



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA E INDUSTRIAL

MODALIDAD DE TITULACIÓN:
“TRABAJO PROFESIONAL”

REPORTE DE ACTIVIDADES EN LA CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE
PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO DEL HOTEL AEROPUERTO – CIUDAD DE
MÉXICO.

NOMBRE DEL ALUMNO: Chávez Martínez Efraín
NÚMERO DE CUENTA: 30200030-4
CARRERA: Ingeniería Mecánica.
NOMBRE DE LA EMPRESA: Infinity Project S.A. de C.V.

ASESOR: Dr. Francisco J. Solorio Ordaz.

AÑO: 2014



Reporte de actividades en la construcción del sistema de protección contra incendio del Hotel aeropuerto- Ciudad de México.



TÍTULO: reporte de actividades en la construcción del sistema de protección contra incendio del hotel Aeropuerto – Ciudad de México.

ÍNDICE:

1. Descripción de la empresa, organigrama, nomenclatura.
2. Descripción del puesto de trabajo. Mi participación dentro del grupo de trabajo en la construcción del sistema de protección contra incendio del hotel Aeropuerto – Ciudad de México y dentro de la empresa Infinity Project S.A. de C.V.
3. Descripción del proyecto. ubicación, objetivo, diseño y componentes del sistema, construcción, memoria de cálculo.
4. Aportaciones de conocimiento de ingeniería en la construcción del sistema de protección contra incendio del hotel aeropuerto- ciudad de México. Observaciones y recomendaciones.
5. Conclusiones.
6. Anexos y planos.

1.- Descripción de la empresa.

Historia de la empresa:

Es una empresa dedicada a la industria de la construcción, fundada en 1984, a partir de esta fecha ha diseñado y dirigido una amplia gama de proyectos de ingeniería de altas especificaciones a nivel nacional.

Cuenta con personal calificado en el área de arquitectura, ingeniería, instalaciones, administración de proyectos y en campo, ofreciendo respuestas y soluciones a las necesidades de los clientes.

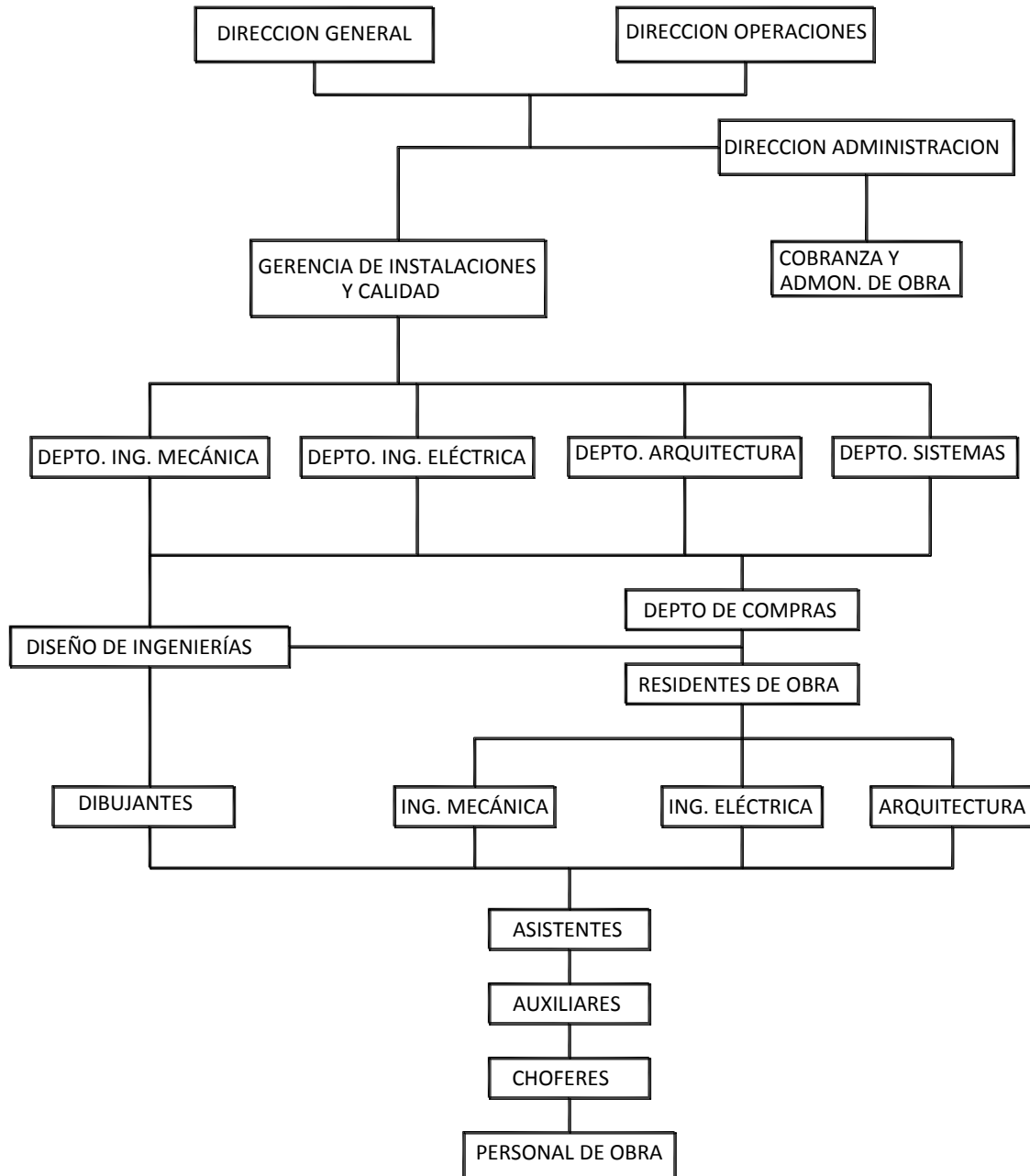
Los excelentes resultados logrados la colocan como una empresa de alto nivel y líder en el desarrollo de proyectos, brindando servicios a todos los sectores en la Industria de la Construcción.

Entre los servicios que presta destacan los siguientes:

- Desarrollo de proyectos arquitectónicos, ingenierías en sistemas eléctricos, hidráulicos, sanitarios e instalaciones especiales y sistemas de protección contra incendio.
- Obra civil, suministro y colocación de estructura metálica y laminación en naves industriales.
- Suministro e instalación de sistemas: eléctricos en alta, media y baja tensión, hidráulico, sanitario e instalaciones especiales.
- Desarrollos inmobiliarios y edificios corporativos, plantas industriales, fábricas.
- Remodelaciones y acabados de interiores para edificios corporativos, hoteles, escuelas, hospitales, plantas industriales, etc.



ORGANIGRAMA ESTRUCTURA DE LA EMPRESA



Nomenclatura:

NPT: Nivel de piso terminado, unidades en metros.

NFPA: National Fire Protection Association.

UL y FM: Equipos, materiales o servicios incluidos en una lista publicada por una organización aceptable para la autoridad competente y relacionada con la evaluación de productos empleados para cubrir las exigencias de las normas de NFPA.

Gpm: Galones por minuto.

Psi: Pounds per square inch, (libra-fuerza por pulgada cuadrada).

HP: Horse power (caballo de fuerza).

TEMP. ACT. (F): Temperatura de activación en grados Fahrenheit (F).

