.75-0.8
Codo de gran radio (r/d ± 5 6 1.5)	0.6
Codo de 45°	0.4-0.42
Retorno (Curva en U)	2.2
Tee en sentido recto	0.3
Tee a través de la salida lateral	1.8
Unión	0.3
Ye de 45°. en sentido recto	0.3
Ye de 45°, salida lateral	0.8
Entrada recta a tope	0.5
Entrada con boca acampanada	0.1
Entrada con tubo reentrante	0.9
Salida	1

Fuente: J. Saldarriaga, (diciembre de 2007), Hidráulica de tuberías y sistemas de riego, Alfaomega

4.6 Sistema de rociadores

Debido a la clasificación Institucional (I) del proyecto de carácter educativo (I3) del proyecto la NSR-10 (Titulo J - J.4.3.4.1) se deben emplear rociadores rociadores automáticos en toda la edificación. Esta red de rociadores debe estar protegida por un sistema eléctrico aprobado y supervisado para su correcto funcionamiento ante una eventualidad. Adicionalmente, los rociadores automáticos deben ser diseñados de acuerdo con la contemplado en la NTC 2301(suministro y distribución de agua para extinción de incendios en edificios) que toma como referencia la Norma para Instalación de Sistemas de Rociadores (NFPA 13). A continuación se presenta un resumen de los lineamientos considerados para el presente diseño:

a. En la totalidad de edificios con confinamiento o restricción de movimiento, clasificados en el subgrupo de ocupación de reclusión (I-1).
b. En la totalidad de edificios, clasificados en el subgrupo de ocupación de salud o incapacidad (I-2).
c. En la totalidad de edificios con área total de construcción de 2 000 m² o mayor, clasificados en el subgrupo de ocupación de educación (I-3).
d. En la totalidad de edificios con más de cuatro pisos o 12 m de altura, lo que sea mayor, clasificados en el subgrupo de ocupación de educación (I-3).
e. En la totalidad de edificios con uno o más pisos bajo el nivel del suelo, clasificados en el subgrupo de ocupación de educación (I-3).

f. En edificios clasificados en los subgrupos de ocupación de seguridad y servicio públicos (I-4 e I-5), de acuerdo con su uso; por ejemplo, edificios para oficinas se protegerán con las condiciones listadas para el grupo de ocupación comercial de servicios (C-1) y las áreas para asambleas con las condiciones del grupo de ocupación de lugares de reunión (L), etc.

El presente proyecto contempla un sistema de tubería húmeda, compuesto por rociadores ESFR (Early Suppression Fast Response) automático, alimentados por una tubería de 1/2", con un caudal de funcionamiento 14 gpm, un factor K=5.6 y una presión de trabajo de 7 psi. A continuación, se presenta la tabla con las características de los rociadores utilizados en el presente diseño.

Tabla 5. Características principales del sistema de rociadores automáticos

Sistema de rociadores automáticos	
Grupo y subgrupo de ocupación	I-3 Educación
Hidrante	126 L/s
Requisitos del sistema RCI	Cumple
Tipo de riesgo de edificación	Leve
Rociadores	ESFR (Early Suppression Fast Response)
Factor K	5.6
Presión	7 Psi
Densidad	0.1 gpm
Area de protección mínima m2 NFPA-13 2025	5.9 m²
Área de protección ft2 mínima NFPA-13 2025	64 ft²
Área de protección máxima m2 NFPA-13 2025	9.3 m²
Área de protección ft2 mínima NFPA-13	100 ft²

Distanciamiento máxima rociador (m)	3.7 m
Distanciamiento mínimo rociador (m)	2.4 m
Caudal para mangueras	200 gpm

4.7 Modelación de sistema de Rociadores – Software EPANET

La modelación del sistema de rociadores ESFR se llevó a cabo utilizando el software EPANET, que permitió simular y optimizar el comportamiento hidráulico de la red contra incendios. Esto incluyó la adecuación de la demanda de agua requerida por los rociadores, garantizando el cumplimiento de los requisitos de presión necesarios para una protección eficaz en caso de incendio. Además, se evaluaron el diámetro de las tuberías y se verificaron parámetros como velocidad, presión, pérdidas de carga y el número de Froude, entre otros, para asegurar el correcto diseño y selección de las tuberías hidráulicas.

Figura 3. Modelación nodos Piso 1 – Variación de presión por diámetro.

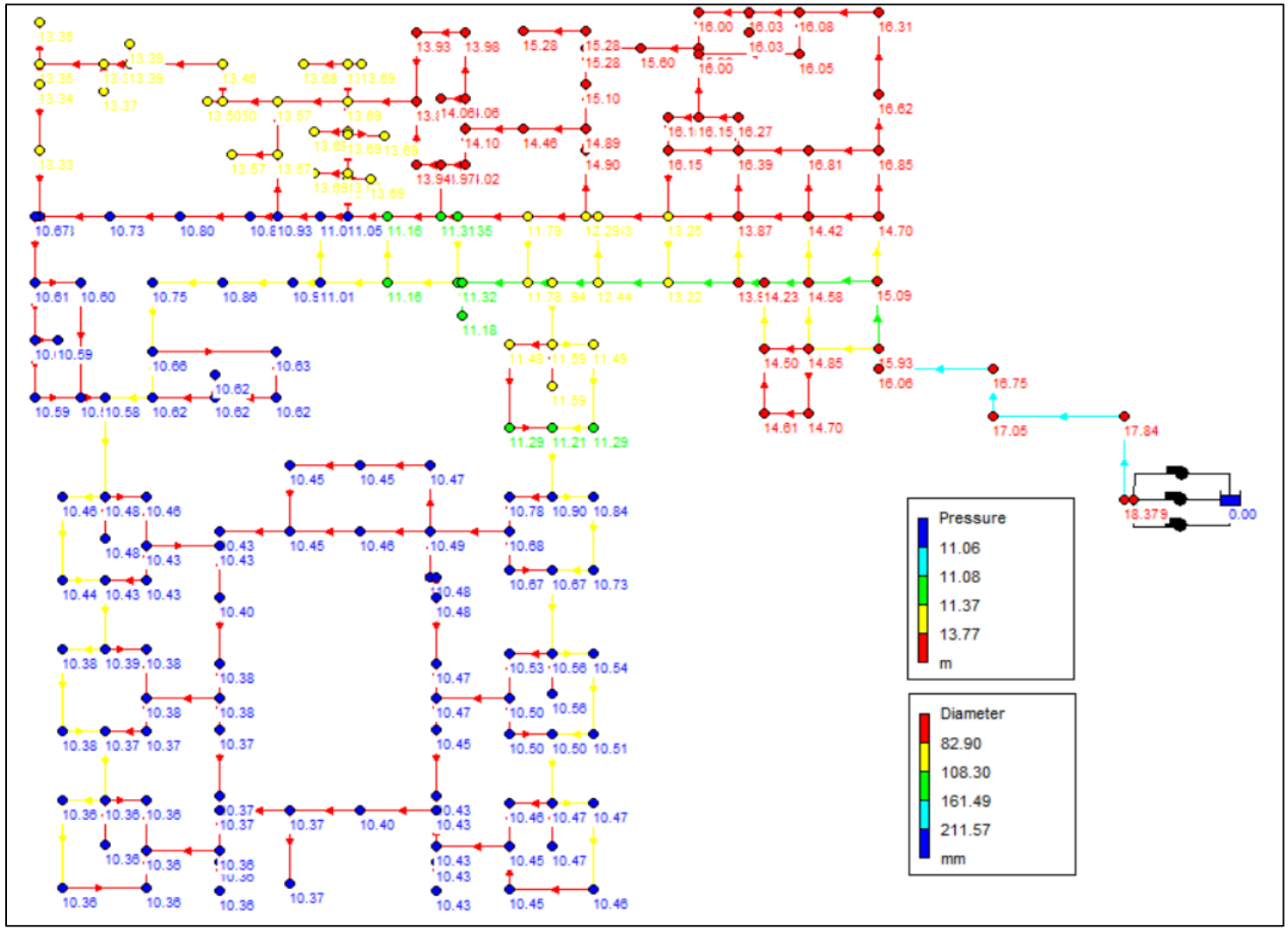
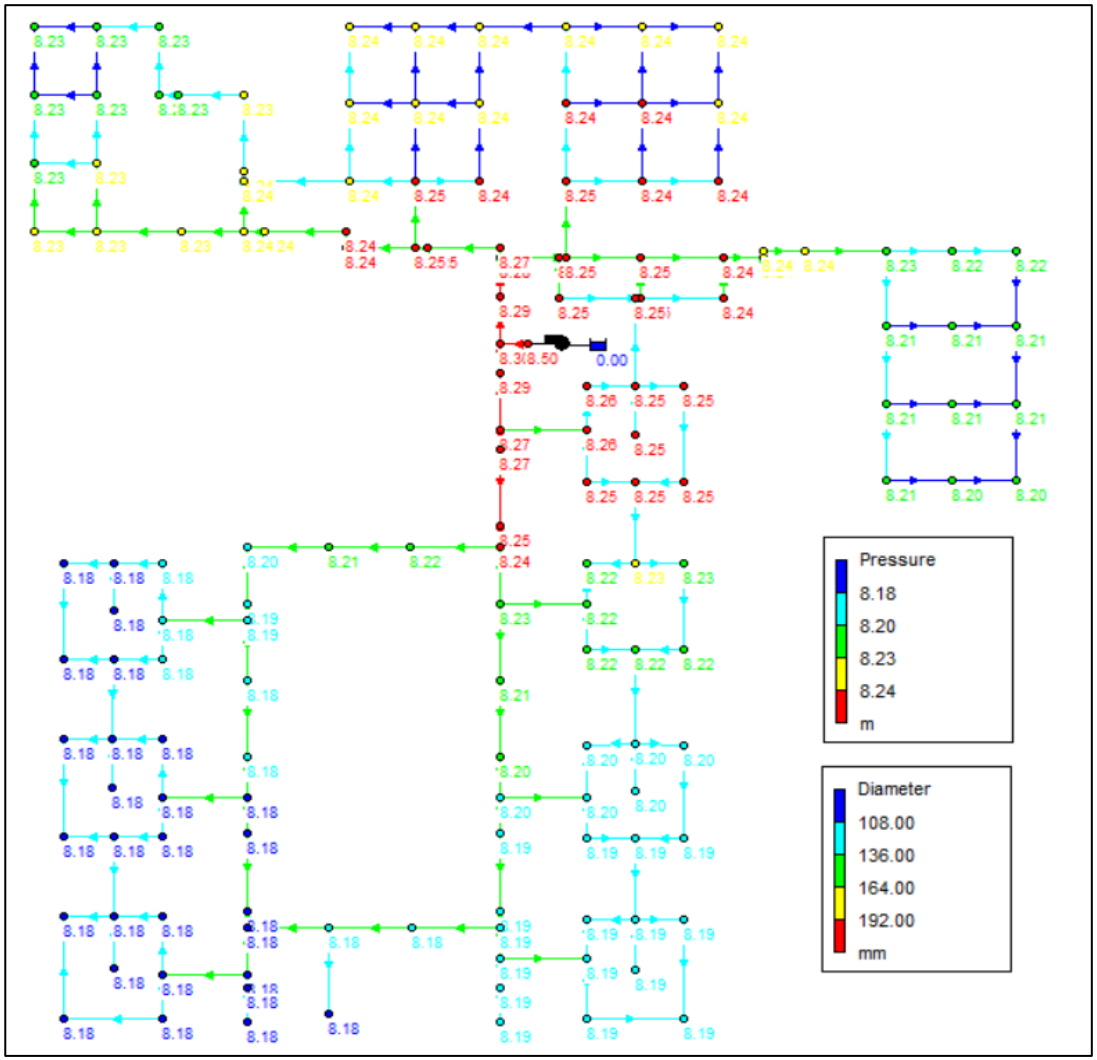

Pressure
11.06
11.08
11.37
13.77
m
Diameter
82.90
108.30
161.49
211.57
mm

Figura 4. Modelación nodos Piso 2 – Variación de presión por diámetro.


