

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

*Diseño de un sistema fijo de supresión automática de incendios para A.T.C
Tecnoval conforme a la normativa vigente nacional e internacional.*

**Informe de Trabajo Final de Graduación para optar por el Título de Ingeniería en
Mantenimiento Industrial con el grado académico de Licenciatura.**

REALIZADO POR:

Harold Santiago Campos Jiménez

II SEMESTRE 2025



Carrera evaluada y acreditada por:

Agencia de Acreditación de programas de Ingeniería y de Arquitectura

Datos personales

Nombre completo: Harold Santiago Campos Jiménez

Número de cédula: 117770451

Número de carné: 2019238341

Números de teléfono: 88692077

Correo electrónico: hcampos177@estudiantec.cr

Dirección exacta de domicilio: San José, Zapote, Perímetro 28A, casa 58.

Datos de la Empresa

Nombre: A.T.C. Tecnoval

Actividad Principal: Importación y distribución de válvulas, tubería y conexiones.

Dirección: 200 m sur Rotonda Garantías Sociales. Zapote, San José, Costa Rica.

Contacto: David Villalobos Solís

Teléfono: 25868523

Dedicatoria

Sin duda alguna ha sido un largo camino, pero ha sido llevadero porque Dios ha estado; si he llegado hasta aquí y si algo he logrado, ha sido por Él.

Mentiría al acreditarme completamente un logro tan grande como este. Este logro va dedicado a:

Mis padres: Pedro y Lesbia, pilares fundamentales desde mi concepción. Ejemplos de perseverancia, sacrificio, entrega y confianza en Dios.

Mis hermanos: Pedro, Hellen, Nicolle, fuente de motivación, amor, acompañamiento y apoyo en cada una de las etapas que hemos vivido.

Familia Ramos Vásquez, esto también les pertenece. Más allá de un cargo, han sido una segunda familia. Alejandro y Narcisa, gracias por creer en nosotros cuando nadie más lo hizo. Gracias por ver más allá de lo que nuestros ojos veían. Key y Kerlin, gracias por ser ejemplo, gracias por ser la otra perspectiva que necesité en muchos momentos.

A mis tíos: Erick y Masiel. Gracias por abrirme las puertas de su hogar en momentos donde lo necesité, muchas gracias por su motivación, amor y cuidado.

A mi iglesia, por darme la oportunidad de desarrollarme en aspectos esenciales para la vida.

A mis amigos, tanto los que están como los que ya no, fueron clave en diferentes momentos de este camino. Gracias por ser fuente de motivación.

A mi amigos y compañeros de la universidad, gracias por cada desvelada, risa y acompañamiento. Atesoro cada momento y lo agradezco profundamente.

Agradecimientos

Este proyecto se ha logrado gracias a la confianza dada por ATC Tecnoval. Agradezco a David Villalobos, por abrirme las puertas de la empresa y darme la confianza en realizar este proyecto. Agradezco también a Miguel Benavidez y Angélica Coto, personas humildes, sinceras y empáticas que confiaron y creyeron en mí desde el día uno; este logro también es de ustedes.

Expreso mi agradecimiento a cada uno de los profesionales que confiaron en mi capacidad desde el inicio de este proyecto: Ing. Mónica Carpio, Ing. Juan Pablo Arias Cartín, Ing. Marvin Bermúdez e Ing. Manuel Mata

Agradezco al Ing. Christopher Leal, por su confianza, apoyo y asesoría en el desarrollo de este proyecto.

Agradezco a los profesionales asesores: Ing. Alexander Campos de Fire Systems y al Ing. Jorge Coto de Inmec.

Extiendo mi agradecimiento a la Unidad de Ingeniería del Benemérito Cuerpo de Bomberos. Agradezco al Ing. Ulises Cornejo y al Ing. Miguel Araya, profesionales excepcionales que aportaron información relevante al proyecto.

Este proyecto ha sido desarrollado con la ayuda de cada una de las personas mencionadas anteriormente y la sección de dedicatoria. Por lo que este logro no es sólo mío, hoy lo comparto con todos ustedes.

ÍNDICE GENERAL

Datos personales.....	1
Datos de la Empresa.....	1
ÍNDICE GENERAL.....	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
Introducción.....	13
Reseña de la empresa.....	14
Misión y Visión.....	16
1. Descripción del proyecto.....	17
1.1. Antecedentes.....	17
1.2. Planteamiento del problema.....	24
1.3. Establecimiento de Objetivos.....	26
1.3.1. Objetivo general.....	26
1.3.2. Objetivos específicos.....	26
1.4. Justificación.....	27
1.5. Alcance.....	29
1.6. Viabilidad.....	31
1.7. Administración del riesgo.....	32
1.8. Metodología.....	33
2. Marco Teórico.....	34
2.1. Teoría del Fuego.....	34
2.1.1. Combustible.....	34
2.1.2. Comburente.....	35
2.1.3. Calor.....	35
2.1.4. Reacción en cadena.....	35
2.2. Ignición.....	35
2.3. Tipos de incendios.....	36
2.3.1. Incendios Clase A.....	36
2.3.2. Incendios Clase B.....	36

2.3.3.	Incendios Clase C	36
2.3.4.	Incendios Clase D.....	36
2.3.5.	Incendios Clase K.....	36
2.4.	Carga de fuego.....	37
2.5.	Clasificación de riesgos	37
2.5.1.	Riesgo ligero.....	37
2.5.2.	Riesgo Ordinario (Grupo I)	37
2.5.3.	Riesgo Ordinario (Grupo II).....	38
2.5.4.	Riesgo Extra (Grupo I).....	38
2.5.5.	Riesgo Extra (Grupo II).....	39
2.6.	Estructura para estacionamiento.....	39
2.7.	Estructura para estacionamiento al aire libre o abierto.....	39
2.8.	Clasificación de mercancías	39
2.8.1.	Clase I.....	40
2.8.2.	Clase II.....	40
2.8.3.	Clase III	40
2.8.4.	Clase IV	41
2.8.5.	Almacenamiento de Plásticos.....	41
2.9.	Protección contra incendios.....	43
2.9.1.	Protección pasiva.....	43
2.9.2.	Protección activa.....	43
	Extintor portátil	44
	Hidrante de incendios	44
	Rociadores automáticos (sprinklers)	45
	Factor K.....	46
	Sensibilidad térmica	46
	Áreas de protección por rociador.....	47
	Clasificación de temperatura	47
	Rociador colgante (Pendent Sprinkler)	48
	Rociador vertical (Upright Sprinkler).....	48
	Patrón de descarga	49
	Tiempo de Respuesta.....	50
	Rociadores de almacenamiento	51

2.10.	Sistemas de tubería húmeda	51
2.10.1.	Sistema de rociadores tipo árbol.....	52
2.10.2.	Sistemas de rociadores en bucle	52
2.10.3.	Sistema de rociadores en malla	53
2.11.	Sistema de tubería vertical.....	53
2.12.	Sistema automático de supresión de incendios.....	53
2.13.	Sistema de bombeo	54
2.13.1.	Presión residual	54
2.13.2.	Presión nominal	54
2.13.3.	Caudal nominal.....	54
2.13.4.	Punto hidráulicamente crítico.....	54
2.13.5.	Bomba contra incendios	54
2.13.6.	Bomba centrífuga	54
2.13.7.	Succión positiva.....	55
2.13.8.	Bomba Jockey	55
2.14.	Tanque de almacenamiento	56
2.15.	Soportería antisísmica en sistemas de protección contra incendios	57
2.15.1.	Zonificación sísmica.....	57
2.15.2.	Sitios de cimentación.....	57
	Sitio tipo S ₁	57
	Sitio tipo S ₂	57
	Sitio tipo S ₃	58
	Sitio tipo S ₄	58
2.15.3.	Aceleración pico efectiva de diseño.	58
2.16.	Definiciones NFPA y Benemérito Cuerpo de Bomberos.....	58
2.16.1.	Autoridad competente (Authority Having Jurisdiction o AHJ).....	58
2.16.2.	Listado (Listed).	58
2.16.3.	Clasificación de los incumplimientos.....	59
	Deficiencia.....	59
	Deficiencia crítica.....	59
	Deficiencia no crítica.....	59
3.	Diseño del Sistema	60
3.1.	Clasificación de ocupación.....	60

3.2.	Clasificación de mercancías	62
3.3.	Clasificación del Riesgo	64
3.4.	Limitaciones de área de protección	65
3.5.	Curvas densidad-área.....	65
3.6.	Protección por Clasificación de Riesgo.....	67
	Protección para Riesgo Ligero.	67
	Cantidad de rociadores para el diseño de riesgo ligero	68
	Protección para Bodega 1 y Estacionamiento	68
	Cantidad de rociadores para el diseño Bodega 1 y estacionamiento	69
	Protección para Bodega 2.....	69
	Cantidad de rociadores para el diseño Bodega 2.....	69
	Tabla resumen.....	70
3.7.	Selección de rociadores	70
	Rociadores para riesgo ligero	72
	Rociadores para Bodega 1	73
	Rociadores para Bodega 2	75
	Rociadores para estacionamiento	77
	Tablas resumen de rociadores	78
3.8.	Diseño de red de tuberías.....	79
3.9.	Sistema de alarma.....	80
3.10.	Cálculo hidráulico	81
3.11.	Sistema de Bombeo	89
3.12.	Tanque de almacenamiento	98
3.13.	Soportería y arriostramiento para el sistema de tuberías de los rociadores.....	101
4.	Costo de diseño e instalación.	107
5.	Conclusiones	109
6.	Recomendaciones.....	110
7.	Bibliografía.....	111
	Anexos	114
	Apéndices	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Incendios de grandes proporciones a octubre de 2025. Fuente: Unidad de Ingeniería, Bomberos Costa Rica	19
Tabla 2. Desviación entre Debiera y Realidad.	25
Tabla 3. Metodología por objetivo. Elaboración propia.....	33
Tabla 4. Clasificación de ocupación según NFPA 101 (2021).	61
Tabla 5. Clasificación de riesgo según NFPA 13 (2022)	65
Tabla 6. Área de piso máxima. NFPA 13 (2022)	65
Tabla 7. Áreas de cobertura, separación entre rociadores y ramales por ocupación. Elaboración propia.....	70
Tabla 8. Características técnicas de los rociadores seleccionados.	78
Tabla 9. Características hidráulicas de los rociadores seleccionados.....	78
Tabla 10. Comparación de caudales y presiones por método manual vs <i>software</i>	88
Tabla 11. Presupuesto estimado de inversión. Elaboración propia.	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Bogadali Internacional S.A, 1989.	14
Figura 2. Nacimiento de ATC Tecnoval, 1994.	14
Figura 3. ATC Tecnoval, 2025.....	15
Figura 4. Área quemada por año del 2014 a 2024.....	18
Figura 5. Incendios por Ocupación, 2024 Fuente: Unidad de Ingeniería, Bomberos de Costa Rica.....	18
Figura 6. Incendios por fuente de ignición, 2024.	20
Figura 7. Categorización de incendios 2024.	20
Figura 8. Fallecidos en incendios 2014-2014.....	21
Figura 9. Distribución por tipo de obra.	23
Figura 10. Tetraedro del Fuego. NFPA 921 (2014)	35
Figura 11. Commodity Classification in NFPA 13. O'Connor (2022)	40
Figura 12. Figura 20.4.8. Árbol de decisiones. NFPA 13 (2022).....	42
Figura 13. Estructura con protección pasiva. Gutiérrez & Romero (2021).....	43
Figura 14. Hidrante multivalvular. Manual de Diseño de hidrantes y tanques de reserva (2020)	45
Figura 15. Partes de un rociador. <i>BlazeMaster</i> México. (2022).....	45
Figura 16. Relación entre factor K, caudal y presión. Ybirma (2017)	46
Figura 17. Separación entre rociadores y ramales. <i>BlazeMaster</i> México (2023).....	47
Figura 18. Tabla 7.2.4.1(a). Rangos de temperatura, clasificaciones y código de colores de buldo de vidrio. NFPA 13 (2022).....	48
Figura 19. Rociadores colgantes y montantes. NFPA 13 Handbook (2019).....	49
Figura 20. Patrones de descarga de diferentes tipos de rociadores. O'Connor (2022).....	50
Figura 21. Tipos de rociadores. Ybirma (2017)	50
Figura 22. Configuración de rociadores tipo árbol. <i>BlazeMaster</i> México (2023).....	52
Figura 23. Configuración de rociadores tipo bucle. <i>BlazeMaster</i> México (2023)	52

Figura 24. Configuración de rociadores tipo malla. BlazeMaster México (2023).....	53
Figura 25. Horizontal Split Case Fire Pump. AC Fire Pump (2019)	55
Figura 26. Vertical Multi-Stage Centrifugal Jockey Pump. Ruhrpumpen.	56
Figura 27. Tanque de almacenamiento de agua. Salvavidas de Centroamérica (2023)	56
Figura 28. Figura 20.4.3.3(a) Mercancías, en cajas de cartón o dentro de un contenedor de madera, que contienen una mezcla de plásticos del Grupo A expandidos y no expandidos. NFPA 13 (2022)	63
Figura 29. Tabla 4.3.1.7.1.1. Criterios de descarga para el almacenamiento misceláneo de hasta 12 pies (3.7 m) de altura. NFPA 13 (2022).....	64
Figura 30. Figura 19.2.3.1.1 Curvas de densidad/área para la evaluación o modificación de sistemas existentes. NFPA 13 (2022).....	66
Figura 31. Tabla 19.2.3.1.1. Densidad/área para sistemas nuevos. NFPA 13 (2022).....	67
Figura 32. Tabla 10.2.4.2.1(a) Áreas de protección y espaciamiento máximo de rociadores pulverizadores estándar colgantes y montantes para riesgo leve. NFPA 13 (2022).....	67
Figura 33. Tabla 14.2.8.2.1 Áreas de protección y espaciamiento máximo de rociadores ESFR. NFPA 13 (2022).....	69
Figura 34. Tabla 7.2.2.1 Identificación de las características de descarga de los rociadores. NFPA 13 (2022)	71
Figura 35. Tabla 7.2.4.1(a) Rangos de temperatura, clasificaciones y códigos de colores para bulbos de vidrio. NFPA 13 (2022).	72
Figura 36. Tabla 21.4.1.2.1.1(a) Estanterías de hilera única o doble — Altura de almacenamiento de hasta 15 pies (4.6 m) [gpm/pies ² (mm/min)], inclusive. NFPA 13 (2022)	74
Figura 37. Table 23.3.1 Opciones de rociadores ESFR de cielorraso solamente para almacenamiento en apilamientos compactos, palés, y estantería única y doble y estanterías múltiples. NFPA 13 (2022)	76
Figura 38. Table 28.5.2.2.1 Cédulas de tubería para riesgo leve. NFPA 13 (2022).....	79
Figura 39. Tabla 28.5.3.4 Cédula de tubería para riesgo ordinario. NFPA 13 (2022).....	79
Figura 40. Tabla 28.2.3.1.1. Tabla de longitudes equivalentes de tuberías de acero. NFPA 13 (2022)	82
Figura 41. Tabla 28.2.4.8.1 Valores C de Hazen–Williams. NFPA 13 (2022).....	83
Figura 42. Hoja de trabajo detallada. NFPA 13 (2022).....	84
Figura 43. Hoja de trabajo detallada cálculo manual. Elaboración propia.....	86
Figura 44. Table 19.2.3.1.2 Requisitos de asignación para chorros de mangueras y duración del suministro de agua para sistemas calculados hidráulicamente. NFPA 13 (2022)	86
Figura 45. Resumen cálculos Élite Fire.....	87
Figura 46. Gráfico de demanda hidráulica. Élite Fire.	89
Figura 47. Tabla 4.10.2 Caudales de bombas contra incendios centrífugas. NFPA 20 (2022)	90
Figura 48. Rango operativo de selección de la bomba centrífuga. Ybirma (2024).....	91
Figura 49. Curvas de desempeño de difrentes Impeller para la bomba AC Fire Pump 8x6x12F-M 1500 gpm @ 130 psi. AC Fire Pump.	94
Figura 50. Curva de desempeño bomba seleccionada. AC Fire Pump.	95
Figura 51. Curva de bomba selecciona y demanda del sistema de rociadores. Élite Fire. ...	96

Figura 52. Figura A.6.3.1(a) Instalación de bomba contra incendios de carcasa partida horizontal con suministro de agua bajo presión positiva. NFPA 20 (2022).....	97
Figura 53. Detalle de conexiones típicas cuarto de bombas. NFPA 20 (2022).....	98
Figura 54. Figura A.4.16.10 Conjunto de montaje de placa anti-vórtice. NFPA 22 (2022)	99
Figura 55. Zonificación Sísmica. Código Sísmico de Costa Rica (2010)	102
Figura 56. Tabla de Cp de acuerdo con tipo de sitio y zona. Romero (2019).....	103
Figura 57. Tabla 17.4.2.1(b) Distancia máxima entre soportes colgantes (m).....	103
Figura 58. Detalle soporte antisísmico longitudinal.	104
Figura 59. A.18.6.1(5)(b) Soportes colgantes, con varilla roscada extendida hasta la tubería, utilizados en combinación para restringir líneas ramales. NFPA 13 (2022).....	105
Figura 60. A.17.4.3.2.2. Distancia entre soportes colgantes.	105
Figura 61. Soporte antisísmico cuatro vías.....	106

RESUMEN

El presente proyecto aborda la imperiosa necesidad de garantizar la seguridad, funcionalidad y cumplimiento normativo en edificaciones industriales, comerciales y residenciales, donde la protección de vidas humanas y bienes materiales es primordial. Se enfoca en el diseño de un sistema de supresión contra incendios para A.T.C. Tecnoval, aplica los conocimientos académicos y cumple con el Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica (RNPCI) y normativas internacionales de la NFPA, específicamente NFPA 13, NFPA 20 y NFPA 22. Este trabajo no solo busca mitigar riesgos y asegurar la continuidad operativa, sino que también contribuye al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 11, promoviendo asentamientos humanos seguros y resilientes, y al ODS 9, mediante infraestructura industrial robusta.

La metodología de diseño de sistemas de supresión contra incendios se guía rigurosamente por estándares internacionales, destaca la Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego (NFPA por sus siglas en inglés) y reglamentos nacionales específicos, como el Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios del Benemérito Cuerpo de Bomberos. Esta aproximación garantiza que los sistemas diseñados sean robustos, efectivos y adaptados a las necesidades particulares de cada edificación, siempre priorizando la protección.

El proyecto propuesto contempla la elaboración de planos constructivos, memoria de cálculo y documentación técnica, los cuales permiten validar el cumplimiento de los requerimientos establecidos por las autoridades competentes y facilitan la ejecución correcta del sistema. Para ello, se emplean herramientas de diseño y *software* especializado que aseguran la precisión de los resultados y la coherencia entre el diseño teórico y la implementación práctica.

Palabras clave: Protección contra incendios, diseño hidráulico, NFPA, seguridad industrial, prevención de riesgos.

ABSTRACT

This project addresses the growing need to ensure safety, functionality, and regulatory compliance in industrial, commercial, and residential buildings, where the protection of human lives and material assets is paramount. It focuses on designing a fire suppression system for A.T.C. Tecnoval, applying academic knowledge and adhering to Costa Rica's National Fire Protection Regulation (RNPCI) and international NFPA standards, specifically NFPA 13, NFPA 20, and NFPA 22. This work not only seeks to mitigate risks and ensure operational continuity but also contributes to Sustainable Development Goal (SDG) number 11, promoting safe and resilient human settlements, and SDG 9, through robust industrial infrastructure.

The design methodology for fire suppression systems is rigorously guided by international standards, notably the National Fire Protection Association (NFPA) and specific national regulations, such as the National Fire Protection Regulation of the Benemérito Cuerpo de Bomberos. This approach ensures that the designed systems are robust, effective, and tailored to the needs of each building, always prioritizing protection.

The project includes the preparation of construction drawings, calculation reports, and technical documentation, which serve to validate compliance with the requirements established by the competent authorities and facilitate the correct implementation of the system. To achieve this, design tools and specialized software are used to ensure the accuracy of the results and the consistency between the theoretical design and practical execution.

Keywords: Fire protection, hydraulic design, NFPA, industrial safety, risk prevention.

Introducción

En la actualidad, las actividades industriales, comerciales y residenciales se encuentran en constante crecimiento y diversificación, impulsadas por el desarrollo económico, el avance tecnológico y el aumento de la demanda de servicios e infraestructura. Este crecimiento conlleva una mayor responsabilidad para los propietarios, administradores y encargados de las edificaciones, quienes deben garantizar que los espacios donde se trabaja, produce o habita sean seguros, funcionales y cumplan con las normativas vigentes. La implementación de medidas adecuadas de seguridad, mantenimiento y prevención de riesgos se vuelve fundamental para proteger la vida humana, los bienes materiales y la continuidad operativa de las actividades que allí se desarrollan.

Un sistema contra incendios no solo garantiza la continuidad operativa, la disminución de riesgos y el cumplimiento de normativas de seguridad, sino que el fin es mucho más valioso, proteger vidas humanas. En cualquier tipo de edificación es de vital importancia prever acontecimientos que puedan poner en riesgo a los ocupantes del sitio.

En el siguiente proyecto, se busca aplicar los conocimientos adquiridos en la academia al realizar el diseño de un sistema de supresión contra incendios que se adecúe a las necesidades, condiciones operativas y que cumpla con los requerimientos necesarios estipulados en el Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios del Benemérito Cuerpo de Bomberos (RNPCI), así como la normativa de la Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego (NFPA por sus siglas en inglés).

Con la elaboración de este proyecto de graduación se pretende cumplir el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 11 que busca lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. El proyecto de diseño de un sistema fijo contra incendios contribuye al ODS 9 al promover infraestructura resiliente y segura, lo cual es fundamental para garantizar la continuidad operativa de espacios productivos y comerciales.

Reseña de la empresa

A.T.C. Tecnoval, S.A. inició sus operaciones en 1986 bajo el nombre de Bogadali Internacional S.A., gracias a la visión de Roger Villalobos y Luis Venegas. Con un enfoque en el control de fluidos industriales, la empresa creció rápidamente, cambió de local varias veces para atender la demanda y firmó representaciones clave de marcas internacionales.



Figura 1. Bogadali Internacional S.A, 1989.