2.-Descripción del puesto de trabajo.

Mi puesto de trabajo es diseñador de instalaciones mecánicas, es decir, realizo las propuestas de las instalaciones de los diferentes servicios que manejamos, tales como hidráulicos, sanitarios, protección contra incendio, vapor, aire comprimido e instalaciones especiales como agua caliente, agua helada, sistemas de riego para jardines, etc.; de esta manera propongo las trayectorias, materiales, diámetros, hasta el acabado final de las líneas de cada una de las especialidades.

En este reporte expondré sobre la problemática y la participación que tuve en la construcción del sistema de protección contra incendio de un hotel cercano a Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) al cual llamare HOTEL AEROPUERTO- CIUDAD DE MÉXICO.

Mi trabajo de oficina comprende el diseño de los ramales de las diferentes partidas antes mencionadas. Para hacer el diseño de estas instalaciones nos basamos en diferentes tipos de normas, las cuales son distintas según la especialidad, el proyecto que se esté manejando y los requisitos del cliente; Para efectuar el diseño del sistema de protección contra incendio del Hotel aeropuerto nos auxiliamos también de catálogos, especificaciones de equipos, y muy marcadamente para este reporte en las normas NFPA, y el reglamento de construcción vigente para la ciudad de México.

De igual manera he estado desempeñando trabajo en obra o campo, en este sector se enfoca desde revisar la seguridad del personal y su adecuado trabajo, hasta hacer el cobro de los trabajos desempeñados, realizar levantamientos fotográficos.

El trabajo en campo es muy demandante tanto físicamente como profesionalmente, ya que en este se requiere de los múltiples conocimientos que se van adquiriendo en la vida profesional, se necesita conocer el tipo de materiales existentes para cada partida, las técnicas de construcción empleadas, aprobadas, y optimas; las normas que rigen las técnicas de construcción, conocimientos administración, logística y otras múltiples habilidades profesionales.

Descripción de la participación del alumno en la empresa.

El propósito de mi puesto laboral en oficina es hacer el diseño de detalle de las diferentes partidas generando los planos de instalación, básicos y de detalle, correspondientes a cada una de las partidas mencionadas.

De igual forma es mi deber hacer la cuantificación de todos y cada uno de los materiales que se emplearan en la obra ya que en base a esto se preparan múltiples cuestiones, como por ejemplo, se dará un precio aproximado del valor de la obra, y hacer un desglose del costo de cada partida; Segundo, se plantea la logística de los materiales tanto de llegada a la obra como también en su compra, el financiamiento para ejecutar la obra, se plantea la logística del personal con el que se contara en cada etapa de la obra, las herramientas que se deban de utilizar, entre otras.

Mi trabajo en campo fueron múltiples actividades, desde hacer el levantamiento físico y fotografico de lo que se construye para plasmarlo en los planos, y así cuando se termine la obra se entreguen los planos "AS BUILT", los cuales consisten en los planos de cómo su nombre lo dice "cómo se ejecutó la obra", y contienen hasta el más mínimo detalle y cambio de trayectoria que se haya tenido debido a cambios en el proyecto ejecutivo ocasionados por varios factores, tales como estructurales, físicos, entre otros.

Coordinar al personal, revisar su trabajo, solicitar permisos de trabajo para el personal, ver que cumplan con el equipo de seguridad necesario que exigen las distintas instalaciones. De manera directa, estuve a cargo de entregar toda la documentación de la obra como son: planos de obra terminada, manuales de instalación y mantenimiento de los equipos, memorias de cálculo del proyecto ejecutivo, memorias descriptivas, pólizas de garantía de los equipos instalados, certificados de calidad de los materiales empleados y equipos instalados, inicie la documentación necesaria para la entrega de la fianza de vicios ocultos, entre otros documentos que se deben de entregar al termino de las obras.

3.-Antecedentes del proyecto, descripción del mismo.

El proyecto que a continuación se describe se ha desarrollado para el recinto denominado Hotel Aeropuerto, ubicado en la ciudad de México, Distrito Federal.

Para este proyecto se desarrolló un diseño a base de rociadores automáticos y gabinetes para manguera en las siguientes áreas construidas las cuales concuerdan con los planos anexos ver tabla 1:

(Tabla 1: Niveles de piso terminado y superficie construida por nivel)

NIVEL	NPT (m)	ÁREA (m²)
SOTANO 2	-5.15	6,036.88
SOTANO 1	-1.65	6,036.88
ACCESO	1.85	4,281.09
MEZZANINE	5.85	4,612.61
NIVEL 1	9.85	2,072.39
NIVEL 2	13.85	2,403.91
NIVEL 3	17.85	2,403.91
NIVEL 4	21.85	2,403.91
AZOTEA	25.85	6,036.88

Contando con una superficie total construida de 36, 288.46 m², perímetro de 332.61 m. y una altura total del edificio de 31.00 m, y 25.85 m sobre nivel de banqueta.

Objetivo del proyecto.

Proteger al hotel Aeropuerto con una red hidráulica que suministrará agua a los rociadores y gabinetes para manguera acoplados a ella, los rociadores están colocados estratégicamente dentro del inmueble, y por medio de un sistema de bombeo dimensionado de tal forma que podrá suministrar cierta cantidad de agua a una presión suficiente para la correcta extinción de un incendio de acuerdo al riesgo considerado para cada una de las áreas antes mencionadas de este edificio. Ver tabla de riesgos, Anexo.

Todas las áreas arriba mencionadas deberán estar protegidas con tuberías y accesorios para la correcta extinción de incendios, los cuales deben de estar listados y aprobados U.L. Y F.M.; y distribuidas de acuerdo a la norma N.F.P.A (National Fire Protection Association) y normas oficiales mexicanas (Normas técnicas complementarias del reglamento de construcciones del Distrito Federal).

Diseño y componentes del sistema.

La red se diseña basándose en el criterio de “tubería húmeda” y método de diseño “por cuarto” para rociadores automáticos, es decir, tuberías llenas de agua mediante una interconexión a un equipo de bombeo. Todo este sistema será alimentado en los gastos hidráulicos y presiones requeridas por un equipo de bombeo de operación automática, ubicado en el Cuarto de Bombas, anexo a la cisterna ubicado en el sótano dos del edificio, el cual está integrado por tres bombas.

Equipo de bombeo.

Se deberá contar con dos bombas principales para abastecer las necesidades de gasto y presión del sistema, una con motor eléctrico y la otra con motor de combustión interna a diesel, las cuales deberán estar conectadas al sistema eléctrico normal y de emergencia del edificio respectivamente, y siempre trabajaran alternadamente. El equipo que se empleó en este proyecto es el siguiente y sus características son:

Una bomba centrífuga horizontal de 750 gpm a 180 PSI acoplada directamente a un motor eléctrico de 125 Hp, con succión bridada 6” y descarga bridada de 4” de diámetro. Controlada por tablero de control.

Una bomba centrífuga horizontal de 750 gpm a 180 PSI acoplada directamente a un motor de combustión interna diesel, con succión bridada 6” y descarga bridada de 4” de diámetro con una potencia de 100 Hp. Acoplada directamente a un tanque de combustible. Controlada por tablero de control.

Además de una electrobomba vertical multi-etapas tipo jockey de 7.5 gpm a 190 PSI, con succión y descarga bridadas de 1”, controlada por tablero de control.