Pressure
8.18
8.20
8.23
8.24
m
Diameter
108.00
136.00
164.00
192.00
mm

En la siguiente tabla se observa las presiones y demandas promedio correspondientes a cada piso, según los resultados obtenidos por el software para la modelación del sistema.

Tabla 6. Presión y demanda media de los nodos de diseño según el piso.

Parámetro medio	**Piso 1**	**Piso 2**
Presión (m.c.a.)	8.165	12.263
Demanda (LPS)	1.356	2.306

4.8 Distribución y diámetros de ramales

Para la distribución de rociadores por nivel, diámetros y cantidad se tuvieron en cuenta las tablas para ocupaciones de riesgo ordinario de la NTC 2301 Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores. La cual especifica las distancias entre rociadores y el área máxima de protección.

Tabla 7. Áreas de protección y espaciamiento máximos entre rociadores ESFR

Tipo de Construcción	Riesgo Ligero		Riesgo Ordinario		Riesgo Extra		Almacenamiento en pilas altas	
	Área de protección (pies^2)		Área de protección (pies^2)	Espaciamiento (pies)	Área de protección (pies^2)	Espaciamiento (pies)	Área de protección (pies^2)	Espaciamiento (pies)
Incombustible, Sin obstrucciones	160	9,3	12	37,	100	9,3	10	3,1
Incombustible, con Obstrucciones	160	9,3	12	37,	100	9,3	10	3,1
Combustible, sin obstrucciones	160	9,3	12	37,	100	9,3	10	3,1
Combustible, sin obstrucciones	N/A		N/A		N/A		N/A	

Dicha norma menciona que la distancia máxima entre rociadores debe ser de 3.78m, distancia mínima entre rociadores de 2.4m, distancia mínima a la pared de 4" o 0.11m, distancia debajo de los cielos rasos de 14" o 0.36m.

4.9 Modelación de sistema de Tuberías – Software EPANET

La modelación del sistema de tuberías hidráulicas se realizó utilizando el software EPANET, que facilitó la simulación y optimización del comportamiento hidráulico de la red. Este proceso incluyó la evaluación detallada de los caudales y velocidades al variar lo diámetros de las tuberías en diferentes puntos del sistema, garantizando que se cumplieran los requisitos técnicos establecidos para un funcionamiento eficiente y seguro.