En 1994, la compañía se reestructura y adopta su nombre actual, construye un edificio propio en una ubicación estratégica en San José, lo que marcó un hito importante en su consolidación.



Figura 2. Nacimiento de ATC Tecnoval, 1994.

Durante las décadas siguientes, Tecnoval continuó expandiéndose en infraestructura y alianzas comerciales. Entre los años 2000 y 2012, duplicó su capacidad física y fortaleció su inventario, firmó convenios con reconocidas empresas internacionales y diversificó su oferta con productos para aislamiento térmico, sistemas contra incendios y soluciones para agua potable, vapor y gas. Este crecimiento también se reflejó en el aumento del personal y en la creación de nuevas líneas de negocio.

En años recientes, la empresa ha apostado por la innovación tecnológica y la expansión regional. Entre 2020 y 2024, a pesar de los desafíos de la pandemia, Tecnoval construyó una nueva bodega, inició proyectos con compañías líderes como Bermad y Victaulic, y amplió sus operaciones hacia Panamá y Nicaragua. Actualmente, la compañía se enfoca en mejorar su capacidad logística y continuar ofreciendo soluciones modernas al sector industrial costarricense y centroamericano.



Figura 3. ATC Tecnoval, 2025.

Misión y Visión

Misión: Ofrecer un servicio de calidad a nuestros clientes en todos los sectores para soluciones de suministro innovadoras para mejorar las operaciones de cada uno de sus proyectos.

Visión: Ser el líder de productos, servicios y soluciones de PVF (Product Value-Added Features) para los principales mercados de producción, construcción y mantenimiento.

1. Descripción del proyecto

1.1. Antecedentes.

En Costa Rica existen muchas causas que propician un incendio, entre las más significativas se encuentran los problemas eléctricos, llamas abiertas, brasas o chispas y recalentamiento de gases o aceites, las cuales pueden iniciar un incendio en cualquier momento y sin importar el lugar. (Salas & Soto, 2024)

El 12 de julio del año 2005 ocurrió el incendio de mayor magnitud que haya ocurrido en Costa Rica en un centro hospitalario: el Hospital "Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia". Éste causó la muerte de 21 personas, la evacuación de más de 500 pacientes, daños económicos estimados en más de \$20 millones, y un trastorno importantísimo en el sistema de salud del país, al dejar incapacitado a uno de los tres hospitales centrales de la Caja Costarricense del Seguro Social. (Acevedo et al., 2006)

Otro evento importante en tiempos recientes y que evidencia la importancia de la prevención y el correcto acatamiento de la normativa sucedió el 23 de febrero del 2022 en El Coyol, Alajuela. Un incendio de grandes proporciones afectó a la empresa Empaques Santa Ana, provocó una afectación de 20 mil metros cuadrados. Sin embargo, 2 años antes la misma empresa había sufrido otro incendio colosal. Como consecuencia, Empaques Santa Ana se destruyó por completo a su vez que sufrió grandes pérdidas económicas. Estos hechos demuestran la importancia de la prevención de incendios y de la preparación para emergencias.

La Infraestructura de Datos Espaciales de Bomberos (IDEB) es una plataforma de sistema de información geográfica (SIG) desarrollada por el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica que permite visualizar, consultar y analizar datos espaciales. Tanto el IDEB como las Estadísticas de Incendios estructurales de la Unidad de Ingeniería del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica reportan que para el 2024 se atendieron 986 incendios en

estructuras. Según las estadísticas de la Unidad de Ingeniería, en este año disminuyó el área quemada, lo cual da como resultado un total 52 000 metros cuadrados quemados.

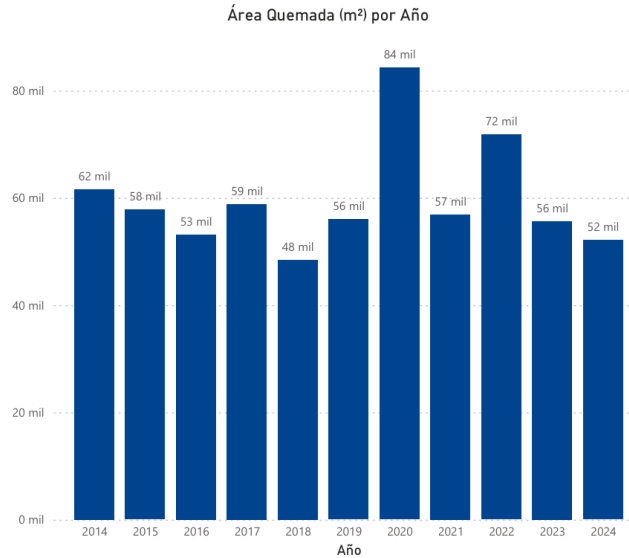


Figura 4. Área quemada por año del 2014 a 2024.

Fuente: Unidad de Ingeniería, Bomberos Costa Rica.

Tomando en cuenta el tipo de ocupación en la que se dieron los incendios, se muestra la cantidad porcentual de incendios por clasificación de ocupación:

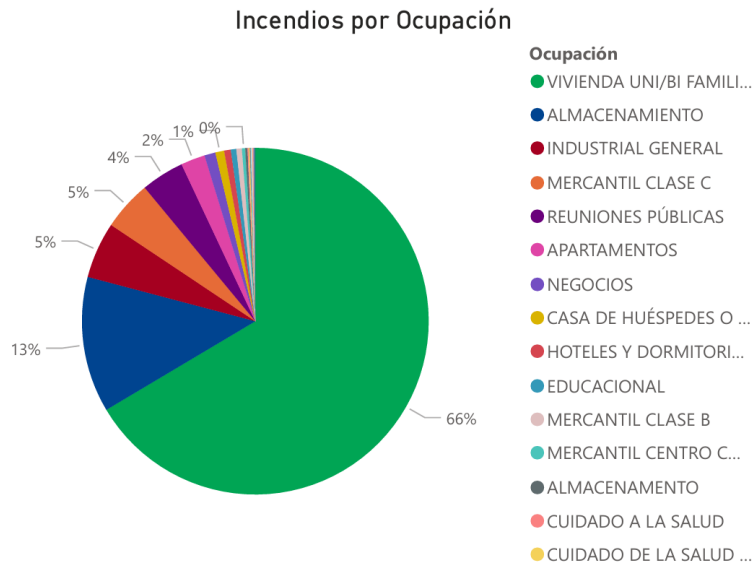


Figura 5. Incendios por Ocupación, 2024

Fuente: Unidad de Ingeniería, Bomberos de Costa Rica

Para el 1 de octubre del 2025, IDEB reporta 752 incendios en estructuras, y de acuerdo con las estadísticas del Benemérito Cuerpo de Bomberos únicamente en los primeros 3 meses del año 2025, el Cuerpo de Bomberos reporta que se han desarrollado 4 incendios de grandes proporciones, entiéndase áreas quemadas mayores a 1000 m². En años pasados, la tendencia es de 2 y, excepcionalmente, 3 incendios de grandes proporciones. En la siguiente tabla se muestra la información de los 5 incendios de grandes proporciones mencionados anteriormente.

<i>Fecha</i>	<i>Área quemada (m²)</i>	<i>Ocupación</i>	<i>Ubicación</i>
<i>20 de enero</i>	5959	Almacenamiento	San José, San Pedro
<i>17 de septiembre</i>	3000	Industrial general	Guápiles, Limón
<i>12 de marzo</i>	2045	Almacenamiento	San José, Tibás
<i>17 de marzo</i>	1500	Almacenamiento	Heredia, Ulloa
<i>6 de febrero</i>	1500	Industrial general	San José, Guadalupe

Tabla 1. Incendios de grandes proporciones a octubre de 2025.

Fuente: Unidad de Ingeniería, Bomberos Costa Rica

El Programa de Investigación de Incendios de la Unidad de Ingeniería de Bomberos de Costa Rica reporta que en los últimos 4 años la cantidad de incendios son lideradas por las ocupaciones: Mercantil, Industrial y Almacenamiento; todas ellas por detrás de la ocupación Residencial, que en estos últimos años sigue liderando la principal ocupación afectada por incendios.

En estos mismos años, la principal fuente de ignición ha sido el calentamiento de cable o conductores eléctricos; la siguiente figura muestra los incendios por fuente de ignición en los incendios investigados en el 2024.

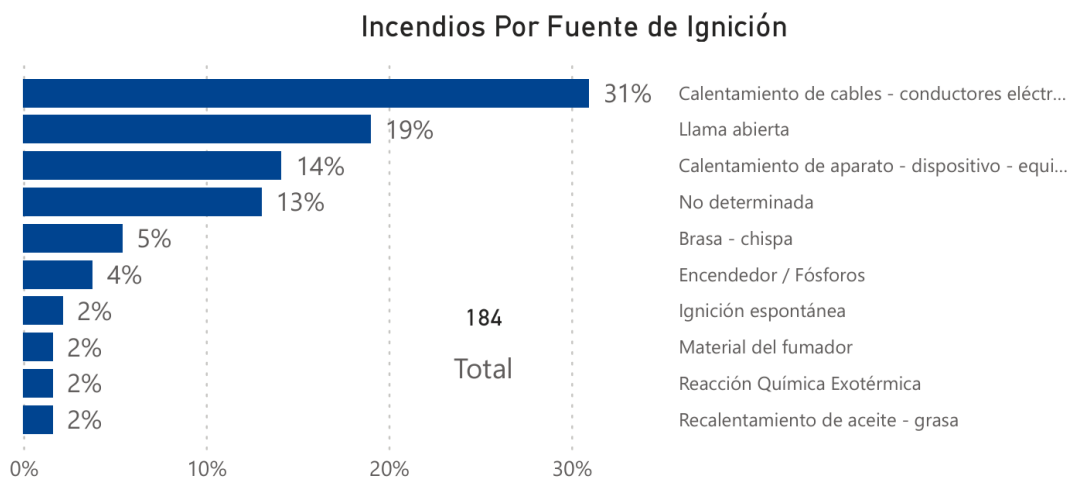
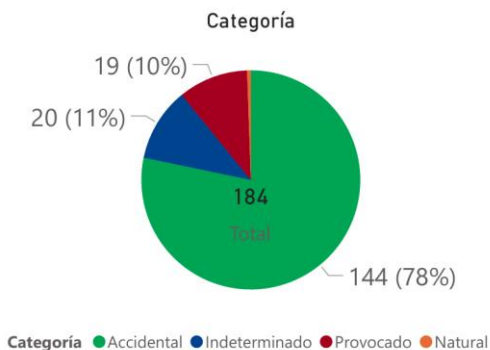


Figura 6. Incendios por fuente de ignición, 2024.

Fuente: Unidad de Ingeniería, Bomberos de Costa Rica.

En 2024, la Unidad de Ingeniería del Cuerpo de Bomberos investigó un total de 94 incendios, la causa raíz de 78% de incendios se categorizó como accidentales. Para ese mismo año, lamentablemente hubo un incremento en la mortalidad en incendios con respecto a los dos años anteriores. (Bomberos Costa Rica, 2024).



*Solo incendios investigados

Figura 7. Categorización de incendios 2024.

Fuente: Unidad de Ingeniería de Bomberos de Costa Rica.

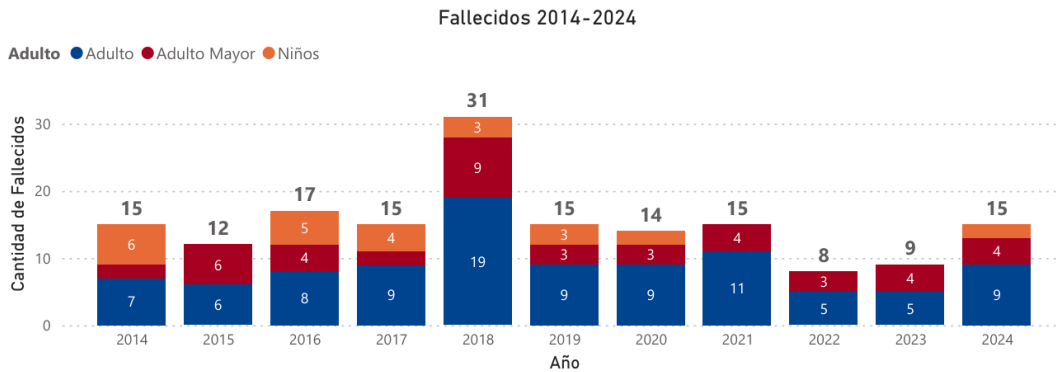


Figura 8. Fallecidos en incendios 2014-2024.

Fuente: Unidad de Ingeniería de Bomberos de Costa Rica.

Tomando en consideración la importancia de los sistemas de protección contra incendios, de 2017 a 2021, los cuerpos de bomberos locales estadounidenses respondieron a un promedio estimado de 52,948 incendios estructurales al año (11% del total de incendios estructurales) en los que había rociadores. Estos incendios causaron un promedio anual de 36 muertes de civiles (1 por ciento de todas las muertes por incendios estructurales); 1002 heridos civiles (8 por ciento); y US\$1,200 millones en daños directos a la propiedad (10 por ciento). Los rociadores reducen el impacto de los incendios. En comparación con los incendios registrados en propiedades sin sistemas automáticos de extinción (SAE), cuando había rociadores, las tasas de muertos y heridos civiles por incendio eran un 90% y un 32% más bajas, respectivamente. Además, la tasa de lesiones de bomberos por incendio fue un 35% inferior. (McGree, 2024)

El Programa de Evaluación de sistemas integrados de protección contra incendios de la Unidad de Ingeniería del Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, provee un servicio de revisión mediante un informe de las deficiencias encontradas, su calificación, donde se pide corregirlas para que el proyecto quede en cumplimiento. De 121 proyectos revisados en 2024, el 79% de los proyectos presentaba deficiencias críticas de cumplimiento, lo que puede tener un efecto material en la fiabilidad del sistema de protección contra incendios o de la unidad

que funciona como está previsto en caso de incendio. Hasta el 5 de agosto del presente año, 15 de 41 proyectos revisados presentaba deficiencias críticas.

En los artículos 14 y 16 de la Ley 8228: Ley del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, la aplicación del Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios del Cuerpo de Bomberos es obligatoria para todo diseño de nuevas edificaciones, edificios existentes, remodelaciones de edificios, cambio de uso, diseño e instalación de sistemas de protección contra incendios tanto de protección pasiva como activa, sea este temporal o permanente.

En Costa Rica, las normas adoptadas para la protección contra incendios son las normas de la NFPA (National Fire Protection Association); de igual manera, el Benemérito Cuerpo de Bomberos provee de reglamentos y lineamientos que complementan dichas normas y son de cumplimiento legal y obligatorio. La NFPA 101 “Código de Seguridad Humana”, por poner un ejemplo, es un documento técnico desarrollado por la NFPA que establece los requisitos mínimos para proteger la vida humana durante un incendio y otras emergencias en edificios y estructuras.

Las edificaciones están en constante construcción y/o remodelación. Es importante entender que tanto las edificaciones nuevas como las existentes, deben proveer un nivel de seguridad humana óptimo. En la Figura 9 se muestra la Distribución por tipo de obra, de acuerdo con las Estadísticas del Sector constructivo del Administrador de Proyectos Constructivos (APC) del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica (CFIA).

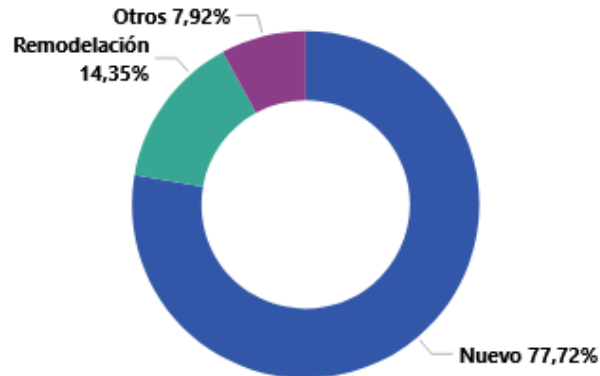


Figura 9. Distribución por tipo de obra.

Fuente: APC, CFIA

Los sectores comercial e industrial mostraron un crecimiento importante en el registro de metros cuadrados de intención de construcción en el 2024, de acuerdo con el Informe del Sector Construcción 2024 del CFIA. Con estos datos, es importante comprender que es fundamental la seguridad humana en edificaciones nuevas y existentes; este aspecto cobra importancia al tratarse de protección de vidas humanas frente a cualquier tipo de riesgo.

La normalización y las regulaciones de carácter legal son requisitos fundamentales en el desarrollo de un sistema de supresión de incendios. Estos fiscalizan, controlan y supervisan aspectos importantes del sistema como, por ejemplo, los elementos a utilizar, el diseño del sistema, los procedimientos de instalación, entre otros. Asimismo, representan una guía detallada para el diseñador y les permiten a instituciones como el Cuerpo de Bomberos intervenir de manera justificada en caso de ser necesario.

1.2. Planteamiento del problema

Tal como se evidencia en los antecedentes, los registros históricos y estadísticas nacionales demuestran que en Costa Rica las edificaciones industriales, comerciales y de almacenamiento constituyen los sectores más afectados por incidentes de incendio. Esta situación se asocia, en gran medida, con la ausencia o deficiencia de sistemas de supresión de incendios y, en muchos casos, con la falta de planes básicos de emergencia y respuesta. Dichas condiciones representan un riesgo significativo para la seguridad de las personas, la integridad de las instalaciones y la continuidad operativa de las actividades productivas.

Si bien el país cuenta con regulación en materia de seguridad humana y protección contra incendios, la implementación obligatoria de sistemas de supresión no siempre se cumple de manera consistente ni bajo criterios técnicos adecuados. La NFPA 13 (2022) establece los requisitos de diseño, instalación y funcionamiento de los sistemas automáticos de rociadores, aplicables a edificaciones con riesgos de incendio o con una carga térmica considerable, mientras que el Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios (RNPCI) define los criterios mínimos para determinar cuándo una edificación debe contar con dichos sistemas.

No obstante, una problemática adicional radica en que muchos sistemas instalados actualmente no operan conforme a los parámetros normativos, presentan deficiencias críticas en componentes esenciales tales como bombas de incendio mal seleccionadas, válvulas sin mantenimiento, tuberías corroídas, rociadores obstruidos o carentes de cobertura adecuada, e incluso ausencia de soportes sísmicos conforme a la NFPA 13. Estas fallas comprometen gravemente la efectividad del sistema en una emergencia real, ya que reducen su capacidad de respuesta inmediata.

En consecuencia, resulta indispensable garantizar no solo la presencia de sistemas de protección contra incendios, sino también su correcto diseño, instalación, prueba y mantenimiento periódico, de manera que se cumpla con los estándares internacionales y se asegure un nivel óptimo de confiabilidad y desempeño operativo en situaciones críticas.

Con base en la información anterior, se presenta una tabla que representa la problemática planteada:

<i>Debiera</i>	<i>Dato</i>	<i>Referencia</i>
<i>Las edificaciones nuevas o existentes con áreas mayores o iguales a 2500 m² y con una altura menor a 22 m desde el nivel más bajo de acera debe contar con un sistema de rociadores automáticos.</i>	NFPA 13 establece la instalación de sistemas de rociadores según el tipo de riesgo y ocupación. Además, el Reglamento Nacional de Protección contra Incendios de Costa Rica exige estos sistemas en edificaciones de riesgo medio y alto.	(1) NFPA 13 – Standard for the Installation of Sprinkler Systems. (2) Reglamento Nacional de Protección contra Incendios, Cuerpo de Bomberos de Costa Rica.

Problema

En muchas edificaciones en Costa Rica, especialmente en ocupaciones del tipo almacenamiento, mercantil u ocupación múltiple, no se cuenta con sistema de supresión de incendios. Este hecho representa un incumplimiento a la normativa nacional e internacional.

Realidad

Diversas edificaciones en el país carecen de sistemas de supresión de incendios como lo establece la norma o los tienen fuera de funcionamiento.

Dato	Referencia
La empresa ATC Tecnoval no cuenta con un sistema de protección contra incendios.	Vista técnica a la empresa.

Tabla 2. Desviación entre Debiera y Realidad.

En relación con la relevancia del proyecto y el problema que se pretende resolver, se utilizarán como base investigaciones científicas, así como la normativa NFPA, para aplicar principios de ingeniería en protección contra incendios, mecánica de fluidos, hidráulica aplicada y dependiendo del contexto, la solución o información recabada puede ser aplicable en edificaciones similares.

Un proyecto de este tipo tiene relevancia social y ambiental, ya que protege la vida de los ocupantes, del personal y de las comunidades cercanas. A su vez, fortalece una cultura de prevención. Además, en tiempos donde los incendios forestales son fuente de alta contaminación, prevenir cualquier siniestro que emane gases tóxicos o contamine el agua del suelo con algún tipo de químico o combustible es indispensable.

Al evaluar la propuesta, es importante señalar las variables que podrían indicar la existencia del problema y justificar la realización del proyecto. A continuación, se enumeran algunas:

- Ausencia o deficiencia de sistemas de supresión automática en edificaciones.
- Riesgo de incendio por tipo de ocupación.
- Frecuencia de incidentes registrados.

1.3. Establecimiento de Objetivos

1.3.1. Objetivo general.

Diseñar un sistema fijo de protección contra incendios para ser instalado en A.T.C. Tecnoval, mediante la evaluación de riesgos, el dimensionamiento hidráulico y la elaboración de planos constructivos, de acuerdo con los requisitos del Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios del Benemérito Cuerpo de Bomberos y las normas NFPA.

1.3.2. Objetivos específicos.

1. Evaluar las condiciones de riesgo de incendio presentes en las distintas ocupaciones de A.T.C Tecnoval.
2. Diseñar la red de supresión de incendios del establecimiento, que cumpla con los requerimientos de presión, caudal y cobertura establecidos por la normativa

NFPA y el Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica.

3. Seleccionar los equipos hidráulicos necesarios para garantizar el funcionamiento adecuado del sistema de supresión de incendios.
4. Elaborar los planos del sistema fijo contra incendios y su respectiva memoria de cálculo.
5. Estimar los costos de implementación del sistema de protección contra incendios, mediante un análisis de inversión e instalación de los equipos.

1.4. Justificación

El Artículo 14 de la Ley 8228 establece que las instalaciones, construcciones, obras civiles o plantas industriales, según se establezca, deberán contar con los requerimientos técnicos, las previsiones y los requisitos de edificación; asimismo, cumplirán lo estipulado en la normalización técnica y en el Reglamento Nacional de Protección contra incendios. Este mismo reglamento, estipula en numeral 3.2 que, para los edificios existentes, todo incumplimiento del presente reglamento debe modificarse según lo indicado en el reglamento mencionado.