Esta bomba tipo jockey tiene el fin de mantener presurizado el sistema dentro de un rango de presión aceptable, el cual oscila según las ecuaciones siguientes:

$$P_{\text{arranque}} = P_{\text{diseño}} - 0.7 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \quad \text{y} \quad P_{\text{paro}} = P_{\text{diseño}} + 1.4 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

El gasto que maneja esta bomba se encuentra entre el 8% al 10% del gasto de las bombas principales.

Esta bomba tiene la finalidad de evitar que las bombas principales entren en operación debido a una pequeña pérdida de presión en el sistema, ya que frecuentemente las bombas principales son de una potencia considerablemente elevada, y solo cuando el gasto y la presión demandados son superados entran en operación la bomba eléctrica, y en caso de fallar el sistema eléctrico normal se accionara el sistema eléctrico de emergencia y a su vez la bomba de combustión interna a diesel.



(Equipo de bombeo del sistema de protección contra incendio hotel Aeropuerto- Ciudad de México, tomada por el autor)

Cisternas de agua contra incendio.

El sistema dispondrá de un almacenamiento de agua exclusivo para este objeto. El dimensionamiento de la reserva corresponde al almacenamiento necesario para mantener operando el sistema durante 30 minutos cuanto mínimo dos hidrantes con un gasto de 100 GPM. O se dispondrá de 5 [L/m²] de agua por superficie construida, con lo que obtenemos un volumen almacenado de 181.44 m³, según el reglamento de construcciones del D.F.

(Tabla 2: Dotación de agua para protección contra incendio en función de la superficie construida)

NIVEL	ÁREA (m²)	(L/ m²)
SOTANO 2	6,036.88	30,184.39
SOTANO 1	6,036.88	30,184.39
ACCESO	4,281.09	21,405.45
MEZZANINE	4,612.61	23,063.04
NIVEL 1	2,072.39	10,361.97
NIVEL 2	2,403.91	12,019.55
NIVEL 3	2,403.91	12,019.55
NIVEL 4	2,403.91	12,019.55
AZOTEA	6,036.88	30,184.39

Cabezal de succión.

El cabezal de succión sirve o tiene una función de un tanque de regulación que permite tener un flujo permanente y constante en las bombas. Está fabricado en tubería de fierro negro ced. 40 de 8", conectado a una válvula de pie (válvula check) y una placa anti-vortex, también lo constituyen válvulas de compuerta vástago saliente en cada una de las tuberías que van a las cisternas, y posteriormente una derivación a la succión propia de cada una de las bombas, junto con su respectiva reducción y una junta flexible bridada para disipar movimientos diferenciales, e injertos de válvulas solenoides para medición y control de los equipos. Todo en materiales de baja presión de trabajo. Ver isométrico del equipo de bombeo en plano PCI-01.



(Cabezal de succión conectado a cisterna del sistema de protección contra incendio, hotel Aeropuerto- Ciudad de México, tomada por el autor)

Cabezal de descarga.

El cabezal de descarga está fabricado en tubería de acero ranurado marca Dinaflow, Victaulic, y los elementos que lo constituyen son: manguera anti-vibratoria o junta flexible, válvula check, válvula de mariposa, reducciones e injertos para medición y control. Es necesario remarcar la presencia de los siguientes accesorios los cuales caracterizan al sistema como avalado por las normas NFPA, de otra manera este no cumpliría con dichas normas, estos accesorios son los siguientes: se cuenta con un arreglo de by-pass en la descarga de la bomba de combustión interna, el cual está constituido por una válvula de alivio de presión, un cono de inspección y un medidor de flujo, y válvulas de mariposa, dicho arreglo tiene descarga directa hacia las cisternas y con la red general. La presión de diseño de las conexiones y accesorios es de 200 PSI o mayores, según la existencia en el mercado. Ver isométrico del equipo de bombeo en plano PCI-01.



(Cabezal de descarga del sistema de protección contra incendio, hotel Aeropuerto- Ciudad de México, tomada por el autor)

Columnas y risers:

Posteriormente en cada una de las escaleras de servicio se instaló una columna vertical para abastecer al sistemas de rociadores y gabinetes para manguera que componen a cada nivel (ver planos de PCI-04 en adelante), en cada columna se instaló una válvula check Firelock NTX de alarma, la cual tiene una finalidad, como su nombre lo dice, enviar una alarma al sistema de monitoreo del edificio, esta válvula se acciona únicamente cuando se tiene un flujo superior a los 50 GPM.

En cada uno de los niveles se instaló un arreglo de válvula tipo “riser”, la cual está constituido por: una válvula *Firelock serie 747M*, y una válvula de mariposa, ambos marca Victaulic; posteriormente este arreglo alimenta al sistema de rociadores automáticos y gabinetes para manguera.

La válvula serie 747M cuenta con un arreglo de válvulas de prueba y drenaje, indicadores de presión (Manómetro), y un sensor de flujo el cual está conectado al sistema de monitoreo del edificio. El arreglo de prueba y drenaje del sistema de protección contra incendio están fabricado en tubería de CPVC-BLAZEMASTER, en tubería de 1 1/4” para la columna de los ejes B-3, y en tubería de 1 1/2” para la columna de los ejes C-13; las cuales descargan directamente a las cisternas de agua pluvial y red de agua pluvial, respectivamente.

El objetivo del arreglo de válvulas tipo riser se debe a que se tendrá la presencia de una alarma en el sistema de monitoreo del edificio cuando el flujo es inferior a los 50 GPM, y se sabrá perfectamente en qué nivel del edificio estará ocurriendo la demanda hidráulica.

Finalmente cada una de las columnas de alimentación debe de contar con un arreglo de válvula eliminadora de aire, para como su nombre lo dice, eliminar el aire contenido en las líneas, ya que de no presentarse este arreglo, el aire provocaría una restricción en la línea como si tuviera una válvula de seccionamiento parcialmente cerrada, y con esto se pueden acarrear problemas aún mayores, tales como mayor consumo de energía en las bombas, obtener un menor gasto en la línea del calculado, e incluso una obstrucción total del sistema.



(Válvula check Firelock NTX de alarma, imagen del catálogo G-105-SPA de la marca Victaulic)



(Arreglo tipo Riser, sistema de protección contra incendio hotel Aeropuerto- Ciudad de México, tomada por el autor)

Redes generales.

Para propósitos de protección contra incendio, se construyó un sistema integrado por redes de tuberías diseñadas de acuerdo con estándares de ingeniería para protección contra incendio y constituidas propiamente por rociadores automáticos y gabinetes para manguera en sus diferentes tipos y modelos; ambos cumpliendo las normas NFPA que los rigen.

El sistema de rociadores, es una red de tuberías especialmente diseñadas, dimensionadas e instaladas en el edificio, generalmente por el techo o muro en la cual los rociadores son instalados en forma sistemática.

El rociador es un dispositivo termo-sensitivo diseñado para reaccionar a una determinada temperatura, dejando escapar automáticamente un chorro de agua y distribuyéndola en patrones y cantidades específicas sobre las áreas protegidas.



