



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**SISTEMA DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIO
PARA UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE
LUJO DE 10 PISOS**

DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA CIVIL**

P R E S E N T A:

JOCELYN MENDOZA RAMÍREZ



FES Aragón

**DIRECTOR DE TRABAJO:
M. EN I. JOSÉ ANTONIO DIMAS CHORA
2014**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS

Con todo mi cariño y todo mi amor para esas dos personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme el mejor de los ejemplos, por brindarme todo el apoyo que a lo largo de estos 26 años he requerido en mi vida, se perfectamente que sin las herramientas que ustedes me otorgaron esto no hubiera podido ser posible. No hay palabras que expresen el agradecimiento y la admiración que ustedes me inspiran, es por eso que cada una de las páginas de este proyecto están dedicadas a ustedes mis padres.

Oralia y Miguel.

AGRADECIMIENTOS

A los M. en I. José Antonio Dimas Chora y Mario Sosa Rodríguez que más que ser profesores parte elemental de mi formación académica también fueron grandes amigos que siempre estuvieron dispuestos a brindarme su apoyo incondicional dentro y fuera de los salones de clase.

También un agradecimiento especial a mis 3 sinodales, los ingenieros José Luis, Maridel y Luis Pomposo que influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida.

A mi hermana Jéssica que siempre me molesta para que sea una mejor persona, sé que nunca me faltara tú compañía. Te quiero...

Para los loquillos de mis amigos los "Wakaritas" que hicieron que el trayecto de 60 Kms diarios a la escuela no fueran pesados, ya que al llegar y convivir con ellos por los pasillos de mi preciada Fes Aragón hacían que se olvidara el mal humor, junto a ustedes tengo momentos inolvidables de mucha alegría y una que otra discusión pero lo más importante fue tener el placer de crecer como persona y como profesionista a su lado. Los llevaré siempre en mi corazón a cada uno de ustedes: Irving, Martín, Mary, Cinthia, Pegue, Laura, Benito, Lupe, Omar y hasta Chabela!

A los ingenieros especialistas Libertad y Gustavo que fueron parte fundamental de este proyecto, ya que sin su colaboración no hubiera podido terminar tan pronto. Es un placer haberlos conocido.

A San B. S. que desde que llego a mi vida todo es más alegre y dulce, el apoyo que me brindas es fundamental para creer en que puedo más.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	3
1.1. Sistema de Seguridad Contra Incendio	3
1.2. Antecedentes del Proyecto	4
1.3. Ubicación	6
1.4. Suministro de agua	6
2. MARCO NORMATIVO	8
3. INGENIERÍA BÁSICA	9
3.1. Redes hidráulicas	9
3.2. Fricción	10
3.2.1. Flujo Laminar y Flujo Turbulento	10
3.2.2. Número de Reynolds	12
3.2.3. Ecuación de Darcy	13
3.2.4. Factor de fricción para flujo laminar	14
3.2.5. Factor de fricción para flujo turbulento	14
3.3. Carga dinámica total	17
3.4. Criterios de selección de equipos	21
3.4.1. Selección a Partir de los Parámetros Adimensionales	21
3.4.2. Factores que Influyen en la Selección	21
3.4.3. Rendimiento Óptimo	22
4. DETERMINACIÓN DEL SSCI	23
4.1. Determinación del riesgo de la instalación	23
4.2. Selección del tipo de sistema	23
4.3. Cobertura de la red	25
4.4. Diseño de la red	25
4.5. Determinación del flujo de diseño	27
4.6. Determinación de la carga dinámica total	28
4.6.1. Carga de elevación o estática	28
4.6.2. Carga de Fricción	29
4.6.3. Carga debida a la presión de operación	33
4.6.4. CDT del sistema	33

4.7. Accesorios	34
4.8. Selección del equipo	34
4.8.1. Selección de bomba Jockey	37
4.9. Selección de motores y sus correcciones	38

ANEXOS

APÉNDICE A	42
APÉNDICE B	43
APÉNDICE C	44
APÉNDICE D	45
APÉNDICE E	50
PLANO 1.1 PLANTA TIPO	52
PLANO 1.2 ROCIADORES Y RADIOS DE COBERTURA PLANTA TIPO	53
PLANO 1.3 UBICACIÓN DE HIDRANTES Y RADIOS DE COBERTURA PLANTA TIPO	54
PLANO 1.4 INSTALACIÓN COMPLETA PLANTA TIPO	55
PLANO 2.1 PLANTA BAJA	56
PLANO 2.2 ROCIADORES Y RADIOS DE COBERTURA PLANTA BAJA	57
PLANO 3.1 SÓTANOS	58
PLANO 3.2 ROCIADORES Y RADIOS DE COBERTURA SÓTANOS	59
PLANO 3.3 UBICACIÓN DE HIDRANTES Y RADIOS DE COBERTURA SÓTANOS	60
PLANO 3.4 INSTALACIÓN COMPLETA SÓTANOS	61
PLANO 4.1 ISÓMETRICO GENERAL DEL SISTEMA	62
PLANO 4.2 ISÓMETRICO AL PUNTO CRÍTICO	63
RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES	64
REFERENCIAS	66

ÍNDICE DE IMAGENES

1.1.	Corte esquemático transversal	5
1.2.	Ubicación de la Delegación Miguel Hidalgo en el Distrito Federal	6
1.3.	Fuentes de abastecimiento dentro del Distrito Federal	7
3.1.	Ejemplo de flujo laminar y flujo turbulento	11
3.2.	a) Perfil de velocidad en flujo laminar; b) Perfil de velocidad en flujo turbulento	11
3.3.	Explicación del diagrama de Moody	15
3.4.	Ilustración de la CDT en un sistema de succión negativa	18
3.5.	Ilustración de la CDT en un sistema de succión positiva	18
4.1.	Curva de la bomba principal mostrando el punto de diseño	35
4.2.	Curva característica de bomba Jockey	37
4.3.	Curva característica de bomba diésel	39

ÍNDICE DE TABLAS

3.1.	Valores de E para conductos comercialmente disponibles	15
4.1.	Determinación de flujo de diseño	27
4.2.	Pérdidas primarias	31
4.3.	Pérdidas secundarias, componentes de la succión	32
4.4.	Pérdidas secundarias, componentes de la descarga	32

INTRODUCCIÓN

Los incendios pueden llegar a presentarse repentinamente en cualquier lugar: en empresas comerciales, industriales o incluso en los hogares. Para ello es necesario contar con los equipos adecuados para su extinción, además de estar capacitados y conocer las medidas adecuadas de prevención y control de ellos.

Como siempre existe el riesgo de los incendios y estos constituyen una amenaza constante para la vida de las personas, también son cuantiosas las pérdidas materiales que pueden ocasionar. La seguridad de la vida humana resulta ser uno de los aspectos más importantes a tomar en consideración, ya sea en los hogares, vehículos y los lugares de trabajo, donde podría existir un importante riesgo de muerte por este tipo de eventos.

Este proyecto tiene como objetivo principal diseñar el sistema de protección contra incendios para un edificio de departamentos de lujo ubicado al norte de la ciudad de México, basándonos en las normas de la Asociación Nacional de Protección Contra Incendios (NFPA¹) de los Estados Unidos de América, así como en requisitos mínimos de diseño, seguridad y protección.

Este proyecto comprende el dimensionamiento, selección, y cálculo de los parámetros de diseño del sistema de bombeo en general como son el caudal y la presión necesaria para el correcto funcionamiento del equipo de bombeo y del sistema en general, la selección de válvulas, el correcto dimensionamiento de la red de tuberías para rociadores automáticos, la selección de accesorios para la red de tuberías como son codos, uniones, y por último la adecuada selección del equipo de bombeo, rociadores, extintores y gabinetes de mangueras para lo cual se hará buen uso de catálogos comerciales digitalizados de libre acceso en el Internet y catálogos solicitados a tiendas locales dedicadas al suministro de dichos equipos, accesorios y materiales.

Como primer capítulo del proyecto describe el concepto básico de lo que es un sistema de seguridad contra incendio, así como los antecedentes del proyecto, localización y la forma en que dicho inmueble será suministrado de agua para cubrir las necesidades del sistema.

Dentro del segundo capítulo se hace mención al marco normativo al cual estaremos apegados para el diseño y dimensionamiento de este caso práctico.

En el tercer capítulo encontraremos los fundamentos teóricos de la ingeniería básica que utilizamos para poder realizar el cálculo y dimensionamiento adecuado para este proyecto, también encontraremos una breve explicación detallando la función de cada componente del sistema.

¹ National Fire Protection Association por sus siglas en inglés.

El cuarto y último capítulo del trabajo cuenta con el desglose del proceso que se realizó para determinar el diseño hidráulico y el dimensionamiento del sistema, se explica a detalle cómo se obtuvo la carga dinámica y gasto que involucra la selección adecuada del sistema de bombeo.

El apartado de anexos está conformado por todos los planos que se realizaron para el diseño hidráulico del proyecto y tablas en las que nos apoyamos para el cálculo de la fricción y velocidad en las tuberías.

Por ultimo cerramos este proyecto con un apartado de recomendaciones y conclusiones en el cual destacamos algunos puntos importante que se deben considerar al momento de planear edificaciones de gran tamaño donde es de vital importancia contar con todos los servicios y prevenciones necesarias para asegurar la integridad de los ocupantes.

GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1. Sistema de Seguridad Contra Incendio

Se denomina sistema de seguridad contra incendios al conjunto de medidas dispuestas en una edificación para protegerla contra la acción del fuego o para mitigar los daños que este pueda ocasionar.

Los fines primordiales de un sistema de seguridad contra incendios por orden de importancia son:

- Salvar vidas
- Reducir las pérdidas económicas producidas por el fuego
- Conservar bienes inmuebles
- Proteger bienes muebles
- Evitar la interrupción de actividades esenciales para la sociedad o de la edificación en cuestión.
- Reducir el impacto negativo en los ocupantes e inmueble, para restablecer sus actividades en el menor tiempo posible.

Un sistema de seguridad contra incendios se compone de dos subsistemas elementales para tratar de extinguir el incendio con los propios medios del edificio o por lo menos que permitan avisar a tiempo al cuerpo de bomberos:

- **Sistemas de seguridad pasivos**

Son las consideraciones previas a la construcción de la edificación, en primer lugar proyectar y/o calcular la evacuación de los usuarios en el menor tiempo posible, mediante las áreas y señalamientos adecuados, y en segundo lugar usar materiales que retarden y confinen la acción del fuego para que no se extienda muy deprisa o se pare antes de invadir otras zonas.

Para conseguir una fácil y rápida evacuación de los ocupantes de un edificio, los reglamentos determinan el ancho de pasillos, escaleras y puertas de evacuación, las distancias máximas a recorrer hasta llegar a un lugar seguro, así como disposiciones constructivas como (apertura de puertas en el sentido de la evacuación, escaleras con pasamanos, entre otros).

- **Sistemas de seguridad activos**

Son las instalaciones o equipos diseñados para la extinción de incendios y dividen en los siguientes componentes:

a. Detección:

Mediante detectores automáticos (de humos, de flama o de calor, según las materias contenidas en el local)

b. Alerta y Señalización:

Se da aviso a los ocupantes mediante alarmas, debe de haber un sistema de iluminación mínimo, alimentado por baterías, que permita llegar hasta la salida en caso de fallo de los sistemas de iluminación normales del edificio.

Los sistemas automáticos de Alerta se encargan también de avisar, por medios electrónicos, a los bomberos.

c. Extinción

Mangueras conectadas a una red hidráulica contra incendio, surtida por un equipo automático de bombeo adecuado con capacidad suficiente de almacenamiento de agua únicamente para este servicio.

Sistema de rociadores automáticos con el cálculo correspondiente para cubrir la totalidad del edificio, adecuados para dar el gasto de acuerdo con la densidad requerida.

Un sistema automático de bombeo que abastezca de agua a la presión y cantidad necesaria al sistema de mangueras contra incendio y/o al sistema de rociadores, en forma automática, ya sea al recibir señal de los detectores de incendio, al disminuir la presión en el sistema, al iniciarse un flujo de agua en la tubería de alimentación o en forma manual.

1.2. Antecedentes del Proyecto

Se propuso el diseño de un sistema de protección contra incendio que incluya la existencia de hidrantes, rociadores, detectores de humo y extinguidores manuales, que cumpla satisfactoriamente con las normas de la Asociación Nacional de Protección Contra Incendios (**NFPA**¹) de los Estados Unidos de América.

El proyecto contempla un edificio destinado para alojar vivienda, con una superficie de 36,746 m² de construcción, en un predio de 4,336.21 m², teniendo 74.06 m de frente por 58.55 m de lado; de acuerdo con las Normas Técnicas Complementarias para el Proyecto Arquitectónico; se ha proyectado el edificio de forma regular, compuesto de dos cuerpos cuadrados unidos mediante una junta constructiva formando una L. El elemento más grande mide 44.94 m de largo por 24.7 m de ancho y el pequeño está conformado por una base de 37.05 m por 22.76 m en la zona sur del predio.

¹ NFPA por sus siglas en inglés, National Fire Protection Association

CAPÍTULO 1

El diseño arquitectónico consta de tres sótanos con profundidad de 8.60 m por debajo del nivel de calle, ocupando prácticamente la totalidad del predio. En planta baja se tiene una altura de 3.30 m, a partir del primer nivel la altura de entrepiso es de 3.20 m. Para el uso de vivienda todos los niveles están conectados por el cubo de escaleras.

Para este proyecto se requiere un total de 261 cajones de estacionamiento, repartidos en tres sótanos.

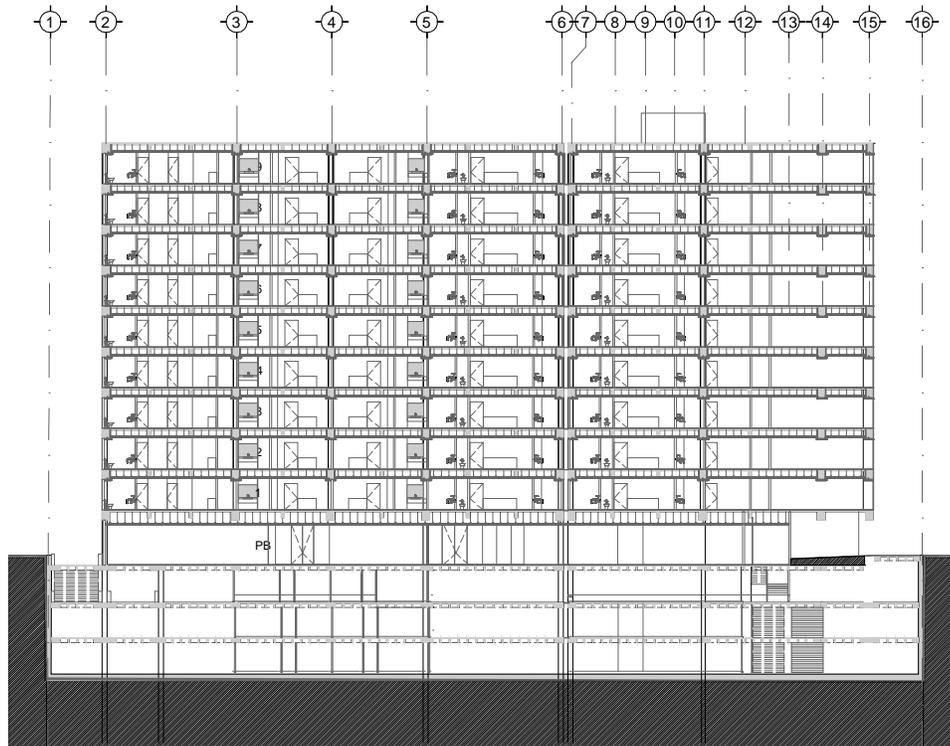


Figura 1.1 Corte esquemático transversal

1.3.Ubicación

El proyecto se ubicará en un predio al noroeste de la Ciudad de México dentro de la delegación Miguel Hidalgo.

Cuenta con las siguientes características:

- 1 Nivel de Azotea
- 9 Niveles planta tipo de departamentos
- 1 Nivel de Lobby
- 3 Niveles de estacionamiento

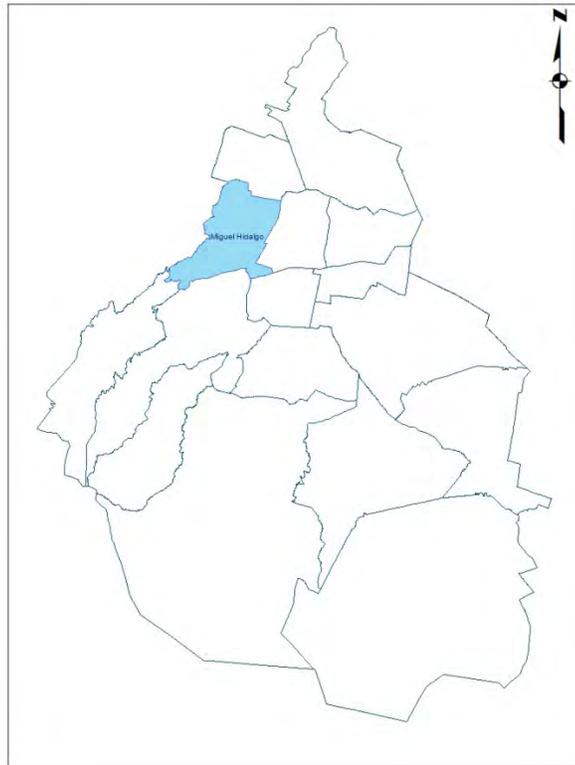


Figura 1.2 Ubicación de la Delegación Miguel Hidalgo en el Distrito Federal

1.4. Suministro de agua

Para atender la demanda de agua potable de los habitantes de la ciudad de México se suministra un caudal promedio de 32 m³/s.

El 67 por ciento del caudal suministrado se obtiene de fuentes subterráneas: 55 por ciento del acuífero del valle de México y 12 por ciento del valle del Lerma, el cual se ubica en el Estado de México a 70 Km de la gran ciudad. En tanto que el caudal restante se obtiene de fuentes superficiales, 3 por ciento de manantiales ubicados en la zona sur poniente de la ciudad y 30 por ciento del sistema Cutzamala, el cual se encuentra en los estados de México y Michoacán, a una distancia de 124 Km de la ciudad.

Fuentes de Abastecimiento	Municipios de los que se traen los caudales	Caudal promedio de abastecimiento en 2008 (m ³ /s)
Fuentes ubicadas dentro del Distrito Federal		
<i>Fuentes Operadas por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México</i>		
Pozos a la Red Norte	Azcapotzalco, Gustavo A. Madero, Distrito Federal.	1.037
Pozos a la Red Centro	Benito Juárez, Cuauhtémoc, Coyoacan, Distrito Federal.	2.037
Pozos a la Red Sur	Milpa Alta, Tláhuac, Xochimilco, Distrito Federal.	7.853
Pozos a la Red Oriente	Iztacalco, Iztapalapa, Venustiano Carranza, Distrito Federal.	2.773
Pozos a la Red Poniente	Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Miguel Hidalgo, Tlalpan, Distrito Federal.	0.213
Río Magdalena	Magdalena Contreras, Distrito Federal.	0.203
Manantiales	Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Tlalpan, Distrito Federal.	0.792
SUBTOTAL		14.908
TOTAL AL D. F.		32.338

Figura 1.3 Fuentes de abastecimiento dentro del Distrito Federal ¹(Transparencia DF, 2008)

ABASTECIMIENTO DE AGUA

Los sistemas aceptados de abastecimiento de agua pueden ser:

- a) Abastecimiento municipal. En aquellos casos que la presión y la capacidad sean suficientes.
- b) Abastecimiento externo programado (pipas)

En todos los casos un abastecimiento de agua deberá ser capaz de suministrar agua y capacidad suficiente.