Los datos presentados en la sección de antecedentes deben ser inquietantes para cualquier tipo de industria, empresa o institución que no cuente con las regulaciones del Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios. Los sistemas fijos de protección contra incendios, manuales y automáticos, con base en agua, han demostrado ser los sistemas más costo-eficientes, con más de un 90% de efectividad, para las edificaciones que los requieren. (Vargas, 2018)

En 2024, la Unidad de Ingeniería del Cuerpo de Bomberos investigó un total de 94 incendios, la causa raíz del 78% de incendios se categorizó como accidental. Para ese mismo año, lamentablemente hubo un incremento en la mortalidad en incendios con respecto a los dos años anteriores. (Bomberos Costa Rica, 2024).

Un sistema contra incendios funcional reduce significativamente el riesgo de propagación del fuego, mejora los tiempos de respuesta y cumple los requisitos establecidos por la normativa. Sin embargo, es importante mencionar que un sistema contra incendios pierde el sentido sin el debido mantenimiento que lo inhabilite.

De acuerdo con Investigaciones de NFPA, se ha visto que en el 79% de los incidentes en los que los rociadores no funcionaron, el sistema se había apagado accidentalmente, estaba dañado o tenía falta de mantenimiento. (NFPA, s.f.)

Esta es una razón por la que la inspección, prueba y mantenimiento (IPM) de un sistema de rociadores contra incendios es crucial. En cuanto a la gestión de seguridad laboral, es importante la capacitación oportuna de las personas usuarias, lo que permitirá actuar correctamente y con rapidez, durante una emergencia. Ese diseño de un sistema contra incendios pretende concientizar a los usuarios en relación con la importancia de la seguridad humana; y sobre la atención inmediata de un accidente el cual puede suceder en cualquier momento.

El hecho de tener muchas edificaciones sin un respectivo Sistema contra Incendios o simplemente un Plan Básico de emergencia refleja una realidad que debe contemplarse. El desconocimiento de los estándares mínimos exigidos por el Cuerpo de Bomberos por parte de propietarios refleja que no existe cultura en cuanto a la prevención y protección. El presente trabajo no solo busca proponer un diseño de sistema contra incendios, sino también subrayar la importancia de la seguridad humana en edificaciones. Toda la información descrita en este trabajo evidencia una base técnica y legal útiles para evaluaciones de riesgo y el cumplimiento de la normativa para las aseguradoras.

1.5. Alcance

El presente proyecto aborda de manera integral el diseño de un sistema de supresión de incendios, fundamentado en el Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios de Costa Rica, complementado con las normas aplicables de la National Fire Protection Association (NFPA). El alcance técnico se orienta a edificaciones clasificadas con riesgo de incendio medio a alto, donde la protección activa contra incendios constituye un elemento esencial para la seguridad humana, la preservación de bienes materiales y la continuidad operativa.

De acuerdo con los objetivos planteados, el desarrollo del proyecto contempla diversas etapas: el análisis de riesgo y condiciones del entorno, el cálculo hidráulico preliminar en relación con los requerimientos de la NFPA 13 y NFPA 20, la selección y dimensionamiento de equipos (bombas, válvulas, rociadores, accesorios y tanques de almacenamiento), así como la distribución estratégica de los rociadores automáticos de acuerdo con el tipo de ocupación y los criterios de cobertura. Además, se incluirá una estimación presupuestaria de la inversión total del sistema y se establecerán lineamientos para su mantenimiento preventivo y correctivo, lo cual garantiza su operatividad a largo plazo.

El proyecto tiene un alcance descriptivo y explicativo, orientado a documentar, justificar y fundamentar técnicamente el diseño de un sistema de supresión en una edificación que actualmente carece de medidas de protección activa. En la etapa descriptiva, se efectuará una revisión exhaustiva del marco normativo nacional e internacional, para evaluar el grado de cumplimiento existente, las características constructivas del recinto, el uso del inmueble y los factores de riesgo asociados. Este diagnóstico inicial permitirá identificar vulnerabilidades y establecer los requerimientos mínimos de diseño según la clasificación de riesgo y ocupación.

La fase explicativa, corresponde al análisis de las causas técnicas y operativas que justifican la implementación del sistema, considera aspectos como la carga combustible, la ocupación del edificio, los materiales almacenados y la criticidad de las operaciones. A partir

de este análisis se desarrollará la propuesta de diseño técnico, aplicando criterios de ingeniería hidráulica y de seguridad contra incendios. Se determinarán los caudales y presiones de diseño, la configuración óptima de la red de tuberías, el tipo de bomba más adecuado y las condiciones de almacenamiento de agua, para asegurar el cumplimiento de los parámetros de desempeño exigidos por las normas NFPA.

1.6. Viabilidad

Para el desarrollo del proyecto de diseño de un sistema fijo contra incendios en un establecimiento de ocupación múltiple, se cuenta con los conocimientos técnicos en normativas NFPA y el Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios, así como con competencias en análisis de riesgo, diseño hidráulico y elaboración de planos. La disponibilidad de tiempo ha sido organizada en un cronograma de catorce semanas, que permite distribuir de forma eficiente las actividades.

El proyecto será ejecutado principalmente por mi persona, con el apoyo de asesores académicos, también se considera la colaboración del personal técnico del establecimiento objeto de estudio, especialmente para el acceso a información y datos relevantes sobre las condiciones actuales del inmueble.

Para la estimación de costos, se accederá a información de mercado a través de proveedores y fuentes referenciales. Estos recursos aseguran la viabilidad del estudio dentro de los alcances técnicos, normativos y metodológicos establecidos.

1.7. Administración del riesgo

Durante la planificación y ejecución del proyecto de diseño de un sistema fijo contra incendios para un establecimiento de ocupación múltiple, se han identificado diversas limitaciones potenciales que podrían afectar el cumplimiento de los objetivos establecidos.

Una de las principales limitaciones identificadas es la disponibilidad limitada de personal técnico especializado en sistemas contra incendios, tanto para el levantamiento de información como para la validación del diseño. El proyecto es desarrollado por una persona, lo que representa una carga significativa de trabajo y podría afectar los tiempos de entrega si se presentan imprevistos. No existe un equipo multidisciplinario permanente.

Es un proyecto académico, por lo tanto, no se cuenta con un presupuesto determinado. Sin embargo, existen posibles limitaciones relacionadas con la recopilación de precios actualizados, el acceso a *software* licenciado o el uso de herramientas especializadas para simulaciones hidráulicas o modelado 3D. Para solventar la ausencia de recursos financieros directos, se utilizarán versiones gratuitas o académicas de *software*, y se optará por herramientas de cálculo en Excel para la parte hidráulica. Se prevé el uso de fuentes abiertas y bibliografía digital, para evitar gastos en licencias costosas.

Por último, el acceso a información detallada del establecimiento (como planos arquitectónicos, distribución interna, materiales de construcción, salidas de emergencia, etc.) podría estar restringido por políticas de privacidad o confidencialidad institucional. Esto podría limitar el grado de exactitud en el diagnóstico y en el diseño. Sin embargo, se espera que una vez concretado el acuerdo entre el estudiante y la empresa, no esté limitada la disponibilidad de información no esté limitada.

1.8. Metodología

<i>Objetivo específico planteado</i>	<i>Actividad por realizar</i>	<i>Fuente de información</i>	<i>Análisis de datos con criterios estadísticos.</i>	<i>Resultados esperados</i>
Objetivo específico 1:	Inspección técnica del sitio y levantamiento de información.	Normativa NFPA, Reglamento Nacional, planos del establecimiento, entrevistas técnicas	Clasificación de ocupación y riesgo según el nivel de carga de fuego por áreas	Informe de análisis de riesgo clasificado y documentado
Objetivo específico 2:	Cálculos hidráulicos y trazado del sistema.	NFPA 13, NFPA 20, NFPA 22.	Verificación de cumplimiento de presión, caudal y cobertura mediante software o cálculos manuales.	Memoria de Cálculos hidráulicos.
Objetivo específico 3:	Selección de equipos	NFPA 13, NFPA 20, NFPA 22, manuales de fabricantes, catálogos técnicos.	Cumplimiento de todos los equipos mínimos necesarios y listados.	Listado de equipos necesarios para el funcionamiento
Objetivo específico 4:	Desarrollo de planos en software CAD con simbología técnica adecuada.	Normas gráficas (NFPA, ISO)	Revisión técnica de escalas, simbología y disposición de equipos.	Planos técnicos del sistema elaborados conforme a la normativa
Objetivo específico 5:	Recopilación de precios, presupuestos y cotizaciones.	Proveedores locales, listas de precios, proyectos similares.	Análisis de costos comparativos y estimaciones con márgenes de contingencia.	Informe de costo detallado con análisis de inversión, instalación y mantenimiento.

Tabla 3. Metodología por objetivo. Elaboración propia.

2. Marco Teórico

A continuación, se presenta el Marco Teórico que sustenta el desarrollo del proyecto. En este apartado se recopilan y analizan los principios, normas, criterios técnicos y fundamentos conceptuales relacionados con el diseño e implementación de sistemas de supresión de incendios. El objetivo es establecer una base sólida que permita comprender los aspectos normativos, hidráulicos y de seguridad aplicables, para garantizar que el diseño propuesto cumpla con las disposiciones del Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios de Costa Rica y las normas NFPA pertinentes, y así asegurar la eficacia y confiabilidad del sistema en condiciones operativas reales.

La comprensión de un sistema contra incendios es vital para prevenir cualquier eventualidad. Es necesario entender cómo la ingeniería aplicada, está en constante cambio. Desde sus inicios, la National Fire Protection Association (NFPA) se ha caracterizado como una institución seria y confiable en aspectos de seguridad, la cual a través del conocimiento resguarda vidas y protege activos.

2.1. Teoría del Fuego

Para que el fuego exista, una serie de elementos deben estar presentes en el ambiente e interactuar entre sí. Estos elementos son: combustible, comburente y calor. En la década de 1960, la teoría Tetraedro del Fuego fue desarrollada por W. M. Haessler; se utiliza para explicar de forma más completa la combustión y su extinción. (Gutiérrez & Romero, 2021). En los últimos años se ha adoptado en mayor medida la teoría del tetraedro del fuego, la cual consiste en la adición de un elemento a los tres mencionados anteriormente; la reacción en cadena.

2.1.1. Combustible

Hitado (2015) define el combustible como cualquier sustancia capaz de arder en presencia de una energía de activación.

2.1.2. Comburente

Elemento que no arde, pero hace arder un combustible sosteniendo la combustión con y sin llama. (Gutiérrez & Romero, 2021). El comburente más común es el oxígeno presente en el aire, compuesto por un 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno un 1% de otros gases nobles. (CNE, 2022)

2.1.3. Calor

Es la energía que se aporta para que el combustible y el oxígeno reaccionen en un tiempo y espacio determinado. (CNE, 2022)

2.1.4. Reacción en cadena

Este es el proceso químico que permite que el fuego se autoalimente y crezca. Una vez que el fuego se inicia, las reacciones químicas entre el combustible, el oxígeno y el calor generan energía suficiente para que el incendio se mantenga.

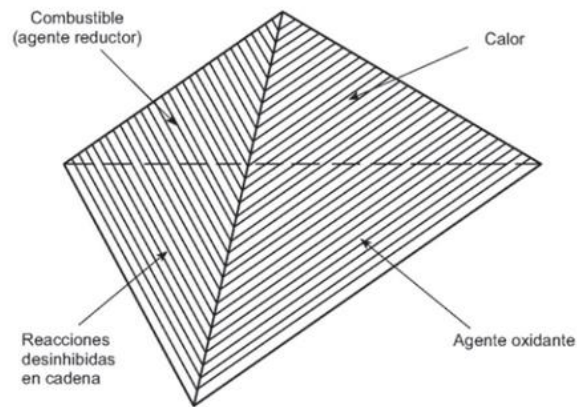


Figura 10. Tetraedro del Fuego. NFPA 921 (2014)

2.2. Ignición

La ignición es el proceso por el cual se inicia una reacción rápida y exotérmica, que se propaga y provoca que el material involucrado sufra un cambio, el cual produce temperaturas muy superiores a la temperatura ambiente. De acuerdo con Gutiérrez & Romero (2021), este es el proceso por el cual se inicia la combustión auto mantenida. La ignición puede ser provocada al acercar una llama o chispa a una mezcla de aire y combustible. En

otros casos, la ignición es espontánea cuanto alcanza el punto de ignición (fire point), esta es la temperatura mínima en la que un combustible emite suficientes vapores los cuales, mezclados con la suficiente cantidad de comburente y ante una fuente de ignición, se encienden y mantienen la combustión. (NFPA 921, 2024)

2.3. Tipos de incendios

La norma NFPA 921 (2024) define un incendio como el proceso de oxidación rápida con producción de luz y calor de distinta intensidad. Existen diferentes tipos de incendios, que pueden ser clasificados dependiendo del material con que entran en contacto.

2.3.1. Incendios Clase A

Incendios en materiales combustibles ordinarios, como madera, tela, papel, caucho y muchos plásticos. (NFPA 1, 2021)

2.3.2. Incendios Clase B

Incendios en líquidos inflamables, líquidos combustibles, grasas de petróleo, alquitranes, aceites, pinturas a base de aceite, solventes, lacas, alcoholes y gases inflamables. (NFPA 1, 2021)

2.3.3. Incendios Clase C

Incendios que involucran equipos eléctricos energizados (NFPA 1, 2021)

2.3.4. Incendios Clase D

Incendios en metales combustibles, como magnesio, titanio, zirconio, sodio, litio y potasio. (NFPA 1, 2021)

2.3.5. Incendios Clase K

Incendios en aparatos de cocina que involucran medios combustibles para cocinar (aceites y grasas vegetales o animales). (NFPA 1, 2021)

2.4. Carga de fuego

El contenido energético total de los materiales combustibles en un edificio, espacio o área, incluyendo el mobiliario y el contenido, así como los elementos combustibles del edificio, expresado en MJ. (NFPA 557)

2.5. Clasificación de riesgos

La norma NFPA 13 Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores (2022), establece un criterio para la clasificación de riesgos de acuerdo con la ocupación que se tenga. De esta manera, esta clasificación se relaciona con el diseño, instalación de rociadores y requisitos del suministro de agua. La clasificación de riesgo de ocupación es importante porque de ello depende el sistema de rociadores a diseñar, esta importancia radica también en aspectos clave a considerar como tipos de rociadores, caudal, espaciamiento entre rociadores, etc. Esta norma clasifica el riesgo en: Ligero, Ordinario (I y II), Extra (I y II).

2.5.1. Riesgo ligero

Espacios con poca cantidad y en baja combustibilidad de los contenidos. De acuerdo con NFPA 13 Handbook, entre las ocupaciones comunes relacionadas con este riesgo se encuentran:

- Iglesias
- Museos
- Oficinas, incluyendo procesamiento de datos
- Instituciones educativas (aulas)
- Teatros y auditorios

2.5.2. Riesgo Ordinario (Grupo I)

Deben protegerse con los criterios para ocupaciones OH1. Espacios con moderada cantidad y baja combustibilidad de los contenidos. Además, se incluyen los apilamientos de contenidos con baja combustibilidad que no exceden de 2,4 m (8 pies). Entre las ocupaciones comunes se tienen:

- Estacionamiento de automóviles y salas de exhibición
- Panaderías
- Fabricación de bebidas
- Plantas de electrónica
- Manufactura y productos de vidrio

2.5.3. Riesgo Ordinario (Grupo II)

Deben protegerse con los criterios para ocupaciones OH2. Espacios con moderada a alta cantidad y en combustibilidad de los contenidos. Se incluyen apilamientos de contenidos con moderada a alta combustibilidad que no exceden los 3,7 m (12 pies) y apilamientos de contenidos con altas de liberación de calor que no excedan los 2,4 m (8 pies). Entre las ocupaciones comunes en esta clasificación se encuentran:

- Instalaciones agrícolas
- Molinos de cereales
- Plantas químicas
- Destilerías
- Manufacturas textiles

2.5.4. Riesgo Extra (Grupo I)

Deben protegerse con los criterios para ocupaciones EH1. Espacios con mucha cantidad y muy alta combustibilidad de los contenidos. Además, espacios donde haya presencia de polvos, pelusas u otros materiales que introducen la probabilidad de incendios de rápido desarrollo. Entre las ocupaciones comunes se encuentran:

- Hangares de avión (excepto los regidos por NFPA 409)
- Fundiciones
- Extrusión de metales
- Aserraderos
- Tapizado con goma espuma

2.5.5. Riesgo Extra (Grupo II)

Deben protegerse con los criterios para ocupaciones EH2, espacios con mucha cantidad y de muy alta combustibilidad de los contenidos espacios con cantidades sustanciales de líquidos combustibles o inflamables, además, espacios donde es extensa la protección de combustibles.

Las ocupaciones comúnmente clasificadas para este riesgo se encuentran:

- Pulverización de líquidos inflamables
- Templado con aceite en tina abierta
- Procesamiento de plásticos
- Limpieza con solventes
- Barnizado y pintado por inmersión

2.6. Estructura para estacionamiento

Edificio, estructura o parte de este utilizado para el estacionamiento, almacenamiento, o ambos, de vehículos de motor. Una estructura para estacionamiento puede tener cerramiento o estar al aire libre, utilizar rampas y ascensores de control mecánico. (RNPCI, 2023)

2.7. Estructura para estacionamiento al aire libre o abierto

Estructura para estacionamiento que, en cada nivel posea aberturas en los muros hacia el exterior, con un área no menor al 20% del área total de las paredes perimetrales en cada nivel. Tales aberturas están distribuidas sobre al menos el 40% del perímetro del edificio o de manera uniforme sobre dos lados opuestos. Las líneas de los muros y de las columnas interiores, están abiertas al menos un 20% con aberturas distribuidas para proveer ventilación natural. (RNPCI, 2023)

2.8. Clasificación de mercancías

La norma NFPA 13 (2022) dispone de una clasificación en categorías de las mercancías, se dividen en Clases I a IV y plásticos de los grupos A al C, siendo la Clase I el

nivel de riesgo más bajo y los plásticos expandidos del grupo A el nivel de riesgo más alto. (O'Connor, 2022). Esta clasificación debe tomar como consideración el producto, empaque, el contenedor y palé.

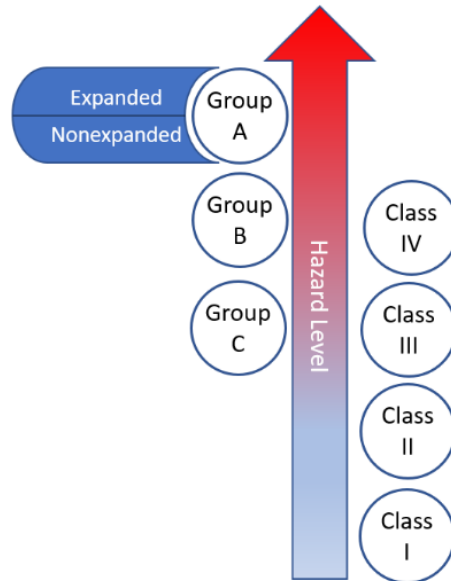


Figura 11. Commodity Classification in NFPA 13. O'Connor (2022)

La lista completa de clasificación según menciona la norma se muestra a continuación.

2.8.1. Clase I

Producto elaborado con madera, papel, fibras naturales o plásticos del Grupo C con o sin cajones, cajas o contenedores de cartón y con o sin palés.

2.8.2. Clase II

Producto no combustible que se encuentra en cajas de madera con listones, cajas de madera maciza, cajas de cartón corrugado de varias capas o material de embalaje combustible equivalente.

2.8.3. Clase III

Producto elaborado con madera, papel, fibras naturales o plásticos del Grupo C con o sin cajones, cajas o contenedores de cartón y con o sin palés. Esta clase debe contener una cantidad limitada de plásticos del grupo A o del grupo B.

2.8.4. Clase IV

Producto, con o sin palés, que cumple con uno de los siguientes criterios:

1. Está construida parcial o totalmente con plásticos del Grupo B.
2. Consiste en materiales plásticos del Grupo A de flujo libre.
3. En cajas de cartón, o dentro de un contenedor de madera, que contiene más del 5 por ciento y hasta el 15 por ciento por peso de plástico del Grupo A no expandido.
4. En cajas de cartón, o dentro de un contenedor de madera, que contiene más del 5 por ciento y hasta el 25 por ciento por volumen de plásticos del Grupo A expandidos.
5. En cajas de cartón, o dentro de un contenedor de madera, que contiene una mezcla de plásticos del Grupo A expandidos y no expandidos y cumple con la Figura 20.4.3.3(a).
6. Expuesta, que contiene más del 5 por ciento y hasta el 15 por ciento por peso de plástico del Grupo A no expandido.
7. Expuesta, que contiene una mezcla de plásticos del Grupo A expandidos y no expandidos y cumple con la Figura 20.4.3.3(b)

2.8.5. Almacenamiento de Plásticos

Además de madera y metal, algunos *pallets* se construyen con diversos plásticos reforzados y no reforzados. Por lo que incluir este rubro es importante para considerar las diferentes características del comportamiento del fuego.

- **Grupo A:** Los plásticos de este grupo se subdividen en expandidos y no expandidos. Generalmente, los expandidos son materiales de baja densidad y comúnmente denominados “espuma plástica”.
- **Grupo B:** En este grupo se encuentran, por ejemplo, caucho de cloropreno o de silicona, plásticos fluorados (ECTFE-copolímero de etileno-clorotrifluoroetileno; ETFE - copolímero de etileno-tetrafluoroetileno; FEP — copolímero de etileno-propileno fluorado).

- **Grupo C:** En este grupo se pueden mencionar plásticos fluorados (PCTFE — policlorotrifluoroetileno; PTFE — politetrafluoroetileno), melamina (melamina formaldehído), fenólico, PVC (cloruro de polivinilo — flexible — PVC con contenido plastificante de hasta el 20 por ciento)

Para el rubro de almacenamiento de plástico es recomendable seguir las indicaciones explícitas en la norma NFPA 13 (2022), sección 20.4. En esta sección se ahonda más acerca de la clasificación de los plásticos; que no son aplicables a este proyecto. Se sugiere el siguiente árbol de decisiones provisto por la misma normativa.