Figura 5. Modelación tuberías Piso 1 - Velocidad

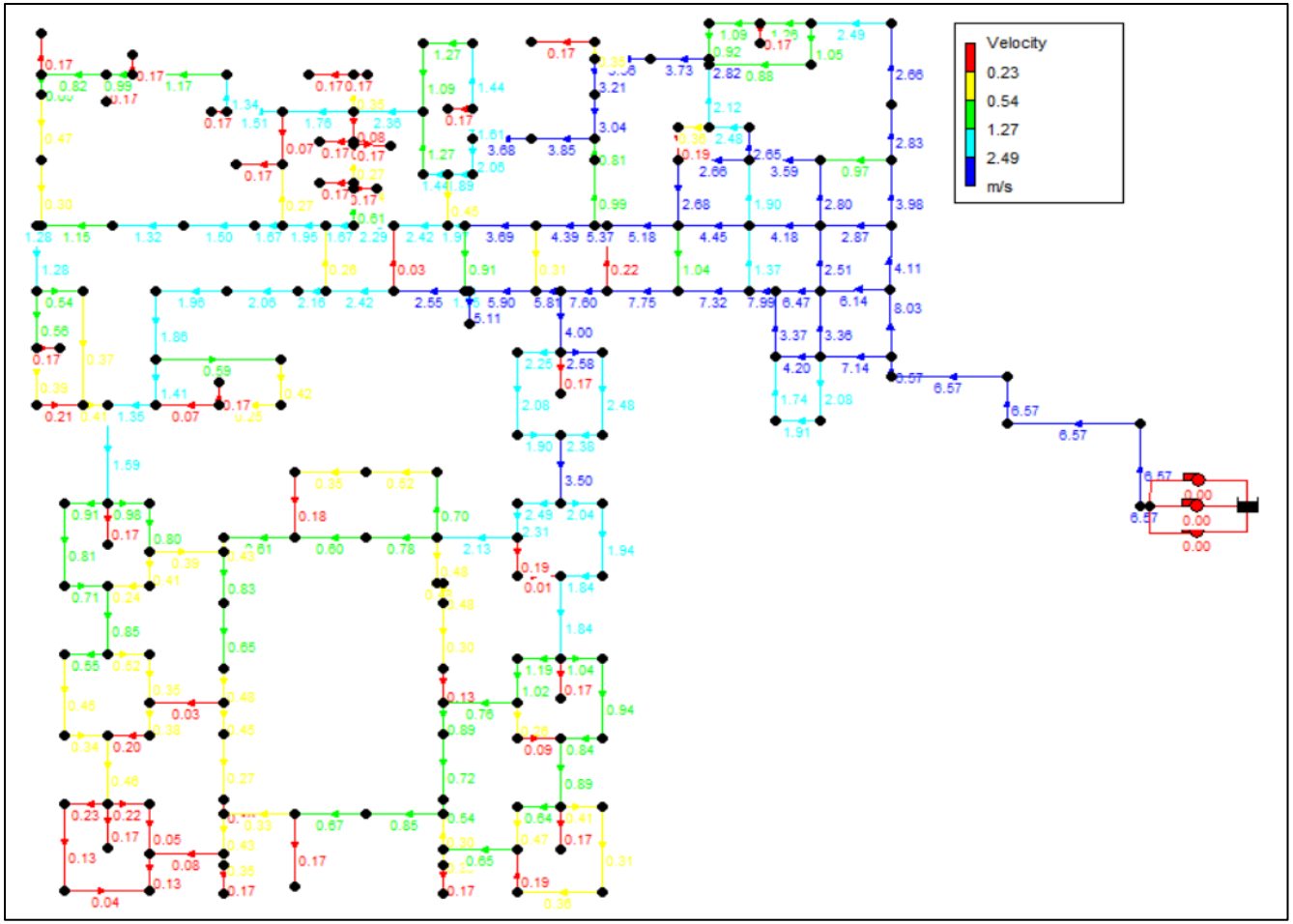


Figura 6. Modelación tuberías Piso 1 - Caudal

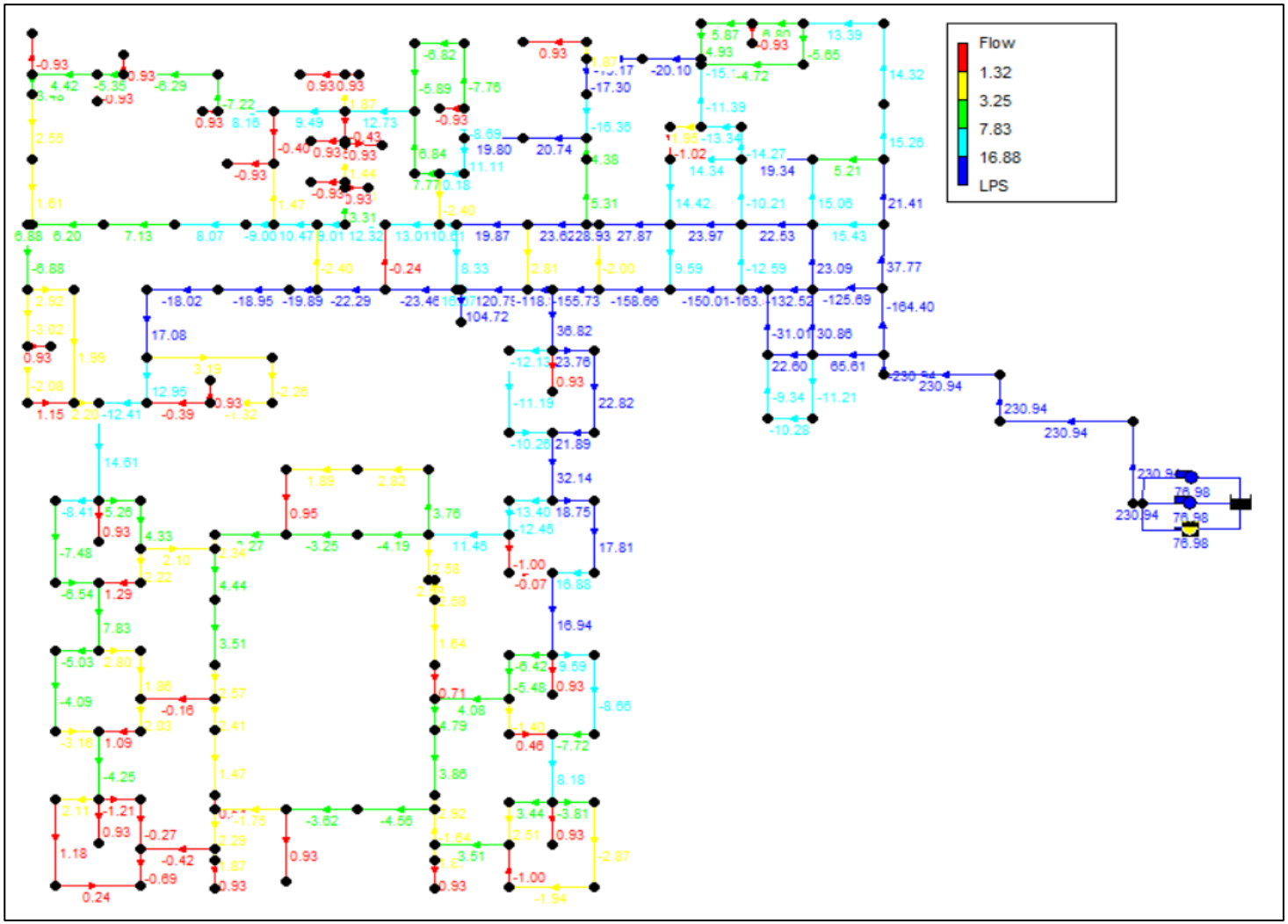

Flow
1.32
3.25
7.83
16.88
LPS

Figura 7. Modelación tuberías Piso 2 - Velocidad

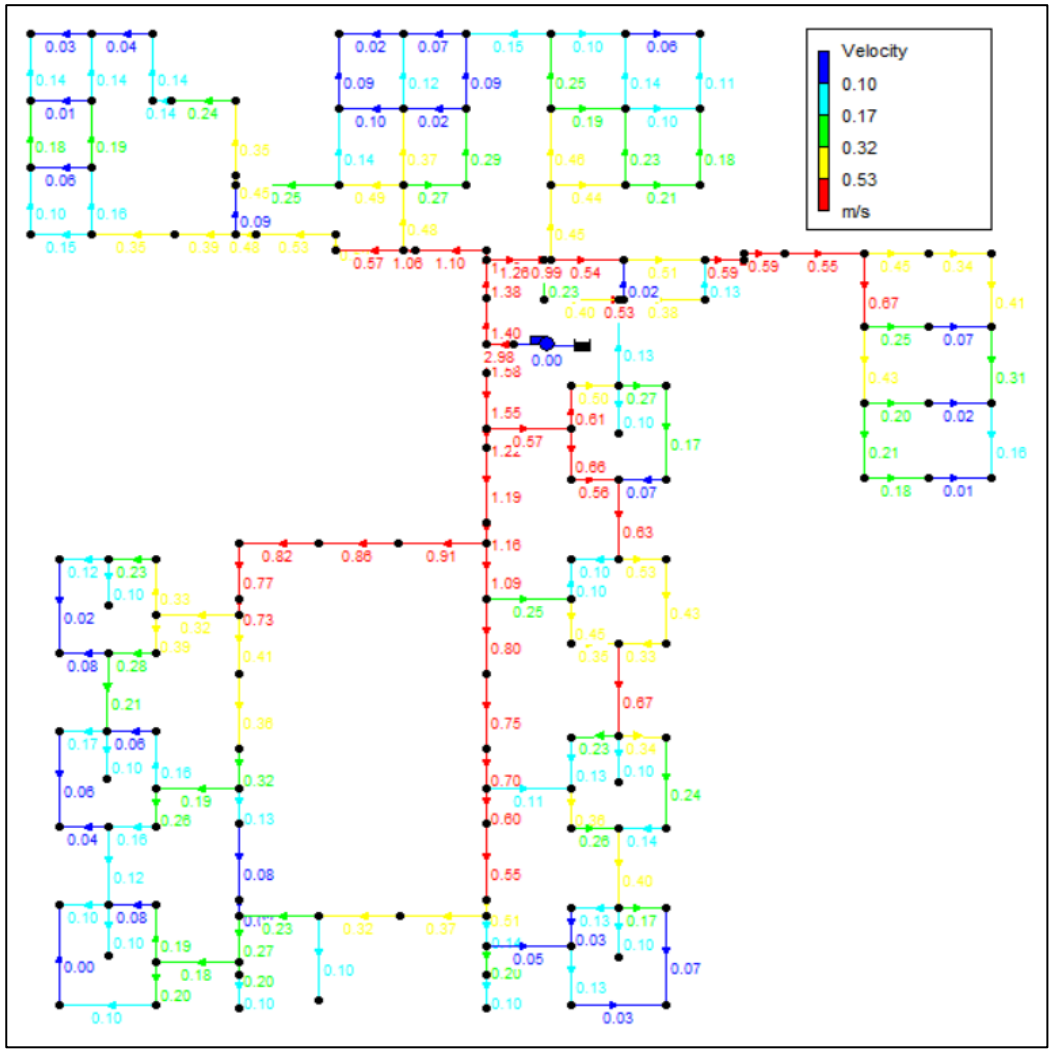
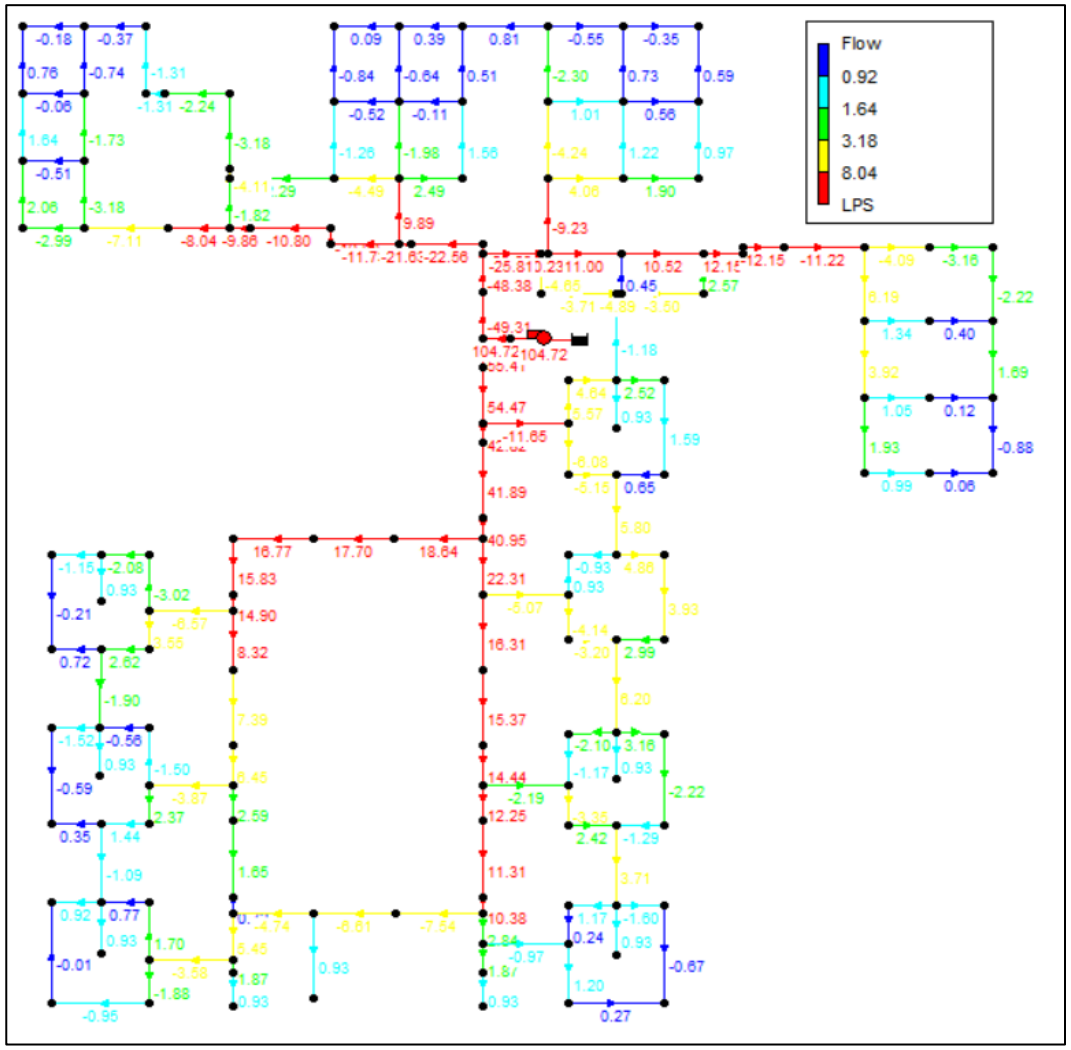

Velocity
0.10
0.17
0.32
0.53
m/s

Figura 8. Modelación tuberías Piso 2 - Caudal


Flow
0.92
1.64
3.18
8.04
LPS

En la siguiente tabla se observa las velocidades y caudales promedio según el diámetro de las tuberías correspondientes a cada piso, según los resultados obtenidos por el software para la modelación del sistema.

Tabla 8. Promedio de velocidades y caudales por diámetro de tubería según el piso.

Piso Nº	Diámetro	Parámetro promedio	
		Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
Piso 1	ø 82.8 mm	6.04	1.12
	ø 108.2 mm	14.91	1.62
	ø 161.48 mm	139.50	6.81
	ø 211.56 mm	230.94	6.57
Piso 2	ø 82.8 mm	0.77	0.14
	ø 108.2 mm	2.22	0.24
	ø 161.48 mm	9.85	0.48
	ø 211.56 mm	54.74	1.56

4.10 Sistema de bombeo red contra incendios

Se consideró el punto hidráulicamente más desfavorable, correspondiente al rociador y gabinete ubicados a mayor distancia vertical y horizontal desde el cuarto de bombas. El cálculo se realizó asegurando el cumplimiento de los requisitos mínimos de presión y caudal exigidos. Para determinar las pérdidas de energía en la red, se utilizó una programación basada en la ecuación de Hazen-Williams.

4.10.1 Altura máxima de succión

Para el proyecto se realiza el cálculo de la altura máxima de succión (A.M.S), que representa la elevación máxima desde la fuente de agua hasta la bomba. Este valor se determina considerando

diversos factores que generan pérdida de carga, a partir de la siguiente ecuación, obteniendo un valor de 1.92 m:

$$A.M.S = 10.33 - (a + b + c + d + e + f)$$

Dónde:

- A.M.S: Altura máxima de succión (m)
- a: perdida por temperatura (m)
- b: Perdida por altura sobre el nivel del mar (m)
- c: perdida por de Presiones barométricas (m)
- d: perdida por vacío imperfecto de la bomba (m)
- e: Perdidas por fricción y accesorios (m)
- f: perdidas por velocidad (m)

4.10.2 Cálculo de N.P.S.H.

Teniendo en consideración que este proyecto está ubicado aproximadamente a 75 m.s.n.m y una temperatura promedio de 30ºC (k=5.6), por lo tanto, la succión se llevará a cabo a una profundidad de 1.92m, se realiza el cálculo a partir de la siguiente ecuación:

$$N.P.S.H = K - ADS$$

Dónde:

- N.P.S.H: Altura de succión positiva (m)
- K: Constante que depende de la altura sobre el nivel del mar y la temperatura (m)
- ADS: Altura dinámica de succión (m)

4.10.3 Cálculo de potencia

Teniendo en cuenta las pérdidas de energía totales, presentes en la red de estudio y la presión de operación del aparato más crítico, se procede a calcular la potencia de la bomba, mediante la siguiente ecuación:

$$P = \frac{Q * H_d}{76 * n}$$

Donde:

- P= Potencia, en caballos de fuerza (hp)
- Q= Caudal, en litros por segundo (lps)
- Hd= altura dinámica total, en metros (m)
- n = Eficiencia, en porcentaje (%)

Con base en lo anterior, el sistema de bombeo deberá contar con una potencia mínima de 30 hp, distribuida entre tres bombas centrífugas conectadas en paralelo. Dos de ellas serán las bombas principales, mientras que la tercera se utilizará en caso de emergencia o para suplir a una bomba principal durante labores de mantenimiento o en caso de fallo. Las bombas seleccionadas será Tipo Trifásica, referencia F65/160A las cuales cumplirán con los requisitos de NPSH y las demandas de presión necesarias para el sistema.

4.11 Sistema de Gabinetes

Para este proyecto los gabinetes estarán alimentados por una tubería de 6”. Los gabinetes deberán ser colocados en punto fijos desde donde se abarca cualquier punto de cada piso. La

presión en los gabinetes no excederá de 100 p.s.i es decir 142.3 m de columna de agua (mca) ni será inferior a 65 p.s.i es decir 45.5 mca.

- La presión en su integridad será suministrada por bombeo o por una combinación de bombeo- cuerpo de bomberos.
- Las boquillas de salida de los gabinetes serán de 1½” en los edificios menores. En los pisos de servicio, talleres, Patios, etc. se dotará el gabinete con salida para bomberos de 2½”
- Los gabinetes Clase III estarán dotados de válvula y manguera de 1½”, hacha, llave tensora, válvula para bomberos de 2½” y extintor de polvo químico seco, tipo ABC. Las mangueras tendrán una longitud mínima de 25 mt. En ningún caso excederán de 40 mt. Esta longitud se determinará trazando un radio desde el gabinete hasta el punto más extremo y estimando un chorro de máximo 9 mt de longitud en su componente horizontal.
- La distancia de los gabinetes hasta las escaleras no excederá de 10 mt.
- Los gabinetes de los sótanos podrán tener mangueras de 20 mt y el gabinete de la azotea solo requerirá una manguera de 15 mt de largo.
- Las boquillas de las mangueras serán graduables y del tipo chorro-neblina. Su caudal mínimo será de 3.5 lps en cualquier diámetro. La distancia máxima que podrá existir entre la boquilla del rociador, cuando la manguera esté extendida en toda su longitud, y cualquier punto de la edificación en cada nivel no excederá de 9 mt.

- El material de las mangueras podrá ser del tipo Súper SSFA (poliéster de alta tenacidad) con capa interna de caucho de doble grosor, o de tipos homologados como aquellas revestidas de poliuretano. Todas las conexiones de manguera y tomas de agua estarán provistas de roscas normalizadas N.S.T. (American National Fire Hose Connection Screw Thread)
- Accionadores o actuadores localizados estratégicamente, para encender el bombeo de incendio en forma remota.