Para este caso usaremos el abastecimiento municipal, que en el caso del Distrito Federal es suministrado por delegaciones y el proyecto pertenece a la delegación Miguel Hidalgo.

MARCO NORMATIVO

Para el diseño, dimensionamiento e instalación de los diferentes sistemas de protección contra incendios que se implantaran en el edificio, se considerarán las exigencias y recomendaciones que se indican en las normas de la **NFPA** de los Estados Unidos de América y otros reglamentos locales, las principales normas específicas que se utilizarán en el proyecto son las que se indican a continuación:

- **Códigos internacionales**

NFPA 13 Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores

NFPA 14 Norma para la Instalación de Sistemas de Tubería Vertical y de Mangueras

NFPA 20 Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias de Protección Contra Incendios

NFPA 70 Código Eléctrico Nacional²

- **Reglamentos locales aplicables**

Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal. Sección Segunda, de las Prevenciones Contra Incendio

Ley del Heroico Cuerpo de Bomberos del Distrito Federal

Norma Oficial Mexicana: NOM-028-STPS-1994. Seguridad - Código de colores para la identificación de fluidos conducidos en tuberías.

² Para mayor información de las normas y publicaciones visitar la siguiente dirección: <http://nfpa.org/>

INGENIERÍA BÁSICA

3.1. Redes hidráulicas

Son el conjunto de tuberías, equipo y accesorios que integran un sistema de suministro y conducción de agua. Para este caso de estudio nos referimos a la red que suministra el agua que nuestro sistema de seguridad contra incendio requiere.

Este sistema se encuentra integrado por los siguientes elementos:

- 1 Cisterna de 100 m³ (Capacidad para un evento con duración de 90 min)
- 1 Bomba principal eléctrica
- 1 Bomba de reserva (diesel)
- 1 Bomba auxiliar (jockey)
- 1 Alimentación Principal (Riser)
- 22 Cruceros
- 106 Ramales
- 163 Rociadores
- 49 Hidrantes de gabinete

Cisterna. Recipiente estructural de concreto, construido sobre o bajo el nivel de piso terminado, destinado al almacenamiento de agua contra incendio.

Bomba Contra Incendios. Bomba que suministra agua al caudal y la presión requeridos por los sistemas de protección contra incendios basados en agua.

Bomba de Reserva (Diesel). Tendrá las mismas características y función que la bomba principal. Esta bomba entrará en funcionamiento cuando, por cualquier motivo, la bomba principal no haya funcionado o se realice un corte suministro de energía eléctrica. El sistema de accionamiento de la bomba de reserva será independiente del utilizado para la bomba principal.

Bomba Jockey. Es una bomba auxiliar de pequeño caudal diseñada para mantener la presión en la red contraincendios y evitar la puesta en marcha de las bombas principales en caso de pequeñas demandas generadas en la red.

Alimentación Principal. La parte de un sistema de tubería vertical que suministra agua a una o más tuberías verticales.

Líneas Ramales. Las tuberías que suplen a los rociadores, ya sea directamente o a través de montantes, tuberías descendentes, codos de retorno o brazos.

Fuente de Abastecimiento. Es cualquier cuerpo de agua natural como: río, laguna, lago, manantial, mar, entre otras o artificial tales: como presas, pozos, servicios municipales, sistemas de tratamiento de agua y/o recuperación de efluentes libres de hidrocarburos, entre otras.

Rociador Automático. Un dispositivo de supresión control de incendios que opera automáticamente cuando su elemento termo-activado es calentado hasta o por encima de su clasificación térmica, permitiendo al agua descargarse sobre un área especificada.

Hidrante. Conexión exterior con válvulas hacia un sistema de abastecimiento de agua que brinda conexiones de mangueras.

Gabinete de Mangueras. Recinto ubicado sobre o adyacente al hidrante u otro suministro de agua, diseñado para contener las boquillas de mangueras necesarias, llaves de mangueras, empaques y llaves de tubo a ser utilizadas conjuntamente en la lucha contra incendios y para brindar ayuda al departamento de bomberos local.

Sistema Combinado. Un sistema de tubería vertical que tiene tubería que supe conexiones de manguera y rociadores automáticos.

3.2.Fricción

Conforme un fluido fluye a través de una tubería, conducto o algún accesorio o dispositivo ocurren pérdidas de energía debidas a la fricción interna del fluido. Como se observa en la ecuación general de la energía éstas pérdidas causan una disminución de la presión entre dos puntos determinados del sistema y en el caso del cálculo de la carga dinámica total, es un factor importante para considerar todos los accesorios y dispositivos conectados en la trayectoria crítica del sistema.

3.2.1. Flujo Laminar y Flujo Turbulento

Para poder calcular la energía que se pierde debido a la fricción en un sistema de fluido, es necesario determinar la naturaleza del flujo. Debemos conocer bajo qué circunstancias se produce un flujo laminar y como o cuando tenemos un flujo turbulento. Para cada uno existe un método que determina las pérdidas, que por supuesto entrega resultados diferentes.

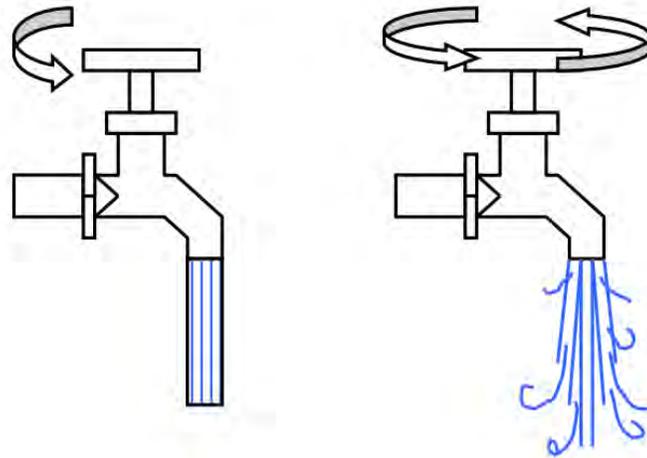


Figura 3.1 Ejemplo de flujo laminar y flujo turbulento

En el análisis de flujo de fluidos, cuando bajo ciertas condiciones obtenemos un flujo en el que el fluido parece que fluye en capas, de manera uniforme y regular; un ejemplo es cuando abrimos una llave lentamente hasta que se produce un chorro uniforme y estable; a un flujo con estas características se le conoce como *Flujo Laminar*. Pero si seguimos abriendo la llave con lo que aumentamos la velocidad de flujo llegará un punto en que el flujo deja de ser uniforme y su movimiento ahora es caótico, a este tipo de flujo se le conoce como *Flujo Turbulento*. (Ver figura 3.1)

En un análisis más a detalle del régimen de flujo en un conducto de sección circular se determinan una serie consecutiva de capas límite que si las pudiéramos observar parecerían un conjunto de anillos concéntricos unos sobre otros que se desplazan en una trayectoria recta y uniforme, existe poca o nula mezcla de fluido a través de los límites o capas conforme se desplaza el flujo por el conducto. Como es de esperarse en el flujo turbulento se dan condiciones totalmente contrarias, el movimiento es caótico y por lo tanto no existen límites lo cual genera una alta mezcla de fluido dentro del conducto.

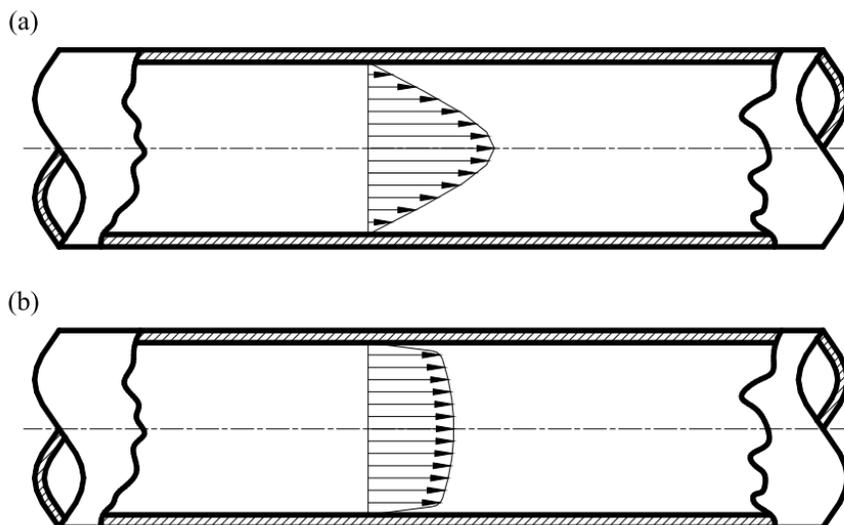


Figura 3.2 a) Perfil de velocidad en flujo laminar; b) Perfil de velocidad en flujo turbulento

Siempre que hemos hablado de la velocidad la hemos obtenido de la ecuación de continuidad como $v=Q/A$, lo cual es correcto. Sin embargo cuando queremos determinar la velocidad del fluido en un punto determinado de la corriente de flujo, esta resulta diferente en cada punto específico ya que este cambia según el tipo de flujo (ver figura 3.2) además que cuando estudiamos la viscosidad vimos que cuando un líquido en su capa límite se encuentra en contacto con un sólido estacionario, su velocidad es cero y con lo cual se deduce que la máxima velocidad que puede alcanzar el fluido siempre será en el centro del conducto. En un flujo laminar la velocidad en un punto de la corriente en una determinada trayectoria está dada por:

$$U = 2v \left[1 - \left(r/r_0 \right)^2 \right]$$

En donde:

U = Velocidad local en un punto [m/s]

v = Velocidad promedio [m/s]

r = Radio del centro al punto seleccionado [m]

r_0 = Radio máximo [m]

3.2.2. Número de Reynolds

Los tipos de flujo que se pueden presentar en un sistema son determinantes para calcular las pérdidas de energía, es por eso que antes de analizar las pérdidas por fricción de un sistema es necesario predecir el tipo de flujo sin tener que observarlo con pruebas físicas, que en la mayoría de los casos resulta imposible por tener conductos opacos. Se ha demostrado analíticamente que el carácter del flujo depende de cuatro variables: la velocidad promedio de flujo v , el diámetro del conducto D , la densidad del fluido ρ y su viscosidad dinámica μ . De acuerdo con la demostración de Osborne Reynolds, que establece una relación entre la magnitud de un número adimensional llamado actualmente *número de Reynolds* y los tipos de flujo laminar y turbulento. A continuación se muestra la ecuación que define en forma básica el número de Reynolds:

$$N_R = \frac{vD\rho}{\mu} = \frac{vD}{\nu}$$

En donde:

v = Velocidad promedio del flujo [m/s]

D = Diámetro del conducto [m]

ρ = Densidad del fluido [kg/m^3]

μ = Viscosidad dinámica del fluido [$\text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}$ ó $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$]

ν = Viscosidad cinemática del fluido [m^2/s]

La demostración de que el número de Reynolds es adimensional resulta entonces:

$$N_R = v \times D \times \rho \times \frac{1}{\mu}$$

$$N_R = \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \times \text{m} \times \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{\text{m} \cdot \text{s}}{\text{kg}} \right]$$

Al cancelar las unidades se comprueba que es adimensional, es importante utilizar unidades congruentes para asegurarnos que el valor numérico obtenido es correcto. Este número representa el cociente de la fuerza de inercia que se ejerce sobre un elemento de fluido entre la fuerza viscosa. Así, los flujos de fluido con alta velocidad y baja viscosidad son típicamente turbulentos y por el contrario si el flujo tiene una alta viscosidad y baja velocidad tenderá a ser laminar.

Existen valores ya determinados los cuáles nos dicen que si el número de Reynolds es menor a 2000 tendremos flujo laminar; o si tenemos números mayores a 4000 se tendrá flujo turbulento; sin embargo si los valores obtenidos se encuentran entre 2000 y 4000 es imposible predecir que tipo de flujo se tiene, a este intervalo se le conoce como región crítica. Mediante el control de las perturbaciones externas al sistema se pueden lograr flujos laminares con números de Reynolds de hasta 50,000, sin embargo cualquier perturbación puede generar un cambio súbito en el régimen de flujo. En condiciones normales y para efectos de este texto, consideraremos que:

Si $N_R < 2000$, el flujo es laminar
Si $N_R > 4000$, el flujo es turbulento

Cuando tenemos flujo en secciones no circulares cerradas es necesario utilizar un parámetro llamado Radio Hidráulico que se define como el cociente del área neta de sección transversal de una corriente de flujo A , entre el perímetro mojado PM , esto es:

$$R = \frac{A}{PM} \quad [m]; [ft]$$

Entonces el número de Reynolds para secciones no circulares cerradas está dado por:

$$N_R = \frac{v(4R)\rho}{\mu} = \frac{v(4R)}{\nu}$$

Como podemos observar $4R$ es el equivalente al diámetro en secciones circulares y es por eso que este es el factor característico de las secciones no circulares y puede ser usado siempre y cuando las secciones no sean de forma muy diferente a la sección circular.

3.2.3. Ecuación de Darcy

En la ecuación general de la energía usamos el término h_L para designar las pérdidas de energía debidas a la fricción que se dan dentro del fluido y por el contacto del mismo con las paredes del conducto así como por el paso del flujo por accesorios de la red de diferentes geometrías.

Se dice que la fricción es proporcional a la carga de velocidad del flujo y al cociente de la longitud entre el diámetro de la corriente de flujo, para el caso de flujo en conductos y tubos; esto se expresa matemáticamente en la ecuación de Darcy:

$$h_L = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

En donde:

h_L = Pérdida de energía debida a la fricción [Nm/N]

L = Longitud del conducto [m]

D = Diámetro del conducto [m]

v = Velocidad de flujo promedio [m/s]

f = Factor de fricción [adimensional]

Esta ecuación se puede utilizar para calcular las pérdidas de energía debidas a la fricción en secciones largas y rectas de conductos de sección transversal circular, tanto para flujo laminar como turbulento. La diferencia se encuentra al determinar el factor de fricción f para cada uno.

3.2.4. Factor de fricción para flujo laminar

El *factor de fricción* para flujo laminar se deduce de igualar h_L de las ecuaciones de Darcy y de Hagen Poiseuille, reducir las y despejar para f , entonces:

Si la ecuación de Hagen Poiseuille es:

$$h_L = \frac{32\mu Lv}{\gamma D^2}$$

Igualando a la ecuación de Darcy tenemos que:

$$f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} = \frac{32\mu Lv}{\gamma D^2}$$

$$f = \frac{32\mu Lv}{\gamma D^2} \times \frac{D2g}{Lv^2} = \frac{64\mu g}{vD\gamma}$$

Entonces, si $r = g/g$, sustituimos:

$$f = \frac{64\mu}{vD\rho} \text{ pero } \frac{1}{N_R} = \frac{\mu}{vD\rho}$$

Luego entonces:

$$f = \frac{64}{N_R} \text{ para flujo laminar}$$

3.2.5. Factor de fricción para flujo turbulento

El factor de fricción para flujo laminar pudo determinarse debido a que el movimiento del flujo es uniforme y ordenado considerando las fuerzas de tensión de corte y de fricción; sin embargo en el flujo turbulento no podemos determinar el factor de fricción por un cálculo simple ya que el movimiento es

impredecible y completamente irregular. Es por eso que debemos utilizar valores establecidos de forma experimental. En pruebas se ha comprobado que el factor de fricción f depende de dos números adimensionales, estos son el número de Reynolds N_R y la rugosidad relativa que es el cociente del diámetro D del conducto entre la rugosidad promedio, ϵ de la pared del conducto. Esta última depende del material y el proceso de fabricación del conducto. En la siguiente tabla se muestran los valores de E para conductos comercialmente disponibles.

Tabla 3.1 Valores de E para conductos comercialmente disponibles

Material del conducto	Rugosidad ϵ [m]	Rugosidad ϵ [ft]
Vidrio, plástico	Suavidad	Suavidad
Cobre, latón, plomo (tubería)	1.5×10^{-6}	5×10^{-6}
Hierro fundido: sin revestir	2.4×10^{-4}	8×10^{-4}
Hierro fundido: revestido de asfalto	1.2×10^{-4}	4×10^{-4}
Acero comercial con o sin costura	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
Hierro forjado	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
Acero remachado	1.8×10^{-3}	6×10^{-3}
Concreto	1.2×10^{-3}	4×10^{-3}

Entonces con estos parámetros de rugosidad y con el valor del número de Reynolds podemos referirnos al diagrama de Moody y obtendremos el factor f buscado. Ver figura 3.3.

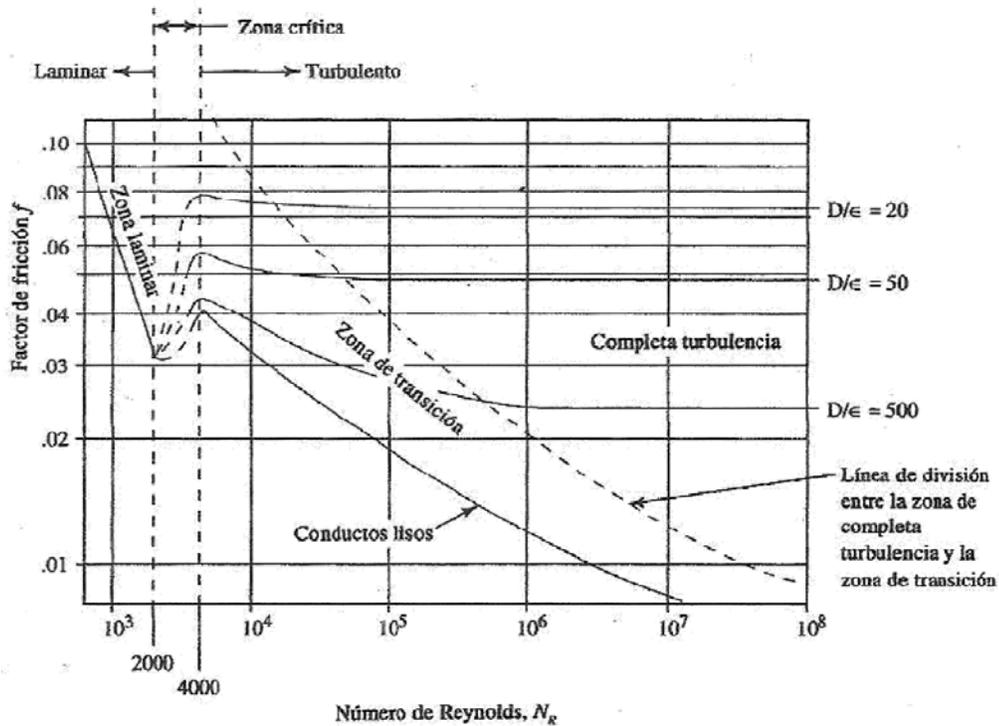


Figura 3.3 Explicación del diagrama de Moody

En la zona comprendida en el intervalo $2000 < N_R < 4000$ no se tienen graficados valores debido a que es la región crítica, una práctica común cuando obtenemos valores en ese rango es cambiar la velocidad del flujo o el diámetro de la tubería para obtener número de flujo laminar o turbulento determinados.