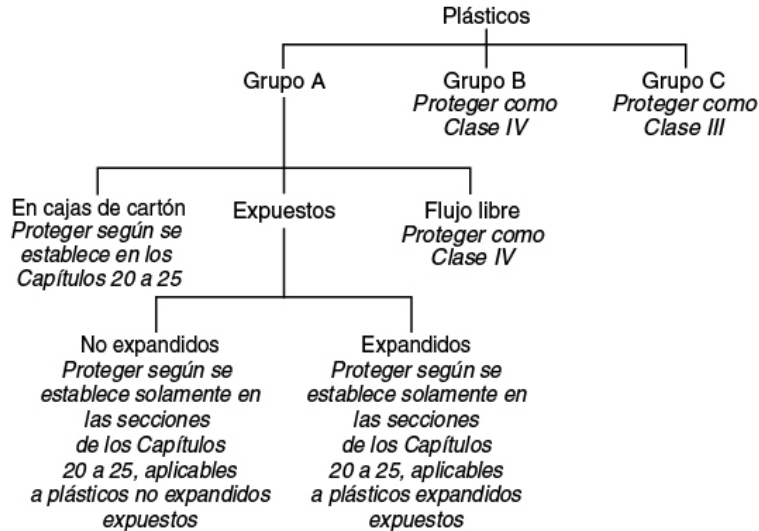


Figura 12. Figura 20.4.8. Árbol de decisiones. NFPA 13 (2022)

2.9. Protección contra incendios

De acuerdo con las estadísticas mostradas en la sección de justificación, se puede observar que cualquier tipo de ocupación o recinto podría ser escenario de una emergencia que involucre el fuego. Por lo tanto, para una ocupación específica o para una ocupación múltiple, es necesario contar con un nivel adecuado de protección.

2.9.1. Protección pasiva

Este tipo de protección limita el desarrollo y la propagación del fuego conteniéndolo en áreas limitadas, protegen áreas designadas y previenen la propagación del fuego de un edificio a otro. Entre las protecciones pasivas más comunes se encuentran paredes y puertas cortafuego, aerosol y revestimientos. (Gutiérrez & Romero, 2021)



Figura 13. Estructura con protección pasiva. Gutiérrez & Romero (2021)

2.9.2. Protección activa

Gutiérrez & Romero (2022) mencionan que una protección activa busca garantizar un nivel aceptable de seguridad a sus ocupantes y limitar los daños al inmueble. Estos sistemas son equipos diseñados para asegurar la extinción de cualquier incendio en su fase inicial, lo más rápidamente posible y evitar su extensión en la edificación. *Blaze Máster México* (2022) menciona que estos dispositivos actúan a través de una intervención automática o humana.

Entre los equipos más utilizados en las edificaciones actuales se encuentran:

- Extintores portátiles
- Sistemas de detección y alarmas de incendios
- Hidrantes
- Sistemas de rociadores automáticos

Extintor portátil

Dispositivo portátil, rodante o transportado y accionado manualmente, el cual contiene un agente extintor que puede ser expulsado bajo presión con el propósito de suprimir o extinguir un fuego. (NFPA 10). Los extintores se dividen en las siguientes clases:

- **Clase A:** Combustibles ordinarios
- **Clase B:** Líquidos inflamables
- **Clase C:** Equipo eléctrico energizado
- **Clase D:** Metales combustibles
- **Clase K:** Medios de cocción

Hidrante de incendios

Una conexión con válvula en un sistema de suministro de agua que tiene una o más salidas y que se utiliza para suministrar agua a las mangueras y bombas del cuerpo de bomberos. (NFPA 1)

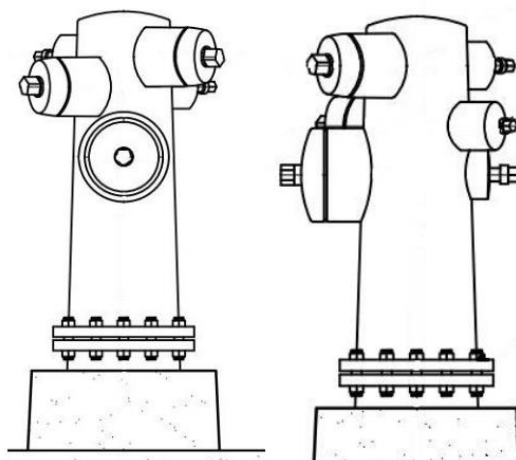


Figura 14. Hidrante multivalvular. Manual de Diseño de hidrantes y tanques de reserva (2020)

Rociadores automáticos (sprinklers)

Dispositivo de control o supresión de incendios que funciona automáticamente cuando su elemento activado por calor se calienta hasta alcanzar o superar su certificación térmica, para permitir la descarga de agua sobre un área específica. (NFPA 13, 2022). Los tipos de respuesta de los rociadores están determinados por su índice de tiempo de respuesta (RTI).

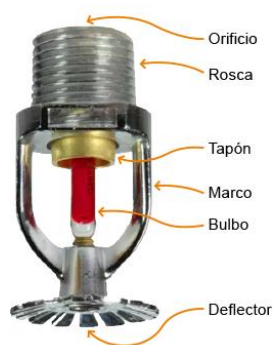


Figura 15. Partes de un rociador. *BlazeMaster* México. (2022)

Factor K

Representa la relación que existe entre la presión presente en el rociador y el caudal de descarga a través de él.

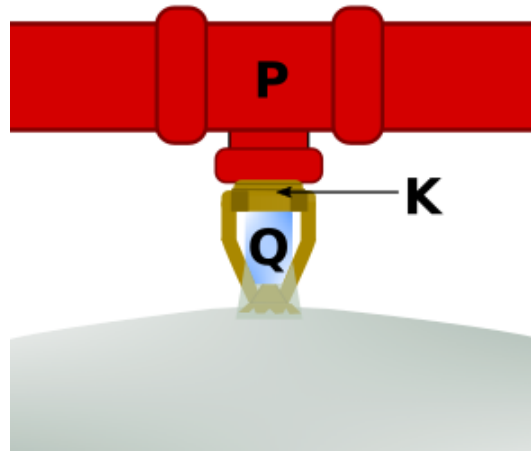


Figura 16. Relación entre factor K, caudal y presión. Ybirma (2017)

Este factor se obtiene al realizar la relación del caudal entre la raíz cuadrada de la presión, el resultado será el porcentaje de descarga por medio del orificio del rociador. Se expresa de la siguiente manera:

$$K = \frac{Q}{\sqrt{P}} \left[\frac{gpm}{(psi)^{1/2}} \right]$$

Este factor es importante en el momento de considerar la clasificación de ocupación o riesgo; dependiendo de lo requerido, el factor K debe ser mayor o menor.

Sensibilidad térmica

Una medida de la rapidez con la que funciona el elemento térmico, según esté instalada en un rociador específico o en un conjunto de montaje de rociadores. Una medida de la sensibilidad térmica es el índice de tiempo de respuesta (response time index o RTI) según se mide en condiciones de ensayo normalizado. Medido en (metros-segundos)^{1/2}

Áreas de protección por rociador.

De acuerdo con la NFPA 13 (2022), sección 9.5.2.1.1 el área de cobertura por rociador (A_s) se define como la superficie protegida individualmente por cada dispositivo y se determina a partir de la separación entre rociadores en la misma línea ramal (S) y la distancia entre líneas ramales adyacentes (L). Para establecer estos parámetros, la norma indica que deben considerarse las mayores distancias resultantes entre rociadores o bien entre el rociador y un muro u obstrucción (X), se aplica en este último caso el doble de la medida. El producto de estas dos dimensiones, expresado como $A_s = S \times L$, proporciona un criterio uniforme para calcular el alcance de protección de cada rociador y asegurar la adecuada distribución hidráulica dentro del sistema.

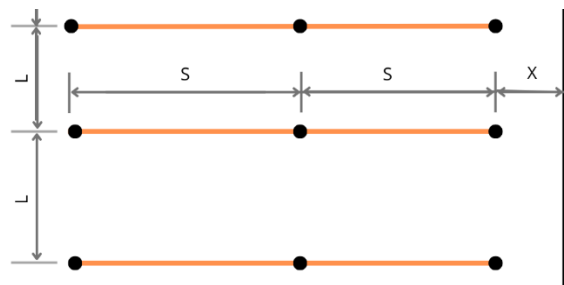


Figura 17. Separación entre rociadores y ramales. BlazeMaster México (2023)

Clasificación de temperatura

La clasificación de temperatura de los rociadores automáticos está determinada por la temperatura máxima esperada en el cielorraso y el rango de activación del bulbo de vidrio. Este criterio asegura que los rociadores no se activen por condiciones ambientales normales, pero sí que respondan adecuadamente en caso de incendio. Así, se definen categorías que van desde ordinaria (135–155 °F / 57–68 °C), utilizada en ocupaciones comunes como oficinas o residencias, hasta ultra alta (650 °F / 343 °C), necesaria en procesos industriales con generación de calor extremo.

Temperatura máxima del cielorraso		Rango de temperatura		Clasificación de temperatura	Colores del bulbo de vidrio
°F	°C	°F	°C		
100	38	135	57	Ordinaria	Naranja
120	49	155	68	Ordinaria	Rojo
150	66	175	79	Intermedia	Amarillo
150	66	200	93	Intermedia	Verde
225	107	250–300	121–149	Alta	Azul
300	149	325–375	163–191	Extra alta	Morado
375	191	400–475	204–246	Muy extra alta	Negro
475	246	500–575	260–302	Ultra alta	Negro
625	329	650	343	Ultra alta	Negro

Figura 18. Tabla 7.2.4.1(a). Rangos de temperatura, clasificaciones y código de colores de bulbo de vidrio.
NFPA 13 (2022)

El color del bulbo de vidrio funciona como un código estandarizado que facilita la identificación en campo de la clasificación térmica de cada rociador, garantiza su correcta selección, instalación y mantenimiento. La aplicación de esta tabla en el diseño de sistemas contra incendios es esencial para asegurar que el dispositivo opere en las condiciones específicas de cada ocupación, para evitar disparos prematuros o fallas de activación durante un evento de fuego. Dependiendo de la aplicación, los rociadores pueden adoptar diferentes orientaciones.

Rociador colgante (Pendent Sprinkler)

Un rociador diseñado para ser instalado de tal manera que el chorro de agua se dirija hacia abajo, contra el deflector.

Rociador vertical (Upright Sprinkler)

Un rociador diseñado para ser instalado de tal manera que la pulverización de agua se dirija hacia arriba, contra el deflector.

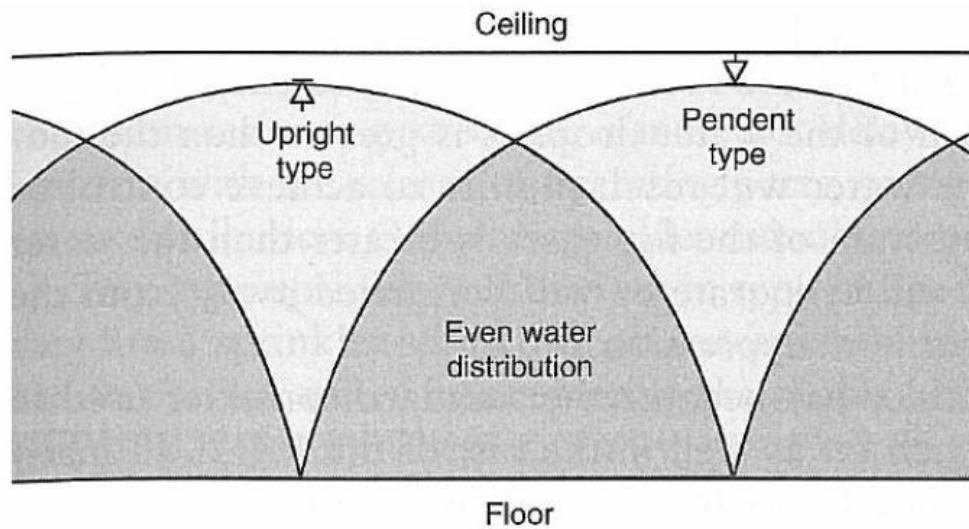


Figura 19. Rociadores colgantes y montantes. NFPA 13 Handbook (2019)

O'Connor (2022) explica que existen distintos tipos de rociadores dependiendo del patrón de descarga y la aplicación específica. A continuación, se enlistan de acuerdo con sus características:

Patrón de descarga

- **Rociadores pulverizadores estándar.** Un rociador listado por su capacidad para proveer control de incendios para un amplio rango de riesgos de incendio.
- **Rociadores de cobertura extendida.** Un rociador pulverizador con un área máxima de cobertura de 37 m².
- **Rociadores de estilo antiguo:** Un rociador que dirige del 40 por ciento al 60 por ciento de la totalidad del agua inicialmente en dirección descendente y que está diseñado para ser instalado con el deflector, ya sea en posición vertical o colgante.

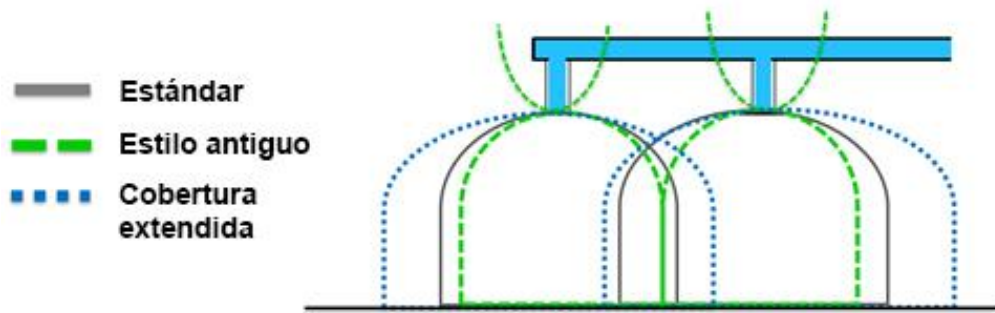


Figura 20. Patrones de descarga de diferentes tipos de rociadores. O'Connor (2022)

Tiempo de Respuesta

- **Rociador de respuesta rápida (QR):** Un tipo de rociador pulverizador que tiene un elemento térmico con un RTI de 50 (metros-segundos)^{1/2} o menos y que está listado como un rociador de respuesta rápida para el uso previsto.
- **Rociador de respuesta rápida y cobertura extendida:** Un tipo de rociador de respuesta rápida que tiene un elemento térmico con un RTI de 50 (metros-segundos)^{1/2} o menos y que cumple con las áreas de protección extendida definidas en el Capítulo 11 de la norma NFPA 13.



Figura 21. Tipos de rociadores. Ybirma (2017)

Rociadores de almacenamiento

O'Connor (2022) menciona que cuando se trata de los rociadores utilizados en la protección de las áreas de almacenamiento, los nombres de los rociadores indican si controlan el fuego (modo de control) o lo suprimen (supresión temprana).

Rociador con modo de control de densidad/área.

Un tipo de rociador pulverizador previsto para proveer control de incendios en aplicaciones de almacenamiento mediante el empleo de los criterios de densidad/área de diseño descritos en esta norma.

Rociadores con modo de control para aplicaciones específicas.

Un tipo de rociador pulverizador capaz de producir grandes gotas de agua características y que está listado por su capacidad para el control de incendios por riesgos específicos de alto desafío.

Rociador de respuesta rápida y supresión temprana (ESFR):

Un tipo de rociador de respuesta rápida que tiene un elemento térmico con un RTI de 50 (metros-segundos)^{1/2} o menos y que está listado por su capacidad para supresión de incendios por riesgos específicos de alto desafío.

2.10. Sistemas de tubería húmeda

En este sistema, la tubería de los rociadores está constantemente llena de agua. Cuando la temperatura en el techo se eleva lo suficiente, el bulbo de vidrio o el eslabón fusible de disparo de un rociador se romperá. Dado que el sistema ya está lleno de agua, el agua puede fluir libremente por ese rociador. (Ziavras, 2021).

2.10.1. Sistema de rociadores tipo árbol

Las tuberías principales transversales y las líneas ramales solo están unidas en un único punto, lo que significa que solo hay un camino para que el agua fluya hacia un rociador en funcionamiento. (O'Connor, 2023)

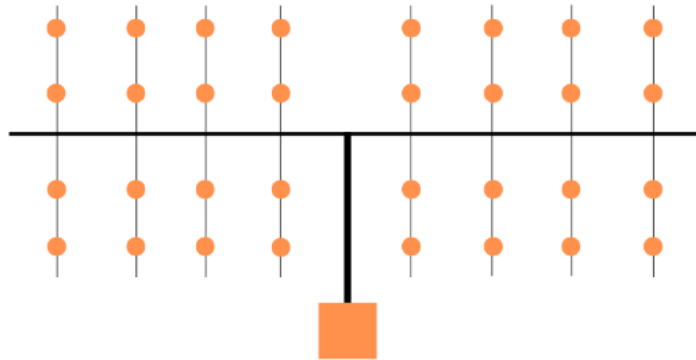


Figura 22. Configuración de rociadores tipo árbol. BlazeMaster México (2023)

2.10.2. Sistemas de rociadores en bucle

Sistema de rociadores en el que múltiples tuberías principales transversales están unidas para proveer más de un recorrido para que el agua fluya hacia otro rociador operativo donde las líneas ramales no están unidas. En otras palabras, la tubería principal transversal forma un bucle y las líneas ramales se extienden alejándose del bucle. (O'Connor, 2023)

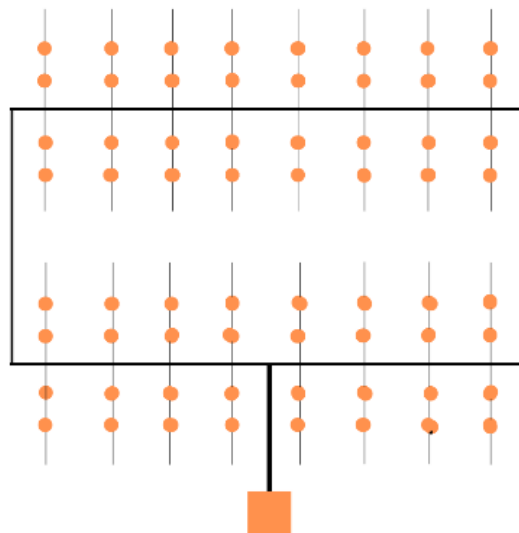


Figura 23. Configuración de rociadores tipo bucle. BlazeMaster México (2023)

2.10.3. Sistema de rociadores en malla

En este sistema, las tuberías principales transversales paralelas están conectadas por múltiples tuberías ramales, lo que provoca que un rociador operativo reciba agua desde ambos extremos de su línea ramal mientras otras tuberías ramales contribuyen a traspasar el agua entre las tuberías principales transversales.

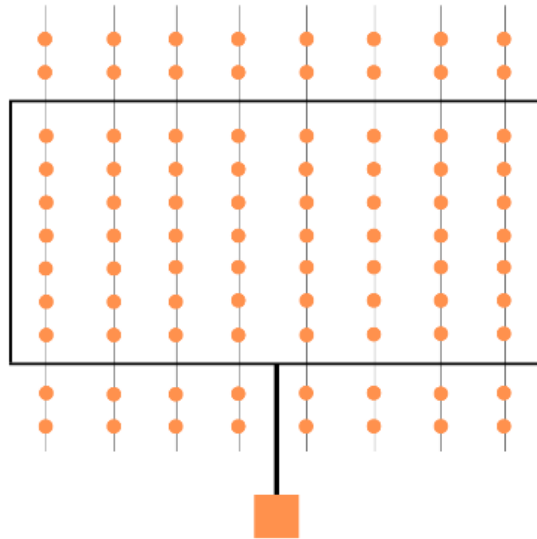


Figura 24. Configuración de rociadores tipo malla. BlazeMaster México (2023)

2.11. Sistema de tubería vertical

Una disposición de tuberías, válvulas, conexiones para mangueras y equipo asociado instalado en un edificio o estructura, con las conexiones para mangueras ubicadas de tal manera que el agua pueda descargarse en chorros o patrones de rociado a través de mangueras y boquillas conectadas, con el fin de extinguir un incendio, para proteger así un edificio o estructura y su contenido además de proteger a los ocupantes. (NFPA 14, 2019)

2.12. Sistema automático de supresión de incendios

Los sistemas automáticos de supresión de incendios aplican un producto químico extintor; como agua, dióxido de carbono, polvo químico seco o espuma, sobre el fuego sin necesidad de intervención humana, lo que reduce el peligro para los ocupantes, las estructuras y el contenido. (Cote, 2004)

2.13. Sistema de bombeo

La NFPA 20 (2022) establece los lineamientos técnicos y normativos para la instalación y operación de bombas en los sistemas de protección contra incendios. De acuerdo con esta norma, las bombas constituyen equipos hidráulicos cuya función es convertir la energía mecánica en energía hidráulica, con el fin de incrementar la presión del agua que circula a través del sistema. En otras palabras, su propósito es captar un determinado caudal de agua a cierta presión e impulsarlo a una presión mayor para garantizar el suministro adecuado durante una emergencia.

2.13.1. Presión residual

Presión que existe en el sistema de distribución, medida en el hidrante residual en el momento en que se toman las lecturas de flujo en los hidrantes de flujo. (NFPA 24, 2019)

2.13.2. Presión nominal

La presión neta (presión diferencial) con caudal y velocidad nominales, según lo indicado en la placa de identificación del fabricante. (NFPA 20, 2022)

2.13.3. Caudal nominal

El caudal de la bomba a la velocidad nominal y a la presión nominal, según lo indicado en la placa de identificación del fabricante. (NFPA 20, 2022)

2.13.4. Punto hidráulicamente crítico

Rociador más lejano y desfavorable de un sistema contra incendios.