(Rociadores tipo pendent y de pared, de respuesta rápida de 135 F, colocados en habitación tipo, sistema de protección contra incendio hotel Aeropuerto- Ciudad de México, tomadas por el autor)

Las redes de tuberías están distribuidas en sistema de malla o reticulado para niveles de sótanos, ver planos PCI-04 y PCI-05; y en sistema anillado para niveles de planta de acceso hasta el cuarto nivel, ver planos PCI-06 al PCI-11; y en la azotea se cuenta únicamente protegido con un cabezal con derivación ver plano PCI-12.

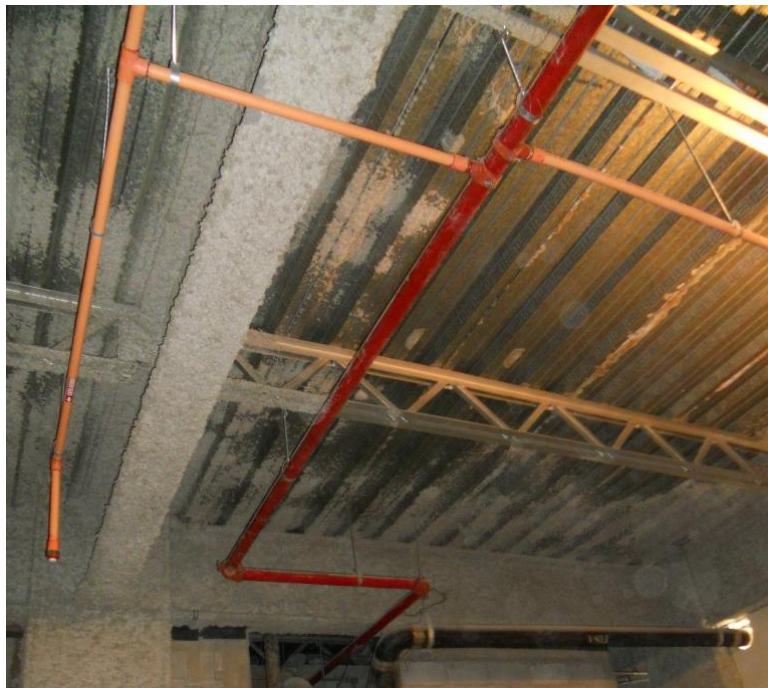
Los cabezales principales de distribución y verticales están fabricados en tubería de acero DYNA-FLOW, y las mallas o los lazos están fabricados en tubería de CPVC- BLAZEMASTER junto con todos sus accesorios y conexiones.

El dimensionamiento de las mallas o lazos se basó en la sección 7.6.4 (norma NFPA-14) *las líneas de derivación deben alimentarse con base a los criterios hidráulicos de límites de presión máximos*

y mínimos, y tasas de flujo. Y con la tabulación de tubería para riesgo ordinario sección 6-5.3.2 (norma NFPA-13) Ver anexo tabulación de tubería para riesgo ordinario.



(Arreglo de tubería en malla en sótano 2, sistema de protección contra incendio hotel Aeropuerto- Ciudad de México, tomada por el autor)



(Arreglo de tubería anillado en planta de acceso, sistema de protección contra incendio hotel Aeropuerto- Ciudad de México, tomada por el autor)

Los gabinetes para manguera se fabrican en lámina negra calibre 20 con puerta de cristal corrido, abisagrada con cerradura y llave. Sus dimensiones deberán ser de 85 X 88 X 21 cm, aunque se podrán instalar especiales con otras dimensiones; Su acabado con dos manos de pintura anticorrosiva cumpliendo con la NFPA-24.

En su interior cuentan con conexiones para mangueras, estarán provistas de chiflones tipo neblina, y deben instalarse los reductores de presión necesarios para evitar que en cualquier toma de salida para manguera de 38 mm se exceda la presión de 7.0 kg/cm², y cuentan con un arreglo de manómetro para censar la presión de salida. También deben de contener extintores de polvo químico seco tipo ABC de 6 Kg de capacidad.



(Gabinete para manguera en niveles tipo, sistema de protección contra incendio hotel Aeropuerto- Ciudad de México, tomada por el autor)

La distribución de los gabinetes para manguera deberán ser en número tal que cubran todas las superficies de área construida del proyecto y cada manguera deberá cubrir un área de 30 m de radio, su separación entre una y otra no será mayor de 60 m. Las mangueras estarán fabricadas en material sintético (neopreno), las cuales para facilitar su uso deberán colocarse plegadas y siempre estarán conectadas a la toma de la red general.

En este proyecto se instalaron un total de 2,671 rociadores automáticos, con temperaturas de activación de 135 y 155 F, y un total de 34 gabinetes para manguera con la siguiente distribución en los niveles:

Reporte de actividades en la construcción del sistema de protección contra incendio del Hotel aeropuerto- Ciudad de México.



(Tabla 3: Distribución de gabinetes para manguera y rociadores automáticos)

NIVEL	GABINETES	TOTAL ROCIADORES	TEM. ACT (F)
SOTANO 2	4.00	550.00	155.00
SOTANO 1	4.00	553.00	155.00
ACCESO	6.00	260.00	155, 135
MEZZANINE	4.00	324.00	155, 135
NIVEL 1	4.00	242.00	135.00
NIVEL 2	4.00	243.00	135.00
NIVEL 3	4.00	243.00	135.00
NIVEL 4	4.00	242.00	135.00
AZOTEA	0.00	9.00	135.00

Métodos de unión de tubería y accesorios:

Los métodos de unión de tubería-accesorios empleados en este proyecto son múltiples, estos van desde unión por soldadura, roscados, bridados, unión por pegamento y ranurados, que es propia de la marca Victaulic.

En general para la selección del método de unión se basa en las normas de construcción del Distrito Federal y NFPA, en la funcionalidad, en la facilidad de instalación, entre otros criterios, como pueden ser la accesibilidad, es decir, no es lo mismo traer una planta para soldar en toda la obra que un equipo para ranurar tubería, en este caso es comparativo en el avance de la instalación, sin embargo, demanda otras herramientas tales como torqui-metros y tiene otros riesgos en la instalación.

Los elementos que fueron *soldados*: todo el cabezal de succión, y todas las uniones tubería-brida. Los elementos roscados, como lo marca la norma NFPA, son todos aquellos de diámetro menor o igual a dos pulgadas.

Los elementos bridados, fueron las válvulas de compuerta vástago saliente, juntas anti-vibratorias, cono de inspección, entre otros; muchos de estos elementos vienen bridados de fábrica debido a que son elementos que trabajan a altas presiones.

Los elementos que están unidos con pegamento WELD-ON CPVC-714, son todas las tuberías de CPVC-BLAZEMASTER y sus accesorios correspondientes.

Los elementos ranurados son las tuberías de alimentación como son verticales, redes generales, accesorios, válvulas en sus diferentes tipos, y piezas especiales de la marca Victaulic.



(Preparación de conector de transición de tubería Dyna flow a Blazemaster, sistema de protección contra incendio hotel Aeropuerto- Ciudad de México, tomada por el autor)

Soporte de las tuberías y accesorios:

Es esencial la presencia de una buena distribución y diseño de soportes en todo el sistema, ya que aunque sea poco evidente, estos tienen una importancia crucial en el funcionamiento y correcto desempeño del sistema, esto para evitar malos funcionamientos en el flujo de las tuberías, o evitar la presencia de conexiones y accesorios no considerados en el sistema, tales como válvulas eliminadoras de aire, entre otros; los soportes también ayudan a eliminar vibraciones, evitar o disipar movimientos diferenciales que podrían llegar a fracturar o romper las líneas.