El uso del diagrama de Moody es práctico cuando se realizan cálculos manuales individuales, sin embargo para el cálculo automático de redes hechas por computadora, es necesaria la utilización de fórmulas que fueron desarrolladas en los trabajos de L.F. Moody, C.F. Colebrook, P.K. Swamee y A.K. Jain. Estas fórmulas fueron utilizadas para la determinación del diagrama de Moody y son:

Ecuación del Factor de fricción f para Flujo Laminar:

$$f = \frac{64}{N_R}$$

Ecuación del Factor de fricción f para Zona de completa Turbulencia:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log_{10}(3.7 D/\varepsilon)$$

Ecuación de la línea que delimita la zona de completa turbulencia:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = \frac{N_R}{200 (D/\varepsilon)}$$

Ecuación del Factor de fricción f para la zona de transición:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log_{10} \left(\frac{N_R \sqrt{f}}{2.51} \right)$$

Ecuación de C.F. Colebrook para el factor f alternativa en la zona de transición:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{1}{3.7 (D/\varepsilon)} + \frac{2.51}{N_R \sqrt{f}} \right)$$

Estas últimas dos ecuaciones requieren de un método de prueba y error lo cual resulta un tanto ineficiente al momento de realizar programas de cómputo para determinación de factores automáticos, es por eso que Swamee y Jain desarrollaron una fórmula para la determinación directa del *factor de fricción para flujo turbulento*, esta es:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7 (D/\varepsilon)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Esta fórmula determina valores directos con errores mínimos del orden de + 1% con respecto a la relación de Colebrook.

3.3.Carga dinámica total

En la ecuación general de la energía encontramos un término que resulta vital para el desarrollo de nuestro proyecto, ya que es el que nos indica uno de los datos más importantes para la selección de las bombas de nuestro sistema, ese término es h_A que nos indica la cantidad de energía que le tengo que adicionar al sistema para generar una rapidez de flujo de fluido y transportarlo desde el punto 1 hasta el punto 2, a este término es al que llamamos Carga Dinámica Total o CDT (en textos en inglés aparece como TDH Total Dynamic Head) que difiere de la carga total vista en la ecuación de Bernoulli por tener consideradas las pérdidas de fricción primarias generadas por la tubería y secundarias (menores) generadas por los accesorios y válvulas además de considerar posibles extracciones de energía debidas a dispositivos especiales o motores. Entonces si despejamos de la ecuación general de la energía obtenemos:

$$CDT = h_A = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 - \frac{P_1}{\gamma} - \frac{v_1^2}{2g} - z_1 + h_R + h_L$$

Reordenando y agrupando los términos tenemos:

$$CDT = h_A = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + (z_2 - z_1) + h_R + h_L$$

Ahora bien, cuando analizamos un sistema o red, es conveniente identificar cada una de las variables de la ecuación, para esto es necesario identificar en primer instancia el lugar en donde colocaremos nuestro nivel o línea de referencia ya que de ello dependerán las alturas y a su signo algebraico, debemos considerarlo dentro de la ecuación para obtener resultados correctos; por lo general el lugar óptimo para trazar esta línea de referencia es el ojo de succión (entrada) de la bomba. Sabemos que pueden haber infinidad de arreglos de tuberías en los sistemas hidráulicos, sin embargo, en la figuras 3.4 y 3.5 podemos observar los casos generales que para efectos de cálculo de la carga dinámica total existen:

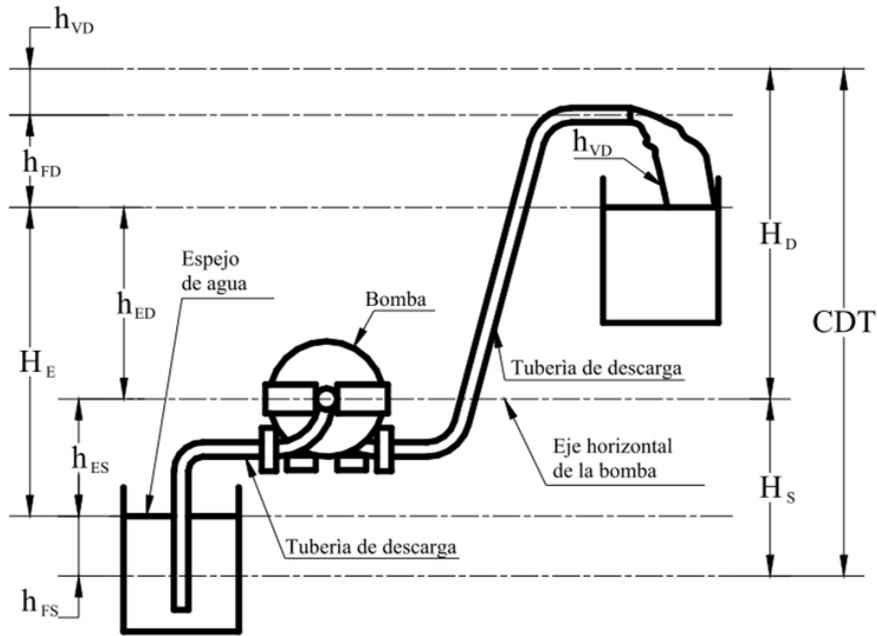


Figura 3.4 Ilustración de la CDT en un sistema de succión negativa

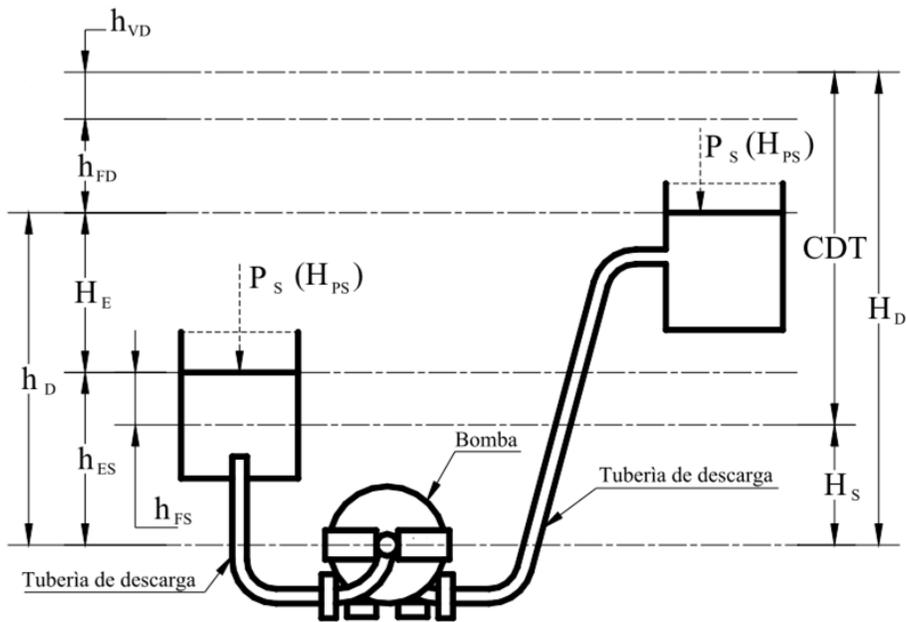


Figura 3.5 Ilustración de la CDT en un sistema de succión positiva

Por lo tanto, los términos de la ecuación de la CDT implican que los datos del punto 1 se encuentran sobre la línea de superficie libre dentro del depósito de donde tomamos el fluido y como referencia del punto 2 la línea donde termina la tubería. Cabe mencionar que en sistemas hidráulicos el punto 2 es llamado punto crítico ya que es el punto más lejano y elevado del sistema y que por tanto requiere mayor energía,

si al calcular nuestro sistema determinamos la energía requerida para cubrir la demanda en dicho punto, quedarán cubiertas las necesidades de fluido para todo el sistema. Se recomienda identificar cada término de acuerdo a la siguiente nomenclatura:

- $\frac{P_2 - P_1}{\gamma} = H_p = \text{Carga de presión}$

En donde:

P_1 = Presión absoluta en el punto 1

P_2 = Presión absoluta en el punto 2

γ = Peso específico del fluido

Nota: En los sistemas cerrados puede que los depósitos estén sujetos a una presión diferente de la atmosférica, es decir, se encuentre a una presión relativa positiva o negativa (ver figura 3.2). En los sistemas abiertos este término queda anulado ya que ambas presiones son iguales. (Ver la figura 3.1).

- $\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = H_v = \text{Carga de velocidad}$

En donde:

v_1 = Velocidad del fluido en el punto 1

v_2 = Velocidad del fluido en el punto 2

g = Aceleración de la gravedad terrestre

Nota: debido a que tomamos el punto 1 en la superficie libre del fluido y el punto dentro del tubo en la salida del sistema, la velocidad con la que baja el nivel del depósito de almacenamiento es muy pequeña con respecto a la velocidad del flujo en el tubo de descarga, por lo tanto este término queda reducido a $v_2^2/2g$ el cuál se representa en la figura 3.1 como el fluido vertiendo en el depósito de confinamiento.

- $(z_2 - z_1) = (h_{ED} - h_{ES}) = H_E = \text{Carga estática total (altura o elevación total)}$

En donde:

z_1 = altura respecto al nivel de referencia del punto 1 (h_{ES} , carga estática de succión)

z_2 = altura respecto al nivel de referencia del punto 2 (h_{ED} , carga estática de descarga)

- $h_R = \text{Carga retirada del sistema. (extracción de energía)}$

Nota: Las cargas que se retiran del sistema pueden ser dispositivos mecánicos tales como actuadores o motores o equipos que consumen carga como son filtros, medidores de flujo y accesorios especiales de la red, generalmente estos equipos dentro de sus especificaciones manejan sus valores de caída de presión (Pressure drop). Deberán ser consideradas como positivas.

- $h_L = h_{primarias} + h_{secundarias} = H_F = \text{Carga de fricción}$

En donde:

$h_{primarias} = k(v^2/2g) = \text{Pérdidas de fricción ocasionadas por la tubería}$

$h_{secundarias} = k(v^2/2g) = \text{Pérdidas de fricción ocasionadas por válvulas y accesorios de la red}$

Nota: dependiendo del método que se utilice para determinar el factor k corresponderá a una fórmula determinada, esto se analizará más adelante.

Todos los valores de las variables p, v y z deben tomarse algebraicamente respecto de la línea de referencia para ambos puntos. Recordemos que todas las cargas tienen unidades de energía por unidad de peso (Nm/N o lbft/lb).

Por lo tanto tomando en consideración la nomenclatura antes mencionada, la expresión de la Carga dinámica total queda como sigue:

$$CDT = H_p + H_v + H_E + H_F + H_r$$

que representa la energía total que debe aportar la bomba para satisfacer las necesidades de flujo y presión del sistema. Las unidades de la CDT suelen expresarse en unidades de longitud de una columna de líquido que equivalen a la energía potencial total si se tratara de expresar en altura. Ejemplos: metros columna de agua [m.c.a.], milímetros de mercurio [mmHg], etc. ²(Navarrete Zuviri, Sanchez Lievano, 2008)

3.4. Criterios de selección de equipos

3.4.1. Selección a Partir de los Parámetros Adimensionales

Los criterios de selección de este proyecto están basados en la “Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias de Protección Contra Incendios” de la Asociación Nacional de Protección Contra Incendios (NFPA) de los Estados Unidos de América, que se describen a continuación:

Teóricamente la selección de bombas es un proceso similar al de definición de las dimensiones principales en el diseño. Se parte de la altura de elevación, el caudal y el NPSH. Con el caudal y el NPSH se define el diámetro de entrada y la velocidad de giro, que debe estar limitada a valores prácticos: los posibles motores a emplear. Una vez hecho esto, y dependiendo de la velocidad específica, se elige un tipo de máquina axial, mixta o radial. Para ese tipo de máquina se busca el diámetro específico con el mejor rendimiento (teórico) posible y ya se tiene así definido el tamaño.

En este proceso influye también el número de etapas o, en el caso de bombas radiales, el haber elegido una bomba con doble entrada, pues cambia la velocidad específica.

3.4.2. Factores que Influyen en la Selección

En la práctica es necesario un conocimiento completo del sistema y de sus posibles variantes.

Es aconsejable hacer una revisión de los catálogos disponibles o, mejor aún, hacer la selección conjuntamente con los fabricantes, para decidir qué producto de su gama se adapta mejor a las necesidades planteadas.

Aparte del caudal y la altura, algunas características del sistema que van a influir en la elección de la bomba son:

- La posición de la bomba, ya comentada, que afecta el NPSH_d y al cebado.
- El diámetro de las tuberías, que determina las pérdidas de carga y, por tanto, el punto de operación.
- El número y disposición -serie o paralelo- de las bombas.
- El sistema y rango de regulación.
- Bombeo de líquidos viscosos. Afecta al punto de operación y a la potencia.
- Bombeo de pastas o líquidos con sólidos en suspensión. Se necesitan rodetes especiales.
- Bombeo de líquidos corrosivos o similares que exijan materiales o recubrimientos especiales.

El rango de regulación es un parámetro que influye en la pendiente de la curva característica a buscar. Si las variaciones de caudal van a ser grandes, interesa una curva lo más horizontal posible. Sin embargo, si se quiere que el caudal permanezca constante, la curva debe ser vertical. En el primer caso son más

adecuadas las máquinas de baja velocidad específica: centrífugas, con doble aspiración o varias bombas en paralelo. En el segundo caso son mejores las de alta velocidad específica: mixtas o axiales, de varias etapas o bombas en serie.

3.4.3. Rendimiento Óptimo

Salvo las bombas pequeñas o para aplicaciones especiales, uno de los parámetros más importantes es que la bomba tenga un rendimiento óptimo lo más cerca posible del punto de trabajo habitual. No resulta rentable elegir una bomba sobredimensionada con vistas a posibles ampliaciones futuras del sistema. Las pérdidas, sobre todo en el caso de funcionamiento continuo, pueden ser mucho mayores que el coste de la propia bomba. ³(McNaughton, K. J, 1989)

DETERMINACIÓN DEL SSCI

4.1. Determinación del riesgo de la instalación

Con base a la **NFPA** se clasifica el presente proyecto como un edificio de riesgo ordinario (Grupo 1).

Las ocupaciones de riesgo ordinario (Grupo 1) deberán definirse como las ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la combustibilidad es baja, la cantidad de combustibles es moderada, las pilas de almacenamiento de combustibles no superan los 8 pies (2,4 m), y se esperan incendios con un índice de liberación de calor moderado. Los almacenamientos dedicado y misceláneo deberán protegerse de acuerdo con el Capítulo 12 y el Capítulo 13 según sea aplicable. ⁴(NFPA 13, 2007)

Tomando en cuenta las condiciones que presenta, y que los materiales de construcción y acabados empleados son considerados de baja combustibilidad. La capacidad máxima de usuarios que se tiene contemplada es de 522 personas durante la noche, además de contar con tres niveles de estacionamiento, dando servicio a 261 vehículos, lo cual representa el mayor riesgo por la concentración de combustibles, teniendo en claro que es un riesgo controlado ya que el combustible no se encuentra concentrado en un solo recipiente, aunado a la seguridad con que son fabricados los vehículos.

4.2. Selección del tipo de sistema

Para fines de este caso práctico se utilizaran 2 sistemas de protección contra incendio funcionando simultáneamente; uno es hidrantes de manguera, y el otro es por rociadores.

El fin de este sistema compuesto, es suministrar un grado razonable de protección contra incendio a la vida y a la propiedad por medio de la instalación de sistemas alimentadores de agua, mangueras y rociadores.

DESCRIPCIÓN

Los sistemas de alimentadores y mangueras se utilizan con el fin de abastecer de agua a las mangueras de los gabinetes de incendio instalados en cada piso de un edificio, pudiendo haber varios gabinetes en cada piso para protegerlo adecuadamente, así como en techos cuando sea necesario.

Estos alimentadores deberán de ser suministrados de agua en cantidades y presiones suficientes, para que las mangueras que abastecen puedan tener chorros de agua con el alcance necesario, para extinguir un incendio, de acuerdo con el código No. 14 de la **NFPA** y los reglamentos fijados por las autoridades competentes.

TIPO DE SERVICIOS

Los sistemas de alimentadores y mangueras para extinción de incendios pueden agruparse en tres tipos.

Para este caso se ha seleccionado la Clase I, este servicio debe de poder suministrar chorros efectivos de agua, requeridos durante etapas más avanzadas de incendio, tanto en el interior de los edificios, como exteriormente para protegerlos contra exposición de incendios. El equipo empleado, mangueras de mínimo 63 mm (2 1/2"), es para uso de bomberos o de personal entrenado en el manejo de chorros de agua de gran fuerza.

TUBO ALIMENTADOR PARA LOS SISTEMAS

El diámetro de los tubos alimentadores se rige por el diámetro y número de chorros que se calcula puede operar simultáneamente y por la distancia desde el cuarto de máquinas hasta las salidas de incendios.

Para nuestro caso práctico el tubo alimentador del sistema es de 4" y se calculó para un gasto mínimo de 288 GPM (18.18 l/s).

Las válvulas reguladoras de presión deberán estar ajustadas para suministrar una presión no mayor de 100 psi (6.9 bares) y deberán ser seleccionadas para resistir una presión superior a la que reciben.

GABINETES

Los gabinetes o compartimientos para mangueras serán de tamaño suficiente para contener el equipo requerido, en forma tal que no obstruya el uso de válvulas, mangueras y otros equipos, en el caso de incendio. Deberán estar diseñados para que haya un espacio no menor de 1" (25 mm) entre la manivela de la válvula, ya sea que esté abierta o cerrada, y cualquier pared del gabinete.

El gabinete deberá ser utilizado exclusivamente para equipo de incendio. Las válvulas deberán estar a una altura no mayor de 6 pies (1.80 m). El muro y localización de cada gabinete deberá ser tal que cualquier porción de cada piso del edificio estará dentro de los límites de 30 pies (9 m) de un chiflón adaptado a una manguera de no más de 100 pies (30.5 m) de longitud.

MANGUERAS

Los tubos alimentadores de servicio Clase I deberán estar equipados con conexiones para mangueras de 2 1/2" (63 mm) en cada piso.

Las válvulas de mangueras deberán de tener un medio para reducir la presión, en el cual las mangueras podrán ser manejadas por personal no entrenado. La presión recomendada por N.F.P.A. es de 65 psi (4.5 bares) y cuando la presión no es mayor de 100 psi (6.9 bares), ésta podrá reducirse por medio de placas de orificio instaladas en las válvulas.