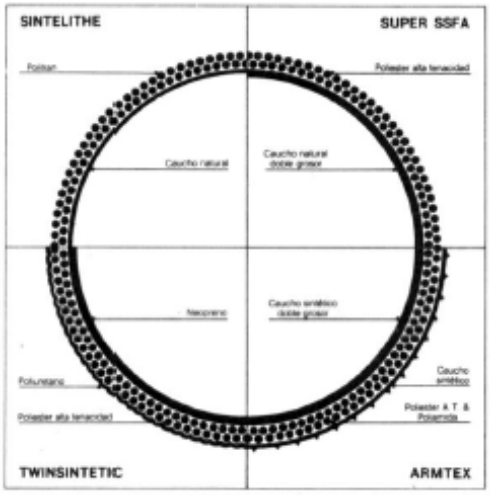
4.11.1 Gabinetes Tipo III

Se implementará un sistema de gabinetes tipo III, el cual es un sistema eficaz para la protección contra incendios, que, por su eficacia y facilidad de manejo, destinados para el uso de bomberos y personal entrenado en el manejo de chorros pesados en la fase inicial de un fuego o incendio. (Especial para lugares de alta afluencia de personas).

Contenido de un gabinete Tipo III

- Válvula angular tipo globo 1 ½” NPT.
- Válvula angular tipo globo 2 ½” NPT. Con tapa.
- Soporte tipo canastilla para manguera gabinetera.
- Manguera contra incendio de 1 ½” de 100 pies (30 mts).
- Boquilla de Chorro Neblina de 1 ½”.
- Hacha pico de 4 ½lb.
- Llave Spanner de dos servicios.
- Extintor de polvo químico seco ABC Multipropósito de 10 libras.

Figura 9. Detalle de boquilla de la manguera presente en el gabinete.



Fuente: NTC 1669

4.12 Extintores

Toda edificación clasificada en el grupo de ocupación I (Institucional) debe estar protegida por un sistema de extintores portátiles y fuego, diseñados de acuerdo con la última versión de la norma Extintores de fuego portátiles, NTC 2885 y la norma de Extintores de fuego Portátiles, NFPA 10. Deben proveerse extintores para la protección tanto de la estructura del edificio como de los riesgos de la ocupación existente en tal estructura, independientemente de la presencia de cualquier sistema de supresión de incendio fijo.

Se recomienda el uso de extintores polvo químico seco ABC, ya que son adecuados para combatir fuegos de tipo A (materiales sólidos combustibles), B (líquidos inflamables) y C (equipos eléctricos energizados). Estos extintores resultan especialmente útiles en áreas donde los sistemas

de rociadores automáticos o el suministro de agua no logran cubrir eficazmente, como en cuartos eléctricos, almacenes con equipos electrónicos sensibles o espacios confinados.

CONCLUSIONES

- El diseño de la red contra incendios se desarrolló cumpliendo con los lineamientos establecidos en las normativas nacionales e internacionales vigentes, lo que permite asegurar una operación confiable del sistema hidráulico y de bombeo en condiciones críticas.
- El uso de gabinetes tipo III en una institución educativa representa una medida esencial para salvaguardar la vida de los estudiantes, docentes y personal administrativo. Este sistema garantiza una respuesta rápida y eficaz ante posibles emergencias, contribuyendo a la seguridad integral del plantel.
- Para el diseño de red contra incendios se cuenta con un sistema de bombeo que consta de 3 bombas de 30 HP, las cuales funcionarán en alternancia y suministrarán a la red de distribución la respectiva presión mínima requerida para cada rociador, según parámetros establecidos en la norma técnica colombiana de instalaciones hidráulicas y sanitarias NTC 1500, en la National Fire Protection Association (NFPA) 13, National Fire Protection Association (NFPA) 14 entre otras normativas.
- Se recomienda la implementación de rociadores rápidos con un factor K: 5.6, ya que constituyen una opción óptima para espacios clasificados como de riesgo leve. Estos rociadores ofrecen una respuesta temprana y eficiente ante incendios, optimizando el flujo de agua y minimizando los daños por agua. Además,

proporcionan una cobertura adecuada con un uso eficiente de los recursos, asegurando el cumplimiento de las normativas y estándares aplicables. En consecuencia, el factor K: 5.6 representa una excelente alternativa para sistemas de rociadores diseñados para reducir riesgos y costos, al tiempo que mantienen un alto nivel de seguridad.

- El funcionamiento de los gabinetes contra incendio se llevará a cabo mediante la conexión de llaves siamesas. De acuerdo con la normativa NFPA 14, que regula la instalación de sistemas de rociadores y equipos de protección contra incendios, se garantizará que las llaves siamesas estén debidamente instaladas y señalizadas, permitiendo una conexión rápida y eficiente de equipos de extinción externos. Además, se asegurará que la presión y el caudal del sistema sean adecuados para el suministro de agua a las áreas críticas del establecimiento educativo, cumpliendo con los requisitos de la NFPA 13 para garantizar una protección eficaz y segura en caso de emergencia

ANEXOS

Tabla 9. Datos modelación nodos – Piso 1

Nodo ID	Demanda (LPS)	Carga Pisometrica (m)	Presión (m)
Nodo n195	0	13.23	10.58
Nodo n197	0	13.55	10.9
Nodo n70	0	14.94	12.29
Nodo n69	0	13.66	11.01
Nodo n198	0	13.32	10.67
Nodo n85	0	16.15	16.15
Nodo n82	0	16.03	16.03

Nodo n190	0	21.39	21.39
Nodo n76	0	15.98	15.98
Nodo n74	0	15.28	15.28
Nodo n205	0	13.01	10.36
Nodo n206	0	13.15	10.5
Nodo n207	0	13.12	10.47
Nodo n57	0	16.88	14.23
Nodo n210	0	13.69	13.69
Nodo n199	0	13.21	10.56
Nodo n202	0	13.08	10.43

Nodo n203	0	13.08	10.43
Nodo n64	0	18.71	16.06
Nodo n204	0	13.03	10.38
Nodo n159	0	13.01	10.36
Nodo n119	0	13.02	10.37
Nodo n117	0	13.03	10.38
Nodo n114	0	13.13	10.48
Nodo n164	0	13.01	10.36
Nodo n144	0	13.02	10.37
Nodo n148	0	13.13	10.48

Nodo n149	0	13.13	10.48
Nodo n154	0	13.08	10.43
Nodo n122	0	13.04	10.39
Nodo n96	0	13.97	13.97
Nodo n94	0	14.06	14.06
Nodo n180	0	13.33	10.68
Nodo n91	0	14.1	14.1
Nodo n89	0	14.89	14.89
Nodo n111	0	13.08	10.43
Nodo n167	0	14.24	11.59

Nodo n103	0	13.86	11.21
Nodo n172	0	13.15	10.5
Nodo n98	0	13.88	13.88
Nodo n211	0	13.69	13.69
Nodo n242	0	21.02	18.37
Nodo n7	0	13.25	10.6
Nodo n34	0	13.96	11.31
Nodo n243	0	20.49	17.84
Nodo n244	0	19.7	17.05
Nodo n228	0	13.12	10.47

Nodo n36	0	13.7	11.05
Nodo n236	0	13.38	13.38
Nodo n20	0	14.59	11.94
Nodo n237	0	13.39	13.39
Nodo n233	0	13.5	13.5
Nodo n9	0	13.32	10.67
Nodo n230	0	13.1	10.45
Nodo n231	0	13.08	10.43
Nodo n2	0	13.35	13.35
Nodo n219	0	13.69	13.69

Nodo n245	0	19.4	16.75
Nodo n49	0	13.27	10.62
Nodo n213	0	13.69	13.69
Nodo n215	0	13.69	13.69
Nodo N8	0	13.97	11.32
Nodo n223	0	13.58	10.93
Nodo n238	0.93	13.46	13.46
Nodo n239	0.93	13.39	13.39
Nodo n156	0.93	13.08	10.43
Nodo n165	0.93	13.01	10.36

Nodo n168	0.93	14.24	11.59
Nodo n153	0.93	13.08	10.43
Nodo n152	0.93	13.1	10.45
Nodo n143	0.93	13.02	10.37
Nodo n171	0.93	13.15	10.5
Nodo n170	0.93	13.05	10.4
Nodo n161	0.93	13.01	10.36
Nodo n157	0.93	13.08	10.43
Nodo n151	0.93	13.12	10.47
Nodo n160	0.93	13.01	10.36

Nodo n150	0.93	13.13	10.48
Nodo n240	0.93	13.57	13.57
Nodo n145	0.93	13.01	10.36
Nodo n241	0.93	13.57	13.57
Nodo n163	0.93	13.01	10.36
Nodo n146	0.93	13.01	10.36
Nodo n225	0.93	13.1	10.45
Nodo n224	0.93	13.57	13.57
Nodo n222	0.93	13.69	13.69
Nodo n226	0.93	13.11	10.46

Nodo n193	0.93	13.24	10.59
Nodo n194	0.93	13.24	10.59
Nodo n227	0.93	13.12	10.47
Nodo n216	0.93	13.69	13.69
Nodo n208	0.93	13.02	10.37
Nodo n209	0.93	13.02	10.37
Nodo n217	0.93	13.68	13.68
Nodo n221	0.93	13.69	13.69
Nodo n220	0.93	13.69	13.69
Nodo n218	0.93	13.69	13.69

Nodo n192	0.93	13.27	10.62
Nodo n234	0.93	13.5	13.5
Nodo n179	0.93	13.32	10.67
Nodo n232	0.93	13.69	13.69
Nodo n177	0.93	13.38	10.73
Nodo n173	0.93	13.16	10.51
Nodo n176	0.93	13.49	10.84
Nodo n235	0.93	13.37	13.37
Nodo n187	0.93	13.13	10.48
Nodo n188	0.93	16.03	16.03

Nodo n229	0.93	13.11	10.46
Nodo n185	0.93	13.01	10.36
Nodo n181	0.93	13.43	10.78
Nodo n182	0.93	13.21	10.56
Nodo n184	0.93	13.12	10.47
Nodo n46	0.93	13.4	10.75
Nodo n47	0.93	13.31	10.66
Nodo n48	0.93	13.27	10.62
Nodo n50	0.93	13.27	10.62
Nodo n53	0.93	13.28	10.63

Nodo n41	0.93	16.85	16.85
Nodo n42	0.93	16.81	16.81
Nodo n43	0.93	16.39	16.39
Nodo n44	0.93	16.15	16.15
Nodo n45	0.93	15.87	13.22
Nodo n54	0.93	16.15	16.15
Nodo n61	0.93	17.5	14.85
Nodo n62	0.93	17.23	14.58
Nodo n63	0.93	18.58	15.93
Nodo n65	0.93	13.81	11.16

Nodo n66	0.93	13.97	11.32
Nodo n55	0.93	16.27	16.27
Nodo n56	0.93	16.57	13.92
Nodo n58	0.93	17.15	14.5
Nodo n59	0.93	17.26	14.61
Nodo n60	0.93	17.35	14.7
Nodo n40	0.93	13.38	10.73
Nodo n10	0.93	13.26	10.61
Nodo n11	0.93	13.25	10.6
Nodo n14	0.93	13.51	10.86

Nodo n15	0.93	13.62	10.97
Nodo n26	0.93	17.74	15.09
Nodo n1	0.93	13.35	13.35
Nodo n3	0.93	13.34	13.34
Nodo n4	0.93	13.33	13.33
Nodo n5	0.93	13.33	10.68
Nodo n6	0.93	13.24	10.59
Nodo n27	0.93	17.35	14.7
Nodo n33	0.93	14	11.35
Nodo n35	0.93	13.81	11.16

Nodo n37	0.93	13.66	11.01
Nodo n38	0.93	13.54	10.89
Nodo n39	0.93	13.45	10.8
Nodo n28	0.93	17.07	14.42
Nodo n29	0.93	16.52	13.87
Nodo n30	0.93	15.9	13.25
Nodo n31	0.93	15.08	12.43
Nodo n32	0.93	14.44	11.79
Nodo n118	0.93	13.02	10.37
Nodo n120	0.93	13.03	10.38

Nodo n121	0.93	13.03	10.38
Nodo n123	0.93	13.03	10.38
Nodo n126	0.93	13.18	10.53
Nodo n107	0.93	14.14	11.49
Nodo n110	0.93	13.08	10.43
Nodo n112	0.93	13.09	10.44
Nodo n113	0.93	13.11	10.46
Nodo n115	0.93	13.11	10.46
Nodo n130	0.93	13.19	10.54
Nodo n136	0.93	13.1	10.45