Para estos fines existen múltiples métodos de soportería, los cuales son: soportería de pie, colgante, vertical, antisísmica de dos y cuatro vías, y la fabricación de estructuras especiales para estos fines.

Para llevar a cabo la selección del tipo de soportería es necesario hacer múltiples consideraciones, ya que un soporte mal seleccionado puede ocasionar corrosiones galvánicas en puntos de contacto de la tubería y un consecuente desgaste acelerado o ruptura de materiales, además de dificultar y aumentar el costo de mantenimiento.

El soporte tipo pie es empleado básicamente en el cabezal de succión o en elementos que estén cercanos al piso, y está construido por una placa de acero y tubería de varios diámetros, tiene como finalidad mantener fijo todo el elemento para evitar que el equipo de bombeo se vea afectado por movimientos o vibraciones en el cabezal de succión.



(Fractura de tubería debido a golpe de ariete en soporte tipo colgante, sistema de protección contra incendio hotel Aeropuerto- Ciudad de México, tomada por el autor)

El soporte tipo colgante, es el más común y abundante de todos los soportes; aunque tiene múltiples variantes, modelos y marcas el fin es el mismo, el cual es colgar a la tubería del techo de cualquier estructura, su distribución varía entre los 1.5 y 3.0 metros, según el diámetro de tubería a soportar, esto basándose en las la norma de construcción del D.F. y en las normas NFPA.

El soporte vertical de igual manera tiene múltiples modelos y marcas, pero su funcionamiento y colocación son las mismas y con los mismos fines, que son evitar el movimiento en las líneas verticales, ya que son de las más importantes del sistema, debido a que en estas líneas se hace toda la distribución a todos los niveles.

Los soportes anti-sísmicos de dos vías, pueden clasificarse por lateral y longitudinal, y se caracterizan por dar un grado de libertad a la línea principal del sistema. Estos se diseñan y distribuye según la norma NFPA, y son particulares de los sistemas de protección contra incendio.

Los soportes anti-sísmicos de cuatro vías no permiten ningún grado de libertad a diferencia de los de dos vías, y solo se emplean para soportar a los gabinetes para manguera o tubería vertical.

En este proyecto se construyeron estructuras especiales para soporte, las más significativas fueron para el cabezal de descarga y la otra fue para los tanques de gas en azotea, aunque también se tiene presencia de otras tantas, una es la base de la bomba Jockey y algunas en las líneas horizontales.



(Estructuras fabricadas en obra para el soporte del cabezal de descarga en sótano 2 y el cabezal de protección para tanques de gas en azotea, sistema de protección contra incendio hotel Aeropuerto- Ciudad de México, tomada por el autor)

Identificación de tubería y accesorios.

Las normas exigen la presencia de un método de identificación de tubería y accesorios con el fin de conocer el tipo de fluido que se transporta en la misma y su destino de uso, de igual manera se debe de dar un acabado final a las tuberías y accesorios para prolongar la vida útil.

Todas las válvulas de control de los sistemas principales y seccionales deben de tener un aviso indicativo de la parte del sistema que es controlado por la válvula. De igual manera, la tubería debe ser identificada de acuerdo a los diferentes índices y estatutos de la norma NOM-026-STPS-2008, los cuales nos indican que la tubería y accesorios deben ser pintados de color rojo Bermellón, ya que se trata del sistema de protección contra incendio y a su vez de un fluido a alta presión.

COLOR DE SEGURIDAD	SIGNIFICADO	INDICACIONES Y PRECISIONES
Rojo	Material, equipo y sistemas de combate de incendios.	Ubicación y localización de los mismos e identificación de tuberías que conducen fluidos para el combate de incendios.

Por otra parte se colocaran bandas de identificación en todas las tuberías, indicando el fluido que transporta y el sentido de flujo del mismo; Las bandas de identificación deben de ser en fondo blanco y con letras rojas, la altura de los textos y longitud de las flechas deben cumplir con la siguiente ecuación para ser dimensionadas:

$$h = d \cdot \left(\frac{\pi}{6} \right)$$

Para tuberías con diámetros hasta 300 mm:

Dónde:

h = altura de las letras del texto y de las flechas, en mm.

D= diámetro exterior de la tubería o cubrimiento, en mm.

Las etiquetas identificadoras deberán tener una separación máxima de 10 metros en franjas hasta de 2 cm y de 15 metros en franjas mayores y colocar cuando menos una en cada cambio de dirección siempre que sea posible.



(Señalización en niveles tipo, sistema de protección contra incendio hotel Aeropuerto- Ciudad de México, tomada por el autor)

Memoria de cálculo:

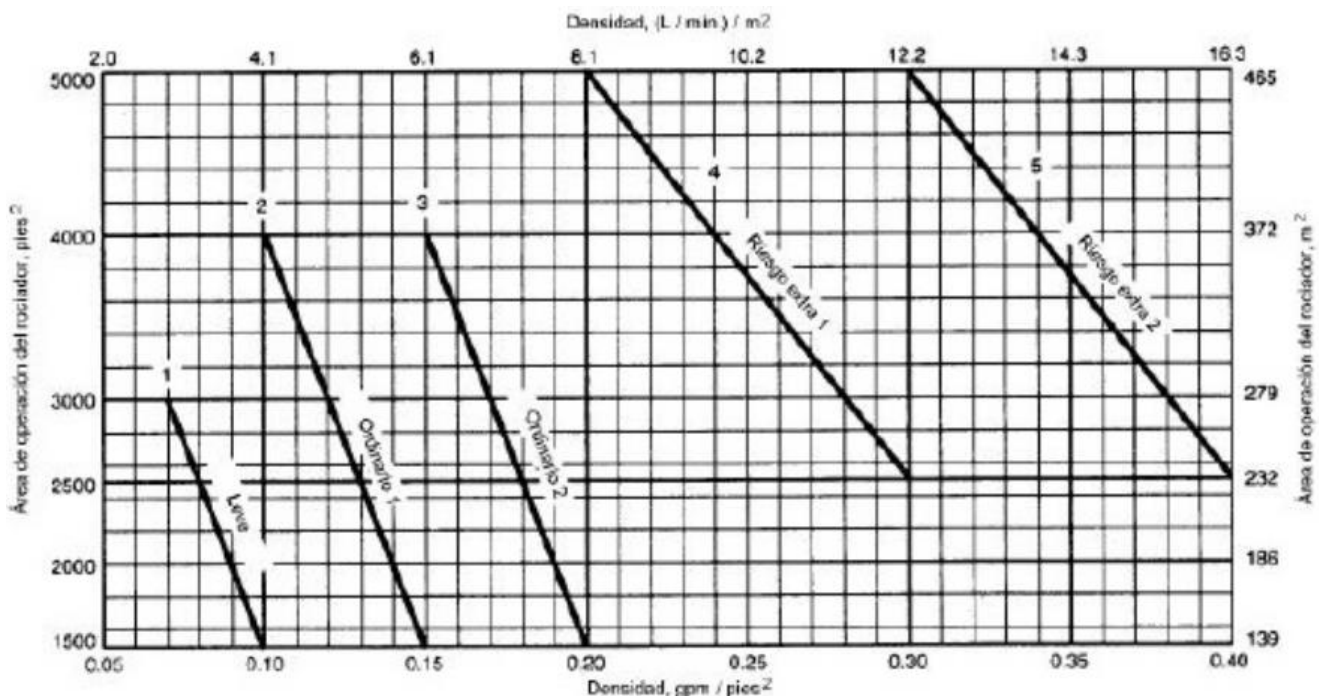
El sistema está diseñado para satisfacer las normas N.F.P.A.-13 edición 1996 para sistemas de rociadores automáticos, y las Normas Técnicas Complementarias del reglamento de Construcciones del D.F vigente.