SISTEMAS DE ROCIADORES DE TUBO HUMEDO

Definición: Este sistema húmedo se define como un sistema para protección de contra incendio, que emplea rociadores automáticos instalados en una red de tubería que contiene agua, conectada a un

sistema automático de abastecimiento de agua, lo que permite que el agua pueda descargar en forma instantánea, a través de aquellos rociadores que abren debido a la acción del fuego.

DISTANCIA ENTRE RAMALES Y ENTRE ROCIADORES

Riesgos Ordinarios.- En este tipo de ocupaciones con excepción de aquellos locales en que se almacenan materiales en pila, la distancia máxima recomendable entre ramales y/o rociadores, también es de 4.572 m. (15 pies).

DISTANCIA ENTRE ROCIADORES Y MUROS

En todos los casos de riesgos, la distancia entre los muros y los últimos rociadores en los ramales, o entre los muros y los últimos ramales, no deberá exceder del 50% de la distancia entre ramales, con excepción de cuartos pequeños en cuyo caso se empleará la norma descrita en los Párrafos 4-4 de la N.F.P.A 20.

AREA PROTEGIDA POR CADA ROCIADOR

Riesgos Ordinarios.- Para todos los tipos de construcciones, el área máxima de protección por rociadores no excederá de 12.08 m². (130 pies²), con excepción de los casos en que se almacenan materiales en pilas, en cuyo caso el área no excederá de 9.29 m². (100 pies²).⁵(Farías de la Garza, 1982)

4.3.Cobertura de la red

Se contempla que el sistema contenga los siguientes elementos: reserva en cisterna, equipo de bombeo eléctrico y de combustión interna (diesel), bomba auxiliar (jockey), una red hidráulica, hidrantes de manguera combinados con rociadores para cubrir la totalidad del área construida.

La cobertura del edificio será de un 100% ya que cada piso, incluyendo los estacionamientos, cuenta con hidrantes de gabinete y aparte cada uno de los departamentos tiene integrado un rociador en la cocina. La simultaneidad de funcionamiento es del 25%, ya que se está estimando que en caso de conato de incendio el sistema sea capaz de mantener activos 8 rociadores y 2 hidrantes, en un evento de 90 minutos.

4.4.Diseño de la red

Para el diseño de la red de flujo nos basamos en la **NFPA 13**, **NFPA 14** y **NFPA 20**, se realizó un diseño para la planta tipo, uno para planta baja y otro para los sótanos.⁶(NFPA, 2007)

- **Planta Tipo**

La planta tipo cuenta con una superficie de 1,953.30 m², 15 departamentos, un área de elevadores al centro y escaleras de emergencia. (Véase plano 1.1 Planta tipo).

Para planta tipo se propuso contar con un rociador por cocina, que es donde existe mayor riesgo de incendio por las altas temperaturas que se manejan, y con esto se puede combatir un conato de incendio. (Véase plano 1.2 Rociadores y radios de cobertura planta tipo).

Por otro lado, siempre debemos tener en cuenta el peor de los escenarios es por eso que pensando en la posibilidad remota de que el incendio no fuera originado en la cocina se ha propuesto para la superficie del edificio un arreglo de 5 hidrantes ubicados en el pasillo de la planta. (Véase plano 1.3 Ubicación de hidrantes y radios de cobertura planta tipo).

De esta manera queda conformado el sistema de seguridad contra incendio en estas 9 plantas tipo, en el siguiente plano se muestra la instalación completa del sistema. (Véase plano 1.4 Instalación completa planta tipo).

- **Planta Baja**

La planta baja está conformada por lobby, salón de usos múltiples, gimnasio, cuarto de juegos, sala común, el área donde se encuentra ubicada la piscina, baños y vestidores, de igual manera que las plantas tipo tiene una superficie de 1,953.30 m² y cuenta con su cubo de elevadores y escaleras de emergencia. A esta instalación se le agrega el acceso directo a los sótanos. (Véase plano 2.1 Planta baja).

Considerando que en la planta baja no existen riesgos latentes al fuego, se propuso un sistema de rociadores para el área del salón de usos múltiples. (Véase plano 2.2 Ubicación de hidrantes y radios de cobertura planta baja).

- **Sótanos**

Finalmente nos encontramos con el diseño de los sótanos que es donde se encuentra ubicado el estacionamiento de los 261 automóviles para el que fue planificado y las 135 bodegas de los departamentos, además de resaltar que en el último sótano de nuestro inmueble se encuentra ubicada la casa de máquinas y cisternas del conjunto. La superficie con la que se cuenta es de 4,171.90 m². (Véase plano 3.1 Sótanos).

En los sótanos nos encontramos con un área específica donde se concentra una buena cantidad de bodegas concentradas y que por consideraciones de criterio se ha decidido implementar una pequeña red de rociadores. (Véase plano 3.2 Rociadores y radios de cobertura sótanos).

Para proteger el resto del piso se consideró hacer una red de 4 hidrantes, ya que el número de autos es elevado y la concentración de combustible puede ser grande pero también tomamos en cuenta que las condiciones de seguridad de los autos hoy en día son bastante altas por lo que se concluyó que con esta pequeña red se tiene una cobertura del 100%. (Véase plano 3.3 ubicación de hidrantes y radios de cobertura sótanos).

Así de esta manera se queda conformada la instalación completa en los sótanos. (Véase plano 3.4 Instalación completa sótanos).

En conclusión se cuenta con un total de 49 hidrantes y 163 rociadores. (Véase plano 4.1 Isométrico general del sistema).

Cabe destacar que el radio de cobertura de cada rociador es de 3.47 m y de los hidrantes de 30 m.

4.5. Determinación del flujo de diseño

Como ya se ha mencionado anteriormente necesitamos contar con un gasto de diseño que sea capaz de mantener activos 8 rociadores y 2 hidrantes por 90 min.

Consideraciones iniciales:

1. Se usara rociador marca Reliable³

$$\phi = 1/2" (15 \text{ mm})$$

$$\text{Factor } k = 5.6$$

$$P = 21.6 \text{ [psi]}$$

$$Q = 26 \text{ [gpm]}$$

2. Las consideraciones que se tomaron para los hidrantes⁴ fueron las siguientes:

- 2 unidades, de acuerdo a la **NFPA 14**.

$$P = 65 \text{ lb/pulg} = 45.7 \text{ m.c.a.}$$

$$\phi = 4"$$

$$Q = 40 \text{ GPM}$$

3. Para realizar el cálculo del gasto para una cobertura del 50% del piso, se contemplará el accionamiento de 8 rociadores y 2 hidrantes.

Tabla 4.1 Determinación de flujo de diseño

	Gasto	Cantidad	Total	
Rociadores	26	8	208.00	[GPM]
Hidrantes	40	2	80.00	[GPM]
		Σ=	288.00	[GPM]
		=	18.17	[l/s]
		=	65.4	[m ³ /h]
		=	1.09	[m³/min]

4. Se considerará que los 8 rociadores y los 2 hidrantes trabajarán por un lapso de 90 min.

$$Q \text{ evento} = 90 \text{ min}$$

³ Referirse al Apéndice A para consultar ficha técnica de rociadores Reliable.

⁴ Referirse al Apéndice B para consultar tabla de especificaciones de hidrantes.

$$Q = 1.09 \cdot 90 = 98.10$$

$$Q = 98.10 \text{ m}^3$$

5. Para la cobertura del gasto en un evento de 90 min se propone una cisterna de:

$$5.0 \times 5.0 \times 4.5 \text{ [m]}$$

4.6. Determinación de la carga dinámica total

Procederemos al cálculo de la carga dinámica total, para esto es necesario tener un diagrama de la red hidráulica en donde podamos determinar cuál es el punto que represente la máxima carga total, generalmente a este punto se le llama punto crítico. Si se satisface la carga en este punto, los demás puntos del sistema quedarán cubiertos, es por eso que se debe determinar correctamente la ubicación de este punto. (Véase plano 4.2 Isométrico al punto crítico).

La cisterna se encuentra en el sótano 3 del edificio, a un lado del cuarto de máquinas, lo que nos provee de una succión positiva para las bombas.

Consideramos que el punto crítico de la red es el hidrante del último piso debido a sus condiciones, ya que es el mueble más alejado del punto de bombeo y el que requiere más energía para su funcionamiento, ya que tiene un consumo de 40 GPM y una presión de operación de 65 psi.

Los cálculos y desglose del mismo se incluyen a continuación:

4.6.1. Carga de elevación o estática

Es la altura que se necesita vencer desde el punto de succión de la bomba hasta la toma de servicio del hidrante, que para este caso de estudios es:

- 4.5 m. que tiene de profundidad la cisterna donde está colocado nuestro arreglo para la bomba.
- 2.8 m. que tienen de altura los sótanos 2 y 3.
- 3.0 m. de altura del sótano 1.
- 3.3 m. de altura que tiene el lobby.
- 3.2 m. de altura que tienen las 9 plantas restantes.

Esto nos da un total de:

$$H_E = 45.2 \text{ m.c.a.}$$

4.6.2. Carga de Fricción

Para poder determinar nuestra carga de fricción es necesario analizar los componentes de la red, tanto en la succión como en la descarga. Para esto es necesario que determinemos la velocidad de flujo, el número de Reynolds, el factor de fricción (por diagrama de Moody⁵) y así determinar las cargas de velocidad, y las pérdidas primarias y secundarias o menores. No usaremos el método de Hazen Williams debido a que hay secciones de tubería menores a 2".

- **Determinación de la velocidad**

Antes de poder determinar las pérdidas por fricción es necesario obtener la velocidad con la que se trabajará en nuestro sistema hasta llegar al punto crítico.

1. Entramos a las tablas de fricción⁶ con nuestro gasto de 288 GPM y diámetro de 4", realizamos una interpolación obtenemos la velocidad:

$$v = 7.26 \frac{ft}{s} \quad \text{o} \quad 2.21 \frac{m}{s}$$

2. Verificamos la caída de presión que existe para el diámetro que proponemos, en este caso para una tubería de acero cedula 40 de 4" observamos que la caída es de:

$$h_F = 4.81 ft \quad \text{o} \quad h_F = 1.47 m$$

que para nuestro caso práctico es una caída de presión considerable.

- **Número de Reynolds**

Ya que contamos con la velocidad y aspereza relativa solo obtenemos la viscosidad cinemática del fluido que para este caso práctico se trata de agua y así podremos determinar el número de Reynolds:

Viscosidad cinemática del agua: 1.003×10^{-6}

Con este dato sustituimos en la ecuación:

$$R_e = \frac{v_s D}{\vartheta} = \frac{2.21 \frac{m}{s} \times 0.1023 m}{1.003 \times 10^{-6} \frac{m}{s}} = 225,406.78$$

$$R_e = 225,406.78$$

⁵ Referirse al Apéndice C para consultar el diagrama de Moody.

⁶ Referirse al Apéndice D para consultar tablas de pérdidas por fricción en tuberías.

Cabe mencionar que para obtener el número de Reynolds se optó por este método ya que de esta manera se cuenta con una mayor exactitud, debido a que el diagrama de Moody nos arroja datos imprecisos por lo tanto el número que obtendríamos es totalmente diferente.

- **Determinación del factor de fricción**

Ya teniendo nuestro número de Reynolds, solo nos falta calcular la rugosidad relativa para así poder determinar el factor de fricción de nuestro sistema y proceder con el cálculo de las pérdidas.

Obteniendo rugosidad relativa:

$$\frac{D}{\varepsilon} = \frac{0.1023}{4.6 \times 10^{-5}} = 2223.91$$

$$\boxed{\frac{D}{\varepsilon} = 2,223.91}$$

Obteniendo factor de fricción con la fórmula:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7(D/\varepsilon)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7(2,223.91)} + \frac{5.74}{225,406.78^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$\boxed{f = 0.0184}$$

- **Pérdidas primarias y secundarias**

Primarias

Analizaremos la instalación de succión.

Datos del agua a 20° C: $\rho = 998 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

$$\mu = 1.02 \times 10^{-3} \text{ [Pa} \cdot \text{s]} \text{ [N} \cdot \text{s/m}^2\text{]}$$

CAPÍTULO 4

Datos de la tubería de acero: Rugosidad $\varepsilon = 4.6 \times 10^{-5}$ [m]

Ecuación a utilizar:

$$h_L = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Cálculo de la carga dinámica total (CDT)

Tabla 4.2 Perdidas primarias

TUBERÍA DE DESCARGA										
Material del tubo	Diámetro interno del tubo mm Nom. (in)	Longitud L (m)	Gasto en el conducto (lps)	Velocidad promedio v (m/s)	Carga de velocidad $v^2/2g$ (mca)	Número de Reynolds N_R	Rugosidad relativa D/ε	L/D	Factor de fricción f	Pérdida de fricción h_F (mca)
Acero Ced. 40	102 (4")	88.76	18.17	2.21	0.25	225406.78	2223.91	870.20	0.0184	3.99
Pérdidas debidas a la fricción por tubería (primarias) en la descarga Σ=										3.99

Entonces habiendo hecho este análisis tenemos que:

$$h_{F \text{ primarias}} = 3.99 \text{ m.c.a.}$$

Secundarias

Para determinar las pérdidas secundarias del sistema necesitamos conocer todos los accesorios de la red, su tamaño nominal y la carga de velocidad correspondiente a cada diámetro, para esto elaboramos la siguiente tabla.

Fórmulas a utilizar para pérdidas menores:

$$h_F = K \frac{v^2}{2g}$$

Para válvulas y accesorios:

$$K = \left(\frac{L_e}{D} \right) f_T$$

Tabla 4.3 Perdidas secundarias, componentes de la succión

ACCESORIOS Y COMPONENTES DE LA SUCCIÓN									
n	Tipo de Accesorio	Ø (in)	Condición	Fórmula K	(L _e /D)	Factor de fricción f _T	K	v ² /2g (mca)	Pérdida de fricción h _F (mca)
1	Proyección hacia adentro	5	Ninguna	Ninguna	No	No necesario	1.00	0.10	0.10
1	Válvula de compuerta bridada	5	Totalmente abierta	(L _e /D)f _t	8.00	0.0155	0.12	0.10	0.01
1	Reducción gradual	5	Ninguna	no	no	0.0155	2.00	0.10	0.20
Pérdidas debidas a la fricción por accesorios (secundarias o menores) en la succión Σ=									0.32

Tabla 4.4 Perdidas secundarias, componentes de la descarga

ACCESORIOS Y COMPONENTES DE LA DESCARGA										
n	Tipo de Accesorio	Ø (in)	Condición	Fórmula K	(L _e /D)	Factor de fricción f _T	K	v ² /2g (mca)	Pérdida de fricción h _F (mca)	Total
1	Ampliación Gradual	3	Ninguna	no	no	0.011	2.00	0.74	1.49	1.49
1	Válvula check	4	Tipo giratoria	(L _e /D)f _t	100.00	0.0184	1.84	0.25	0.46	0.46
1	Válvula de compuerta	4	Totalmente abierta	(L _e /D)f _t	8.00	0.0184	0.15	0.25	0.04	0.04
15	Tees de paso recto	4	Estándar	(L _e /D)f _t	20.00	0.0184	0.37	0.25	0.09	1.37
3	Codos de 90º	4	Estándar	(L _e /D)f _t	50.00	0.0184	0.92	0.25	0.23	0.69
2	Tee de derivación	4	Estándar	(L _e /D)f _t	60.00	0.0184	1.10	0.25	0.27	0.55
Pérdidas debidas a la fricción por accesorios (secundarias o menores) en la descarga Σ=									2.58	4.59

Se tomaron los accesorios en el orden de aparición desde la entrada en la cisterna hasta el último codo del hidrante en el punto crítico. Las K's fueron tomadas de la tabla de pérdidas menores⁷.

Entonces habiendo hecho este análisis tenemos que:

$$h_{F \text{ secundarias}} = 0.32 + 4.59 = 4.91 \text{ m.c.a.}$$

Por lo tanto las pérdidas por fricción en el sistema son:

⁷ Referirse al Apéndice E para consultar las tablas de factor K para pérdidas menores.

$$H_F = h_{F \text{ primarias}} + h_{F \text{ secundarias}} = 3.99 + 4.91 = 8.90 \text{ m.c.a.}$$

$$H_F = 8.90 \text{ m.c.a.}$$

4.6.3. Carga debida a la presión de operación

Debido a que estamos usando accesorios que están diseñados para sistemas presurizados, necesitamos agregar a la carga de la bomba el valor necesario para que estos accesorios funcionen correctamente.

El hidrante que utilizaremos consume según su especificación 65 psi, entonces:

$$H_P = 65 \text{ psi}$$

Que convertidos a m.c.a. tenemos:

$$H_P = 45.70 \text{ m.c.a.}$$

Como la presión en la succión es atmosférica, se considera con valor cero, es por eso que no está considerada en el cálculo de la carga de presión.

4.6.4. CDT del sistema

Como podemos apreciar, hacen falta la carga retirada por dispositivos mecánicos H_R y la carga por velocidad H_V . Sin embargo, analizando la red, no existe ningún dispositivo mecánico que absorba energía en el sistema y en el caso de la carga de velocidad, en el punto 1 (superficie libre del agua en la cisterna) se considera una velocidad muy pequeña que elevada al cuadrado y dividida entre dos veces la aceleración de la gravedad se reduce aún más por lo que se ha considerado igual a cero; en el punto 2 (casi a la salida del hidrante) de la tabla anterior sabemos que $H_V = 0.25 \text{ m.c.a.}$ Con estas consideraciones tenemos que la ecuación de la carga dinámica total es:

$$CDT = H_P + H_V + H_E + H_F + H_r$$

Sustituyendo todos los valores:

$$CDT = 45.7 + 0.25 + 45.2 + 8.90 + 0$$

$$CDT = 100.05 \text{ m.c.a.}$$

4.7. Accesorios

Lista de accesorios complementarios del sistema hasta el punto crítico:

- 1 Proyección hacia adentro 5"
- 1 Válvula de compuerta bridada 5"
- 1 Reducción gradual 5"
- 1 Ampliación gradual 3"
- 1 Válvula check 4"
- 1 Válvula de compuerta de acero 4"
- 3 Codos 90° 4"
- 15 Tees paso recto 4"
- 2 Tees de derivación 4"

4.8. Selección del equipo

Habiendo obtenido los datos de gasto y la carga dinámica total (CDT) procedemos a seleccionar la bomba más adecuada a nuestro sistema, siguiendo los criterios que estudiamos anteriormente. En este proyecto se utilizaron curvas del fabricante nacional AURORA PICSA, que produce la sección 340 de bombas centrífugas de AURORA PUMP, sin embargo pueden usarse cualquier marca de bombas siempre que se siga el procedimiento correspondiente.

Entramos a la curva de la bomba con nuestros datos:

$CDT: 100.05 \text{ m. c. a.}$

$Q = 288 \text{ GPM}$

En esta gráfica podemos obtener los datos de la eficiencia de la bomba y caballaje con el que se trabajara.