2.13.5. Bomba contra incendios

Una bomba que proporciona flujo líquido y presión dedicados a la protección contra incendios. (NFPA 13, 2022)

2.13.6. Bomba centrífuga

Una bomba en la que la presión se desarrolla principalmente mediante la acción de una fuerza centrífuga. (NFPA 20, 2022)

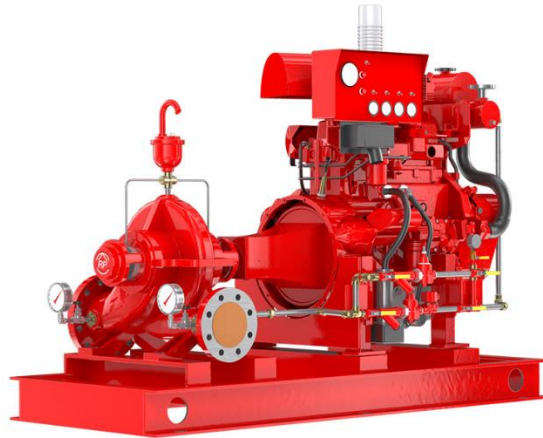


Figura 25. Horizontal Split Case Fire Pump. AC Fire Pump (2019)

2.13.7. Succión positiva

La condición en la que el agua fluye desde una fuente atmosférica ventilada hacia la bomba sin que la presión promedio en la brida de succión de la bomba caiga por debajo de la presión atmosférica con la bomba funcionando a un 150 por ciento de su caudal nominal. (NFPA 20)

2.13.8. Bomba Jockey

La bomba auxiliar o bomba jockey tiene la función de mantener la presión constante dentro del sistema de protección contra incendios, para compensar pequeñas pérdidas o fugas que puedan presentarse en la red. Su dimensionamiento se realiza de manera que sea capaz de restablecer las pérdidas de presión admisibles en un periodo máximo de 10 minutos, para evitar así el arranque innecesario de la bomba principal. (NFPA 20, 2022)



Figura 26. Vertical Multi-Stage Centrifugal Jockey Pump. Ruhrpumpen.

2.14. Tanque de almacenamiento

La NFPA 22 Norma para la instalación de tanques de agua para sistemas privados de protección contra incendios (2022), establece los requisitos mínimos para el diseño, construcción, instalación y mantenimiento de los tanques y sus componentes asociados.



Figura 27. Tanque de almacenamiento de agua. Salvavidas de Centroamérica (2023)

Su objetivo principal es garantizar la disponibilidad y confiabilidad del suministro de agua destinado a alimentar los sistemas privados de supresión de incendios, asegurando que estos funcionen de manera efectiva y continua en caso de emergencia.

2.15. Soportería antisísmica en sistemas de protección contra incendios

La soportería antisísmica constituye un elemento fundamental dentro del diseño de sistemas de protección contra incendios, especialmente en edificaciones ubicadas en zonas de moderada a alta amenaza sísmica, como es el caso de Costa Rica. Su función principal es mantener la estabilidad y operatividad del sistema durante y después de un evento sísmico, para evitar el colapso o desprendimiento de tuberías, rociadores y equipos críticos.

2.15.1. Zonificación sísmica

División del país en tres zonas de sismicidad ascendente denominadas zonas II, III y IV. Siguiendo la división política y administrativa vigente, en la tabla 2.1 del Código Sísmico de Costa Rica (no mostrada) presenta la zona sísmica asignada a cada cantón o, cuando es necesario, a cada distrito del país.

2.15.2. Sitios de cimentación.

El Código Sísmico de Costa Rica (2010) lo define como el lugar de emplazamiento de una edificación para efectos de considerar las condiciones dinámicas del sitio en la demanda sísmica.

Sitio tipo S₁

Un perfil de roca o suelo rígido o denso con propiedades semejante a la roca.
(CSCR, 2010)

Sitio tipo S₂

Un perfil de suelo con condiciones predominantes de medianamente denso a denso o de medianamente rígido a rígido. (CSCR, 2010)

Sitio tipo S₃

Un perfil de suelo con 6 a 12 m de arcilla de consistencia de suave a medianamente rígida o con más de 6 m de suelos no cohesivos de poca o media densidad. (CSCR, 2010)

Sitio tipo S₄

Un perfil de suelo que contenga un estrato de más de 12 m de arcilla suave. (CSCR, 2010)

2.15.3. Aceleración pico efectiva de diseño.

Parámetro indicador de la sacudida sísmica correspondiente a un período de retorno de 475 años, representado como a_{ef} . (CSCR, 2010).

2.16. Definiciones NFPA y Benemérito Cuerpo de Bomberos.

2.16.1. Autoridad competente (Authority Having Jurisdiction o AHJ).

Una organización, oficina o individuo responsable de hacer cumplir los requisitos de un código o norma, o de aprobar equipos, materiales, una instalación o un procedimiento. (NFPA 1, 2021).

2.16.2. Listado (Listed).

Equipos, materiales o servicios incluidos en una lista publicada por una organización que es aceptable para la autoridad competente y que está relacionada con la evaluación de productos o servicios, que mantiene inspecciones periódicas de la producción de los equipos o materiales listados, o evaluaciones periódicas de los servicios, y que por medio del listado establece que los equipos, materiales o servicios cumplen con normas designadas apropiadas o que han sido ensayados y considerados aptos para un propósito específico. (NFPA 1, 2021)

2.16.3. Clasificación de los incumplimientos

Deficiencia

Para los fines de inspección, prueba y mantenimiento de sistemas de protección contra incendios a base de agua, condición en que el sistema o parte de éste está averiado, inoperable o necesita servicio, pero no llega hasta el nivel de desactivación. (Bomberos Costa Rica, 2025)

Deficiencia crítica

Una deficiencia, que, si no es corregida, puede tener un efecto material en la fiabilidad del sistema de protección contra incendios o de la unidad que funciona como está previsto en caso de incendio. (Bomberos Costa Rica, 2025)

Deficiencia no crítica

Una deficiencia que no tiene un efecto material en la fiabilidad del sistema de protección contra incendios o de la unidad que funciona en caso de incendio, pero que necesita corrección para cumplir los requerimientos de esta norma o para la inspección, prueba y mantenimiento apropiados del sistema o la unidad. (Bomberos Costa Rica, 2025)

3. Diseño del Sistema

En este capítulo se presenta la metodología empleada para analizar cada uno de los aspectos en el diseño del sistema contra incendios para ATC Tecnoval.

La decisión de equipar a un inmueble con un sistema de protección contra incendios no depende únicamente de la voluntad del propietario, sino que responde a diversos factores de carácter técnico, legal y normativo. En primer lugar, debe considerarse el cumplimiento de la legislación vigente, reglamentos locales o normas internacionales aplicables, como lo son las normas de la NFPA.

Tal y como se menciona en la sección de Justificación, la instalación puede ser exigida por la Autoridad Competente, ya sean cuerpos de bomberos, municipalidades, aseguradoras u otras entidades reguladoras, quienes establecen criterios mínimos de seguridad. Otro aspecto determinante es la conciencia del propietario en relación con la importancia de salvaguardar sus bienes, la continuidad de su negocio y, sobre todo, la vida de las personas.

En cualquier caso, el punto de partida para determinar la necesidad de un sistema de rociadores automáticos u otro medio de protección es la evaluación del riesgo, tomando en cuenta la clasificación de la ocupación, el tipo de almacenamiento y las exigencias de la normativa aplicable.

En esta sección se presenta el desarrollo de la propuesta del sistema de supresión de incendios mediante rociadores. Es necesario mencionar que este recinto presenta ocupación múltiple, de manera que la mayor parte del recinto corresponde a almacenamiento, seguido de ocupaciones como oficina, reunión pública y, en menor medida, un espacio de ocupación mercantil.

3.1. Clasificación de ocupación

En una primera evaluación en sitio se determinaron condiciones actuales del recinto, así como aspectos necesarios que deben ser tomados en cuenta en el diseño basado en la normativa. Con los planos detallados, se procede a clasificar las ocupaciones con base en lo

estipulado en la norma NFPA 1 Código de Incendios. De la visita hecha y el estudio de los planos, se establece la ocupación en el sitio, el área y clasificación de ocupación según lo que estipula la norma NFPA 101. Los datos analizados se muestran en la siguiente tabla resumen:

<i>Ocupación</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Clasificación NFPA 101</i>
<i>Almacenamiento</i>	2780	Almacenamiento
<i>Oficinas</i>	352	Negocios
<i>Ventas</i>	98	Mercantil Clase C
<i>Sala de eventos</i>	296	Reunión Pública
<i>Estacionamiento</i>	308	Estacionamiento

Tabla 4. Clasificación de ocupación según NFPA 101 (2021).

La norma NFPA 101, sección 6.1.11 establece que las ocupaciones de Negocios son aquellas donde se realicen negocios, inclusive las oficinas. Por otro lado, en el apartado 6.1.10 de la misma norma, se especifica que la ocupación Mercantil es aquella utilizada para la exhibición y venta de Mercancías; la norma realiza una subdivisión de acuerdo con la proporción de área ocupada por esta ocupación. El RNPCI (2023) establece en el apartado 6.3.12.3 que la ocupación Mercantil Clase C hace referencia a un área bruta no mayor de 280 m² y que se utiliza para propósitos de venta y ocupa solamente un piso. Por último, la sala de eventos se define como Reunión Pública, según RNPCI sección 6.3.1, debido a que es utilizada para reunir a 50 o más personas para deliberación, entretenimiento, comida, bebida, diversión.

Como se puede observar en la Tabla 3 la ocupación de almacenamiento predomina frente a otras ocupaciones, esto resulta en una clasificación específica para todo el recinto. El RNPCI en la sección 6.2 establece un criterio para este tipo de ocupación del edificio en el que existen dos o más clases de ocupaciones, esta normativa establece que este tipo de configuración es de Ocupación Múltiple. Además, el RNPCI (2023) establece una subdivisión tomando en cuenta los accesos a salida. De acuerdo con el apartado 6.2.2 esta ocupación es Ocupación Múltiple Mixta, ya que el acceso a salida de una ocupación atraviesa otra ocupación, y las ocupaciones están entremezcladas.

Para el caso de estudio, el RNPCI sección 6.2.2.2 establece que la ocupación múltiple mixta debe cumplir con los requisitos más estrictos de las ocupaciones involucradas, a menos que se aprueben medios de protección separados. La mayor proporción del recinto es ocupada por Almacenamiento, lo que implica un estudio detallado de los requerimientos para el diseño del sistema contra incendios, tomando en cuenta esta ocupación como el foco de investigación.

3.2. Clasificación de mercancías

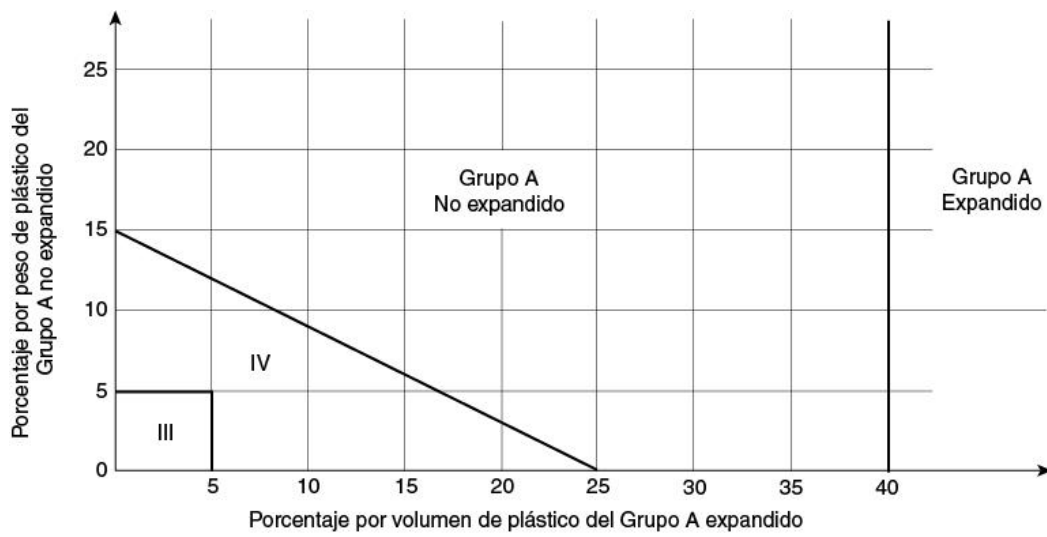
El riesgo de los contenidos debe considerarse como el peligro relativo durante el comienzo y la propagación de un incendio, el peligro del humo o de los gases generados y la probabilidad de explosión u otro suceso que ponga potencialmente en peligro la vida y la seguridad de los ocupantes del edificio. Por lo tanto, en la ocupación de almacenamiento deben considerarse las mercancías que son almacenadas, así como su disposición. Para realizar una correcta clasificación de mercancías es necesario tomar en cuenta las clasificaciones que provee NFPA 13 en el capítulo 4, sección 3; explicadas en el Marco Teórico.

ATC Tecnoval importa y distribuye una amplia gama de productos y servicios industriales, hidráulicos y contra incendios. Tales productos como válvulas, manómetros, tuberías, rociadores y conexiones para sistemas hidráulicos y de vapor, entre otros. Como tal, estos son productos no combustibles, mayormente hechos de hierro, acero o aleaciones. Sin embargo, en el Capítulo 20 de la NFPA 13 se mencionan los requisitos generales para almacenamiento, en este capítulo no solo se identifican mercancías, sino también se estudian las disposiciones de almacenamiento, alturas de almacenamiento y espacios libres, así como los criterios generales de protección para las condiciones de almacenamiento. Es necesario estudiar no solo de qué está compuesta la mercancía, sino también como está envuelta, almacenada y si se encuentra en palés o no.

En la ocupación de almacenamiento se resguardan productos no combustibles, pero que se encuentran embalados en materiales combustibles como cartón, envolturas plásticas y palés de madera. La normativa profundiza aún más en la peligrosidad de los plásticos, en este caso deben evaluarse los plásticos usados para embalaje. Para este estudio, la NFPA 13,

en el apartado 20.4.3.2 menciona que debe permitirse que una mercancía de Clase III contenga una cantidad limitada (5 por ciento o menos por peso de plástico no expandido o 5 por ciento o menos por volumen de plástico expandido) de plásticos del Grupo A o del Grupo B. Teniendo en cuenta que los plásticos usados para el embalaje son polietileno de baja densidad, estos se clasifican en el Grupo A, y teniendo en cuenta el tipo de mercancía que se almacena, la cantidad de plástico es menor al 5 por ciento que menciona la norma.

La Figura 28 justifica que este tipo de configuración se asimila a un Class III Commodity. En esta figura se observa que, al no tener tanta relevancia el plástico en el embalaje, la mercancía se clasifica como Clase III.



III - Mercancía de Clase III. Consultar 20.3.2 si se usa un palé de plástico.

IV - Mercancía de Clase IV. Consultar 20.3.2 si se usa un palé de plástico.

Figura 28. Figura 20.4.3.3(a) Mercancías, en cajas de cartón o dentro de un contenedor de madera, que contienen una mezcla de plásticos del Grupo A expandidos y no expandidos. NFPA 13 (2022)

Un aspecto igual de relevante es la altura del almacenamiento. ATC Tecnoval posee 2 bodegas de almacenamiento, estas bodegas cuentan con una disposición del almacenamiento diferente entre sí. La altura máxima en la que se encuentran almacenados los productos es de 3,6 m (11,8 ft), es decir, inferior al límite de 3,7 m (12 ft) establecido por la norma para considerar criterios específicos de almacenamiento. Con el estudio de las mercancías y tomando en cuenta la Clase III debido a la presencia de embalajes combustibles

y a la densidad de carga moderada, el área de almacenamiento se clasifica como riesgo ordinario Grupo II (Ordinary Hazard Group 2) según la Tabla 4.3.1.7.1.1.

Mercancía	Tipo de almacenamiento	Altura de almacenamiento		Altura máxima del cielorraso		Curva de diseño Figura 19.3.3.1.1	Nota	Manguera interior		Total combinado de manguera interior y exterior		Duración (minutos)
		pie	m	pie	m			gpm	L/min	gpm	L/min	
Clase I a Clase IV												
Clase I	En apilamientos compactos, en palés, en gavetas, en estantes, en estanterías de hilera única, doble o múltiple y almacenamiento en estantes espalda con espalda	≤12	≤3.7	–	–	OH1	–	0, 50, 100	0, 190, 380	250	950	90
Clase II		≤10	≤3.0	–	–	OH1	–	0, 50, 100	0, 190, 380	250	950	90
Clase II		>10 a ≤12	>3.0 a ≤3.7	–	–	OH2	–	0, 50, 100	0, 190, 380	250	950	90
Clase III		≤12	≤3.7	–	–	OH2	–	0, 50, 100	0, 190, 380	250	950	90
Clase IV		≤10	≤3.0	–	–	OH2	–	0, 50, 100	0, 190, 380	250	950	90
Clase IV	En palés, en gavetas, en estantes y en apilamientos compactos	>10 a ≤12	>3.0 a ≤3.7	32	10	OH2	–	0, 50, 100	0, 190, 380	250	950	90
	En estanterías de hilera única, doble o múltiple y almacenamiento en estantes espalda con espalda	>10 a ≤12	>3.0 a ≤3.7	32	10	EH1	–	0, 50, 100	0, 190, 380	500	1900	120
	En estanterías de hilera única, doble o múltiple	>10 a ≤12	>3.0 a ≤3.7	32	10	Ver Capítulo 25.	+1 nivel en estantería	0, 50, 100	0, 190, 380	250	950	90

Figura 29. Tabla 4.3.1.7.1.1. Criterios de descarga para el almacenamiento misceláneo de hasta 12 pies (3.7 m) de altura. NFPA 13 (2022)

3.3. Clasificación del Riesgo

En lo que respecta a las oficinas, el salón de reunión pública y la zona de ventas, la carga combustible es reducida y se limita principalmente a mobiliario, papelería y elementos decorativos menores, sin procesos industriales o acumulaciones significativas de materiales combustibles. Por lo anterior, estas áreas corresponden a una clasificación de riesgo ligero (Light Hazard). Según el anexo A.4.3.3.1 y apoyándose de la norma NFPA 13 Handbook los estacionamientos y exposiciones de automóviles se clasifican como ocupaciones de riesgo ordinario (Grupo I). En cuanto al riesgo en estacionamientos, la NFPA 88A contempla también disposiciones adicionales orientadas a la reducción de riesgos, las cuales han sido reforzadas en su versión 2023. De forma complementaria, la NFPA 13 (edición 2022) modificó la clasificación de los estacionamientos de automóviles, de Riesgo Ordinario Grupo 1 (OH1) ascienden a Riesgo Ordinario Grupo 2 (OH2).

La clasificación de cada una de las ocupaciones del edificio puede tabularse de la siguiente manera.

<i>Clasificación de Ocupación</i> <i>NFPA 101 (2021)</i>	<i>Clasificación de Riesgo</i> <i>NFPA 13 (2022)</i>
<i>Negocios</i>	Ligero
<i>Mercantil Clase C</i>	Ligero
<i>Reunión Pública</i>	Ligero
<i>Estacionamiento</i>	Ordinario II
<i>Almacenamiento</i>	Ordinario II

Tabla 5. Clasificación de riesgo según NFPA 13 (2022)

3.4. Limitaciones de área de protección

El capítulo 4 de la norma NFPA 13 establece los límites de área de piso máxima de protección del sistema que serán protegidos mediante rociadores abastecidos por un montante. En la siguiente tabla se ilustra lo mostrado en la sección 4.4.1.

<i>Clasificación de riesgo</i>	<i>Área máxima de protección (m²)</i>
<i>Riesgo Leve</i>	4380
<i>Riesgo Ordinario</i>	4380
<i>Almacenamiento en estanterías</i>	3720

Tabla 6. Área de piso máxima. NFPA 13 (2022)

Como se puede observar en la Tabla 5 las áreas de ocupación no exceden las áreas máximas de protección presentadas en la Tabla 3.

3.5. Curvas densidad-área

Las curvas densidad-área de la NFPA 13 constituyen uno de los métodos fundamentales en el diseño y selección de sistemas de rociadores automáticos, ya que establecen la relación mínima entre la densidad de descarga requerida (caudal de agua por unidad de superficie) y el área de diseño a proteger. Esta relación asegura que el sistema pueda controlar o extinguir un incendio bajo las condiciones más críticas previstas para cada clasificación de ocupación o riesgo. Este método es aplicable en edificaciones de uso

administrativo, institucional o residencial, tales como oficinas, escuelas, hospitales y hoteles, donde la carga de fuego es moderada y los incendios suelen registrar una tasa de crecimiento relativamente controlada. En este contexto, la función de los rociadores es mantener el fuego en un estado controlado hasta la intervención de los equipos de extinción, para evitar su propagación.

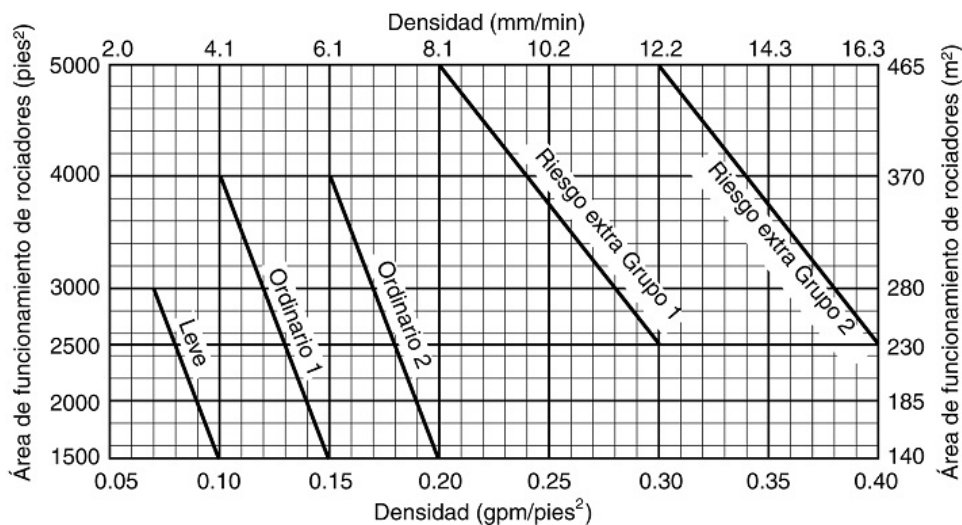


Figura 30. Figura 19.2.3.1.1 Curvas de densidad/área para la evaluación o modificación de sistemas existentes. NFPA 13 (2022)

De acuerdo con estas curvas, se puede hacer la selección del área de protección de rociadores, llamada de ahora en adelante *Área de Diseño*. Sin embargo, en la última versión de la norma NFPA 13 (2022) se determinó que estas curvas son útiles para la evaluación o modificación de sistemas existentes.