Se realizó un seccionamiento del hotel en áreas características según su superficie, y el tipo de riesgo con el fin de obtener el área de mayor riesgo en cada uno de los niveles del edificio, y en general para todo el proyecto, de lo cual se obtiene la siguiente tabla.

(Tabla 4: seccionamiento en áreas características e identificación de riesgos)

NIVEL	NPT (m)	Seccionamiento	Superficie (m ²)	Tipo de riesgo
SOTANO 2	-5.15	Estacionamiento	139.35	ordinario
SOTANO 1	-1.65	Comedor	139.35	Leve
		Estacionamiento	139.35	ordinario
ACCESO	1.85	Lavandería	86.74	Leve
		Local comercial 6	86.74	Leve
MEZZANINE	5.85	Cocina	83.61	Leve
NIVEL tipo	Var	Suite	65.96	Leve
		Habitación tipo	31.59	Leve
		Pasillo	32.05	Leve
AZOTEA	25.85	Tanques de gas	59.01	ordinario

El gasto destinado a rociadores se obtiene de la curva área-densidad de la norma NFPA-13, figura 5-2.3 y obtenemos un gasto para riesgo ordinario de 0.15 GPM/ft². Lo que equivale a un gasto de 225 GPM para el área considerada de riesgo ordinario y a su vez de mayor riesgo.



Para determinar el gasto de los gabinetes contra incendio la norma NFPA-14 edición 2010 exige que el sistema sea calculado con cuando menos con dos gabinetes para manguera con un gasto por gabinete de 100 GPM, sin embargo, de acuerdo con el inciso 5-2.3.1.1 norma NFPA-13 edición 1996, tabla 5-2.3 y ya que el riesgo mayor se trata de riesgo ordinario, se tiene un gasto por mangueras de 250 GPM durante 60 a 90 minutos de operación.

Por otra parte y de acuerdo con el inciso 4-2 norma NFPA-13 edición 1996, las limitaciones del área de protección del sistema, indica que *la superficie máxima de cualquier planta protegida por una tubería vertical de alimentación del sistema de rociadores, debe ser de 4,831 m²*; y siendo que en los sótanos 1 y 2 tienen una superficie total construida de 6,036.88 m², por lo tanto esto nos obliga a tener al menos dos columnas de alimentación para el sistema.

De igual manera, la norma NFPA-14 edición 2010, en el inciso 7.10.1.1.3, indica que por cada tubería vertical adicional la tasa de flujo mínima debe ser de cuando menos 250 GPM extras.

Y por lo tanto el gasto del equipo se determina de la siguiente manera:

$$Q_T = Q_R + Q_g + Q_{ce}$$

Dónde:

Q_R : Es el gasto destinado a los rociadores, en GPM. [225]

Q_g : Es el gasto de los gabinetes contra incendio, en GPM. [250]

Q_{ce} : Es el gasto debido a la columna extra en el sistema, en GPM. [250]

Q_T : Es el gasto total del sistema, en GPM. [725]

El inciso 5-2.3.1.3 norma NFPA -13 edición 2010, sección g, indica que *cuando se proporcione un servicio de alarma (válvula check de alarma) por flujo de agua en estación central se permiten los valores de duración más bajos en la tabla 5-2.3*, es decir, el sistema dispondrá de un flujo de 725 GPM durante una hora de duración, por lo tanto, se debe de contar con un volumen neto de reserva en cisternas para el sistema de protección contra incendio de:

$$V_{reserva} = 60 * 725 * 3.785 = 164.65m^3$$

Carga hidráulica del equipo.

El diseño de cada uno de los tramos de la red se calcula por medio de la ecuación de Hazen-Williams para el cálculo de conductos circulares de diámetro pequeño trabajando a presión.

Se considera que las velocidades de flujo están entre las que producen una pérdida de carga del 8 al 10% y la velocidad mínima de 0.70 m/s y máxima es de 2.5 m/s.

$$Q = 35.834 \times 10^{-7} C d^{2.63} S^{0.54} \dots(1)$$

Dónde:

Q: Gasto en litros por segundo (lps)

C: Coeficiente de rugosidad del tubo trabajando a presión, a dimensional. (120 Acero Dyna - flow)

d: Diámetro del tubo en mm.

S: Pendiente del tramo adimensional.

Para el cálculo de las pérdidas por fricción:

$$h_f = S.L. \dots(2)$$

Dónde:

h_f : Pérdidas por fricción en metros.

S: Pendiente del tramo adimensional.

L: Longitud del tramo en metros.

Despejando "S" de (1) y sustituyendo en (2), se tiene que:

$$h_f = \left(\frac{Q}{35.834 \times 10^{-7} C.d^{2.63}} \right)^{1.852} \times L$$

El total de pérdidas por fricción desde el tramo más alejado será el que nos sirva para determinar la capacidad del equipo de bombeo, sumando este valor con la carga útil, la carga de succión y la carga estática; esto debido a que se considera que un incendio es de tipo puntual y sólo se presentara en una zona a la vez.

La relación de pérdidas por fricción en las líneas principales del sistema de protección contra incendio son las siguientes:

(Tabla 5: Cálculo de pérdidas por fricción)

CALCULO DE PERDIDAS POR FRICCIÓN PARA LINEA DE PROTECCION CONTRA INCENDIO											
TMO	Q. (l.p.s.)		DIAM.	VEL.	LONGITUD (m)			Hf (m)			
	PAR	ACUM	mm	m/s	REAL	EQUIV.	TOTAL	TMO	ACUM.	NIV	Hd (m)
N4	45.74	45.74	150	2.59	4.00	4.27	8.27	0.42	10.25	21.85	45.0
N3		45.74	150	2.59	4.00	4.27	8.27	0.42	9.83	17.85	49.4
N2		45.74	150	2.59	4.00	4.27	8.27	0.42	9.40	13.85	53.8
N1		45.74	150	2.59	4.00	4.27	8.27	0.42	8.98	9.85	58.3
MZ		45.74	150	2.59	4.00	4.27	8.27	0.42	8.56	5.85	62.7
PA		45.74	150	2.59	4.00	4.27	8.27	0.42	8.13	1.85	67.1
S1		45.74	150	2.59	3.50	4.27	7.77	0.40	7.71	-1.65	71.0
CM-S2		45.74	150	2.59	101.50	40.84	142.34	7.31	7.31	-5.15	74.9
								He	(m)	27.00	
								Ht	(m)	45.00	
								Hs	(m)	-	
								HMT	(m)	82.25	

Dónde:

NIV: nivel del edificio en metros (m)

Q: gasto en litros por segundo (l.p.s.)