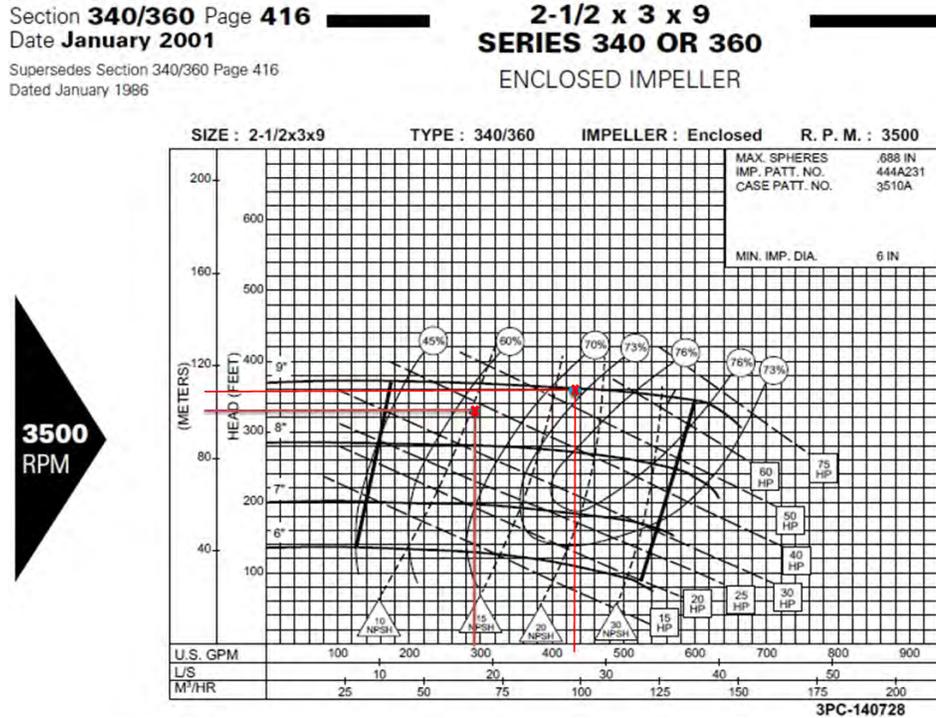


Figura 4.1 Curva de la bomba principal mostrando el punto de diseño

- **Determinación del BHP⁸ de las bombas**

Con los datos obtenidos de las gráficas podemos calcular el BHP requerido por la bomba, entonces en la expresión del BHP sustituiremos los dos puntos marcados y veremos que potencia de motor seleccionaremos. Como las bombas principales serán iguales solo calcularemos una.

Cálculo BHP₁ Potencia nominal

$H_1 = 100.05 \text{ m.c.a.} \quad \text{o} \quad 328.24 \text{ ft.}$

$Q_1 = 288 \text{ GPM}$

$\eta = 60\%$

$$BHP_1 = \frac{QH}{\eta 3960}$$

⁸ Por sus siglas en inglés, Break Horse Power

$$BHP_1 = \frac{288 \text{ GPM} \times 328.24 \text{ ft. c. a.}}{62\% \times 3960} = 38.50 \text{ HP}$$

$$BHP_1 = 38.50 \text{ HP}$$

Cálculo BHP₂ en el punto NOLP (Verificación)

H₂ = 108.97 m.c.a. o 357.52 ft.

Q₂ = 432 GPM

η = 72%

$$BHP_2 = \frac{1.5Q \times H(\text{grafica})}{\eta 3960}$$

$$BHP_2 = \frac{1.5(288 \text{ GPM}) \times 357.52 \text{ ft. c. a.}}{\eta 3960} = 54.17 \text{ HP}$$

$$BHP_2 = 54.17 \text{ HP}$$

Por lo que concluimos que las bombas principales deberán ser seleccionadas con un motor de 60 HP nominales a 3500 RPM.

4.8.1. Selección de bomba Jockey

Para el caso de la bomba jockey se considerará el 5% de la potencia nominal de la bomba principal.

$$P_{\text{bomba principal}} = 60 \text{ HP}$$

$$P_{\text{Jockey}} = 3 \text{ HP}$$

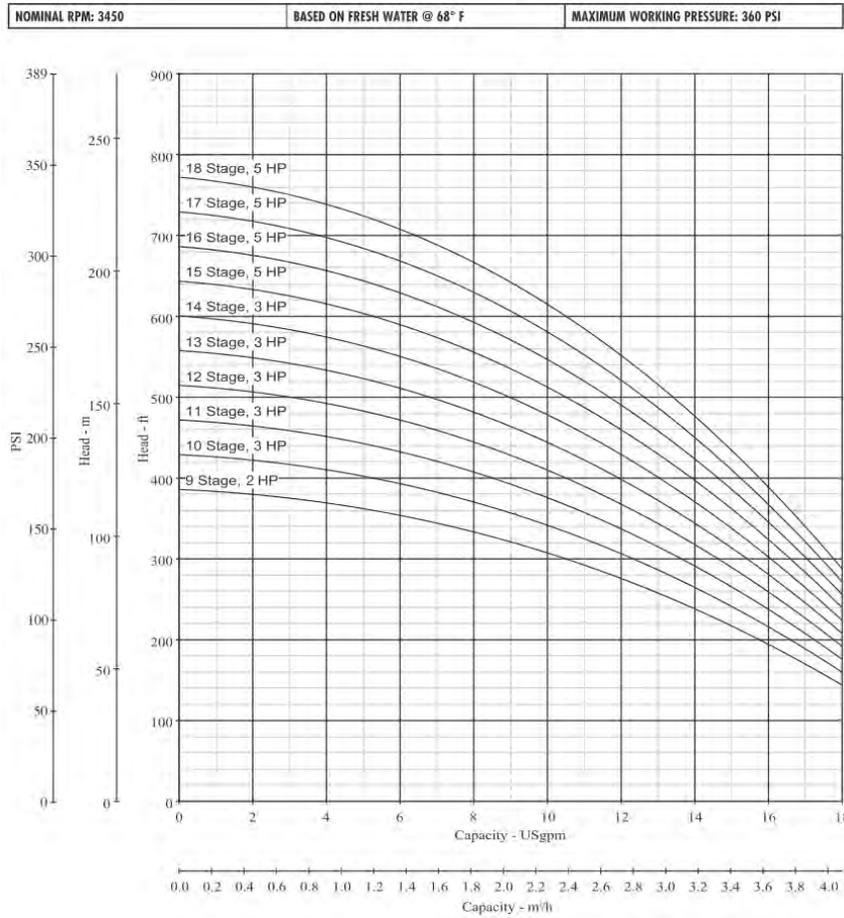


Figura 4.2 Curva característica de bomba Jockey

4.9. Selección de motores y sus correcciones

Una vez obtenida la potencia requerida de la bomba es necesario realizar una corrección de motores por presión y temperatura para la bomba auxiliar de Diesel.

Para la Ciudad de México se tienen los siguientes datos:

$$T_{media\ anual} = 24\ ^\circ C \quad \text{o} \\ 75.2\ ^\circ F$$

$$A.S.N.M = 7400\ ft.$$

$$CP = \frac{ASN M - 300ft.}{1000ft.} \times (0.03) = 0.213$$

$$CP = 0.213$$

$$CT = \frac{T_{amb} - 77^\circ F.}{10^\circ F} \times (0.01) = 0.0018^*$$

$$CT = 0.0018$$

*Nota: Para este caso, al ser la temperatura menor a 77°F no se tomará en cuenta la corrección por temperatura.

Obteniendo la potencia nominal del motor Diesel:

$$PNMD = \frac{BHP_2}{(1 - CP)(1 - CT)}$$

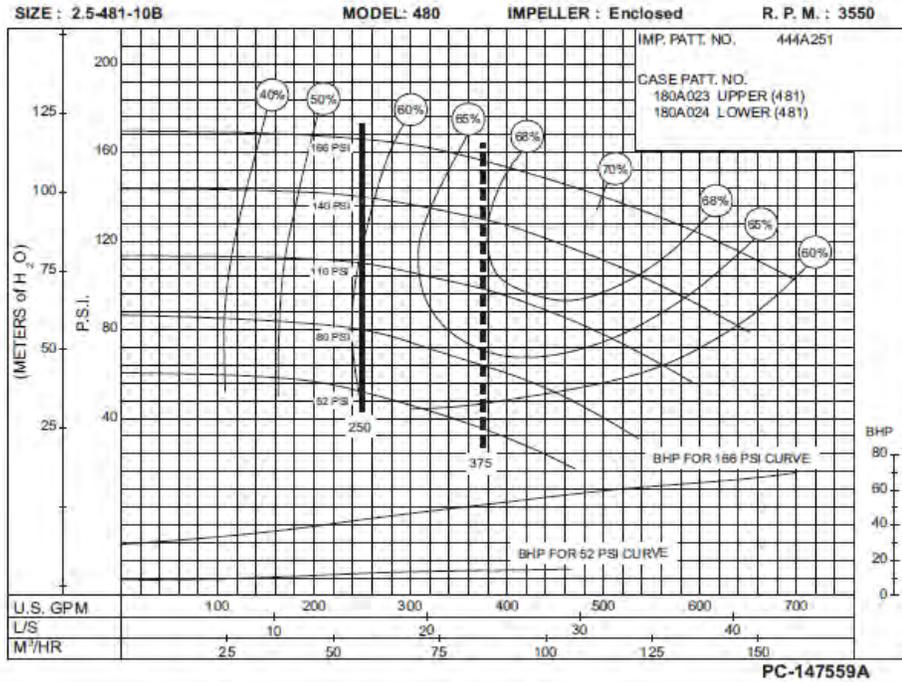
$$PNMD = \frac{54.17}{(1 - 0.213)} = 68.83\ HP$$

$$PNMD = 68.83\ HP$$

Por lo que concluimos que para la bomba auxiliar de diésel es necesario incrementar la potencia del motor y seleccionamos una bomba de 70 HP nominales a 3550 RPM, para así poder calibrarla adecuadamente.

250 G.P.M. 913 SERIES
DIESEL ENGINE DRIVE

Section **913** Page **401**
Date **September 2009**
Supersedes All Previous Editions



**52
to
166
P.S.I.**

Figura 4.3 Curva característica de bomba diésel

ANEXOS

I. APÉNDICES

II. PLANOS

I. APÉNDICES

Apéndice A. Ficha técnica de rociadores Reliable.



Modelo F1
Rociadores embutidos de respuesta normal

Ficha técnica 117 Rev_S

Rociador colgante embutido de cobertura extendida modelo F1

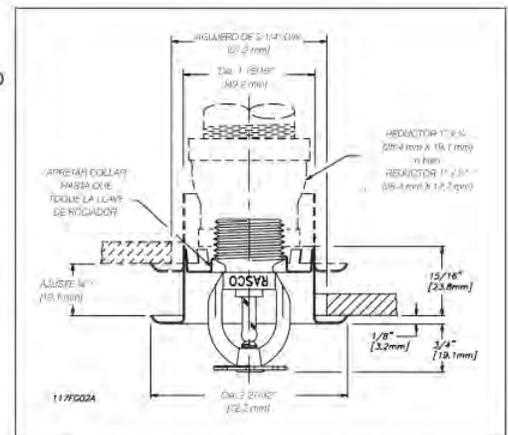
Deflector: EC colgante

Llave de montaje: Llave de rociador modelo GFR1

Tipo de homologación: Cobertura extendida - para Riesgo Ligero



Embutido de cobertura extendida



(1) Cuando se instala directamente en un té, se reduce el ajuste de la dimensión de la placa embellecedora.

Superficie de cobertura							
Caudal		Presión				Superficie máx. Anchura x longitud	
		Nominal					
		K=8,0 (115)		K=5,6 (80)			
gpm	l/min	psi	bar	psi	bar	ft. x ft.	m x m
26	98,4	10,6	0,7	21,8	1,5	16 x 16	4,9 x 4,9
33	125,0	17,0	1,2	34,7	2,4	18 x 18	5,5 x 5,5
40	151,4	25,0	1,7	51,0	3,5	20 x 20	6,0 x 6,0

Información de la instalación:

Orificio nominal	Diámetro de rosca	Factor K nominal		Altura de rociador	Organismos de homologación	Temperatura nominal		Números de identificación del rociador (SIN)
		US	Métrico			°F	°C	
17/32" (20 mm)	3/8" NPT (R3/4)	8.0	115	2,2" (56 mm)	1,2,8	135, 155	57, 68	R1742
1/2" (15 mm)	1/2" NPT (R1/2)	5.6	80	2,2" (56 mm)	1,2,8	135, 155	57, 68	R1745

Apéndice B. Tabla de especificaciones de hidrantes.

Tabla 4.5 especificaciones para hidrantes.

ESPECIFICACIONES PARA HIDRANTES DE MANGUERA			
	TAMAÑO		
	CHICO	MEDIANO	GRANDE
ALTURA DE LA VALVULA (S.N.P.T.) [m]	1.6	1.6	1.6
ACCESORIO O COMPONENTE			
- Chiflón (diámetro - orificio)			
Posición 1 (Chorro) [mm](pulg)	[11 a 13] (7/16 a 1/2)	[14 a 18] (9/16 a 23/32)	[25 a 29] (1 a 1-1/8)
Posición 2 (Neblina) [mm]/(pulg)	[38] (1-1/2)	[51] (2)	[64] (2-1/2)
Posición 3 (Regadera) [mm]/(pulg)	[38] (1-1/2)	[51] (2)	[64] (2-1/2)
- Alcance del chorro (longitud)			
Clase A [m]	6	6	10
Clase A y B [m]	3	3	3
- Manguera			
Diámetro [mm] (pulg)	[38] (1-1/2)	[51] (2)	[64] (2-1/2)
Longitud [m]	15 y 30	15 y 30	15 y 30
Pérdidas por fricción [m.c.a.]	7 y 10	7 y 10	7 y 10
- Tubería			
Alimentador [mm] (pulg)	[64] (2-1/2)	[76] (3)	[102] (4)
Rama o ramal [mm] (pulg)	[51] (2)	[64] (2-1/2)	[76] (3)
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
- Presión de operación			
Clase A [bar] (PSI)	[2.45] (35)	[3.45] (50)	N.D.
Clase A y B [bar] (PSI)	N.D.	[4.12] (60)	[4.12] (60)
- Gasto (Flujo volumétrico)			
Para cada hidrante [LPS] (GPM)	[2.52] (40)	[3.79] (60)	[10.09] (160)
Pto. de diseño (Pto. 1 - 100%) [LPS] (GPM)	[5.05] (80)	[7.57] (120)	[20.18] (320)
Pto requerido (Pto. 2 - 150%)(NFPA-20) [LPM] (GPM)	[7.57] (120)	[11.36] (180)	[30.28] (480)
ALMACENAMIENTO (cisterna)			
Capacidad mínima de la cisterna (NFPA-20)[m ³]	9.0	13.6	36.3
Capacidad recomendada para 2 horas [m ³] (B.P.I.)	36.3	54.5	145.3
Dimensiones de referencia cúbica, largo = ancho = alto [m]	3.3	3.8	5.3

Apéndice C.

Diagrama de Moody.

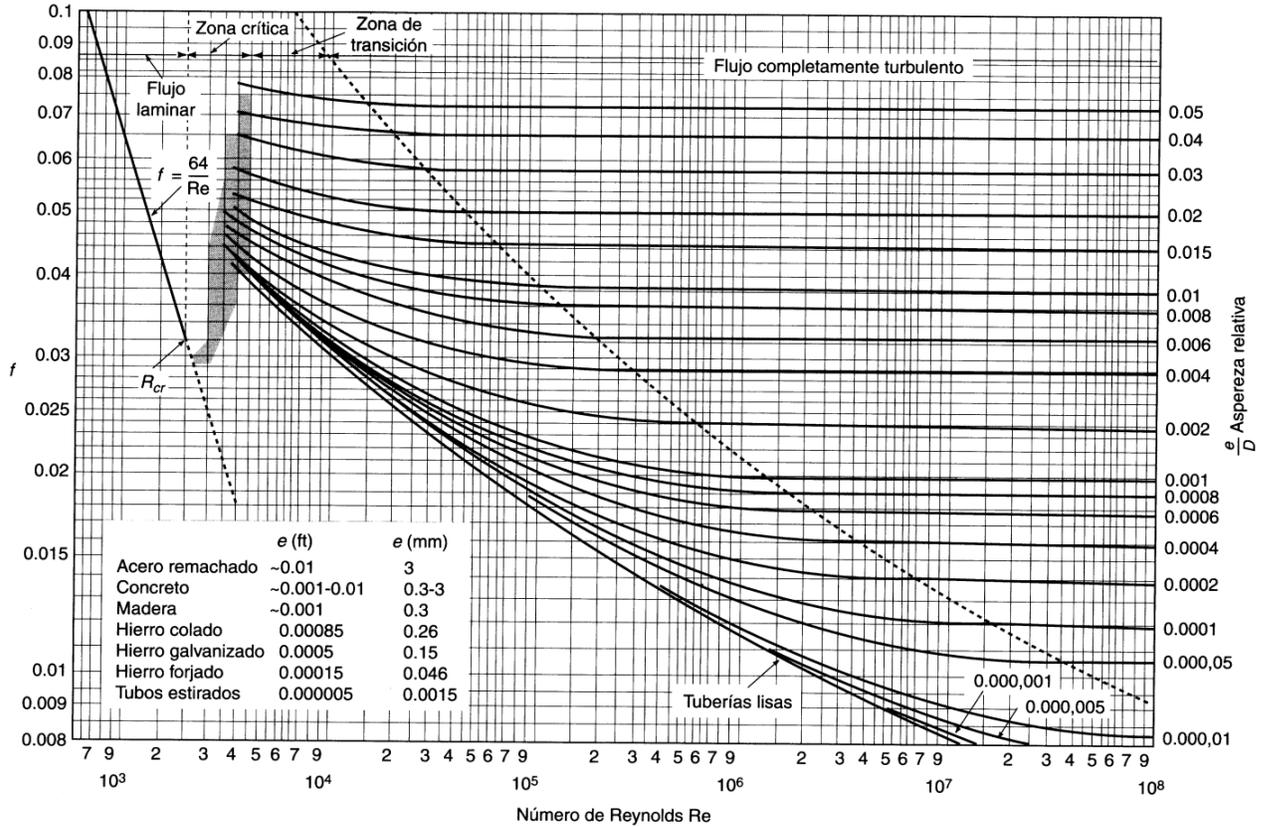


Diagrama de Moody. (De L.F. Moody, *Trans. ASME*, vol. 66, 1944.)

Apéndice D. Tablas de pérdidas por fricción en tuberías.