Nodo n137	0.93	13.08	10.43
Nodo n139	0.93	13.05	10.4
Nodo n140	0.93	13.03	10.38
Nodo n142	0.93	13.02	10.37
Nodo n131	0.93	13.1	10.45
Nodo n132	0.93	13.1	10.45
Nodo n133	0.93	13.11	10.46
Nodo n134	0.93	13.14	10.49
Nodo n135	0.93	13.12	10.47
Nodo n105	0.93	14.13	11.48

Nodo n77	0.93	15.28	15.28
Nodo n78	0.93	15.28	15.28
Nodo n79	0.93	16.62	16.62
Nodo n80	0.93	16.31	16.31
Nodo n83	0.93	16	16
Nodo n67	0.93	14.43	11.78
Nodo n68	0.93	15.09	12.44
Nodo n71	0.93	14.9	14.9
Nodo n73	0.93	15.1	15.1
Nodo n75	0.93	15.6	15.6

Nodo n84	0.93	16	16
Nodo n95	0.93	14.02	14.02
Nodo n97	0.93	13.94	13.94
Nodo n99	0.93	14.06	14.06
Nodo n102	0.93	13.94	11.29
Nodo n104	0.93	13.94	11.29
Nodo n87	0.93	16.05	16.05
Nodo n88	0.93	16.08	16.08
Nodo n90	0.93	14.46	14.46
Nodo n93	0.93	13.98	13.98

Nodo n92	0.93	13.93	13.93
Nodo N12	104.72	13.83	11.18
Resvr 1	230.94	1.9	0

Tabla 10. Datos modelación nodos – Piso 2

Nodo ID	Demanda (LPS)	Carga Pisometrica (m)	Presión (m)
Nodo n84	0	10.87	8.22
Nodo n144	0	10.93	8.28
Nodo n78	0	10.84	8.19
Nodo n94	0	10.88	8.23
Nodo n138	0	10.9	8.25

Nodo n141	0	10.9	8.25
Nodo n76	0	10.84	8.19
Nodo n49	0	10.92	8.27
Nodo n47	0	10.95	8.3
Nodo n174	0	10.92	8.27
Nodo n73	0	10.83	8.18
Nodo n69	0	10.83	8.18
Nodo n64	0	10.83	8.18
Nodo n97	0	10.83	8.18
Nodo n111	0	10.84	8.19

Nodo n135	0	10.89	8.24
Nodo n105	0	10.85	8.2
Nodo n116	0	10.89	8.24
Nodo n115	0	10.84	8.19
Nodo n114	0	10.84	8.19
Nodo n136	0	10.89	8.24
Nodo n100	0	10.84	8.19
Nodo n99	0	10.83	8.18
Nodo n98	0	10.83	8.18
Nodo n103	0	10.87	8.22

Nodo n102	0	10.83	8.18
Nodo n101	0	10.83	8.18
Nodo n5	0	10.91	8.26
Nodo n201	0	10.89	8.24
Nodo n3	0	10.9	8.25
Nodo n15	0	10.83	8.18
Nodo n194	0	10.88	8.23
Nodo n180	0	10.89	8.24
Nodo n28	0	10.85	8.2
Nodo n202	0	11.15	8.5
Nodo n7	0	10.9	8.25

Nodo n41	0	10.83	8.18
Nodo n10	0	10.83	8.18
Nodo n26	0	10.85	8.2
Nodo n200	0	10.89	8.24
Nodo n181	0	10.9	8.25
Nodo n196	0.93	10.88	8.23
Nodo n195	0.93	10.88	8.23
Nodo n137	0.93	10.9	8.25
Nodo n190	0.93	10.88	8.23
Nodo n139	0.93	10.9	8.25

Nodo n193	0.93	10.88	8.23
Nodo n192	0.93	10.88	8.23
Nodo n191	0.93	10.88	8.23
Nodo n126	0.93	10.86	8.21
Nodo n127	0.93	10.87	8.22
Nodo n128	0.93	10.87	8.22
Nodo n123	0.93	10.86	8.21
Nodo n124	0.93	10.85	8.2
Nodo n125	0.93	10.85	8.2
Nodo n132	0.93	10.89	8.24

Nodo n133	0.93	10.89	8.24
Nodo n199	0.93	10.89	8.24
Nodo n129	0.93	10.86	8.21
Nodo n130	0.93	10.86	8.21
Nodo n131	0.93	10.86	8.21
Nodo n140	0.93	10.91	8.26
Nodo n164	0.93	10.89	8.24
Nodo n165	0.93	10.89	8.24
Nodo n167	0.93	10.89	8.24
Nodo n162	0.93	10.89	8.24

Nodo n158	0.93	10.89	8.24
Nodo n160	0.93	10.89	8.24
Nodo n161	0.93	10.89	8.24
Nodo n177	0.93	10.88	8.23
Nodo n173	0.93	10.9	8.25
Nodo n176	0.93	10.88	8.23
Nodo n171	0.93	10.89	8.24
Nodo n168	0.93	10.89	8.24
Nodo n169	0.93	10.9	8.25
Nodo n179	0.93	10.89	8.24

Nodo n157	0.93	10.89	8.24
Nodo n147	0.93	10.89	8.24
Nodo n148	0.93	10.89	8.24
Nodo n149	0.93	10.89	8.24
Nodo n186	0.93	10.88	8.23
Nodo n187	0.93	10.88	8.23
Nodo n142	0.93	10.9	8.25
Nodo n143	0.93	10.89	8.24
Nodo n153	0.93	10.89	8.24
Nodo n155	0.93	10.89	8.24

Nodo n156	0.93	10.89	8.24
Nodo n182	0.93	10.88	8.23
Nodo n151	0.93	10.9	8.25
Nodo n185	0.93	10.88	8.23
Nodo n152	0.93	10.89	8.24
Nodo n43	0.93	10.83	8.18
Nodo n46	0.93	10.94	8.29
Nodo n48	0.93	10.94	8.29
Nodo n42	0.93	10.83	8.18
Nodo n36	0.93	10.83	8.18

Nodo n38	0.93	10.83	8.18
Nodo n39	0.93	10.83	8.18
Nodo n50	0.93	10.92	8.27
Nodo n58	0.93	10.84	8.19
Nodo n61	0.93	10.84	8.19
Nodo n62	0.93	10.84	8.19
Nodo n57	0.93	10.84	8.19
Nodo n51	0.93	10.9	8.25
Nodo n54	0.93	10.86	8.21
Nodo n55	0.93	10.85	8.2

Nodo n35	0.93	10.83	8.18
Nodo n11	0.93	10.83	8.18
Nodo n13	0.93	10.83	8.18
Nodo n14	0.93	10.83	8.18
Nodo n8	0.93	10.9	8.25
Nodo n2	0.93	10.9	8.25
Nodo n4	0.93	10.9	8.25
Nodo n6	0.93	10.91	8.26
Nodo n16	0.93	10.83	8.18
Nodo n27	0.93	10.85	8.2
Nodo n31	0.93	10.85	8.2
Nodo n33	0.93	10.84	8.19

Nodo n24	0.93	10.83	8.18
Nodo n19	0.93	10.83	8.18
Nodo n21	0.93	10.83	8.18
Nodo n22	0.93	10.83	8.18
Nodo n107	0.93	10.83	8.18
Nodo n108	0.93	10.84	8.19
Nodo n109	0.93	10.84	8.19
Nodo n106	0.93	10.83	8.18
Nodo n92	0.93	10.83	8.18
Nodo n93	0.93	10.83	8.18

Nodo n104	0.93	10.88	8.23
Nodo n110	0.93	10.84	8.19
Nodo n120	0.93	10.88	8.23
Nodo n121	0.93	10.86	8.21
Nodo n122	0.93	10.86	8.21
Nodo n119	0.93	10.85	8.2
Nodo n112	0.93	10.84	8.19
Nodo n117	0.93	10.87	8.22
Nodo n118	0.93	10.86	8.21
Nodo n91	0.93	10.83	8.18

Nodo n72	0.93	10.9	8.25
Nodo n75	0.93	10.83	8.18
Nodo n77	0.93	10.84	8.19
Nodo n70	0.93	10.83	8.18
Nodo n65	0.93	10.83	8.18
Nodo n66	0.93	10.83	8.18
Nodo n68	0.93	10.83	8.18
Nodo n79	0.93	10.84	8.19
Nodo n87	0.93	10.87	8.22
Nodo n88	0.93	10.85	8.2

Nodo n90	0.93	10.84	8.19
Nodo n85	0.93	10.87	8.22
Nodo n80	0.93	10.88	8.23
Nodo n82	0.93	10.88	8.23
Nodo n83	0.93	10.87	8.22
Resvr 1	104.72	0	0

Tabla 11. Modelación - Tubería diámetro 82.8 mm Piso 1

Link ID	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Carga unitaria de perdida de energía (m/km)	Factor de fricción
Tuberia p1	2.278	82.8	0.93	0.17	0.52	0.028

Tuberia p100	3.771	82.8	5.89	1.09	13.56	0.018
Tuberia p101	2.798	82.8	2.40	0.45	2.75	0.022
Tuberia p102	1.260	82.8	0.93	0.17	0.53	0.028
Tuberia p105	2.149	82.8	10.26	1.90	36.81	0.016
Tuberia p106	4.533	82.8	11.19	2.08	43.10	0.016
Tuberia p107	2.150	82.8	12.13	2.25	49.84	0.016
Tuberia p109	2.680	82.8	4.33	0.80	7.81	0.02
Tuberia p110	1.853	82.8	2.22	0.41	2.39	0.023
Tuberia p111	2.150	82.8	1.29	0.24	0.92	0.026
Tuberia p115	2.150	82.8	5.26	0.98	11.08	0.019

Tuberia p116	2.679	82.8	1.86	0.35	1.76	0.024
Tuberia p117	1.854	82.8	2.03	0.38	2.04	0.023
Tuberia p118	2.151	82.8	1.09	0.20	0.69	0.027
Tuberia p122	2.150	82.8	2.80	0.52	3.60	0.022
Tuberia p123	1.970	82.8	1.40	0.26	1.06	0.026
Tuberia p124	2.438	82.8	5.48	1.02	11.93	0.019
Tuberia p125	2.150	82.8	6.42	1.19	15.82	0.018
Tuberia p128	3.600	82.8	0.95	0.18	0.54	0.028
Tuberia p129	3.600	82.8	3.25	0.60	4.70	0.021
Tuberia p130	3.600	82.8	4.19	0.78	7.37	0.02

Tuberia p131	3.600	82.8	3.76	0.70	6.08	0.02
Tuberia p132	3.600	82.8	2.82	0.52	3.66	0.022
Tuberia p133	3.600	82.8	1.89	0.35	1.80	0.024
Tuberia p134	3.600	82.8	3.27	0.61	4.75	0.021
Tuberia p135	0.760	82.8	2.34	0.43	2.62	0.023
Tuberia p136	2.840	82.8	4.44	0.83	8.19	0.02
Tuberia p137	3.600	82.8	3.51	0.65	5.37	0.021
Tuberia p138	1.855	82.8	2.57	0.48	3.10	0.022
Tuberia p139	1.745	82.8	2.41	0.45	2.76	0.022
Tuberia p140	3.600	82.8	1.47	0.27	1.16	0.025

Tuberia p141	0.797	82.8	0.54	0.10	0.20	0.033
Tuberia p142	2.170	82.8	2.29	0.43	2.53	0.023
Tuberia p143	1.612	82.8	0.93	0.17	0.53	0.028
Tuberia p144	4.142	82.8	11.46	2.13	44.99	0.016
Tuberia p145	2.473	82.8	2.58	0.48	3.11	0.022
Tuberia p146	0.337	82.8	2.58	0.48	3.11	0.022
Tuberia p147	1.127	82.8	2.58	0.48	3.11	0.022
Tuberia p148	3.600	82.8	1.64	0.30	1.40	0.025
Tuberia p149	1.860	82.8	0.71	0.13	0.32	0.031
Tuberia p150	3.600	82.8	3.86	0.72	6.36	0.02