La norma NFPA 13, capítulo 19 (Enfoques de Diseño) establece que, dado el uso del método de densidad/área en un sistema nuevo, se aplica la tabla mostrada en la Figura 31.

Riesgo	Densidad/área [gpm/pies ² /pies ² (mm/min/m ²)]
Leve	0.1/1500 o 0.07/3000* (4.1/140 o 2.9/280)
Grupo ordinario 1	0.15/1500 o 0.12/3000* (6.1/140 o 4.9/280)
Grupo ordinario 2	0.2/1500 o 0.17/3000* (8.1/140 o 6.9/280)
Grupo extra 1	0.3/2500 o 0.28/3000* (12.2/230 o 11.4/280)
Grupo extra 2	0.4/2500 o 0.38/3000* (16.3/230 o 15.5/280)

Figura 31. Tabla 19.2.3.1.1. Densidad/área para sistemas nuevos. NFPA 13 (2022)

3.6. Protección por Clasificación de Riesgo

Protección para Riesgo Ligero.

De acuerdo con la Tabla 10.2.4.2.1(a) considerando que el tipo de construcción es combustible no obstruida sin miembros expuestos y calculado hidráulicamente, el área de protección máxima admisible de la protección para un rociador en riesgo ligero (A_s) debe ser de 20 m² (225 ft²) con un espaciamiento máximo de los rociadores de 4,6 m.

Tipo de construcción	Tipo de sistema	Área de protección máxima		Espaciamiento máximo	
		pie ²	m ²	pie	m
No combustible obstruida	Calculado hidráulicamente	225	20	15	4.6
No combustible obstruida	Cédula de tubería	200	18	15	4.6
No combustible obstruida	Calculado hidráulicamente	225	20	15	4.6
No combustible obstruida	Cédula de tubería	200	18	15	4.6
Combustible no obstruida, sin miembros expuestos	Calculado hidráulicamente	225	20	15	4.6
Combustible no obstruida, sin miembros expuestos	Cédula de tubería	200	18	15	4.6

Figura 32. Tabla 10.2.4.2.1(a) Áreas de protección y espaciamiento máximo de rociadores pulverizadores estándar colgantes y montantes para riesgo leve. NFPA 13 (2022)

Tomando en consideración lo anterior, se tiene:

$$L = \frac{20}{4,6} = 4,34 \text{ m}$$

Considerando los arreglos comunes de rociadores en la industria, se selecciona un arreglo de separación máxima para este riesgo de 4,4 m x 4,4 m.

Cantidad de rociadores para el diseño de riesgo ligero

De acuerdo con la Tabla 19.2.3.1.1. el Área de Diseño para sistemas nuevos con riesgo leve y ordinario es de 140 m². En la sección anterior y tomando en cuenta la Tabla 10.2.4.2.1(a) se seleccionó un área de protección máxima de 20 m². El anexo A.28.2.4 de la NFPA establece que la cantidad de rociadores se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Cantidad de rociadores para diseño} = \frac{\text{Área de diseño}}{\text{Área por rociador}}$$

Del cálculo correspondiente se obtiene:

$$\text{Cantidad de rociadores para diseño} = \frac{140 \text{ m}^2}{20 \text{ m}^2} = \mathbf{7 \text{ rociadores}}$$

Estos 7 rociadores serán los usados en el cálculo del punto hidráulico más demandante. En el mismo anexo, se establece el cálculo de la cantidad de rociadores en línea ramal de la siguiente manera:

$$\text{Cantidad de rociadores por ramal} = \frac{1,2 \cdot \sqrt{\text{Área de diseño}}}{\text{Separación entre rociadores}}$$

En esta sección, la cantidad de rociadores por ramal se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Cantidad de rociadores por ramal} = \frac{1,2 \cdot \sqrt{140 \text{ m}^2}}{4,4 \text{ m}}$$

$$\text{Cantidad de rociadores por ramal} = 3,22 = \mathbf{4 \text{ rociadores}}$$

Protección para Bodega 1 y Estacionamiento

En la NFPA 13, Tabla 10.2.4.2.1(b) (no mostrada) se muestran las Áreas de protección y espaciamiento máximo de rociadores pulverizadores estándar colgantes y montantes para riesgo ordinario. En esta tabla se especifica que para todos los tipos de construcción y todos los sistemas, el área de protección máxima es de 12 m² (130 ft²) y el esparcimiento máximo de rociadores es de 4,6 m. Tomando en consideración los arreglos comunes de rociadores en la industria, se selecciona un arreglo de separación máxima para el estacionamiento de 3 m x 4 m. Este arreglo se aplicará en la ocupación de estacionamiento y Bodega 1.

Cantidad de rociadores para el diseño Bodega 1 y estacionamiento

Realizando el mismo cálculo que la sección pasada, se obtiene lo siguiente:

$$\text{Cantidad de rociadores para diseño} = \frac{140 \text{ m}^2}{12 \text{ m}^2} = 11,6 = \mathbf{12 \text{ rociadores}}$$

$$\text{Cantidad de rociadores por ramal} = \frac{1,2 \cdot \sqrt{140 \text{ m}^2}}{3 \text{ m}} = 4,7 = \mathbf{5 \text{ rociadores}}$$

Protección para Bodega 2

Para la Bodega 2, considerando que el tipo de construcción es no combustible no obstruida y que se tiene una altura de techo de 11,6 m, el área de cobertura máxima admisible de la protección para un rociador (A_s) debe ser de 9 m² con un espaciamiento de los rociadores de 3 m. En la siguiente sección se detalla el motivo del uso de rociadores ESFR.

Tipo de construcción	Alturas de cielorraso/techo de hasta 30 pies (9.1 m)				Alturas de cielorraso/techo de más de 30 pies (9.1 m)			
	Área de protección		Espaciamiento		Área de protección		Espaciamiento	
	pie ²	m ²	pie	m	pie ²	m ²	pie	m
No combustible no obstruida	100	9	12	3.7	100	9	10	3.0
No combustible obstruida	100	9	12	3.7	100	9	10	3.0
Combustible no obstruida	100	9	12	3.7	100	9	10	3.0
Combustible obstruida	100	9	12	3.7	100	9	10	3.0

Figura 33. Tabla 14.2.8.2.1 Áreas de protección y espaciamiento máximo de rociadores ESFR. NFPA 13 (2022)

De acuerdo con esta clasificación de riesgo y el tipo de rociador previsto, se selecciona un arreglo de separación máxima para la bodega de 3 m x 3 m.

Cantidad de rociadores para el diseño Bodega 2

El capítulo 28 de la NFPA 13, sección 28.2.4.4 establece que para rociadores ESFR, el área de diseño debe consistir en el área de 12 rociadores de mayor demanda hidráulica, que consta de 4 rociadores en cada una de tres líneas ramales, a menos que se requieran otras cantidades específicas de rociadores de diseño en otras secciones de esta norma.

Tabla resumen

En la siguiente tabla, se pueden observar las áreas de cobertura del rociador para cada ocupación, la separación máxima de rociadores y las distancias propuestas de separación entre rociadores y ramales que se ajusten a la normativa.

<i>Ocupación</i>	<i>Área de protección máxima (m²)</i>	<i>Esparcimiento máximo(m)</i>	<i>Separación máxima entre rociadores (S) (m)</i>	<i>Separación máxima entre ramales (L) (m)</i>
<i>Leve*</i>	20	4,6	4,4	4,4
<i>Estacionamiento</i>	12	4,6	3	4
<i>Bodega 1</i>	12	4,6	3	4
<i>Bodega 2</i>	9	3	3	3

* *Ocupación leve: Oficinas, Reunión Pública y Mercantil*

Tabla 7. Áreas de cobertura, separación entre rociadores y ramales por ocupación. Elaboración propia.

3.7. Selección de rociadores

La selección de rociadores en un sistema contra incendios requiere un proceso técnico fundamentado en la naturaleza de la ocupación, el nivel de riesgo de incendio, la altura de los recintos, así como en aspectos de sensibilidad térmica, densidad de descarga y cobertura autorizada por la NFPA 13. Estos factores determinan no solo el tipo de rociador más adecuado, sino también el criterio de diseño hidráulico que debe aplicarse en cada sector del edificio.

La presión operativa mínima de los rociadores automáticos, establecida en la NFPA 13 (2022) en el apartado 28.2.4.11, corresponde al valor más bajo de presión que debe garantizarse en el punto de descarga de cualquier rociador para asegurar su funcionamiento. Este valor se fija en 7 psi (0.5 bar), lo cual responde a la necesidad de que, aun en condiciones críticas de caudal y presión dentro de la red hidráulica, el rociador sea capaz de generar un patrón de descarga adecuado que permita cubrir el área de diseño prevista.

Por otro lado, la presión operativa máxima, contemplada en el apartado 28.2.4.12, establece el límite superior de presión al que puede estar sometido un rociador en condiciones

de servicio. Para riesgos extra y aplicaciones de almacenamiento en diferentes configuraciones (como palés, apilamientos compactos, gavetas o estanterías), este valor se establece en 175 psi (12 bar). Este límite busca prevenir problemas asociados a la atomización excesiva del agua y posibles daños mecánicos en el dispositivo, para asegurar que la descarga se mantenga en un rango efectivo para el control o supresión del incendio.

El factor K es fundamental en el diseño de sistemas de rociadores según NFPA 13, ya que determina la cantidad de agua descargada por cada rociador. Un factor K más alto implica un mayor flujo de agua, esencial para espacios con mayores riesgos de incendio. La correcta elección de este factor es crucial para garantizar la efectividad del sistema en la protección contra incendios.

El tamaño de la rosca NPT (National Pipe Thread) también es importante, ya que asegura una conexión adecuada entre el rociador y las tuberías del sistema. Una rosca compatible con el factor K permite un flujo de agua óptimo y evita fugas, asegura así el buen funcionamiento del sistema bajo las presiones de trabajo. En el Capítulo 7: Requisitos para componentes y *hardware* del Sistema de la NFPA 13, se establecen las características de los rociadores, como principal interés el factor K y el tipo de rosca para este tipo de rociador.

Factor K nominal [gpm/(psi) ^{1/2}]	Factor K nominal [L/min/(bar) ^{1/2}]	Rango del factor K [gpm/(psi) ^{1/2}]	Rango del factor K [L/min/(bar) ^{1/2}]	Porcentaje de descarga del factor K-5.6 nominal	Tipo de rosca
1.4	20	1.3–1.5	19–22	25	1/2 pulg. (15 mm) NPT
1.9	27	1.8–2.0	26–29	33.3	1/2 pulg. (15 mm) NPT
2.8	40	2.6–2.9	38–42	50	1/2 pulg. (15 mm) NPT
4.2	60	4.0–4.4	57–63	75	1/2 pulg. (15 mm) NPT
5.6	80	5.3–5.8	76–84	100	1/2 pulg. (15 mm) NPT
8.0	115	7.4–8.2	107–118	140	3/4 pulg. (20 mm) NPT o 1/2 pulg. (15 mm) NPT
11.2	160	10.7–11.7	159–166	200	1/2 pulg. (15 mm) NPT o 3/4 pulg. (20 mm) NPT
14.0	200	13.5–14.5	195–209	250	3/4 pulg. (20 mm) NPT
16.8	240	16.0–17.6	231–254	300	3/4 pulg. (20 mm) NPT
19.6	280	18.6–20.6	272–301	350	1 pulg. (25 mm) NPT
22.4	320	21.3–23.5	311–343	400	1 pulg. (25 mm) NPT

Figura 34. Tabla 7.2.2.1 Identificación de las características de descarga de los rociadores. NFPA 13

(2022)

Otro aspecto trascendental a la hora de seleccionar los rociadores es la temperatura máxima esperada en el cielorraso, esto con el fin de seleccionar correctamente el bulbo de vidrio. De acuerdo con los datos proporcionados por el Instituto Meteorológico Nacional (INM), la temperatura máxima alcanzada en Zapote, en el periodo de enero 2024 a agosto 2025 fue de aproximadamente 26 °C. Los rociadores que se utilizarán serán de temperatura ordinaria, para cumplir con la clasificación de temperatura se analizará en cada caso el bulbo de vidrio de acuerdo con la Figura 35.

Temperatura máxima del cielorraso		Rango de temperatura		Clasificación de temperatura	Colores del bulbo de vidrio
°F	°C	°F	°C		
100	38	135	57	Ordinaria	Naranja
120	49	155	68	Ordinaria	Rojo
150	66	175	79	Intermedia	Amarillo
150	66	200	93	Intermedia	Verde
225	107	250–300	121–149	Alta	Azul
300	149	325–375	163–191	Extra alta	Morado
375	191	400–475	204–246	Muy extra alta	Negro
475	246	500–575	260–302	Ultra alta	Negro
625	329	650	343	Ultra alta	Negro

Figura 35. Tabla 7.2.4.1(a) Rangos de temperatura, clasificaciones y códigos de colores para bulbos de vidrio. NFPA 13 (2022).

Rociadores para riesgo ligero

Dado que las características combustibles presentes en las ocupaciones de Negocios, Mercantil y Reunión Pública, descritas en la Figura 32, son limitadas y la velocidad de propagación del incendio es baja, se traduce en una densidad de aplicación mínima de 0.1 gpm/ft² (4.1 mm/min) según la Tabla 19.2.3.1.1 de la NFPA 13. Para alcanzar dicha densidad con presiones compatibles, la norma contempla el uso de rociadores de orificio estándar y de respuesta rápida, los de K5.6 (80 L/min/bar^{1/2}) son los más utilizados, ya que permiten cumplir con la densidad requerida sin generar demandas hidráulicas excesivas en el sistema.

Para el cálculo del caudal, se aplica la siguiente fórmula

$$Q = A_s \cdot D$$
$$Q = 225 \text{ ft}^2 \cdot 0,1 \frac{\text{gpm}}{\text{ft}^2}$$
$$Q = 22,5 \text{ gpm}$$

Teniendo el caudal mínimo para este rociador, se procede con el cálculo de la presión requerida por este tipo de rociador.

$$P = \left(\frac{Q}{K}\right)^2 = \left(\frac{22,5 \text{ gpm}}{5,6}\right)^2 = 16,14 \text{ psi}$$

Con los cálculos anteriores se demuestra que un rociador K5,6 puede suplir la presión mínima de 7 psi que establece la norma. Los diseños de este tipo de rociadores a son comunes, por lo tanto, existe mucha disponibilidad en el mercado. Tomando en cuenta la opinión de expertos en diseño y asesores comerciales, se selecciona un rociador Reliable F1FR56 Series Quick Response, con un rango de temperatura de 57°C (135 °F), bulbo rojo.

Rociadores para Bodega 1

De acuerdo con la NFPA 13 (2022), Capítulo 21, la protección para mercancías de Clase I a IV depende del tipo de almacenamiento y de la altura alcanzada. En este caso, se trata de mercancías Clase III en estanterías con una altura de 3,6 m, valor que se encuentra por debajo del límite de 4,6 m establecido por la norma para la aplicación de criterios específicos de protección en estanterías. Al no superar dicho umbral, es posible aplicar el método densidad/área como base de diseño, considerando la mercancía, el grado de combustibilidad y la distribución de los rociadores.

El método densidad/área resulta adecuado porque permite garantizar la descarga de agua suficiente sobre el área de diseño determinada, para lograr un control eficaz del incendio en ocupaciones con este nivel de riesgo. Este método asegura que, con una altura de 3,6 m, la protección pueda resolverse mediante rociadores de techo diseñados, sin requerir configuraciones adicionales como rociadores in-rack o sistemas especiales, que solo serían necesarios en almacenamientos con mayor altura o complejidad.

Clase de mercancía	Encapsulada	Rociadores en estanterías obligatorios	Pasillos pies (m)	Rociador certificado para temperatura alta	Rociador certificado para temperatura ordinaria
I	No	No	4 (1.2)	0.19 (7.7)	0.22 (9.0)
			8 (2.4)	0.17 (6.9)	0.20 (8.1)
	Sí	No	4 (1.2)	0.33 (13.4) ^a	0.33 (13.4) ^b
			8 (2.4)	0.28 (11.4)	0.32 (13.0)
II	No	No	4 (1.2)	0.23 (9.4)	0.26 (10.6)
			8 (2.4)	0.20 (8.2)	0.22 (9.0)
	Sí	No	4 (1.2)	0.33 (13.4) ^a	0.33 (13.4) ^b
			8 (2.4)	0.28 (11.4)	0.32 (13.0)
III	No	No	4 (1.2)	0.26 (10.6)	0.29 (11.8)
			8 (2.4)	0.22 (9.0)	0.25 (10.2)
	Sí	Sí	4 (1.2)	Ver Capítulo 25.	
			8 (2.4)		

Figura 36. Tabla 21.4.1.2.1.1(a) Estanterías de hilera única o doble — Altura de almacenamiento de hasta 15 pies (4.6 m) [gpm/pies² (mm/min)], inclusive. NFPA 13 (2022)

De acuerdo con la tabla anterior, se debe tomar una densidad de 0,29 gpm/pie² debido a que las mercancías no se encuentran encapsuladas y no se requiere rociadores in-rack. La sección 21.1.3 menciona que, para aplicaciones de almacenamiento general, almacenamiento en estanterías, almacenamiento de neumáticos de caucho, almacenamiento de papel en rollo y almacenamiento de algodón en bala que se están protegiendo con rociadores pulverizadores montantes y colgantes con densidades requeridas de más de 0.2 gpm/pie² a 0.34 gpm/pie², deben usarse rociadores de respuesta estándar con un factor K nominal de K8 o más. Considerando la disponibilidad, se proponen 2 tipos de rociadores colgantes, uno de K8 y el otro de K11,2.

Al aplicar la densidad de diseño sobre el área de cobertura de cada rociador, se obtiene el caudal mínimo que debe descargar dicho dispositivo. Esto se expresa como $Q = D \times A_s$. Este paso permite trasladar la exigencia de densidad-área, que aplica a la totalidad del sistema, a la unidad básica de diseño: el rociador individual. Así, el cálculo de Q garantiza que cada rociador aporte el caudal proporcional requerido en el área de diseño. Tal y como se mencionó en la sección 3.6.2 de este documento, $A_s = 130 \text{ ft}^2$.

Se aplica la fórmula para conocer cuál de las 2 propuestas de rociador conviene, de tal modo:

$$Q = 0,29 \frac{gpm}{ft^2} \cdot 130 ft^2 = 37,7 gpm$$

Usando la fórmula del Factor K, para ambas propuestas se tiene

- Para K8:

$$P = \left(\frac{Q}{K}\right)^2 = \left(\frac{37,7}{8}\right)^2 = 22,20 psi$$

- Para K11,2

$$P = \left(\frac{Q}{K}\right)^2 = \left(\frac{37,7}{11,2}\right)^2 = 11,33 psi$$

De acuerdo con los cálculos anteriores, para un rociador K8 la presión requerida resulta mayor, mientras que con un rociador K11,2 la presión disminuye de forma significativa, y se mantiene dentro de los márgenes de diseño aceptables.

Si bien, ambos factores K podrían cumplir con la densidad requerida, la decisión final se fundamenta en la disponibilidad del rociador en el mercado. El modelo K-11.2 no solo se encuentra listado para aplicaciones de almacenamiento Clase III, sino que además asegura un desempeño hidráulico más favorable frente a las limitaciones de presión en el sistema. El rociador seleccionado para esta área es Reliable J112 Pendent Extended Coverage, con un rango de temperatura de 68°C (115 °F), bulbo rojo.

Rociadores para Bodega 2

Considerando que en la Bodega 2 la altura y características constructivas son mayores, la selección más adecuada corresponde a rociadores ESFR (Early Suppression Fast Response). Estos equipos están diseñados para descargar grandes volúmenes de agua de forma concentrada, con el objetivo de suprimir el incendio en sus etapas iniciales, en muchos casos se elimina la necesidad de instalar rociadores en racks.

De esta manera, se logra un nivel superior de protección frente a la carga de fuego y a la complejidad del almacenamiento en altura. En la última actualización de la norma NFPA 13 (2022), únicamente se toma en cuenta la altura del cielorraso/techo y se omite la altura del almacenamiento.

Mercancía ^a	Rociadores ESFR – Presión operativa mínima con orientación colgante psi (bar)					
	Altura máxima de cielorraso/techo		Factores K nominal			
	pie	m	14 (200)	16.8 (240)	22.4 (320)	25.2 (360)
Plásticos del Grupo A no expandidos en cajas de cartón y Clase I a Clase IV	25	7.6	50 (3.4)	35 (2.4)	25 (1.7)	15 (1.0)
	30	9.1	50 (3.4)	35 (2.4)	25 (1.7)	15 (1.0)
	35	10.7	75 (5.2)	52 (3.6)	35 (2.4)	20 (1.4)
	40	12.2	–	52 (3.6)	–	25 (1.7)
	45	13.7	–	–	40 (2.8)	40 (2.8)

Figura 37. Table 23.3.1 Opciones de rociadores ESFR de cielorraso solamente para almacenamiento en apilamientos compactos, palés, y estantería única y doble y estanterías múltiples. NFPA 13 (2022)

Teniendo en cuenta que se tiene una mercancía Clase III, el techo tiene una altura aproximada de 11,6 metros y la altura del almacenamiento es de aproximadamente 3,2 metros, se selecciona un rociador K16,8 a 52 psi. El cálculo del caudal se realiza de la siguiente forma:

$$Q = 16,8 \cdot \sqrt{52 \text{ psi}}$$

$$Q = 121,14 \text{ gpm}$$

Con todos los datos seleccionados y calculados; y tomando en cuenta la disponibilidad, se selecciona un rociador Reliable JL17 ESFR Sprinkler con K16,8 a una presión mínima de 52 psi y un rango de temperatura de 74°C (165 °F).

Rociadores para estacionamiento

La protección de estacionamientos nuevos y existentes, así como el control de riesgos en estructuras para estacionamiento al aire libre, estructuras para estacionamiento con cerramiento y estructuras para estacionamiento subterráneo y en sótanos deben cumplir con capítulo 29 de la NFPA 1 y la Sección 42.8 de NFPA 101.