DIAM: diámetro requerido calculado en mm

VEL: velocidad en la tubería en metros por segundo (m/s)

LONGITUD: distancia del tramo calculado en metros (m)

Hf: perdidas por fricción en metros (mca)

HD: carga disponible en el nivel del edificio (mca)

Por lo tanto la Carga Manométrica total se calcula con la siguiente expresión:

$$HMT = h_s + h_e + h_f + h_t$$

Dónde:

HMT = Carga Manométrica total en metros. (82.25 m)

h_s = Carga de Succión en metros. (0.00 m)

h_e = Carga Estática en metros. (27.00 m)

h_f = Pérdida de Carga por Fricción en metros. (10.25 m)

h_t = Carga de Trabajo en metros. (45.00 m)

Las potencias teóricas del equipo de protección contra incendio serán las siguientes:

$$W_T = \frac{QH}{76e}$$

Dónde:

Q = Gasto Máximo Instantáneo en lps (45.74 lps)

H = Carga Manométrica Total en metros (82.25 mca)

e = Eficiencia considerada teórica de la bomba (60%)

Potencia teórica del equipo será de 82.50 HP.

Por lo tanto se propone el siguiente arreglo de bombas para el sistema de protección contra incendio del hotel Aeropuerto Ciudad de México:

Potencia comercial bomba de combustión interna diesel = 85.00 HP

Potencia comercial bomba eléctrica = 85.00 HP

Potencia comercial bomba Jockey = 10.00 HP

4.-Aportaciones de conocimiento de ingeniería en la construcción del sistema de protección contra incendio del hotel aeropuerto- Ciudad de México.

En la construcción del hotel aeropuerto mis aportes en el desarrollo de éste fueron limitadas, esto debido a factores externos, entre ellos es que yo empecé a laborar una vez que la obra estaba en proceso, sin embargo, realicé todo el levantamiento de los sistemas mecánicos para plasmarlos en planos de obra terminada, desarrollé el diseño del sistema de protección para los tanques de gas en azotea, junto con el diseño de su soporte, ya que estos no estaban contemplados dentro de los planos de construcción.

No obstante, propuse un aumento de diámetro en las tuberías de las líneas principales de los niveles tipo y sus ramales, ya que de acuerdo a los cálculos, normas NFPA y reglamento de construcción, están por debajo de lo aceptado en las mismas, sin embargo, ya se había elaborado un contrato y un presupuesto de trabajo, los cuales nos obligaron a construir la obra tal cual los planos de construcción; además que el diseñador del sistema de protección contra incendio a base de rociadores automáticos y gabinetes para manguera debe de estar certificado para emitir este tipo de cálculos y planos. Ver plano de niveles tipo.

Por otro lado, mi participación en este proyecto me dejó un vasto conocimiento para desarrollar el diseño de instalaciones de sistemas mecánicos, lo cual era el objetivo de mi presencia en la empresa para esta obra, ya que hoy en día, es mi responsabilidad hacer el diseño de todos y cada uno de los sistemas, de igual manera es mi deber evaluar todos los proyectos de construcción que tenga la empresa para darle su visto bueno y aprobación técnica, todo esto aplicando las normas y reglamentos vigentes para cada una de las partidas.

Observaciones y recomendaciones.

En la construcción del hotel aeropuerto detecté algunas anomalías en el sistema de protección contra incendio, los cuales de haber sido revisados de una manera muy estricta por una persona que conozca y maneje debidamente las normas NFPA y las normas técnicas complementarias del D.F., no hubiese sido posible la acreditación o aprobación del sistema que se ha conseguido obtener, algunas de las anomalías son las siguientes:

La profundidad de la cisterna es muy reducida, y debido a esto se tiene la presencia de un vórtice en las tuberías de succión, ocasionando así una caída del gasto cuando el equipo llega a su máxima capacidad de flujo, se sugirió la instalación de válvulas de pie para romper este vórtice, al igual que la fabricación de un cárcamo de succión para aumentar la columna de agua en la succión, así mismo, corregir las dimensiones de la placa anti-vortex, ya que estaban fuera de normas.



(Antes y después en el cabezal de succión del sistema de protección contra incendio hotel Aeropuerto- Ciudad de México, tomada por el autor)

Por políticas y estatutos de la franquicia del hotel aeropuerto, se tiene como requisito que las condiciones de operación de las bombas instaladas sean de 750 GPM a 180 PSI, para las bombas eléctrica y de combustión interna, y para la jockey 7.50 GPM a 190 PSI, esto nos obliga a instalar bombas con casi un 40% de sobredimensionamiento, generando así múltiples problemas, desde técnicos hasta económicos.

Unos de los problemas técnicos generados por esta decisión, es que se deben de instalar un arreglo de válvula reguladora de presión general a la salida del equipo de bombeo, cuando solo se necesitaba en los niveles de sótanos, esto para garantizar los niveles máximos y mínimos de presión permitidos por las normas en las salidas de los rociadores y gabinetes para manguera.

De igual manera, se vuelve obligatorio que todas las conexiones y accesorios del cabezal de descarga sean de una presión de trabajo de cuando menos 200 PSI o mayores según existencia en el mercado, lo que repercute directamente en el ámbito económico ya que no estaba contemplado dentro del presupuesto original.

De igual manera se vio la necesidad de fabricar una estructura especial para el soporte del cabezal de descarga, ya que al descargar con una presión muy elevada, toda la estructura y arreglo de bombeo se levantaban, pudiendo provocar daños a los accesorios hasta un accidente mayor.



(Arreglo de By-pass para la válvula reguladora de presión del sistema de protección contra incendio hotel Aeropuerto- Ciudad de México, tomada por el autor)

Algunos de los errores o anomalías presentados son: los cabezales principales en las mallas o anillos, y las líneas derivadas, no cumplen con el diámetro mínimo requerido, según normas NFPA y de reglamento de construcciones del D.F., ya que estos debieron haber sido dimensionados de acuerdo a la tabla 6-5.3.2 (a) norma NFPA-13 edición 1996. Ver planos anexos

De igual manera, las descargas de las líneas de prueba y drenaje no cumplen con los requisitos mínimos según la tabla 4-14.3.4.2 norma NFPA-13 edición 1996. Ver planos anexos.



(Cabezal principal y líneas derivadas en niveles tipo del sistema de protección contra incendio hotel Aeropuerto- Ciudad de México, tomada por el autor)

5.- Conclusiones:

Se concluyeron satisfactoriamente los trabajos de construcción del sistema de protección contra incendio del Hotel Aeropuerto Ciudad de México, y en general todo el proyecto referente a esta obra, en estos momentos el hotel cuenta con alrededor de 270 habitaciones, trabajando con una capacidad diaria del ochenta por ciento de ocupación promedio; El hotel en su totalidad está protegido mediante rociadores automáticos y gabinetes para manguera, conectados a un equipo de bombeo, el cual suministra el gasto hidráulico a la presión establecida bajo las normas NFPA, y en concordancia con el reglamento de construcción del Distrito Federal. El hotel cuenta con una póliza de seguros la cual exige que el inmueble este protegido bajo las exigencias de las normas NFPA, y es uno de los principales motivos de este proyecto.

Mi colaboración en este proyecto, me ha aportado mucho más conocimiento de ingeniería del que yo pude en su momento aportar, sin embargo, como ya lo dije, ahora soy responsable del diseño y la aprobación técnica de todas las propuestas y concursos de construcción de la empresa; Y para esto es necesario tener conocimiento de los diferentes materiales, técnicas de construcción, normas y reglamentos que con este proyecto fui adquiriendo, ya que es muy significativo por sus dimensiones, complejidad y algunos contratiempos que se tuvieron durante la construcción.