Pérdidas por fricción para agua en 100 pies de longitud para tubería nueva de fierro forjado y de acero cédula 40.* Para consultar la página del Hydraulic Institute de los Estados Unidos de América haz clic en el siguiente vínculo <http://pumps.org/>

1/4" 0.364" Diám. Interior				3/8" 0.493" Diám. Interior			
U.S. G.P.M.	Vel. v Ples/s	Carga vel. v²/2g ples	Pérdidas por fricción h_f ples	U.S. G.P.M.	Vel. v Ples/s	Carga vel. v²/2g ples	Pérdidas por fricción h_f ples
0.8	2.47	0.09	12.7	1.4	2.35	0.09	7.85
1.0	3.08	0.15	19.1	1.6	2.68	0.11	10.1
1.2	3.70	0.21	26.7	1.8	3.02	0.14	12.4
1.4	4.32	0.29	35.3	2.0	3.36	0.18	15.0
1.6	4.93	0.38	45.2	2.5	4.20	0.27	22.6
1.8	5.55	0.48	56.4	3.0	5.04	0.39	31.8
2.0	6.17	0.59	69.0	3.5	5.88	0.54	42.6
2.5	7.71	0.92	105.0	4.0	6.72	0.70	54.9
3.0	9.25	1.33	148.0	5.0	8.40	1.10	83.5
3.5	10.79	1.81	200.0	6.0	10.08	1.58	118.0
4.0	12.33	2.36	259.0	7.0	11.80	2.15	158.0
5.0	15.42	3.69	398.0	8.0	13.40	2.81	205.0
				9.0	15.10	3.56	258.0
				10.0	16.80	4.39	316.0
1/4" 0.364" Diám. Interior				1/4" 0.364" Diám. Interior			
2.0	2.11	0.07	4.78	3.0	1.81	0.05	2.50
2.5	2.64	0.11	7.16	3.5	2.11	0.07	3.30
3.0	3.17	0.16	10.0	4.0	2.41	0.09	4.21
3.5	3.70	0.21	13.3	5.0	3.01	0.14	6.32
4.0	4.22	0.28	17.1	6.0	3.61	0.20	8.87
5.0	5.28	0.43	25.8	7.0	4.21	0.28	11.8
6.0	6.34	0.62	36.5	8.0	4.81	0.36	15.0
7.0	7.39	0.85	48.7	9.0	5.42	0.46	18.8
8.0	8.45	1.11	62.7	10.0	6.02	0.56	23.0
9.0	9.50	1.40	78.3	12.0	7.22	0.81	32.6
10.0	10.56	1.73	95.9	14.0	8.42	1.10	43.5
12.0	12.70	2.49	136.0	16.0	9.63	1.44	56.3
14.0	14.80	3.40	183.0	18.0	10.80	1.82	70.3
16.0	16.90	4.43	235.0	20.0	12.00	2.25	86.1

Precaución. No se incluye ninguna tolerancia por el envejecimiento, diferencias en el diámetro como resultado de las tolerancias de manufactura, ni de cualquier condición anormal en la superficie interior del tubo. Es recomendable que para las aplicaciones comerciales, se reserve un margen de seguridad que cubra éstos efectos y que debe ser agregado a los valores mostrados en las tablas. Donde no sea necesario hacer un análisis cuidadoso de éstos efectos, se recomienda que la reserva mencionada sea de un 15%.

* Cortesía del Instituto de Hidráulica.

APÉNDICE D

1" 1.049" Diám. Interlor				1 ¼" 1.380" Diám. Interlor			
U.S. G.P.M.	Vel. v Ples/s	Carga vel. v²/2g ples	Pérdidas por fricción h_f ples	U.S. G.P.M	Vel. v Ples/s	Carga vel. v²/2g ples	Pérdidas por fricción h_f ples
6	2.23	0.08	2.68	10	2.15	0.72	1.77
8	2.97	0.14	4.54	12	2.57	0.10	2.48
10	3.71	0.21	6.86	14	3.00	0.14	3.28
12	4.45	0.31	9.62	16	3.43	0.18	4.20
14	5.20	0.42	12.8	18	3.86	0.23	5.22
16	5.94	0.55	16.5	20	4.29	0.29	6.34
18	6.68	0.69	20.6	22	4.72	0.35	7.58
20	7.42	0.86	25.1	24	5.15	0.41	8.92
22	8.17	1.04	30.2	25	5.36	0.45	9.6
24	8.91	1.23	35.6	30	6.44	0.64	13.6
25	9.27	1.34	38.7	35	7.51	0.87	18.2
30	11.1	1.93	54.6	40	8.58	1.14	23.5
35	13.0	2.63	73.3	45	9.65	1.44	29.4
40	14.8	3.43	95.0	50	10.7	1.79	36.0
45	16.7	4.34	119.0	55	11.8	2.16	43.2
50	18.6	5.35	146.0	60	12.9	2.57	51.0
55	20.4	6.46	176.0	65	13.9	3.02	59.6
60	22.3	7.71	209.0	70	15.0	3.50	68.8
65	24.2	9.10	245.0	75	16.1	4.03	78.7
70	26.0	10.49	283.0	80	17.2	4.58	89.2
75	27.9	12.10	324.0	85	18.2	5.15	100.0
80	29.7	13.7	367.0	90	19.3	5.79	112.0
				95	20.4	6.45	125.0
				100	21.5	7.15	138.0
				120	25.7	10.3	197.0
				140	30.0	14.0	267.0
1 ½" 1.610" Diám. Interlor							
14	2.21	0.08	1.53	65	10.24	1.63	27.1
16	2.52	0.10	1.96	70	11.03	1.89	31.3
18	2.84	0.12	2.42	75	11.8	2.16	35.8
20	3.15	0.15	2.94	80	12.6	2.47	40.5
22	3.47	0.19	3.52	85	13.4	2.79	45.6
24	3.78	0.22	4.14	90	14.2	3.13	51.0
25	3.94	0.24	4.48	95	15.0	3.49	56.5
30	4.73	0.38	6.26	100	15.8	3.86	62.2
35	5.51	0.47	8.37	120	18.9	5.56	88.3
40	6.30	0.62	10.79	140	22.1	7.56	119.0
45	7.04	0.78	13.45	160	25.2	9.88	156.0
50	7.88	0.97	16.4	180	28.4	12.50	196.0
55	8.67	1.17	19.7	200	31.5	15.40	241.0
60	9.46	1.39	23.2				

APÉNDICE D

2" 2.067" Diám. Interior				2 1/2" 2.469" Diám. Interior			
U.S. G.P.M.	Vel. v Ples/s	Carga vel. v²/2g ples	Pérdidas por fricción h_f ples	U.S. G.P.M	Vel. v Ples/s	Carga vel. v²/2g ples	Pérdidas por fricción h_f ples
24	2.29	0.08	1.20	25	1.68	0.04	0.54
25	2.39	0.09	1.29	30	2.01	0.06	0.75
30	2.87	0.13	1.82	35	2.35	0.09	1.00
35	3.35	0.17	2.42	40	2.68	0.11	1.28
40	3.82	0.23	3.10	45	3.02	0.14	1.60
45	4.30	0.29	3.85	50	3.35	0.17	1.94
50	4.78	0.36	4.67	60	4.02	0.25	2.72
55	5.25	0.43	5.51	70	4.69	0.34	3.63
60	5.74	0.51	6.59	80	5.36	0.45	4.66
65	6.21	0.60	7.70	90	6.03	0.57	5.82
70	6.69	0.70	8.86	100	6.70	0.70	7.11
75	7.16	0.80	10.15	120	8.04	1.00	10.0
80	7.65	0.91	11.40	140	9.38	1.37	13.5
85	8.11	1.03	12.6	160	10.7	1.79	17.4
90	8.60	1.15	14.2	180	12.1	2.26	21.9
95	9.09	1.29	15.8	200	13.4	2.79	26.7
100	9.56	1.42	17.4	220	14.7	3.38	32.2
120	11.5	2.05	24.7	240	16.1	4.02	38.1
140	13.4	2.78	33.2	260	17.4	4.72	44.5
160	15.3	3.64	43.0	280	18.8	5.47	51.3
180	17.2	4.60	54.1	300	20.1	6.28	58.5
200	19.1	5.68	66.3	350	23.5	8.55	79.2
220	21.0	6.88	80.0	400	26.8	11.2	103.0
240	22.9	8.18	95.0				
260	24.9	9.60	111.0				
280	26.8	11.14	128.0				
300	28.7	12.8	146.0				

Precaución. No se incluye ninguna tolerancia por el envejecimiento, diferencias en el diámetro como resultado de las tolerancias de manufactura, ni de cualquier condición anormal en la superficie interior del tubo. Es recomendable que para las aplicaciones comerciales, se reserve un margen de seguridad que cubra éstos efectos y que debe ser agregado a los valores mostrados en las tablas. Donde no sea necesario hacer un análisis cuidadoso de éstos efectos, se recomienda que la reserva mencionada sea de un 15%.

*Cortesía del Instituto de Hidráulica.

3" 3.068" Diám. Interior							
U.S. G.P.M.	Vel. v Ples/s	Carga vel. v²/2g ples	Pérdidas por fricción h_f ples	U.S. G.P.M	Vel. v Ples/s	Carga vel. v²/2g ples	Pérdidas por fricción h_f ples
50	2.17	0.07	0.66	220	9.55	1.42	10.7
60	2.60	0.11	0.92	240	10.4	1.69	12.6
70	3.04	0.14	1.22	260	11.3	1.98	14.7
80	3.47	0.19	1.57	280	12.2	2.29	16.9
90	3.91	0.24	1.96	300	13.0	2.63	19.2
100	4.34	0.29	2.39	350	15.2	3.58	26.1
120	5.21	0.42	3.37	400	17.4	4.68	33.9
140	6.08	0.57	4.51	500	21.7	7.32	52.5

APÉNDICE D

160	6.94	0.75	5.81	550	23.8	8.85	63.2
180	7.81	0.95	7.28	600	26.0	10.5	71.8
200	8.68	1.17	8.90	700	30.4	14.3	101.0
4" 4.026" Diám. Interior				5" 5.047" Diám. Interior			
U.S. G.P.M.	Vel. v Ples/s	Carga vel. v²/2g ples	Pérdidas por fricción h_f ples	U.S. G.P.M	Vel. v Ples/s	Carga vel. v²/2g ples	Pérdidas por fricción h_f ples
90	2.27	0.08	0.52	140	2.25	0.08	0.380
100	2.52	0.10	0.62	160	2.57	0.10	0.487
120	3.02	0.14	0.88	180	2.89	0.13	0.606
140	3.53	0.19	1.17	200	3.21	0.16	0.736
160	4.03	0.25	1.49	220	3.53	0.19	0.879
180	4.54	0.32	1.86	240	3.85	0.23	1.035
200	5.04	0.40	2.27	260	4.17	0.27	1.200
220	5.54	0.48	2.72	280	4.49	0.31	1.38
240	6.05	0.57	3.21	300	4.81	0.36	1.58
260	6.55	0.67	3.74	350	5.61	0.49	2.11
280	7.06	0.77	4.30	400	6.41	0.64	2.72
300	7.56	0.89	4.89	450	7.22	0.81	3.41
350	8.82	1.21	6.55	500	8.02	1.00	4.16
400	11.0	1.58	8.47	550	8.81	1.21	4.94
450	11.4	2.00	10.65	600	9.62	1.44	5.88
500	12.6	2.47	13.0	700	11.20	1.96	7.93
550	13.9	3.00	15.7	800	12.80	2.56	10.22
600	15.1	3.55	18.6	900	14.40	3.24	12.90
700	17.6	4.84	25.0	1000	16.00	4.00	15.80
800	20.2	6.32	32.4	1200	19.20	5.76	22.50
900	22.7	8.00	40.8	1400	22.50	7.83	30.40
1000	25.2	9.87	50.2	1600	25.7	10.2	39.5
				1800	28.80	12.90	49.70

Precaución. No se incluye ninguna tolerancia por el envejecimiento, diferencias en el diámetro como resultado de las tolerancias de manufactura, ni de cualquier condición anormal en la superficie interior del tubo. Es recomendable que para las aplicaciones comerciales, se reserve un margen de seguridad que cubra éstos efectos y que debe ser agregado a los valores mostrados en las tablas. Donde no sea necesario hacer un análisis cuidadoso de éstos efectos, se recomienda que la reserva mencionada sea de un 15%. *Cortesía del Instituto de Hidráulica.

3/8" 0.493" Diám. Interior							
U.S. G.P.M.	Vel. v Ples/s	Carga vel. v²/2g ples	Pérdidas por fricción h_f ples	U.S. G.P.M	Vel. v Ples/s	Carga vel. v²/2g ples	Pérdidas por fricción h_f ples
200	2.22	0.08	0.30	800	8.88	1.23	4.03
220	2.44	0.09	0.357	850	9.43	1.39	4.50
240	2.66	0.11	0.419	900	9.99	1.55	5.05
260	2.89	0.13	0.487	950	10.55	1.73	5.61
280	3.11	0.15	0.56	1000	11.10	1.92	6.17
300	3.33	0.17	0.637	1100	12.20	2.32	7.41
350	3.89	0.24	0.851	1200	13.30	2.76	8.76
400	4.44	0.31	1.09	1300	14.40	3.24	10.2
450	5.00	0.39	1.36	1400	15.50	3.76	11.8
500	5.55	0.48	1.66	1500	16.70	4.31	13.5
600	6.66	0.69	2.34	1600	17.80	4.91	15.4

APÉNDICE D

650	7.21	0.81	2.72	1700	18.90	5.54	17.3
700	7.77	0.94	3.13	1800	20.00	6.21	19.4
750	8.32	1.08	3.59	1900	21.10	6.92	21.6
				2000	22.20	7.67	23.8
8" 7.981" Diám. Interlor				10" 10.020" Diám. Interlor			
U.S. G.P.M.	Vel. v Ples/s	Carga vel. v²/2g ples	Pérdidas por fricción h_f ples	U.S. G.P.M	Vel. v Ples/s	Carga vel. v²/2g ples	Pérdidas por fricción h_f ples
400	2.57	0.10	0.279	600	2.44	0.093	0.190
450	2.89	0.13	0.348	650	2.64	0.108	0.224
500	3.21	0.16	0.424	700	2.85	0.126	0.256
600	3.85	0.23	0.597	750	3.05	0.145	0.291
650	4.16	0.27	0.694	800	3.25	0.164	0.328
700	4.49	0.31	0.797	850	3.46	0.187	0.366
750	4.80	0.36	0.911	900	3.66	0.209	0.410
800	5.13	0.41	1.02	950	3.87	0.233	0.455
850	5.45	0.46	1.13	1000	4.07	0.257	0.500
900	5.77	0.52	1.27	1100	4.48	0.311	0.600
950	6.10	0.58	1.42	1200	4.88	0.370	0.703
1000	6.41	0.64	1.56	1300	5.29	0.435	0.818
1100	7.05	0.77	1.87	1400	5.70	0.505	0.94
1200	7.70	0.92	2.20	1500	6.10	0.579	1.07
1300	8.34	1.08	2.56	1600	6.51	0.659	1.21
1400	8.98	1.25	2.95	1700	6.92	0.743	1.36
1500	9.62	1.44	3.37	1800	7.32	0.835	1.52
1600	10.3	1.64	3.82	1900	7.73	0.930	1.68
1700	10.9	1.85	4.29	2000	8.14	1.030	1.86
1800	11.5	2.07	4.79	2100	8.55	1.135	2.05
1900	12.2	2.31	5.31	2200	8.94	1.240	2.25
2000	12.8	2.56	5.86	2500	10.2	1.62	2.86
2100	13.5	2.83	6.43	3000	12.2	2.31	4.06
2200	14.1	3.08	7.02	3500	14.2	3.14	5.46
2500	16.0	4.00	8.90	4000	16.3	4.12	7.07
3000	19.2	5.75	12.8	4500	18.3	5.20	8.91
3500	22.4	7.84	17.5	5000	20.3	6.42	11.00
4000	25.7	10.2	22.6	6000	24.4	9.29	15.90
12" 11.938" Diám. Interlor							
U.S. G.P.M.	Vel. v Ples/s	Carga vel. v²/2g ples	Pérdidas por fricción h_f ples	U.S. G.P.M	Vel. v Ples/s	Carga vel. v²/2g ples	Pérdidas por fricción h_f ples
800	2.29	0.08	0.140	2000	5.73	0.51	0.776
850	2.44	0.09	0.154	2100	6.01	0.56	0.853
900	2.58	0.10	0.173	2200	6.29	0.61	0.936
950	2.72	0.12	0.191	2500	7.17	0.80	1.187
1000	2.87	0.13	0.210	3000	8.60	1.15	1.68
1100	3.15	0.15	0.251	3500	10.0	1.56	2.25
1200	3.44	0.18	0.296	4000	11.5	2.04	2.92
1300	3.73	0.22	0.344	4500	12.9	2.59	3.65
1400	4.01	0.25	0.395	5000	14.3	3.19	4.47
1500	4.30	0.29	0.450	6000	17.2	4.60	6.39
1600	4.59	0.33	0.509	7000	20.1	6.26	8.63
1700	4.87	0.37	0.572	8000	22.9	8.17	11.20
1800	5.16	0.41	0.636	9000	25.8	10.3	14.10
1900	5.45	0.46	0.704				

Precaución. No se incluye ninguna tolerancia por el envejecimiento, diferencias en el diámetro como resultado de las tolerancias de manufactura, ni de cualquier condición anormal en la superficie interior del tubo. Es recomendable que para las aplicaciones comerciales, se reserve un margen de seguridad que cubra éstos efectos y que debe ser agregado a los valores mostrados en las tablas. Donde no sea necesario hacer un análisis cuidadoso de éstos efectos, se recomienda que la reserva mencionada sea de un 15%.

*Cortesía del Instituto de Hidráulica.

Apéndice E. Tablas de factor K para pérdidas menores.

Tabla 4.6 Coeficiente de resistencia-Dilatación súbita.