Considerando la exigencia para el estacionamiento, clasificado como riesgo ordinario grupo 2 (OH2), la NFPA 13 recomienda emplear el método de densidad-área, dado que la naturaleza de la ocupación no requiere rociadores de aplicación especial. Este criterio asegura un dimensionamiento hidráulico acorde con la carga combustible típica de vehículos y con el potencial de propagación del fuego en recintos de estacionamiento. Se propone un rociador K8, esto debido al tipo de riesgo. Tal y como se mencionó en la sección 3.6.2 de este documento, $A_s = 130 \text{ ft}^2$.

Se aplica la fórmula para conocer cuál de las 2 propuestas de rociador conviene, de tal modo:

$$Q = 0,2 \frac{\text{gpm}}{\text{ft}^2} \cdot 130 \text{ ft}^2 = \mathbf{26 \text{ gpm}}$$

Usando la fórmula del Factor K:

- Con K-8,0:

$$P = \left(\frac{Q}{K}\right)^2 = \left(\frac{26}{8}\right)^2 = 10,56 \text{ psi}$$

Con los resultados anteriores y verificando que se cumplen áreas de protección y presiones mínimas, se selecciona el rociador Reliable F1FR80 Pendent Sprinkler K8 a 10,56 psi con un rango de temperatura de 68°C (155 °F).

Tablas resumen de rociadores

En esta tabla se enlistan los aspectos técnicos de cada rociador de acuerdo con la hoja de información proporcionada por el fabricante.

<i>Ubicación</i>	<i>Fabricante</i>	<i>Modelo</i>	<i>Factor K</i>	<i>Respuesta</i>
<i>Oficinas</i>	Realiabile	F1FR56	5,6	Repuesta Rápida
<i>Sala de Reunión</i>		F1FR56	5,6	Repuesta Rápida
<i>Estacionamiento</i>		F1FR80	8	Repuesta Rápida
<i>Bodega 1</i>		J112	11,2	Cobertura extendida
<i>Bodega 2</i>		JL17	16,8	Repuesta Rápida

Tabla 8. Características técnicas de los rociadores seleccionados.

Por último, se enlistan los datos hidráulicos necesarios a considerar en el proyecto para cada rociador.

<i>Ubicación</i>	<i>Factor K</i>	<i>Respuesta</i>	<i>Caudal (GPM)</i>	<i>Presión (psi)</i>
<i>Oficinas</i>	5,6	Repuesta Rápida	22,5	16,14
<i>Sala de Reunión</i>	5,6	Repuesta Rápida	22,5	16,14
<i>Estacionamiento</i>	8	Repuesta Rápida	26	10,56
<i>Bodega 1</i>	11,2	Cobertura extendida	37,7	11,33
<i>Bodega 2</i>	16,8	Repuesta Rápida	121,14	52

Tabla 9. Características hidráulicas de los rociadores seleccionados.

Se debe mencionar que estos rociadores han sido seleccionados debido a la disponibilidad durante la etapa de diseño del presente proyecto. Los mismos cálculos y consideraciones de temperatura, factor K, respuesta y cobertura deben ser tomadas en cuenta si se utilizan rociadores de otras marcas.

3.8. Diseño de red de tuberías.

Las disposiciones arquitectónicas sugieren una configuración de malla para el área de almacenamiento y estacionamiento, y una configuración tipo árbol para oficinas, reuniones públicas y demás áreas consideradas. Ambos sistemas se dividirán en subsistemas debido a las restricciones de área máxima. La selección de las tuberías se basará en la disposición previa de los rociadores en los planos, como se detalla en los apéndices. La Figura 38 presenta la tabla de selección de tuberías para riesgo leve, que corresponde a la tabla 28.5.2.2.1 de la norma. Por otro lado, la Figura 39 corresponde a la tabla 28.5.3.4 para la selección de tuberías para riesgo ordinario.

Acero		Cobre	
1 pulg. (25 mm)	2 rociadores	1 pulg. (25 mm)	2 rociadores
1 ¹ / ₄ pulg. (32 mm)	3 rociadores	1 ¹ / ₄ pulg. (32 mm)	3 rociadores
1 ¹ / ₂ pulg. (40 mm)	5 rociadores	1 ¹ / ₂ pulg. (40 mm)	5 rociadores
2 pulg. (50 mm)	10 rociadores	2 pulg. (50 mm)	12 rociadores
2 ¹ / ₂ pulg. (65 mm)	30 rociadores	2 ¹ / ₂ pulg. (65 mm)	40 rociadores
3 pulg. (80 mm)	60 rociadores	3 pulg. (80 mm)	65 rociadores
3 ¹ / ₂ pulg. (90 mm)	100 rociadores	3 ¹ / ₂ pulg. (90 mm)	115 rociadores
4 pulg. (100 mm)	Ver Sección 4.4.	4 pulg. (100 mm)	Ver Sección 4.4.

Figura 38. Table 28.5.2.2.1 Cédulas de tubería para riesgo leve. NFPA 13 (2022)

Acero		Cobre	
1 pulg. (25 mm)	2 rociadores	1 pulg. (25 mm)	2 rociadores
1 ¹ / ₄ pulg. (32 mm)	3 rociadores	1 ¹ / ₄ pulg. (32 mm)	3 rociadores
1 ¹ / ₂ pulg. (40 mm)	5 rociadores	1 ¹ / ₂ pulg. (40 mm)	5 rociadores
2 pulg. (50 mm)	10 rociadores	2 pulg. (50 mm)	12 rociadores
2 ¹ / ₂ pulg. (65 mm)	20 rociadores	2 ¹ / ₂ pulg. (65 mm)	25 rociadores
3 pulg. (80 mm)	40 rociadores	3 pulg. (80 mm)	45 rociadores
3 ¹ / ₂ pulg. (90 mm)	65 rociadores	3 ¹ / ₂ pulg. (90 mm)	75 rociadores
4 pulg. (100 mm)	100 rociadores	4 pulg. (100 mm)	115 rociadores
5 pulg. (125 mm)	160 rociadores	5 pulg. (125 mm)	180 rociadores
6 pulg. (150 mm)	275 rociadores	6 pulg. (150 mm)	300 rociadores
8 pulg. (200 mm)	Ver Sección 4.4.	8 pulg. (200 mm)	Ver Sección 4.4.

Figura 39. Tabla 28.5.3.4 Cédula de tubería para riesgo ordinario. NFPA 13 (2022)

Dado que no se dispone de valores definidos para los diámetros de las tuberías, resulta imposible efectuar el cálculo hidráulico de forma manual en esta etapa por lo que se recurre a la selección de tuberías preliminares para realizar un cálculo aproximado. Esto se corrobora con el cálculo hidráulico considerando que las presiones, caudales y velocidades dentro de la tubería no excedan el mínimo ni máximo permitido.

De acuerdo con la sección 28.2.4.7.5 de la NFPA 13, los cálculos deben comenzar en el rociador más remoto hidráulicamente. Para la aplicación específica del diseño y con base en consideraciones técnicas estándar y la experiencia acumulada en la industria, se ha determinado que la tubería de alimentación será de acero Schedule 10, de acuerdo con la especificación ASTM A795.

3.9. Sistema de alarma

De acuerdo con la NFPA 101, Capítulo 42, Sección 42.3.4.1.2, “no debe requerirse que las ocupaciones destinadas a almacenamiento con contenidos de riesgo ordinario o elevado, cuya área total no exceda los 100 000 pies² (aproximadamente 9300 m²), cuenten con un sistema de alarma de incendio”. Esta disposición reconoce que, en ocupaciones donde el riesgo de propagación rápida del fuego es limitado y las áreas están claramente sectorizadas, la instalación de un sistema de alarma puede no ser necesaria si existen otros medios adecuados de detección o supresión.

Asimismo, la Reglamentación Nacional para la Protección Contra Incendios (RNPCI), en su sección 11.7.14, establece que no será obligatorio instalar un sistema de alarma de incendio en estructuras de estacionamiento abiertas o al aire libre. Además, la misma norma aclara que tampoco se requerirá dicho sistema en estructuras de estacionamiento que cuenten con protección total mediante un sistema de rociadores automáticos, ya que estos proporcionan una detección y control efectivos del incendio en sus etapas iniciales.

En consecuencia, tomando en cuenta ambas normativas, no se considera necesario incorporar un sistema de alarma de incendio independiente en la instalación evaluada, dado que la edificación se encuentra totalmente protegida mediante un sistema de rociadores automáticos, lo que asegura una detección temprana, control del fuego y aviso automático a los ocupantes o al personal responsable de la operación del sistema. Esta medida resulta técnicamente suficiente para garantizar la seguridad de las personas, los bienes y la continuidad operativa, y de acuerdo con los requerimientos establecidos por las normas internacionales y nacionales aplicables.

3.10. Cálculo hidráulico

Una vez asignados los diámetros preliminares, se realiza el cálculo hidráulico detallado según lo indicado en el Capítulo 28 (Planos y Cálculos) de la NFPA 13. Este cálculo tiene por finalidad determinar las pérdidas de presión a lo largo de la red mediante la aplicación de la fórmula de Hazen–Williams mostrada en la sección 28.2.2.1.1 de la norma mencionada, la cual es ampliamente aceptada en sistemas de rociadores automáticos. La fórmula mencionada se presenta a continuación

$$\rho = \frac{4,52 \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot d^{4,87}}$$

Donde:

p = resistencia friccional (psi/pie de tubería)

Q = flujo (GPM)

C=coeficiente de pérdida por fricción

d= diámetro interno real de la tubería (in)

Para ello, se utilizan los coeficientes de fricción (C) apropiados para el material de la tubería, así como las tablas de longitudes equivalentes para accesorios y conexiones que proporciona la norma en la Tabla 28.2.3.1.1 mostrada en la Figura 40.

Estas tablas permiten convertir cada codo, tee o válvula en una longitud adicional equivalente, con el propósito de reflejar fielmente las pérdidas de carga del sistema.

Accesorios y válvulas	Accesorios y válvulas expresadas en pies equivalentes de tubería													
	3/4 pulg.	1 pulg.	1 1/4 pulg.	1 1/2 pulg.	2 pulg.	2 1/2 pulg.	3 pulg.	3 1/2 pulg.	4 pulg.	5 pulg.	6 pulg.	8 pulg.	10 pulg.	12 pulg.
Codo 45 grados	1	1	1	2	2	3	3	3	4	5	7	9	11	13
Codo estándar 90 grados	2	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	18	22	27
Codo de giro largo 90 grados	1	2	2	2	3	4	5	5	6	8	9	13	16	18
En T o cruz (flujo con giro 90 grados)	3	5	6	8	10	12	15	17	20	25	30	35	50	60
Válvula mariposa	–	–	–	–	6	7	10	–	12	9	10	12	19	21
Válvula de compuerta	–	–	–	–	1	1	1	1	2	2	3	4	5	6
De retención a clapeta*	–	5	7	9	11	14	16	19	22	27	32	45	55	65
Válvula de manguera de globo (recto)	–	–	–	46	–	70	–	–	–	–	–	–	–	–
Válvula de ángulo o de manguera	–	–	–	20	–	31	–	–	–	–	–	–	–	–

Figura 40. Tabla 28.2.3.1.1. Tabla de longitudes equivalentes de tuberías de acero. NFPA 13 (2022)

La sección 28.2.4.5.1 menciona que, para sistemas en malla, el diseñador debe verificar que se esté usando el área de mayor demanda hidráulica. Tomando esto en consideración y comparando las distancias entre las áreas de diseño y el cuarto de bombas, se establece que el área de mayor demanda hidráulica se encuentra en la Bodega 2.

De acuerdo con la NFPA 13 (2022), Tabla 28.2.4.8.1 el coeficiente de fricción C empleado en la fórmula de Hazen–Williams depende del material y del estado interno de la tubería, ya que este valor representa la rugosidad relativa y afecta directamente las pérdidas de carga por fricción en el sistema hidráulico. En el caso del presente diseño, se seleccionó tubería de acero negro, material recomendado por la norma para sistemas húmedos de rociadores automáticos, debido a su resistencia mecánica, durabilidad y compatibilidad con las presiones de trabajo habituales en redes de incendio.

Además, la NFPA 13 establece que todos los componentes del sistema, incluidas las tuberías, conexiones y accesorios, deben estar listados y aprobados por organismos reconocidos como UL (Underwriters Laboratories) y FM (Factory Mutual), lo cual garantiza su conformidad con los estándares de desempeño y seguridad. Según la citada tabla, para tuberías de acero nuevas o en buen estado el valor apropiado del coeficiente de fricción es $C=120$, el cual se emplea en los cálculos hidráulicos para estimar de manera precisa las

pérdidas por fricción y asegurar un diseño confiable y eficiente de acuerdo con las exigencias de la normativa.

Tubería o tubo	Valor C*
De hierro dúctil o fundido sin revestimiento	100
De acero negro (sistemas secos, incluidos sistemas de acción previa)	100
De acero negro (sistemas húmedos, incluidos sistemas tipo diluvio)	120
De acero negro (sistemas secos incluidos de acción previa) que usan nitrógeno [†]	120
De acero galvanizado (sistemas secos, incluidos sistemas de acción previa)	100
De acero galvanizado (sistemas húmedos, incluidos sistemas tipo diluvio)	120
De acero galvanizado (sistemas secos incluidos de acción previa) que usan nitrógeno [†]	120
De plástico (listado) – todos	150
De hierro dúctil o fundido con revestimiento de cemento	140
Tubo de cobre, de latón o acero inoxidable	150
De asbesto cemento	140
De concreto	140

Figura 41. Tabla 28.2.4.8.1 Valores C de Hazen–Williams. NFPA 13 (2022)

NFPA 13 no menciona ninguna limitación de velocidad específica para el uso de la fórmula de Hazen-Williams. Esto es, en parte, debido a que se prevé que los valores de una pérdida por fricción excesiva resultarán en un aumento de los tamaños de las tuberías, lo que sirve como un límite inherente de la velocidad. Sin embargo, NFPA 13 Handbook recomienda no exceder una velocidad de 20 ft/s en cualquiera de las tuberías consideradas.

De acuerdo con la NFPA 13 (2022), los resultados de este análisis deben documentarse mediante una hoja de trabajo estandarizada, descrita en la Figura 28.4.5.1.2(d), denominada Hoja de trabajo detallada de cálculo hidráulico. Este formato oficial tiene como finalidad organizar, de forma clara y verificable, todos los datos y resultados obtenidos durante el proceso de dimensionamiento hidráulico.

INFORMACIÓN DE LA TUBERÍA

Nodo 1	Elev 1 (pie) (m)	Factor K	Flujo agregado — en este paso (q)	DI nominal	Accesorios — cantidad y longitud	L pie (m)	Factor C	total (Pt)	Notas
						F pie (m)		Pf por pies (m) (psi) (bar)	
Nodo 2			Flujo total (Q)	DI real		T pie (m)		fricc (Pf)	
datos 1	datos 1	datos 1	datos 1	datos	datos	datos	datos	datos 1	datos
					datos	datos		datos	
datos 2	datos 2		datos	datos	datos	datos	datos	datos	
datos 1	datos 1	datos 1	datos 1	datos	datos	datos	datos	datos 1	datos
					datos	datos		datos	
datos 2	datos 2		datos	datos	datos	datos	datos	datos	
datos 1	datos 1	datos 1	datos 1	datos	datos	datos	datos	datos 1	datos
					datos	datos		datos	
datos 2	datos 2		datos	datos	datos	datos	datos	datos	

Figura 42. Hoja de trabajo detallada. NFPA 13 (2022)

La hoja de trabajo detallada es una herramienta que facilita el seguimiento del cálculo tramo por tramo, muestra la información esencial de cada sección de la red: longitud, diámetro, material, coeficiente de rugosidad, caudal acumulado, pérdidas por fricción, pérdidas equivalentes en accesorios, presión remanente y elevación. El cálculo se realiza de manera progresiva desde el último rociador hacia la fuente de suministro, sumando las pérdidas de cada tramo y considerando las variaciones de altura que influyen en la presión estática. El resultado final permite determinar la presión requerida en la entrada del sistema o en la bomba contra incendios, con el fin de mantener la presión mínima establecida en el punto más crítico. Para este cálculo, inicialmente se implementó el *software* Excel, de esta manera se estudia el comportamiento tramo por tramo y en cada uno de los rociadores. Considerando lo mencionado anteriormente, en Bodega 2 se presenta la mayor demanda

hidráulica, por lo que en este punto se centra el cálculo. En la siguiente figura se muestra el cálculo obtenido. La hoja de información de la tubería completa se encuentra en la sección de Apéndices, específicamente en el Apéndice 2.

INFORMACIÓN DE LA TUBERÍA.

Nodo 1	Elev. 1 (ft)	Factor K	Flujo adicionado (q)	Diam. Interno (in)	Accesorios	L	(m)	C	Pt	Total	Notas
						F	(m)		Pf por metro (psi)	Pe	
Nodo 2	Elev.2 (ft)		Flujo Total (Q)	Diam. Interno real (in)		T	(m)		Pf	Fricción	
1	37	16.8	121.15	3		L	10	120	Pt	52	
						F	0		Pe	0	
2	37	16.8	121.15	3,260		T	10	0.01458	Pf	0.1458	
						L	10		120	Pt	
2	37	16.8	121.32	3		F	0	0.05263	Pe	0	
						T	10		Pf	0.5263	
3	37	16.8	121.93	3		L	10	120	Pt	52.6721	
						F	0		Pe	0	
4	37	16.8	364.75	3,260		T	10	0.11183	Pf	1.118	
						L	10		120	Pt	
5	37	16.8	121.22	3		F	0	0.0146	Pe	0	
						T	10		Pf	0.146	
6	37	16.8	121.39	3		L	10	120	Pt	52.216	
						F	0		Pe	0	
7	37	16.8	242.63	3,260		T	10	0.05269	Pf	0.5269	
						L	10		120	Pt	
7	37	16.8	122	3		F	0	0.11196	Pe	0	
						T	10		Pf	1.1196	
8	37	16.8	363.63	3,260		L	10	120	Pt	52.31	
						F	0		Pe	0	
9	37	16.8	121.5	3		T	10	0.01466	Pf	0.1466	
						L	10		120	Pt	
10	37	16.8	121.67	3		F	0	0.05291	Pe	0	
						T	10		Pf	0.5290	
10	37	16.8	243.17	3,260		L	10	120	Pt	52.98	
						F	0		Pe	0	
11	37	16.8	122.28	3		T	10	0.11243	Pf	1.1243	
						L	10		120	Pt	
11	37	16.8	365.46	3,260		F	0	0.11243	Pe	0	
						T	10		Pf	1.1243	

4	37	16.8	123.21	3	TEE	L	5	120	Pt	53.79
			487.6	3,260		F	20	0.1916	Pe	0
						T	25		Pf	4.7900
107	37	0	487.6	6	TEE	L	10	120	Pt	58.580
			487.6	6,357		F	0	0.0742	Pe	0
						T	10		Pf	0.7420
8	37	16.8	487.6	3	TEE	L	5	120	Pt	53.860
			487.91	3,260		F	20	0.19191	Pe	0
						T	25		Pf	4.798
106	37	0	487.91	3	TEE	L	10	120	Pt	58.658
			975.52	3,260		F	0	0.02675	Pe	0
						T	10		Pf	0.2675
105	37	16.8	489.03	3	TEE	L	5	120	Pt	58.925
			123.58	3,260		F	20	0.19272	Pe	0
						T	25		Pf	11.1190
105	37	0	975.52	6	Codo 90°	L	178	120	Pt	70.04
			1464.55	6,357		F	18	0.05673	Pe	16.021
						T	196		Pf	4.590
104	37	0	975.52	6	Válvula de compuerta Válvula Check	L	37	120	Pt	90.66
			1464.55	6,357		F	44	0.05673	Pe	0
						T	81		Pf	1.611
103	37	0	975.52	8	Codo 90°	L	80	120	Pt	92.27
			1464.55	8,249		F	21	0.01595	Pe	0
						T	101		Pf	1.611
102	37	0	975.52	8	Válvula de compuerta Válvula Check	L	10	120	Pt	93.88
			1465.32	8,249		F	44	0.01595	Pe	0
						T	54		Pf	0.861

Figura 43. Hoja de trabajo detallada cálculo manual. Elaboración propia.

Como se observa en el cálculo preliminarmente se requiere un caudal de 1465,32 GPM a una presión de 93,88 psi. La Tabla 20.15.2.6 A (no mostrada) establece la duración mínima del caudal para realizar el cálculo del tanque de suministro. Según lo establecido en la tabla correspondiente, para mercancías de Clase III protegidas mediante rociadores tipo ESFR, cuando el cálculo hidráulico considera hasta 12 rociadores operando simultáneamente, el sistema debe disponer de una duración mínima del suministro de agua de 60 minutos, lo cual garantiza la capacidad de respuesta continua durante la emergencia. Por último, al cálculo se le debe adicionar el caudal teórico de mangueras, aunque no se incluye en el alcance de este proyecto, es necesario tomar en cuenta. En la Figura 44 se muestra que para riesgo ordinario es necesario considerar un caudal de 250 gpm.

Ocupación	Manguera interior		Manguera interior y exterior total combinada		Duración (minutos)
	gpm	L/min	gpm	L/min	
Riesgo leve	0, 50, o 100	0, 190, o 380	100	380	30
Riesgo ordinario	0, 50, o 100	0, 190, o 380	250	950	60 o 90
Riesgo extra	0, 50, o 100	0, 190, o 380	500	1900	90 o 120

Figura 44. Table 19.2.3.1.2 Requisitos de asignación para chorros de mangueras y duración del suministro de agua para sistemas calculados hidráulicamente. NFPA 13 (2022)

El cálculo hidráulico del sistema se complementó mediante el uso del *software* especializado Fire Sprinkler Hydraulic Calculations *Software* (Elite Fire), con el propósito de verificar y validar los resultados obtenidos de forma manual. Esta herramienta permite realizar una simulación precisa del comportamiento hidráulico del sistema, ya que en ella se ingresan los datos geométricos y operativos de las tuberías, accesorios y rociadores que conforman la ruta crítica.

El programa considera las características hidráulicas de cada componente, tales como longitudes equivalentes, pérdidas por fricción y factores K de los rociadores, para calcular de manera automática los caudales, presiones residuales y pérdidas de carga a lo largo de la red.

Además, el *software* genera reportes detallados que facilitan la selección adecuada de la bomba contra incendios, para garantizar que los resultados sean consistentes con los criterios establecidos en la NFPA 13 y la NFPA 20. Se presenta un extracto de resultados, la información completa se puede encontrar en el Anexo 1.