Tuberia p151	0.799	82.8	2.92	0.54	3.88	0.021
Tuberia p152	1.928	82.8	1.64	0.30	1.40	0.025
Tuberia p153	0.873	82.8	1.87	0.35	1.77	0.024
Tuberia p154	1.612	82.8	0.93	0.17	0.53	0.028
Tuberia p155	2.147	82.8	1.21	0.22	0.82	0.026
Tuberia p158	4.300	82.8	0.24	0.04	0.05	0.04
Tuberia p159	2.092	82.8	0.69	0.13	0.31	0.031
Tuberia p160	2.701	82.8	0.27	0.05	0.06	0.04
Tuberia p162	2.266	82.8	0.93	0.17	0.52	0.028
Tuberia p163	3.615	82.8	1.75	0.33	1.58	0.024

Tuberia p164	3.600	82.8	3.62	0.67	5.70	0.02
Tuberia p165	3.929	82.8	4.56	0.85	8.58	0.019
Tuberia p166	2.150	82.8	0.46	0.09	0.16	0.034
Tuberia p168	2.151	82.8	13.40	2.49	59.69	0.016
Tuberia p172	2.151	82.8	0.07	0.01	0.01	0.065
Tuberia p173	2.130	82.8	1.00	0.19	0.59	0.028
Tuberia p174	1.918	82.8	12.46	2.31	52.35	0.016
Tuberia p175	2.204	82.8	0.93	0.17	0.52	0.028
Tuberia p176	2.370	82.8	0.93	0.17	0.52	0.028
Tuberia p177	2.396	82.8	0.93	0.17	0.52	0.028

Tuberia p179	2.266	82.8	0.93	0.17	0.52	0.028
Tuberia p180	1.162	82.8	0.93	0.17	0.53	0.028
Tuberia p183	1.231	82.8	0.93	0.17	0.52	0.028
Tuberia p184	1.165	82.8	0.93	0.17	0.52	0.028
Tuberia p185	1.256	82.8	2.20	0.41	2.35	0.023
Tuberia p191	3.758	82.8	2.10	0.39	2.17	0.023
Tuberia p192	3.754	82.8	0.16	0.03	0.02	0.029
Tuberia p193	3.750	82.8	0.42	0.08	0.13	0.035
Tuberia p194	3.804	82.8	4.08	0.76	7.05	0.02
Tuberia p195	4.015	82.8	0.93	0.17	0.53	0.028

Tuberia p196	1.978	82.8	3.31	0.61	4.85	0.021
Tuberia p197	0.365	82.8	2.38	0.44	2.69	0.022
Tuberia p198	2.064	82.8	1.44	0.27	1.12	0.025
Tuberia p199	0.173	82.8	0.51	0.09	0.18	0.033
Tuberia p2	1.116	82.8	3.48	0.65	5.31	0.021
Tuberia p200	1.643	82.8	0.43	0.08	0.14	0.035
Tuberia p201	2.094	82.8	1.87	0.35	1.77	0.024
Tuberia p202	0.705	82.8	0.93	0.17	0.52	0.028
Tuberia p203	2.265	82.8	0.93	0.17	0.52	0.028
Tuberia p204	1.765	82.8	0.93	0.17	0.53	0.028

Tuberia p205	1.870	82.8	0.93	0.17	0.52	0.028
Tuberia p206	1.134	82.8	0.93	0.17	0.52	0.028
Tuberia p207	1.771	82.8	0.93	0.17	0.52	0.028
Tuberia p208	3.330	82.8	1.47	0.27	1.16	0.025
Tuberia p209	4.300	82.8	1.94	0.36	1.88	0.024
Tuberia p212	2.150	82.8	3.44	0.64	5.20	0.021
Tuberia p213	2.344	82.8	2.51	0.47	2.96	0.022
Tuberia p214	2.344	82.8	1.00	0.19	0.59	0.028
Tuberia p215	3.806	82.8	3.51	0.65	5.38	0.021
Tuberia p216	3.522	82.8	12.73	2.36	54.39	0.016

Tuberia p217	3.626	82.8	9.49	1.76	32.00	0.017
Tuberia p218	2.845	82.8	8.16	1.51	24.35	0.017
Tuberia p219	0.755	82.8	0.93	0.17	0.53	0.028
Tuberia p220	1.482	82.8	0.93	0.17	0.52	0.028
Tuberia p221	1.351	82.8	5.35	0.99	11.43	0.019
Tuberia p222	4.758	82.8	6.29	1.17	15.25	0.018
Tuberia p223	2.081	82.8	7.22	1.34	19.56	0.018
Tuberia p224	1.080	82.8	0.93	0.17	0.53	0.028
Tuberia p225	2.335	82.8	0.93	0.17	0.52	0.028
Tuberia p226	3.265	82.8	4.42	0.82	8.11	0.02

Tuberia p24	3.600	82.8	15.43	2.87	77.16	0.015
Tuberia p25	3.600	82.8	22.53	4.18	153.73	0.014
Tuberia p26	3.600	82.8	23.97	4.45	172.25	0.014
Tuberia p27	3.600	82.8	27.87	5.18	226.96	0.014
Tuberia p28	3.010	82.8	23.62	4.39	167.63	0.014
Tuberia p29	3.600	82.8	19.87	3.69	122.32	0.015
Tuberia p3	3.600	82.8	2.55	0.47	3.05	0.022
Tuberia p30	0.863	82.8	10.61	1.97	39.12	0.016
Tuberia p31	2.737	82.8	13.01	2.42	56.62	0.016
Tuberia p32	2.049	82.8	12.32	2.29	51.29	0.016

Tuberia p33	1.438	82.8	9.01	1.67	29.13	0.017
Tuberia p34	2.180	82.8	10.47	1.95	38.24	0.016
Tuberia p35	3.600	82.8	8.07	1.50	23.88	0.017
Tuberia p36	3.600	82.8	7.13	1.32	19.14	0.018
Tuberia p37	3.600	82.8	6.20	1.15	14.87	0.018
Tuberia p38	0.256	82.8	6.88	1.28	17.91	0.018
Tuberia p39	3.600	82.8	5.21	0.97	10.90	0.019
Tuberia p4	3.600	82.8	1.61	0.30	1.36	0.025
Tuberia p40	3.600	82.8	19.34	3.59	116.39	0.015
Tuberia p41	3.600	82.8	14.34	2.66	67.54	0.015

Tuberia p42	3.600	82.8	14.42	2.68	68.22	0.015
Tuberia p46	3.150	82.8	0.39	0.07	0.12	0.036
Tuberia p47	3.150	82.8	1.32	0.25	0.96	0.026
Tuberia p48	2.462	82.8	2.26	0.42	2.46	0.023
Tuberia p49	6.300	82.8	3.19	0.59	4.55	0.021
Tuberia p5	3.150	82.8	2.08	0.39	2.14	0.023
Tuberia p50	1.800	82.8	1.02	0.19	0.60	0.028
Tuberia p51	2.000	82.8	13.34	2.48	59.23	0.016
Tuberia p52	1.800	82.8	14.27	2.65	66.98	0.015
Tuberia p53	3.600	82.8	10.21	1.90	36.49	0.016

Tuberia p56	3.600	82.8	9.34	1.74	31.11	0.017
Tuberia p57	2.273	82.8	10.28	1.91	36.95	0.016
Tuberia p58	3.600	82.8	11.21	2.08	43.25	0.016
Tuberia p6	3.150	82.8	3.02	0.56	4.12	0.021
Tuberia p61	3.600	82.8	15.06	2.80	73.83	0.015
Tuberia p65	2.273	82.8	22.60	4.20	154.73	0.014
Tuberia p7	3.600	82.8	6.88	1.28	17.91	0.018
Tuberia p71	3.580	82.8	5.31	0.99	11.28	0.019
Tuberia p72	1.214	82.8	4.38	0.81	7.98	0.02
Tuberia p73	2.386	82.8	16.36	3.04	85.84	0.015

Tuberia p74	1.950	82.8	17.30	3.21	94.97	0.015
Tuberia p75	2.757	82.8	19.17	3.56	114.50	0.015
Tuberia p76	3.034	82.8	20.10	3.73	124.89	0.015
Tuberia p77	0.983	82.8	1.87	0.35	1.77	0.024
Tuberia p78	3.253	82.8	0.93	0.17	0.53	0.028
Tuberia p79	3.600	82.8	21.41	3.98	140.09	0.014
Tuberia p8	2.331	82.8	2.92	0.54	3.89	0.021
Tuberia p80	3.035	82.8	15.26	2.83	75.61	0.015
Tuberia p81	4.508	82.8	14.32	2.66	67.40	0.015
Tuberia p82	4.010	82.8	13.39	2.49	59.63	0.016

Tuberia p83	2.597	82.8	6.80	1.26	17.57	0.018
Tuberia p84	2.597	82.8	5.87	1.09	13.47	0.018
Tuberia p85	2.012	82.8	4.93	0.92	9.87	0.019
Tuberia p86	0.318	82.8	15.17	2.82	74.80	0.015
Tuberia p87	3.413	82.8	11.39	2.12	44.48	0.016
Tuberia p88	5.194	82.8	4.72	0.88	9.11	0.019
Tuberia p89	2.330	82.8	5.65	1.05	12.59	0.019
Tuberia p9	6.300	82.8	1.99	0.37	1.97	0.023
Tuberia p90	2.331	82.8	1.15	0.21	0.75	0.027
Tuberia p91	3.268	82.8	20.74	3.85	132.22	0.014

Tuberia p92	2.947	82.8	19.80	3.68	121.54	0.015
Tuberia p93	2.518	82.8	6.82	1.27	17.67	0.018
Tuberia p94	3.600	82.8	7.76	1.44	22.25	0.017
Tuberia p95	1.603	82.8	8.69	1.61	27.32	0.017
Tuberia p96	1.997	82.8	11.11	2.06	42.54	0.016
Tuberia p97	1.259	82.8	10.18	1.89	36.29	0.017
Tuberia p98	1.259	82.8	7.77	1.44	22.32	0.017
Tuberia p99	3.429	82.8	6.84	1.27	17.73	0.018
Tuberia T2	1.740	82.8	4.79	0.89	9.37	0.019
Tuberia T3	2.900	82.8	0.40	0.07	0.12	0.036

Tuberia T4	0.590	82.8	28.93	5.37	243.06	0.014
Tuberia T5	1.420	82.8	9.00	1.67	29.10	0.017
Tuberia T6	0.630	82.8	1.87	0.35	1.76	0.024
Tuberia T7	1.600	82.8	1.95	0.36	1.90	0.024

Tabla 12. Modelación - Tubería diámetro 108.2 mm Piso 1

Link ID	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Carga unitaria de perdida de energía (m/km)	Factor de fricción
Tuberia p187	3.750	108.2	32.14	3.50	80.60	0.014
Tuberia p186	2.494	108.2	12.41	1.35	14.32	0.017
Tuberia T1	6.030	108.2	7.83	0.85	6.26	0.018

Tuberia p211	2.150	108.2	3.81	0.41	1.73	0.021
Tuberia p210	4.687	108.2	2.87	0.31	1.05	0.023
Tuberia p190	3.760	108.2	4.25	0.46	2.11	0.021
Tuberia T8	0.100	108.2	16.07	1.75	22.86	0.016
Tuberia p188	4.495	108.2	16.94	1.84	25.15	0.016
Tuberia p189	3.750	108.2	8.18	0.89	6.78	0.018
Tuberia p64	3.600	108.2	65.61	7.14	298.69	0.012
Tuberia p60	3.600	108.2	23.09	2.51	44.11	0.015
Tuberia p59	3.600	108.2	30.86	3.36	74.81	0.014
Tuberia p55	3.600	108.2	31.01	3.37	75.51	0.014