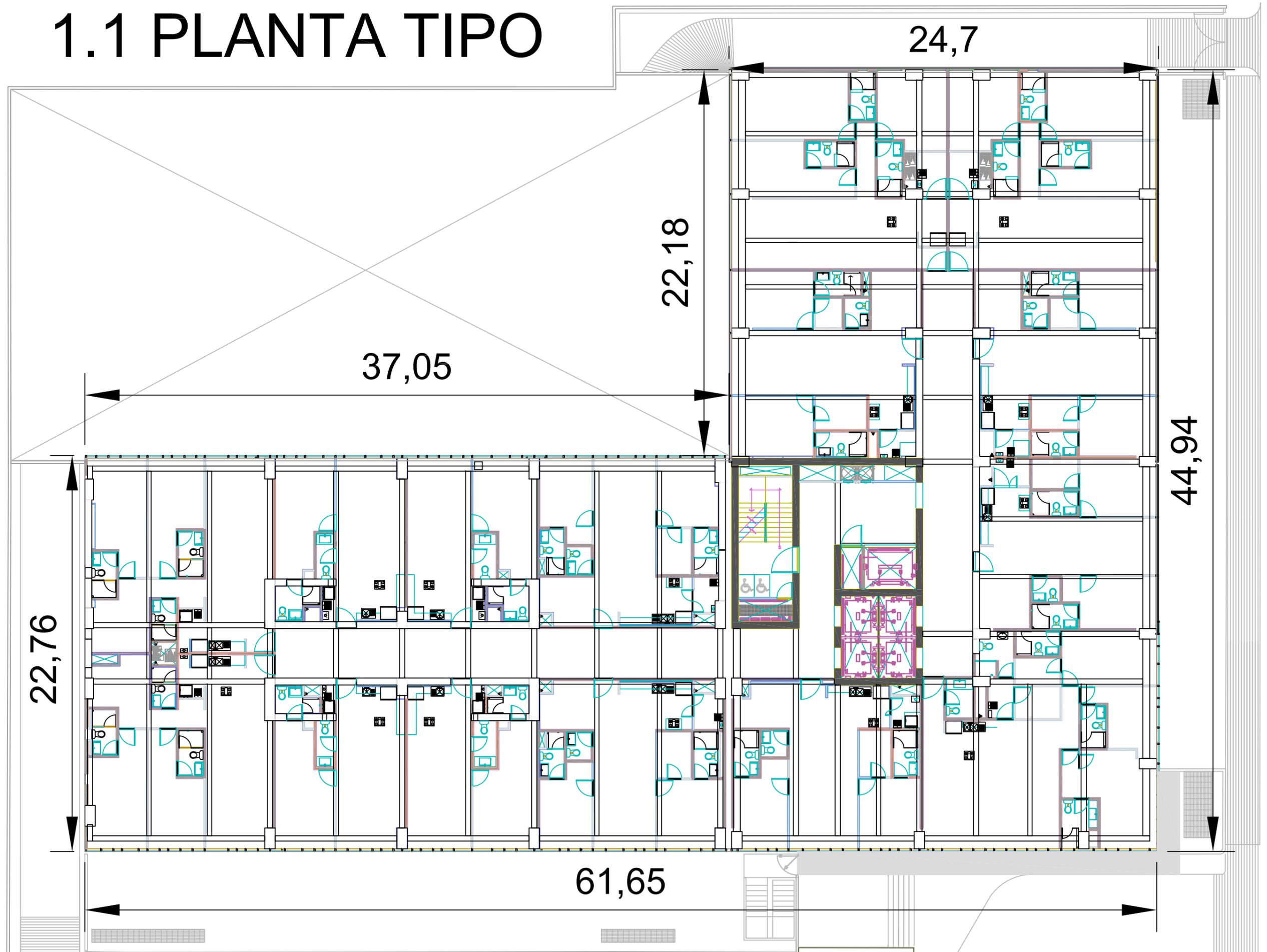
Tipo	Longitud equivalente en diámetros de conducto, L/D
Válvula de globo—completamente abierta	340
Válvula de ángulo—completamente abierta	150
Válvula de compuerta—completamente abierta	8
—3/4 abierta	35
—1/2 abierta	160
—1/4 abierta	900
Válvula de verificación—tipo giratorio	100
Válvula de verificación—tipo de bola	150
Válvula de mariposa—completamente abierta	45
Codo estándar de 90°	30
Codo de radio de largo de 90°	20
Codo de calle de 90°	50
Codo estándar de 45°	16
Codo de calle de 45°	26
Codo de devolución cerrada	50
Te estándar—con flujo a través de un tramo	20
Te estándar—con flujo a través de una rama	60

Tabla 4.7 Coeficiente de resistencia-Dilatación gradual.

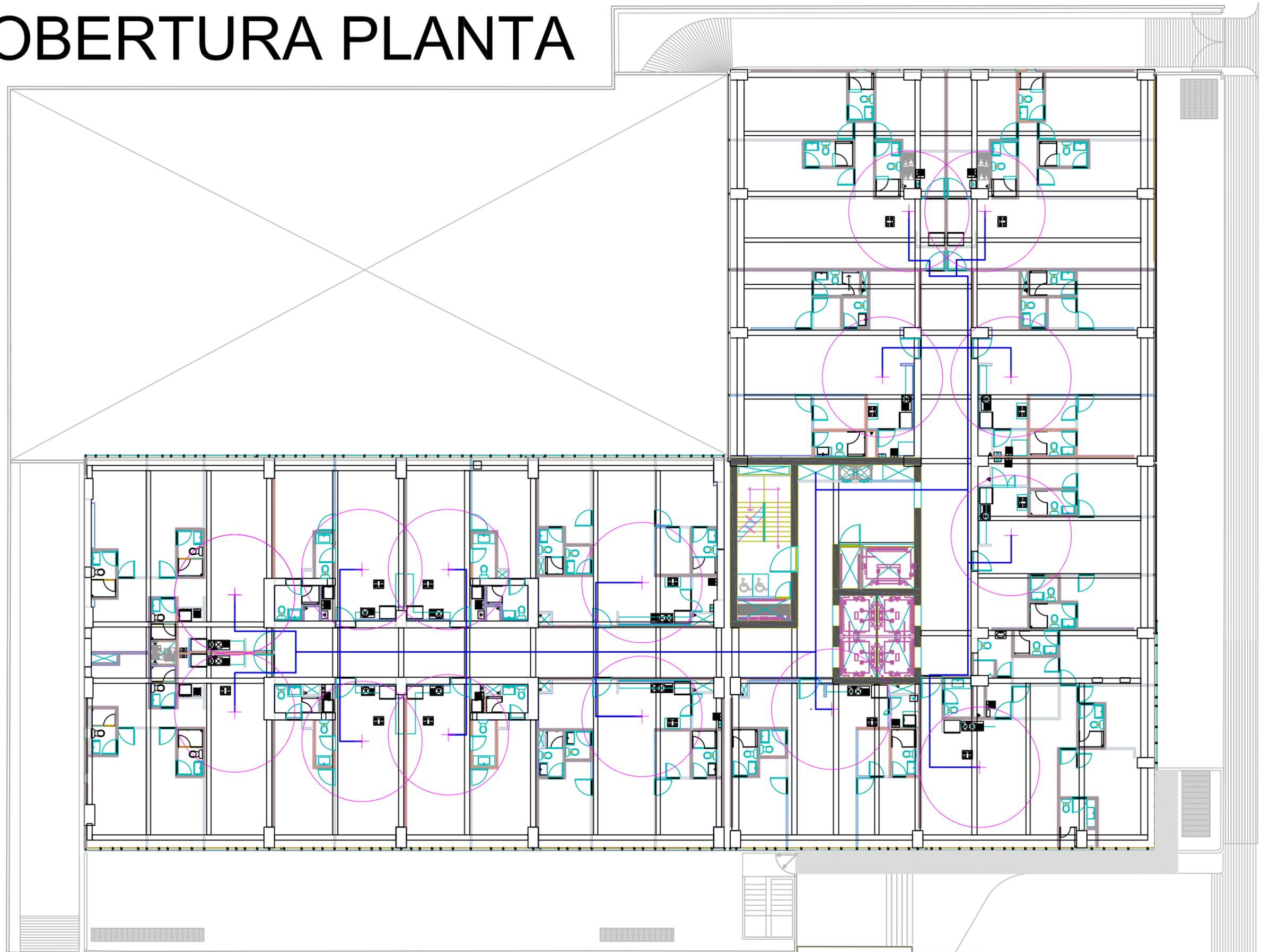
Tamaño de conducto nominal (pulg)	Factor de fricción, f_T	Tamaño de conducto nominal (pulg)	Factor de fricción, f_T
1/2	0.027	4	0.017
3/4	0.025	5	0.016
1	0.023	6	0.015
1 1/4	0.022	8-10	0.014
1 1/2	0.021	12-16	0.013
2	0.019	18-24	0.012
2 1/2, 3	0.018		

II. PLANOS

1.1 PLANTA TIPO



1.2 ROCIADORES Y RADIOS DE COBERTURA PLANTA TIPO



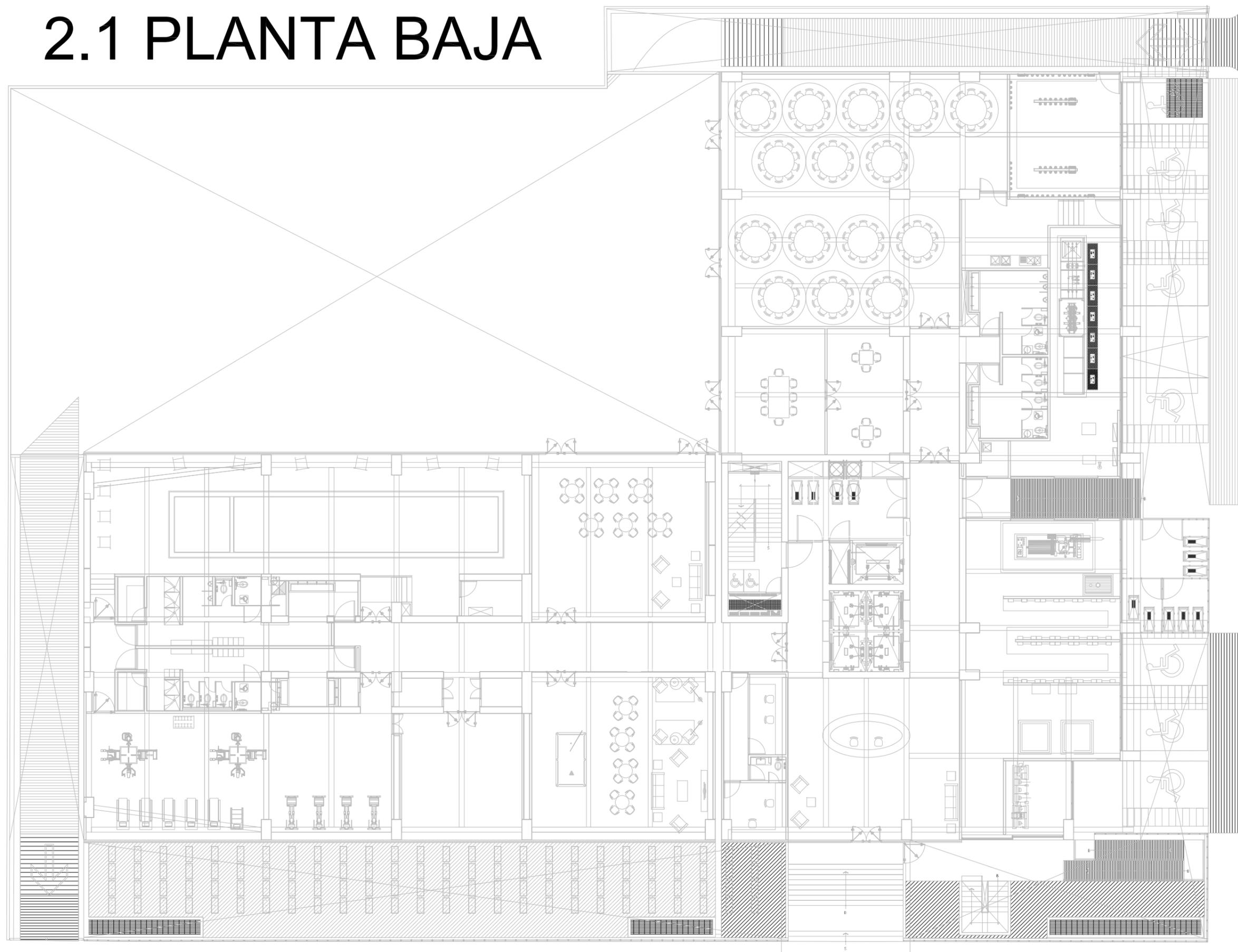
1.3 UBICACIÓN DE HIDRANTES Y RADIOS DE COBERTURA PLANTA TIPO