Ahora es de mi comprensión no solo el diseño, sino que comprendo los sistema mecánicos de una manera conjunta, es decir, desde los diferentes puntos de vista ya sea económicos, técnicos, funcionales, legales, logísticos, entre otros, y comprendo que la labor de diseñar conlleva múltiples responsabilidades, es necesario prever desde la instalación, operación hasta el mantenimiento de los sistemas; y que ninguno se debe de pasar por alto, ya que una mala decisión en alguno de estos factores podría acarrear problemas tanto operativos y esto a su vez perdidas económicas, sin embargo, es necesario la comprensión de las normas que rigen los sistemas para poder hacer mejoras a las propuestas e incluso poder sustentar y conciliar las propuestas ante los clientes y las autoridades competentes.

De igual manera, es necesario prever la existencia de los materiales a emplear, y tener noción de su uso, comercialización y precio; ya que en ocasiones es necesario importarlos, y esto puede afectar el precio y diseño original propuesto.

Desafortunadamente, algunas de los estatutos de las normas no fueron cumplidos en su totalidad, esto debido a diversos factores tales como los tiempos de entrega de la obra, el desconocimiento de las normas por parte de los equipos de construcción y supervisión, el apego a un presupuesto que no permitió realizar cambios en el diseño original del proyecto y el hecho de que para emitir planos y cálculos para sistemas de protección contra incendio desarrollados en base a normas NFPA se debe de estar acreditado por esta asociación y a su vez este fue uno de los motivos por los cuales no la cumplieron.

6.-Anexos.

Tabla de riesgos

De acuerdo con el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal se considera el riesgo de acuerdo a la siguiente relación:

1.- De riesgo menor son las construcciones de hasta 15 m de altura o hasta 150 ocupantes o hasta 3,000 m² de construcción.

2.- De riesgo mayor son las construcciones de más de 15 m de altura o más de 150 ocupantes o más de 3,000 m² de construcción y, además, escuelas, salones de fiestas, restaurantes de más de 150 m² de construcción, salas de espectáculos, centros comerciales, bodegas, depósitos e industrias de cualquier magnitud, que manejen madera, pinturas, plásticos, algodón y combustibles o explosivos de cualquier tipo.

CONCEPTO	GRADO DE RIESGO NO HABITACIONAL		
	BAJO	MEDIO	ALTO
Altura de la edificación (m)	Hasta 25	No aplica	Mayor a 25
Número total de personas que ocupan el local incluyendo trabajadores y visitantes	Menor de 15	Entre 15 y 250	Mayor a 250
Superficie construida (m ²)	Menor de 300	Entre 300 y 3000	Mayor a 3000
Inventario de gases inflamables (litros)	Menor de 500	Entre 500 y 3000	Mayor a 3000
Inventario de líquidos inflamables (litros)	Menor de 250	Entre 250 y 1000	Mayor a 1000
Inventario de líquidos combustibles (litros)	Menor de 500	Entre 500 y 2000	Mayor a 2000
Inventario de sólidos combustibles (kg)	Menor de 1,000	Entre 1000 y 5000	Mayor a 5000
Inventario de materiales pirofóricos y explosivos	No existen	No existen	Cualquier cantidad

Artículo 95. Las construcciones de riesgo mayor deberán disponer además de lo requerido para las de riesgo menor, las siguientes instalaciones, equipos y medidas preventivas:

DISPOSITIVOS	GRADO DE RIESGO		
	BAJO	MEDIO	ALTO
EXTINTORES	Un extintor en cada nivel, excepto en vivienda unifamiliar	Un extintor por cada 300 m ² en cada nivel o zona de riesgo	Un extintor por cada 200 m ² en cada nivel o zona de riesgo
DETECTORES	Un detector de incendio en cada nivel – del tipo detector de humo – excepto en vivienda	Un detector de humo por cada 80 m ² o fracción o uno por cada vivienda	Un sistema de detección de incendios en la zona de riesgo (un detector de humo por cada 80 m ² o fracción con control central) y detectores de fuego en caso que se manejen gases combustibles. En vivienda plurifamiliar, uno por cada vivienda y no se requiere control central.
ALARMAS	Alarma sonora asociada o integrada al detector. Excepto en vivienda	Sistema de alarma sonora con activación automática. Excepto en vivienda	Dos sistemas independientes de alarma, uno sonoro y uno visual, activación automática y manual (un dispositivo cada 200 m ²) y recepción en control central, Excepto en vivienda
EQUIPOS FIJOS			Red de hidrantes, tomas siamesas y depósito de agua
SEÑALIZACIÓN DE EQUIPOS		El equipo y la red contra incendio se identificarán con color rojo	Señalización áreas peligrosas, el equipo y la red contra incendio se identificarán con color rojo; código de color en todas las redes de instalaciones

La Dirección podrá autorizar otros sistemas de control de incendio, como rociadores automáticos de agua, así como exigir depósitos de agua adicionales para las redes hidráulicas contra incendios en los casos que lo considere necesario, cuando el destino del inmueble sea almacenamiento o manejo de productos altamente combustibles o que en su uso contemple concentraciones de personas, tales como hoteles, iglesias, centros comerciales, etc.

Planos:

Planos sistema de protección contra incendio	
Nombre archivo y clave	Contenido
PCI-01	Sistema contra incendio, cuarto de maquinas, planta sótano 2.
PCI-02	Sistema contra incendio, diagrama de flujo
PCI-03	Sistema contra incendio, cabezal tomas siamesas, planta sótano 2
PCI-04	Sistema contra incendio, sistema de rociadores, planta sótano 2
PCI-05	Sistema contra incendio, sistema de rociadores, planta sótano 1
PCI-06	Sistema contra incendio, sistema de rociadores, planta patio
PCI-07	Sistema contra incendio, sistema de rociadores, planta mezzanine
PCI-08	Sistema contra incendio, sistema de rociadores, planta niveles tipo, primero al cuarto nivel
PCI-09	Sistema contra incendio, sistema de rociadores, nivel azotea
PCI-10	Sistema contra incendio, sistema de rociadores, detalles generales

Bibliografía y fuente de consulta:

- ✓ National Fire Protection Association 13, edición 1996, Instalación de sistemas de rociadores.
- ✓ National Fire Protection Association 14, edición 2010, Norma para la instalación de sistemas de tubería vertical y mangueras.
- ✓ Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias para Sistemas de protección contra incendio a base de rociadores. Año 2004.
- ✓ NOM-002-STPS-2000 Condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.
- ✓ NOM-026-STPS-2008 Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgo por fluidos conducidos en tuberías.
- ✓ NOM-104-STPS-2001 Agentes extinguidores – Polvo químico seco tipo ABC a base de fosfato mono amónico.
- ✓ Normas de Proyecto de Ingeniería del Instituto Mexicano del Seguro Social, Tomo II, Instalaciones Hidráulica, Sanitaria y Gases Medicinales.
- ✓ Catalogo G-105-SPA, de la marca Victaulic, Sistemas de protección contra incendios.
- ✓ Catálogo de Válvulas eliminadoras de aire, Vamex.