Tuberia p66	3.600	108.2	0.24	0.03	0.01	0.031
Tuberia p70	3.600	108.2	2.40	0.26	0.77	0.024
Tuberia p69	3.600	108.2	2.00	0.22	0.55	0.025
Tuberia p68	3.600	108.2	2.81	0.31	1.01	0.023
Tuberia p67	3.600	108.2	8.33	0.91	7.00	0.018
Tuberia p54	3.600	108.2	12.59	1.37	14.70	0.017
Tuberia p13	3.488	108.2	22.29	2.42	41.36	0.015
Tuberia p12	1.375	108.2	19.89	2.16	33.63	0.015
Tuberia p11	3.600	108.2	18.95	2.06	30.81	0.015
Tuberia p10	3.600	108.2	18.02	1.96	28.11	0.016

Tuberia p14	3.600	108.2	23.46	2.55	45.42	0.015
Tuberia p45	2.462	108.2	12.95	1.41	15.48	0.017
Tuberia p44	3.804	108.2	17.08	1.86	25.52	0.016
Tuberia p43	3.600	108.2	9.59	1.04	9.00	0.018
Tuberia p23	3.600	108.2	37.77	4.11	108.27	0.014
Tuberia p103	4.533	108.2	22.82	2.48	43.18	0.015
Tuberia p157	4.792	108.2	1.18	0.13	0.22	0.029
Tuberia p156	2.153	108.2	2.11	0.23	0.61	0.025
Tuberia p127	4.406	108.2	8.66	0.94	7.49	0.018
Tuberia p126	2.150	108.2	9.59	1.04	9.01	0.018

Tuberia p161	3.416	108.2	36.82	4.00	103.31	0.014
Tuberia p169	2.149	108.2	18.75	2.04	30.21	0.015
Tuberia p170	4.048	108.2	17.81	1.94	27.54	0.016
Tuberia p171	2.149	108.2	16.88	1.84	24.97	0.016
Tuberia p167	2.150	108.2	7.72	0.84	6.10	0.018
Tuberia p121	2.150	108.2	5.03	0.55	2.84	0.02
Tuberia p113	4.533	108.2	7.48	0.81	5.76	0.019
Tuberia p112	2.150	108.2	6.54	0.71	4.54	0.019
Tuberia p108	2.150	108.2	23.76	2.58	46.45	0.015
Tuberia p104	2.151	108.2	21.89	2.38	40.02	0.015

Tuberia p114	2.150	108.2	8.41	0.91	7.12	0.018
Tuberia p120	4.533	108.2	4.09	0.45	1.97	0.021
Tuberia p178	5.411	108.2	14.61	1.59	19.23	0.016
Tuberia p119	2.149	108.2	3.16	0.34	1.24	0.022

Tabla 13. Modelación - Tubería diámetro 161.48 mm Piso 1

Link ID	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Carga unitaria de perdida de energía (m/km)	Factor de fricción
Tuberia p17	2.357	161.48	155.73	7.60	210.02	0.012
Tuberia p16	1.243	161.48	118.92	5.81	127.58	0.012
Tuberia p15	3.500	161.48	120.79	5.90	131.31	0.012

Tuberia T9	1.420	161.48	104.72	5.11	100.93	0.012
Tuberia p19	3.600	161.48	150.01	7.32	195.96	0.012
Tuberia p20	1.327	161.48	163.54	7.99	229.93	0.011
Tuberia p21	2.273	161.48	132.52	6.47	155.83	0.012
Tuberia p22	3.600	161.48	125.69	6.14	141.32	0.012
Tuberia p62	3.600	161.48	164.40	8.03	232.18	0.011
Tuberia p18	3.600	161.48	158.66	7.75	217.40	0.011

Tabla 14. Modelación - Tubería diámetro 211.56 mm Piso 1

Link ID	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Carga unitaria de perdida de	Factor de fricción

					energía (m/km)	
Tuberia p228	6.785	211.56	230.94	6.57	116.84	0.011
Tuberia p182	3.122	211.56	230.94	6.57	116.84	0.011
Tuberia p63	1.163	211.56	230.94	6.57	116.84	0.011
Tuberia p227	4.521	211.56	230.94	6.57	116.84	0.011
Tuberia p230	5.883	211.56	230.94	6.57	116.84	0.011
Tuberia p229	2.570	211.56	230.94	6.57	116.84	0.011

Tabla 15. Modelación - Tubería diámetro 82.8 mm Piso 2

Link ID	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Carga unitaria de perdida de energía (m/km)	Factor de fricción

Tuberia p105	2.856	82.8	0.99	0.18	0.58	0.028
Tuberia p106	2.856	82.8	0.06	0.01	0.01	0.076
Tuberia p107	3.600	82.8	0.88	0.16	0.47	0.029
Tuberia p108	3.570	82.8	2.22	0.41	2.39	0.023
Tuberia p111	2.856	82.8	1.34	0.25	0.98	0.026
Tuberia p112	2.856	82.8	0.4	0.07	0.12	0.036
Tuberia p113	2.854	82.8	1.05	0.20	0.65	0.027
Tuberia p114	2.859	82.8	0.12	0.02	0.01	0.035
Tuberia p129	3.600	82.8	0.97	0.18	0.56	0.028
Tuberia p130	3.600	82.8	0.59	0.11	0.23	0.032

Tuberia p131	3.381	82.8	0.35	0.06	0.10	0.037
Tuberia p132	3.381	82.8	0.55	0.10	0.21	0.033
Tuberia p137	3.600	82.8	1.22	0.23	0.83	0.026
Tuberia p138	3.600	82.8	0.73	0.14	0.35	0.030
Tuberia p139	3.381	82.8	1.01	0.19	0.60	0.028
Tuberia p140	3.381	82.8	0.56	0.10	0.21	0.033
Tuberia p142	3.753	82.8	0.81	0.15	0.41	0.029
Tuberia p143	2.874	82.8	0.39	0.07	0.12	0.036
Tuberia p144	2.875	82.8	0.09	0.02	0.01	0.047
Tuberia p149	3.604	82.8	1.56	0.29	1.28	0.025

Tuberia p150	3.596	82.8	0.51	0.09	0.18	0.033
Tuberia p151	2.875	82.8	0.52	0.10	0.19	0.033
Tuberia p152	2.875	82.8	0.11	0.02	0.01	0.037
Tuberia p153	3.599	82.8	0.64	0.12	0.27	0.031
Tuberia p154	3.602	82.8	1.98	0.37	1.95	0.023
Tuberia p167	3.186	82.8	0.76	0.14	0.36	0.030
Tuberia p168	2.750	82.8	0.18	0.03	0.02	0.030
Tuberia p169	3.186	82.8	0.74	0.14	0.35	0.030
Tuberia p172	2.750	82.8	0.06	0.01	0.01	0.076
Tuberia T1	3.570	82.8	1.69	0.31	1.48	0.024

Tabla 16. Modelación - Tubería diámetro 108.2 mm Piso 2

Link ID	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Carga unitaria de perdida de energía (m/km)	Factor de fricción
Tuberia p1	4.533	108.2	1.59	0.17	0.37	0.026
Tuberia p10	2.150	108.2	2.62	0.28	0.89	0.023
Tuberia p102	3.541	108.2	6.19	0.67	4.11	0.019
Tuberia p103	3.600	108.2	3.92	0.43	1.82	0.021
Tuberia p104	3.600	108.2	1.93	0.21	0.52	0.025
Tuberia p109	2.859	108.2	3.16	0.34	1.24	0.022
Tuberia p11	2.150	108.2	0.72	0.08	0.09	0.033

Tuberia p110	2.854	108.2	4.09	0.45	1.97	0.021
Tuberia p12	4.533	108.2	0.21	0.02	0.01	0.028
Tuberia p120	3.600	108.2	3.5	0.38	1.49	0.022
Tuberia p121	0.250	108.2	4.89	0.53	2.7	0.02
Tuberia p122	3.350	108.2	3.71	0.4	1.66	0.022
Tuberia p13	2.150	108.2	1.15	0.12	0.21	0.029
Tuberia p133	3.601	108.2	2.3	0.25	0.71	0.024
Tuberia p134	3.600	108.2	4.24	0.46	2.09	0.021
Tuberia p135	3.381	108.2	4.06	0.44	1.94	0.021
Tuberia p136	3.381	108.2	1.9	0.21	0.51	0.025

Tuberia p14	2.150	108.2	2.08	0.23	0.6	0.025
Tuberia p145	3.600	108.2	0.84	0.09	0.12	0.031
Tuberia p146	3.600	108.2	1.26	0.14	0.25	0.028
Tuberia p147	2.876	108.2	4.49	0.49	2.32	0.021
Tuberia p148	2.876	108.2	2.49	0.27	0.82	0.024
Tuberia p15	2.723	108.2	1.5	0.16	0.33	0.027
Tuberia p16	1.810	108.2	2.37	0.26	0.75	0.024
Tuberia p166	3.190	108.2	1.64	0.18	0.39	0.026
Tuberia p17	2.150	108.2	1.44	0.16	0.31	0.027
Tuberia p170	3.190	108.2	1.73	0.19	0.43	0.026

Tuberia p173	2.754	108.2	0.51	0.06	0.05	0.036
Tuberia p174	2.750	108.2	0.37	0.04	0.03	0.04
Tuberia p175	3.186	108.2	1.31	0.14	0.26	0.028
Tuberia p176	0.854	108.2	1.31	0.14	0.26	0.028
Tuberia p177	2.837	108.2	2.24	0.24	0.68	0.024
Tuberia p178	4.681	108.2	2.29	0.25	0.71	0.024
Tuberia p179	3.600	108.2	3.18	0.35	1.26	0.022
Tuberia p18	2.150	108.2	0.35	0.04	0.03	0.041
Tuberia p180	0.414	108.2	4.11	0.45	1.98	0.021
Tuberia p19	4.533	108.2	0.59	0.06	0.07	0.035

Tuberia p2	2.150	108.2	0.65	0.07	0.08	0.033
Tuberia p20	2.139	108.2	1.52	0.17	0.35	0.027
Tuberia p21	2.161	108.2	0.56	0.06	0.06	0.035
Tuberia p22	1.935	108.2	3.35	0.36	1.38	0.022
Tuberia p23	2.473	108.2	1.17	0.13	0.22	0.029
Tuberia p24	2.150	108.2	2.1	0.23	0.61	0.025
Tuberia p25	2.150	108.2	3.16	0.34	1.24	0.022
Tuberia p26	4.406	108.2	2.22	0.24	0.67	0.024
Tuberia p3	2.150	108.2	5.15	0.56	2.96	0.02
Tuberia p36	0.607	108.2	1.87	0.2	0.49	0.025

Tuberia p37	1.612	108.2	0.93	0.1	0.15	0.03
Tuberia p4	2.440	108.2	6.08	0.66	3.98	0.019
Tuberia p5	2.093	108.2	5.57	0.61	3.41	0.02
Tuberia p54	1.364	108.2	1.87	0.2	0.49	0.025
Tuberia p55	1.612	108.2	0.93	0.1	0.15	0.03
Tuberia p56	2.150	108.2	0.77	0.08	0.11	0.032
Tuberia p57	2.150	108.2	0.92	0.1	0.14	0.03
Tuberia p58	4.792	108.2	0.01	0	0	0.404
Tuberia p59	4.300	108.2	0.95	0.1	0.15	0.03
Tuberia p6	2.150	108.2	4.64	0.5	2.46	0.021

Tuberia p60	2.069	108.2	1.88	0.2	0.5	0.025
Tuberia p61	2.723	108.2	1.7	0.19	0.42	0.026
Tuberia p62	4.107	108.2	1.18	0.13	0.22	0.029
Tuberia p63	2.266	108.2	0.93	0.1	0.15	0.03
Tuberia p67	2.150	108.2	2.42	0.26	0.78	0.024
Tuberia p68	2.150	108.2	1.29	0.14	0.26	0.028
Tuberia p69	2.150	108.2	0.93	0.1	0.15	0.03
Tuberia p7	2.150	108.2	2.52	0.27	0.84	0.024
Tuberia p70	2.150	108.2	4.86	0.53	2.68	0.02
Tuberia p71	4.048	108.2	3.93	0.43	1.83	0.021