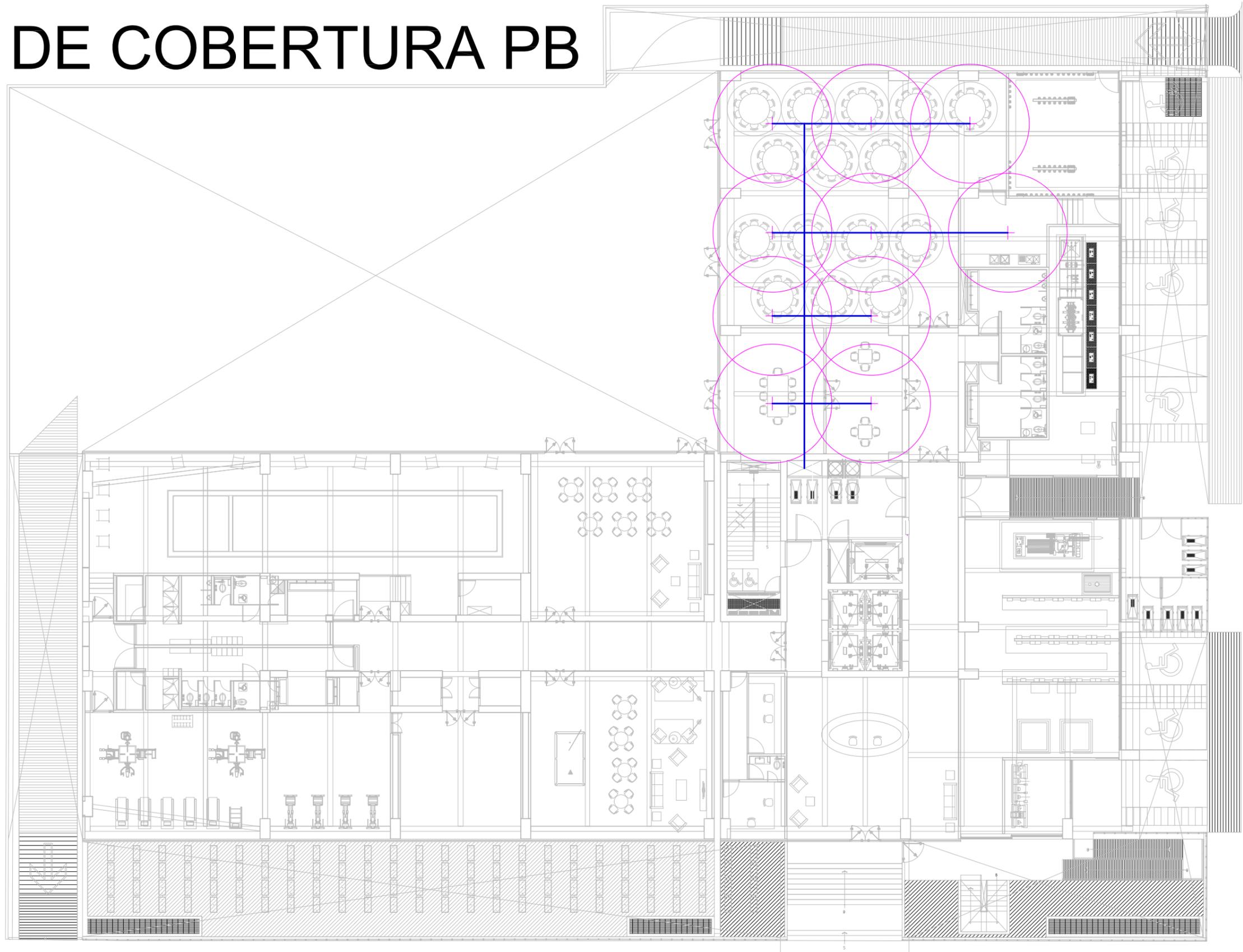
1.4 INSTALACIÓN COMPLETA PLANTA TIPO



2.1 PLANTA BAJA



2.2 ROCIADORES Y RADIOS DE COBERTURA PB



3.1 SÓTANOS

39,33

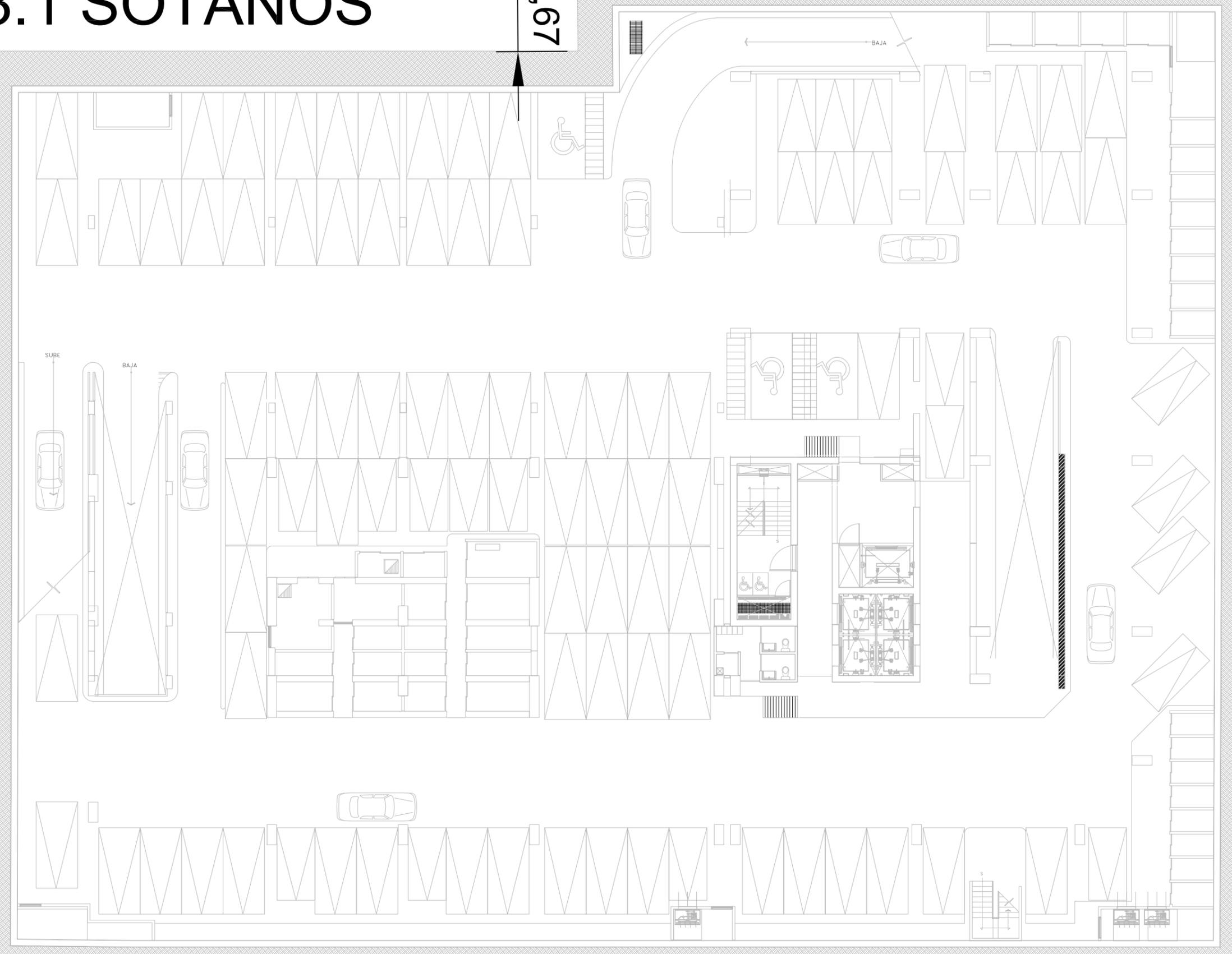
4,67

53,77

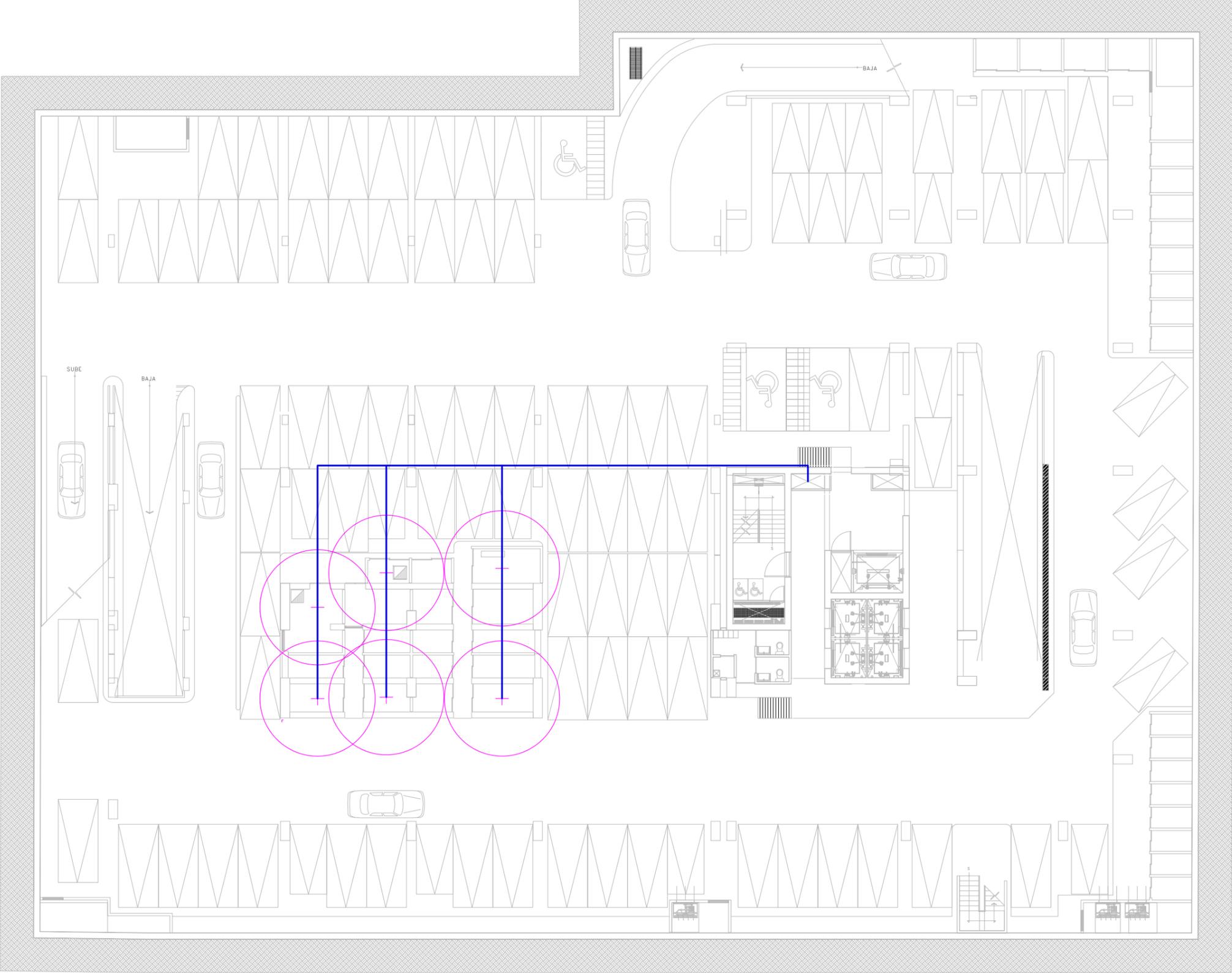
58,55

74,06

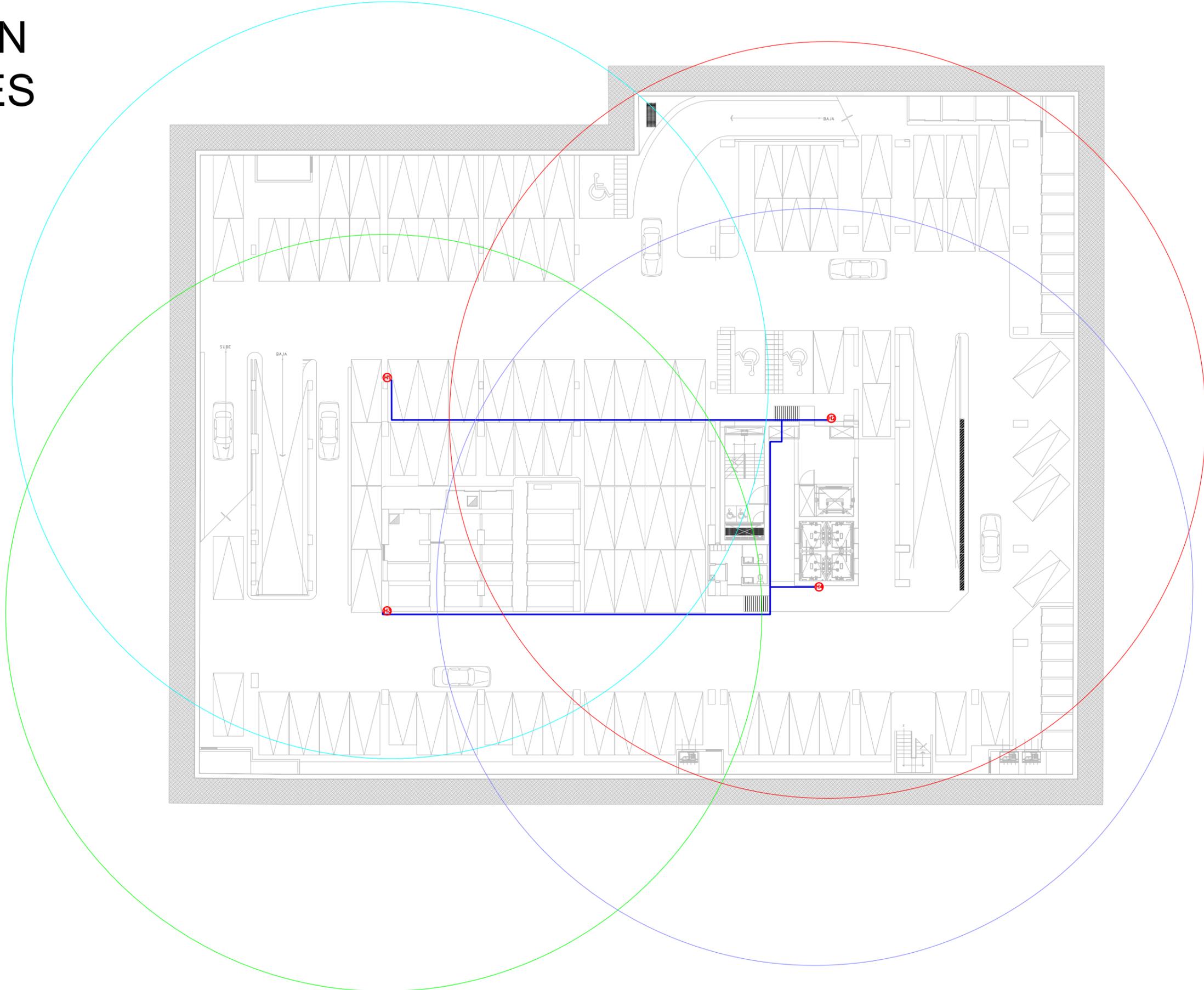
58



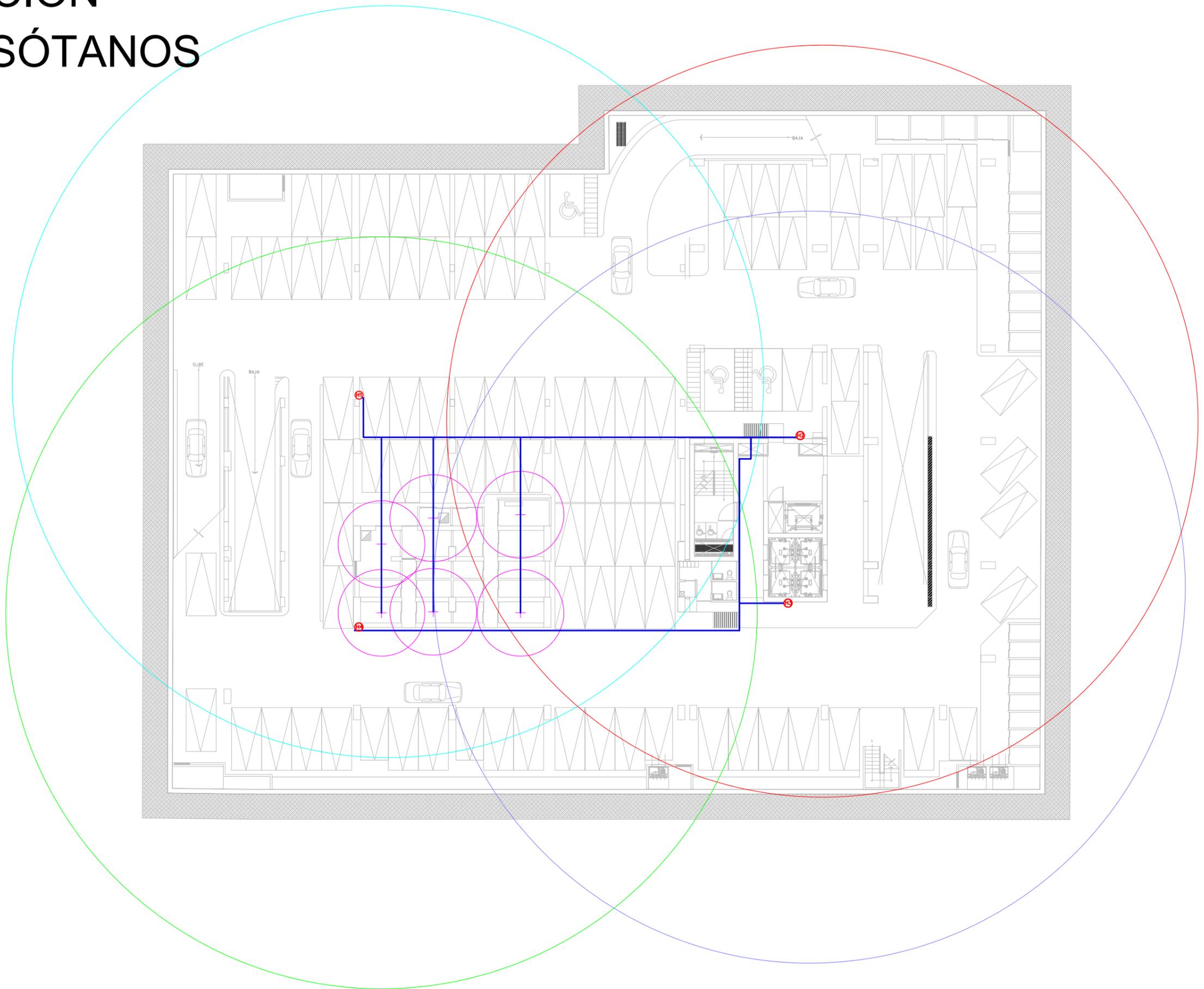
3.2 ROCIADORES Y RADIOS DE COBERTURA SÓTANOS



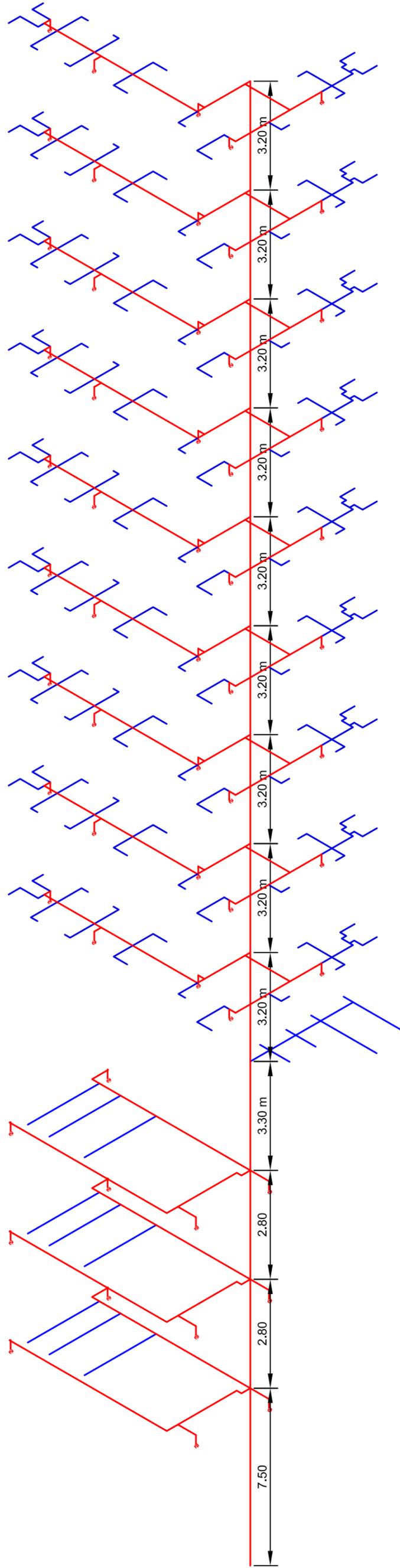
3.3 UBICACIÓN DE HIDRANTES Y RADIOS DE COBERTURA SÓTANOS



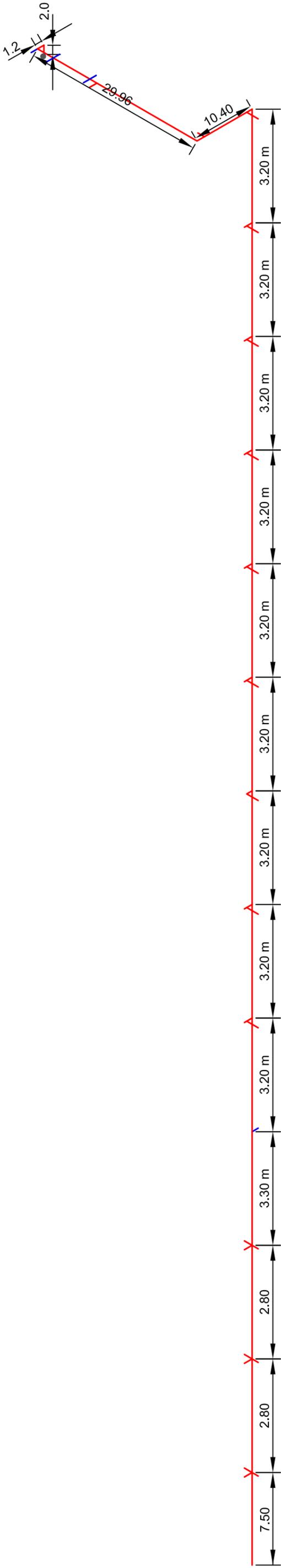
3.4 INSTALACIÓN COMPLETA SÓTANOS



4.1 ISOMÉTRICO GENERAL DEL SISTEMA



4.2 ISOMÉTRICO AL PUNTO CRÍTICO



RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

I. RECOMENDACIONES

Acerca del equipo que se propone para la instalación de protección contra incendio, sugerimos que el mantenimiento en dicha instalación es vital para su correcto funcionamiento, ya que pueden pasar varios años antes de tener que usarse y sin un correcto mantenimiento podría no cumplir con su cometido.

Como ingenieros civiles que somos es importante que siempre debamos tener en cuenta; al momento de diseñar y llevar a cabo una construcción, todas las futuras eventualidades que en un futuro puedan llegar a suceder. Es por eso que desde el momento en que se desarrolla el diseño arquitectónico, debe considerarse cumplir con las medidas de seguridad mínimas incluidas en el reglamento de construcciones y verificar que los espacios para calentadores, estufas o refrigeradores sean los adecuados para evitar accidentes por falta de ventilación y desde el momento en que se proyecta dicho diseño también debe tomarse en cuenta la instalación contra incendio.

Otra forma de proteger pasivamente el inmueble y prevenir riesgos, es la selección de materiales con un grado bajo de inflamación, de esta manera en caso de existir un evento inesperado protegemos a los habitantes, ya que al no existir un material inflamable se le da tiempo a las personas para que puedan desalojar lo más rápido posible sin riesgo de sufrir algún daño.

Es por esto mismo que las instalaciones de emergencia deben tener un diseño adecuado de fácil acceso a ellas y que sean lo más eficiente posibles.

Así es como un ingeniero civil puede colaborar con la prevención de un incendio además de implementar sistemas como el propuesto que cumpla con todas las características requeridas por una ley efectiva como lo son las NFPA.

Por otro lado para tener un sistema de seguridad contra incendios completo, se recomienda apoyarse de tecnología más básica como son extintores portátiles, sistemas de evacuación de humos, de detección y alarma, etcétera.

Finalmente existen varios tipos de sistemas de prevención contra incendios uno de ellos es conocido como pasivo que consiste en dar información a las personas que se pretende proteger, por ello es muy recomendable que no importa que actividad sea la que desarrollemos debemos estar siempre informados, hacer consciencia de la cultura de la prevención de incendios, estar capacitados para cuando sea necesario.

II. CONCLUSIONES

En la actualidad los sistemas contra incendio son de vital importancia, no solamente en las estructuras de gran importancia sino desde áreas verdes comunes hasta grandes industrias.

Los sistemas contra incendio son de suma importancia ya que los incendios son un fenómeno natural que muchas veces nos toman por sorpresa y no contamos con saber en dónde ocurrirá uno ni de que magnitud, pero lo que sí podemos hacer es prevenirlos para poder combatirlos con eficacia sin tener pérdidas humanas ni materiales, con el tiempo esta cultura se ha ido desarrollado cada vez más existen grandes brigadas que saben cómo actuar y manejar el equipo adecuado como lo son el heroico cuerpo de bomberos.

Como estudiante de posgrado en el área de instalaciones para la edificación pude observar que hoy en día las construcciones requieren de más instalaciones especiales, como es el caso de un sistema de seguridad contra incendio y considero que es importante que como ingenieros civiles debemos conocer las necesidades que las nuevas generaciones van teniendo y prepararnos para poder seguir desarrollándonos.

REFERENCIAS

1. TransparenciaDF, 2008
http://www.transparenciamedioambiente.df.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=86%3Afuentes-de-abastecimiento&catid=57%3Aimpactos-en-la-vida-cotidiana&Itemid=415
2. Sistema hidroneumático de abastecimiento de agua potable para el hotel el dorado manzanillo, Navarrete Zuviri Israel; Sanchez Lievano Guillermo, Tesis de nivel superior, ESIME-AZC, 2008.
3. McNaughton, K. J., Bombas; selección, uso y mantenimiento, McGraw-Hill, México, 1989.
4. NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.
5. Protección contra incendio, Carlos Farías de la Garza, Publicaciones "AMERIC", 1982.
6. NFPA 14 Norma para la Instalación de Sistemas de Tubería Vertical y de Mangueras, Edición 2007, NFPA 20 Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias de Protección Contra Incendios, Edición 2007.