Tuberia p72	2.150	108.2	2.99	0.33	1.13	0.023
Tuberia p73	2.150	108.2	3.2	0.35	1.27	0.022
Tuberia p74	2.130	108.2	4.14	0.45	2.01	0.021
Tuberia p75	1.918	108.2	0.93	0.1	0.15	0.03
Tuberia p76	2.204	108.2	0.93	0.1	0.15	0.03
Tuberia p77	2.370	108.2	0.93	0.1	0.15	0.03
Tuberia p78	2.396	108.2	0.93	0.1	0.15	0.03
Tuberia p79	2.266	108.2	0.93	0.1	0.15	0.03
Tuberia p8	2.720	108.2	3.02	0.33	1.15	0.023
Tuberia p80	2.266	108.2	0.93	0.1	0.15	0.03

Tuberia p81	3.750	108.2	5.8	0.63	3.66	0.02
Tuberia p82	4.495	108.2	6.2	0.67	4.12	0.019
Tuberia p83	3.750	108.2	3.71	0.4	1.65	0.022
Tuberia p84	3.760	108.2	1.9	0.21	0.51	0.025
Tuberia p85	3.760	108.2	1.09	0.12	0.19	0.029
Tuberia p9	1.812	108.2	3.55	0.39	1.53	0.022
Tuberia p91	4.015	108.2	0.93	0.1	0.15	0.03
Tuberia p92	4.300	108.2	0.27	0.03	0.01	0.034
Tuberia p93	4.687	108.2	0.67	0.07	0.08	0.033
Tuberia p94	2.150	108.2	1.6	0.17	0.38	0.026

Tuberia p95	2.150	108.2	1.17	0.13	0.22	0.029
Tuberia p96	1.852	108.2	0.24	0.03	0.01	0.03
Tuberia p97	2.835	108.2	1.2	0.13	0.23	0.028

Tabla 17. Modelación - Tubería diámetro 161.48 mm Piso 2

Link ID	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Carga unitaria de perdida de energía (m/km)	Factor de fricción
Tuberia p100	3.600	161.48	17.7	0.86	3.97	0.017
Tuberia p101	3.600	161.48	16.77	0.82	3.6	0.017
Tuberia p115	3.600	161.48	11.22	0.55	1.75	0.018
Tuberia p116	1.914	161.48	2.57	0.13	0.13	0.026

Tuberia p117	1.800	161.48	12.15	0.59	2.02	0.018
Tuberia p118	0.297	161.48	12.15	0.59	2.02	0.018
Tuberia p119	1.801	161.48	12.15	0.59	2.02	0.018
Tuberia p123	1.914	161.48	4.65	0.23	0.36	0.022
Tuberia p124	0.255	161.48	20.23	0.99	5.04	0.016
Tuberia p125	3.345	161.48	11	0.54	1.69	0.019
Tuberia p126	3.600	161.48	10.52	0.51	1.56	0.019
Tuberia p127	1.917	161.48	0.45	0.02	0.01	0.039
Tuberia p128	2.604	161.48	25.81	1.26	7.83	0.016
Tuberia p141	3.616	161.48	9.23	0.45	1.23	0.019

Tuberia p155	0.790	161.48	10.8	0.53	1.63	0.019
Tuberia p156	3.045	161.48	11.73	0.57	1.89	0.018
Tuberia p157	0.555	161.48	21.63	1.06	5.69	0.016
Tuberia p158	3.215	161.48	22.56	1.1	6.14	0.016
Tuberia p159	2.754	161.48	2.99	0.15	0.17	0.025
Tuberia p160	3.750	161.48	7.11	0.35	0.77	0.02
Tuberia p161	2.688	161.48	8.04	0.39	0.97	0.02
Tuberia p162	0.912	161.48	9.86	0.48	1.39	0.019
Tuberia p163	3.600	161.48	10.8	0.53	1.63	0.019
Tuberia p165	3.190	161.48	2.06	0.1	0.09	0.027

Tuberia p171	3.190	161.48	3.18	0.16	0.19	0.025
Tuberia p181	2.366	161.48	1.82	0.09	0.07	0.028
Tuberia p182	3.804	161.48	11.65	0.57	1.87	0.018
Tuberia p27	2.657	161.48	15.83	0.77	3.24	0.017
Tuberia p28	0.805	161.48	14.9	0.73	2.91	0.017
Tuberia p29	2.796	161.48	8.32	0.41	1.03	0.02
Tuberia p30	3.600	161.48	7.39	0.36	0.83	0.02
Tuberia p31	1.900	161.48	6.45	0.32	0.65	0.021
Tuberia p32	1.700	161.48	2.59	0.13	0.13	0.026
Tuberia p33	3.600	161.48	1.65	0.08	0.06	0.029

Tuberia p34	0.797	161.48	0.72	0.03	0.01	0.038
Tuberia p35	2.196	161.48	5.45	0.27	0.48	0.022
Tuberia p38	0.460	161.48	22.56	1.1	6.14	0.016
Tuberia p46	2.652	161.48	22.31	1.09	6.02	0.016
Tuberia p47	3.604	161.48	16.31	0.8	3.42	0.017
Tuberia p48	3.600	161.48	15.37	0.75	3.08	0.017
Tuberia p49	1.898	161.48	14.44	0.7	2.75	0.018
Tuberia p50	1.702	161.48	12.25	0.6	2.05	0.018
Tuberia p51	3.600	161.48	11.31	0.55	1.78	0.018
Tuberia p52	0.799	161.48	10.38	0.51	1.52	0.019

Tuberia p53	1.437	161.48	2.84	0.14	0.15	0.025
Tuberia p64	3.615	161.48	4.74	0.23	0.38	0.022
Tuberia p65	3.600	161.48	6.61	0.32	0.68	0.021
Tuberia p66	3.929	161.48	7.54	0.37	0.86	0.02
Tuberia p86	3.758	161.48	6.57	0.32	0.67	0.021
Tuberia p87	3.754	161.48	3.87	0.19	0.26	0.023
Tuberia p88	3.750	161.48	3.58	0.18	0.23	0.024
Tuberia p89	3.804	161.48	5.07	0.25	0.43	0.022
Tuberia p90	3.804	161.48	2.19	0.11	0.1	0.027
Tuberia p98	3.805	161.48	0.97	0.05	0.02	0.033

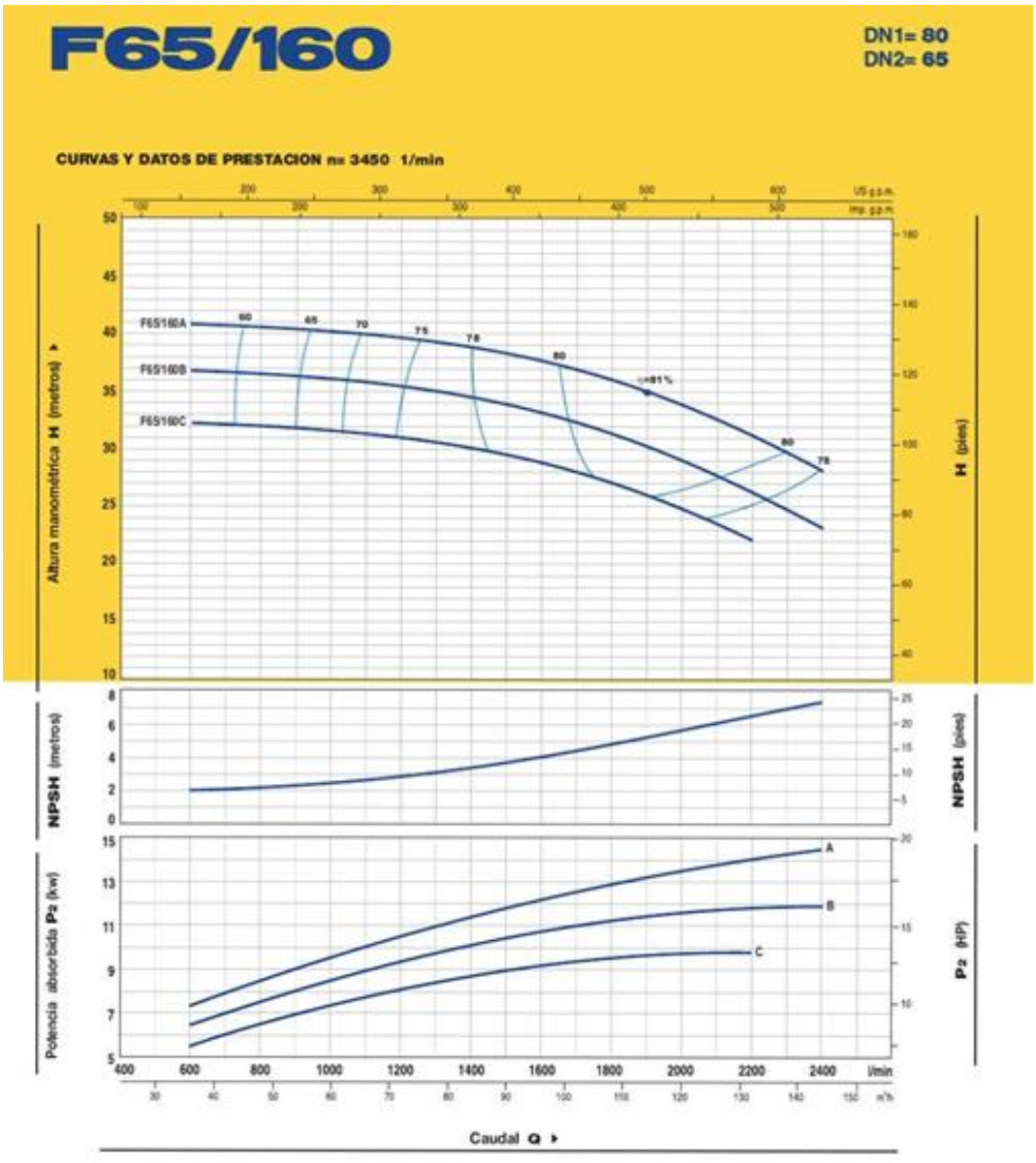
Tuberia p99	3.940	161.48	18.64	0.91	4.35	0.017
Tuberia T2	3.156	161.48	9.89	0.48	1.4	0.019

Tabla 18. Modelación - Tubería diámetro 211.56 mm Piso 2

Link ID	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Carga unitaria de perdida de energía (m/km)	Factor de fricción
Tuberia p183	3.890	211.56	104.72	2.98	50.47	0.024
Tuberia p39	1.800	211.56	48.38	1.38	6.66	0.015
Tuberia p40	2.265	211.56	49.31	1.4	6.89	0.015
Tuberia p41	1.339	211.56	55.41	1.58	8.52	0.014
Tuberia p42	2.710	211.56	54.47	1.55	8.26	0.014

Tuberia p43	0.894	211.56	42.82	1.22	5.34	0.015
Tuberia p44	3.604	211.56	41.89	1.19	5.12	0.015
Tuberia p45	0.952	211.56	40.95	1.16	4.92	0.015

Figura 10. Referencia bomba seleccionada



TIPO	POTENCIA		Q m³/h l/min	0	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144
Trifásica	kW	HP		0	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400
F 65/160C	9.2	12.5	H m	32	32	32	32	32	30	29	27	25	22	
F 65/160B	11	15		37	36.5	36.5	36	35.5	34	33	31	29	26	23
F 65/160A	15	20		41	40.5	40.5	40	35.5	39	37.5	36	34	31	28

Q = Caudal H = Altura manométrica total

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO 9906 App. A.