Overall Network Summary

Number Of Unique Pipe Sections:	18
Number Of Flowing Sprinklers:	12
Pipe System Water Volume:	673.47 gal
Sprinkler Flow:	1464.55 gpm
Non-Sprinkler Flow:	0.00 gpm
Demand Flow Excluding Exterior Hose Flow:	1464.55 gpm
Exterior Hose Flow:	250.00 gpm
Minimum Required Residual Pressure At System Inflow Node:	96.53 psi
Demand Flow At System Inflow Node:	1714.55 gpm

Figura 45. Resumen cálculos Élite Fire.

El cálculo hidráulico desarrollado en el *software* Fire Sprinkler Hydraulic Calculations (Elite Fire) arrojó un caudal de 1464,55 GPM con una presión residual de 96,53 psi. Estos valores representan el requerimiento hidráulico del área de diseño correspondiente a los rociadores ESFR considerados en la ruta crítica.

Para la simulación se tomaron en cuenta 12 rociadores ESFR operando simultáneamente, de acuerdo con los criterios establecidos por la NFPA 13 (2022) aplicable a la protección de mercancías Clase III. Esta cantidad de rociadores permite modelar una condición de descarga representativa del escenario más exigente, para asegurar que el sistema sea capaz de mantener la densidad de aplicación requerida durante una emergencia real.

De la simulación también se obtuvo un análisis del flujo dentro de las tuberías, este análisis determinó una velocidad máxima del fluido de 18.8 ft/s, valor que se encuentra dentro del límite recomendado por el NFPA 13 Handbook (2019), el cual sugiere no exceder los 20 ft/s para evitar pérdidas excesivas por fricción y garantizar un desempeño hidráulico estable.

En la siguiente tabla se observa la comparativa entre el cálculo manual a través de Excel y el cálculo realizado por Elite Fire.

	<i>Manual (Excel)</i>	<i>Elite Fire</i>
<i>Caudal (gpm)</i>	1465.32	1464.55
<i>Caudal de manguera teórico (gpm)</i>		250
<i>Presión (psi)</i>	93.88	96.53

Tabla 10. Comparación de caudales y presiones por método manual vs *software*.

Considerando que el *software* especializado realiza un análisis iterativo con mayor precisión, evaluando las pérdidas de carga y el comportamiento hidráulico en cada uno de los nodos, ramales y rociadores del sistema, se adopta como resultado final el caudal y la presión obtenidos mediante dicho cálculo computacional. Este procedimiento garantiza una representación más fiel de las condiciones reales de operación del sistema de rociadores, al contemplar simultáneamente las interacciones hidráulicas entre los distintos elementos de la red.

En consecuencia, se determina una demanda total del sistema de 1715,32 gpm a una presión de 96,53 psi, valores que se emplearán como base para la selección de la bomba principal y el dimensionamiento del tanque de almacenamiento, conforme a los criterios establecidos por la NFPA 13 y la NFPA 20.

En la siguiente figura se observa la curva dada por el *software* que permite obtener la información de caudal y presión necesarios para la selección de la bomba.

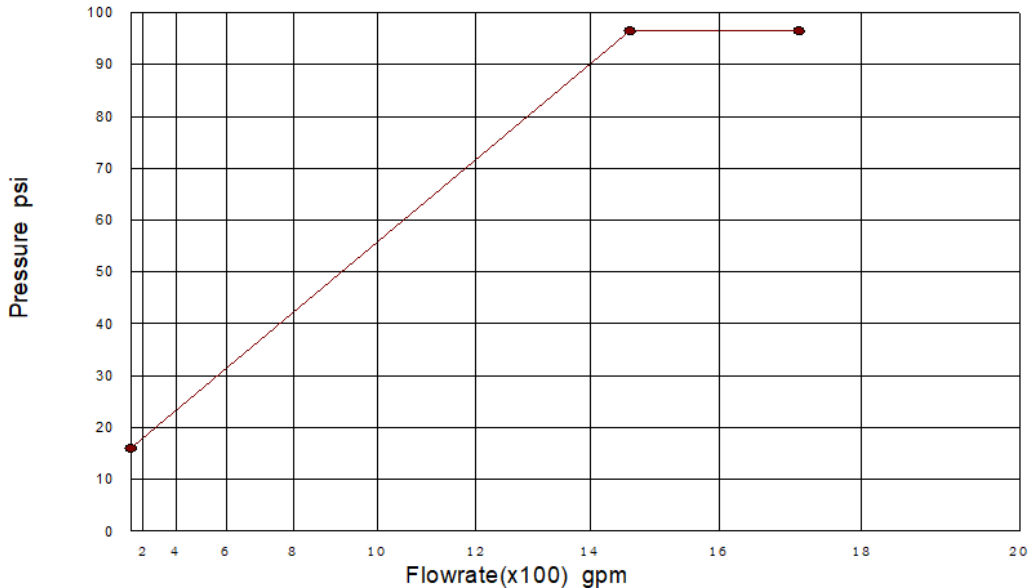


Figura 46. Gráfico de demanda hidráulica. Élite Fire.

3.11. Sistema de Bombeo

En la sección 4.10.1 de la NFPA 20 (2022) se establece que la bomba contra incendios centrífuga debe seleccionarse de manera que la mayor demanda individual de cualquier sistema de protección contra incendios alimentado por dicha bomba no exceda el 150 % de su capacidad nominal de caudal. Este requisito busca garantizar que la bomba opere dentro de un rango eficiente y seguro, para evitar condiciones de sobrecarga que puedan comprometer su desempeño hidráulico o reducir su vida útil.

En términos prácticos, esta disposición implica que la curva característica de la bomba debe permitir alcanzar el caudal de demanda requerido por el sistema (calculado según la NFPA 13 u otras normas aplicables) sin superar dicho límite del 150 %. Además, asegura que la bomba mantenga una presión adecuada en el punto de operación, incluso bajo las condiciones más exigentes del diseño hidráulico.

En la siguiente figura se muestran las capacidades nominales de caudal de las bombas centrífugas según la norma NFPA 20.

gpm	L/min	gpm	L/min
25	95	1,000	3,785
50	189	1,250	4,731
100	379	1,500	5,677
150	568	2,000	7,570
200	757	2,500	9,462
250	946	3,000	11,355
300	1,136	3,500	13,247
400	1,514	4,000	15,140
450	1,703	4,500	17,032
500	1,892	5,000	18,925
750	2,839		

Figura 47. Tabla 4.10.2 Caudales de bombas contra incendios centrífugas.
NFPA 20 (2022)

El Anexo 4.10 de la NFPA 20 (2022) menciona que el desempeño de la bomba cuando se utilice a capacidades superiores al 140 % del caudal nominal puede verse severamente afectado por las condiciones de succión. Además, no se recomienda la utilización de la bomba a caudales inferiores al 90 % del caudal nominal.

En otras palabras, la bomba contra incendios debe seleccionarse de modo que la demanda hidráulica total del sistema se encuentre entre el 90% y el 140% del caudal nominal de la bomba. Este rango operativo garantiza un funcionamiento eficiente y estable, para evitar tanto la sobredimensión del equipo como su operación en condiciones cercanas al límite máximo de capacidad. Mantener la bomba en este rango permite asegurar que el sistema funcione con una presión adecuada en todo momento, para optimizar el desempeño durante las condiciones de diseño más exigentes.

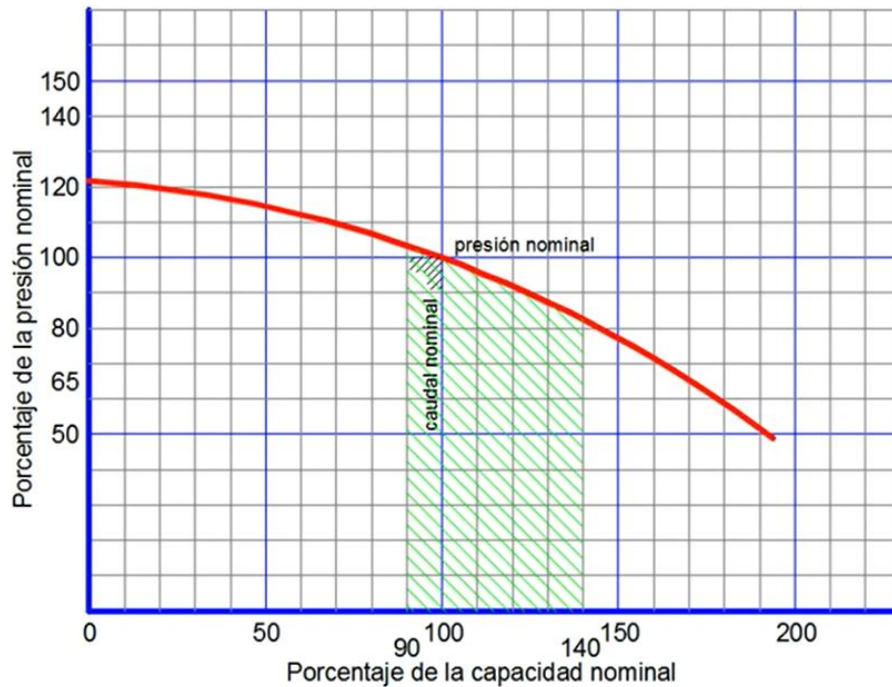


Figura 48. Rango operativo de selección de la bomba centrífuga. Ybirma (2024)

Una bomba sobredimensionada puede generar diversos inconvenientes técnicos y económicos. Entre ellos se incluyen un aumento en el consumo de combustible o energía, un costo inicial más elevado, y un mayor volumen de agua descargado durante las pruebas de aceptación y mantenimiento, lo que se traduce en el uso ineficiente de los recursos. Además, operar la bomba muy por debajo de su punto nominal puede provocar inestabilidad en la curva de rendimiento, cavitación o variaciones indeseadas de presión en la red.

Por otro lado, seleccionar una bomba que opere muy cerca o por encima de su caudal nominal reduciría su margen de seguridad, lo cual compromete su capacidad para sostener el flujo requerido en condiciones de demanda máxima. Por ello, el dimensionamiento adecuado conforme a la curva característica de la bomba y a los criterios de la NFPA 20 garantiza tanto la confiabilidad del sistema como la durabilidad del equipo, y permite una operación equilibrada entre eficiencia, seguridad y desempeño hidráulico.

Considerando las exigencias y recomendaciones de la norma en este punto se procede a realizar una relación de caudales que permita determinar el caudal nominal de la bomba. Tomando como datos de entrada los 1465.32 gpm @ 96.53 psi y los caudales nominales próximos presentados en la Tabla 4.10.2. El cálculo se realiza de la siguiente manera

$$\frac{\text{Caudal calculado (gpm)}}{\text{Caudal nominal (gpm)}} = \text{Relación de caudal}$$

Observando la Tabla 4.10.2, se puede deducir que los caudales próximos a los calculados son de 1250 gpm, 1500 gpm y se considerará 2000 gpm. De esta manera, se realiza el cálculo con los caudales nominales propuestos.

<i>Fórmula</i>	<i>Caudal calculado (gpm)</i>	<i>Caudal nominal (gpm)</i>	<i>Relación de Caudal</i>
$\frac{\text{Caudal calculado (gpm)}}{\text{Caudal nominal (gpm)}}$	1715,32	1250	1.37
		1500	1.14
		2000	0.85

Al analizar la relación entre el caudal calculado y el caudal nominal de las bombas evaluadas, se observa que la bomba de 1500 gpm presenta una relación de 1.14, lo que significa que la demanda del sistema corresponde al 114 % de su caudal nominal. Este valor se encuentra dentro del rango recomendado por la NFPA 20 (2022), entre el 90% y el 140% del caudal nominal de la bomba.

Como se puede deducir, esta condición garantiza que la bomba seleccionada operará en una zona eficiente de su curva de rendimiento, para evitar tanto el sobredimensionamiento como el funcionamiento en el límite de su capacidad máxima. En contraste, la bomba de 1250 gpm arroja una relación de 1.37, equivalente al 137% de su caudal nominal, lo cual también se encuentra dentro del rango permitido, pero podría implicar un esfuerzo considerable en el desempeño, esto debido a su cercanía con el 140% recomendado. Por su

parte, la bomba de 2000 gpm, con una relación de 0.85, se encuentra fuera del rango recomendado, lo cual evidencia un sobredimensionamiento considerable.

Este último aspecto es interesante debido a que la lógica podría suponer que una bomba de 2000 gpm sería suficiente para abastecer el sistema sin ningún problema. Sin embargo, es necesario considerar que la selección de esta bomba podría incrementar el costo inicial de adquisición, conllevar consecuencias operativas y económicas significativas, como un mayor consumo energético, pérdida de eficiencia hidráulica, mayor gasto de agua durante las pruebas periódicas y un incremento en los costos de mantenimiento.

La tabla 4.28(a) presenta un resumen de información sobre bombas contra incendios centrífugas, donde se puede observar los tamaños mínimos de tuberías necesarios dependiendo de la selección de la bomba. Una correcta selección de bomba implica ahorro en costos de tuberías, válvulas y conexiones, considerando que entre mayor sea la bomba mayor diámetro tienen las conexiones.

Certificación de la bomba (gpm)	Tamaños mínimos de tuberías (Nominal) (pulg.)							
	Succión ^{a,b,c}	Descarga ^a	Válvula de alivio	Descarga válvula de alivio	Dispositivo de medición	Cantidad y tamaño de		Suministro cabezal de manguera
						Válvulas manguera	Conexiones sin rosca	
400	4	4	3	3	4	2 - 2 ¹ / ₂	1 - 5	4
450	5	5	3	5	4	2 - 2 ¹ / ₂	1 - 5	4
500	5	5	3	5	5	2 - 2 ¹ / ₂	1 - 5	4
750	6	6	4	6	5	3 - 2 ¹ / ₂	1 - 5	6
1000	8	6	4	8	6	4 - 2 ¹ / ₂	1 - 5	6
1250	8	8	6	8	6	6 - 2 ¹ / ₂	1 - 5	8
1500	8	8	6	8	8	6 - 2 ¹ / ₂	1 - 5	8
2000	10	10	6	10	8	6 - 2 ¹ / ₂	2 - 5 ^d	8
2500	10	10	6	10	8	8 - 2 ¹ / ₂	2 - 5 ^d	10
3000	12	12	8	12	8	12 - 2 ¹ / ₂	2 - 5 ^d	10

Tabla 4.28(a) Resumen de información sobre bombas centrífugas contra incendios.

Por lo tanto, la opción más adecuada es la bomba de 1250 gpm, ya que permite cumplir con la demanda hidráulica del sistema dentro de los parámetros establecidos por la norma, para asegurar un funcionamiento eficiente, seguro y económicamente viable durante la vida útil de la instalación. Esta selección garantiza que la bomba pueda cubrir el suministro

requerido por el sistema de rociadores, cumpliendo con los criterios de diseño establecidos por las normas NFPA 13 y NFPA 20. De esta forma, se asegura un sistema confiable, capaz de mantener una presión y flujo adecuados durante toda la duración mínima exigida de 60 minutos de operación continua.

Tomando en consideración la fiabilidad y confiabilidad de las marcas, además del criterio técnico de los profesionales asesores, se seleccionó la bomba centrífuga de carcaza partida AC Fire Pump 8x6x12F-M de 1500 gpm a 130 psi operando a 3000 RPM, el punto de trabajo se ubica sobre la curva de desempeño entre 75% y 80%. En la siguiente figura se puede observar el punto de demanda del sistema (verde) y el punto de suministro de la bomba de 1500 gpm a 130 psi (rojo).

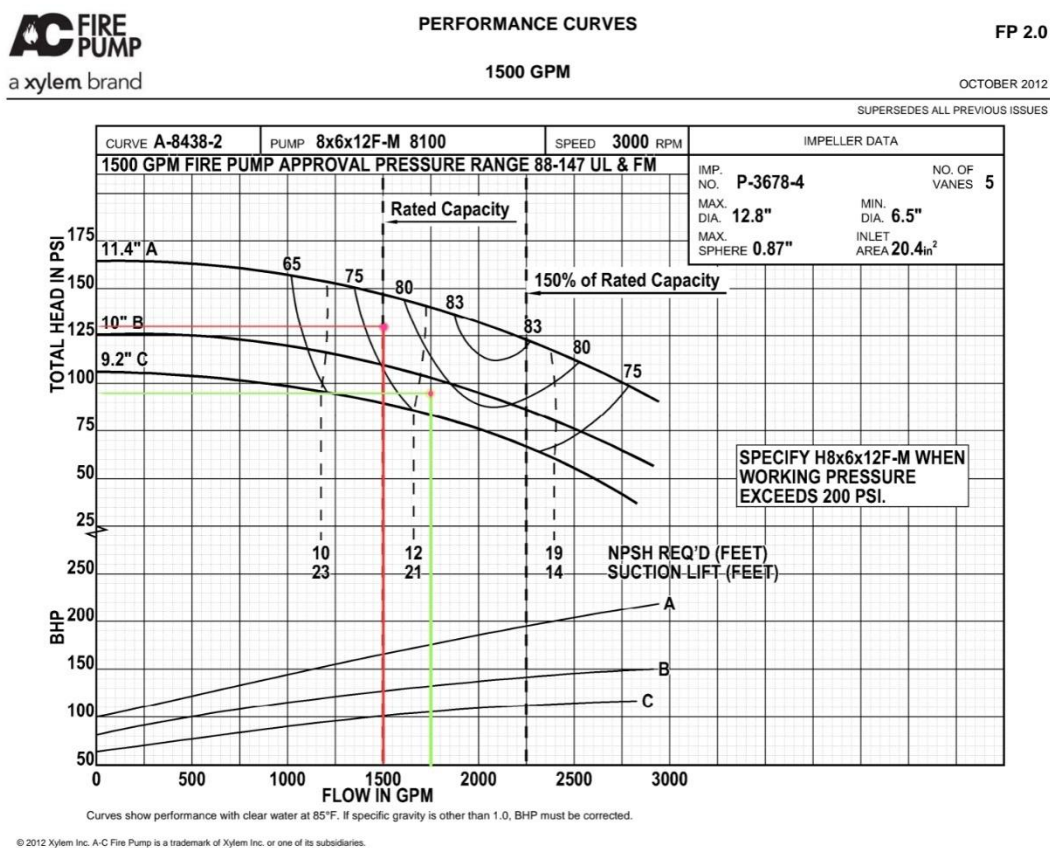


Figura 49. Curvas de desempeño de diferentes Impeller para la bomba AC Fire Pump 8x6x12F-M 1500 gpm @ 130 psi. AC Fire Pump.

En un primer cálculo se seleccionó un tamaño de Impeler de 10" (Curva B), sin embargo, en el momento de graficar la curva de demanda vs la curva de la bomba no existía una diferencia de presión de seguridad significativa. En la misma imagen, se puede observar la línea correspondiente al BHP (Brake Horse Power), que representa la potencia mecánica requerida en el eje para mantener el caudal y la presión indicados. Para el punto de operación de 1500 GPM a 130 psi, la potencia absorbida se aproxima a 148 BHP. Este es un aspecto igual de importante ya que a mayor potencia, mayor flujo másico de combustible en condiciones nominales.

Es por ello, que, para la misma bomba, se seleccionó una presión más significativa que lograra proporcionar un factor de seguridad mayor. La siguiente imagen muestra la curva de desempeño de la bomba seleccionada.

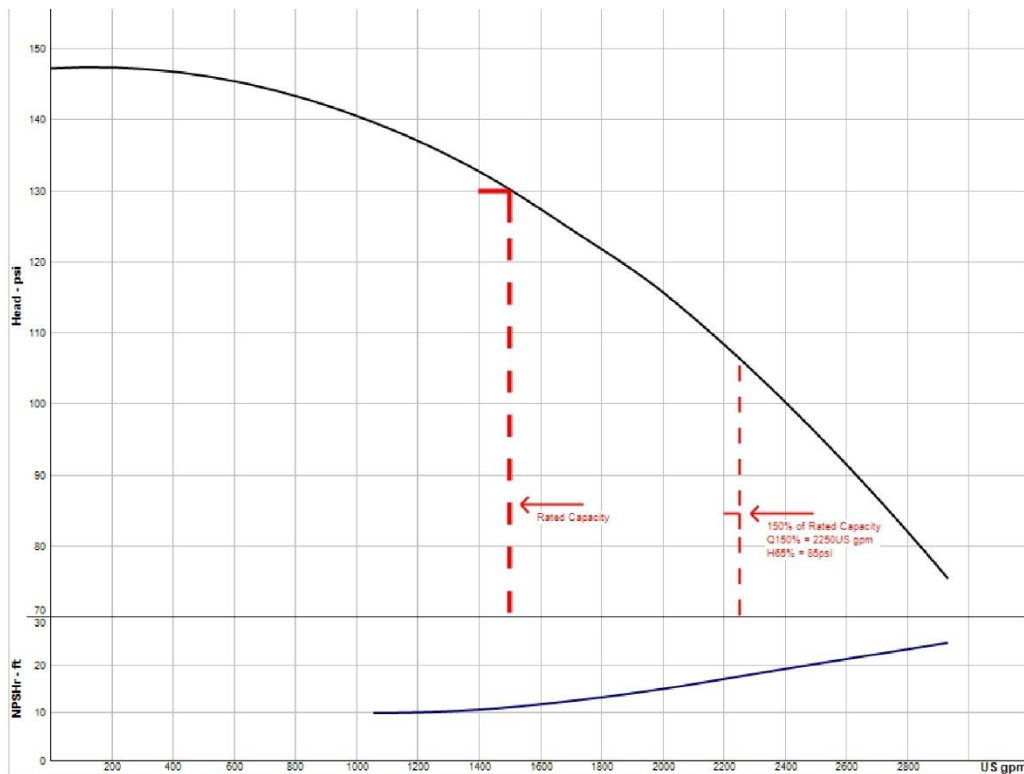


Figura 50. Curva de desempeño bomba seleccionada. AC Fire Pump.

El tamaño del tanque de almacenamiento de combustible debe dimensionarse en función del consumo horario del motor a plena carga. Por último, analizar la potencia del motor es importante para dimensionar la capacidad del dique de contención, que debe ser por lo menos igual al 110 % del volumen total del tanque según NFPA 20.

En la siguiente imagen se puede observar cómo la curva de la bomba supe la demanda del sistema de rociadores y a su vez, mantiene una presión significativa de seguridad.

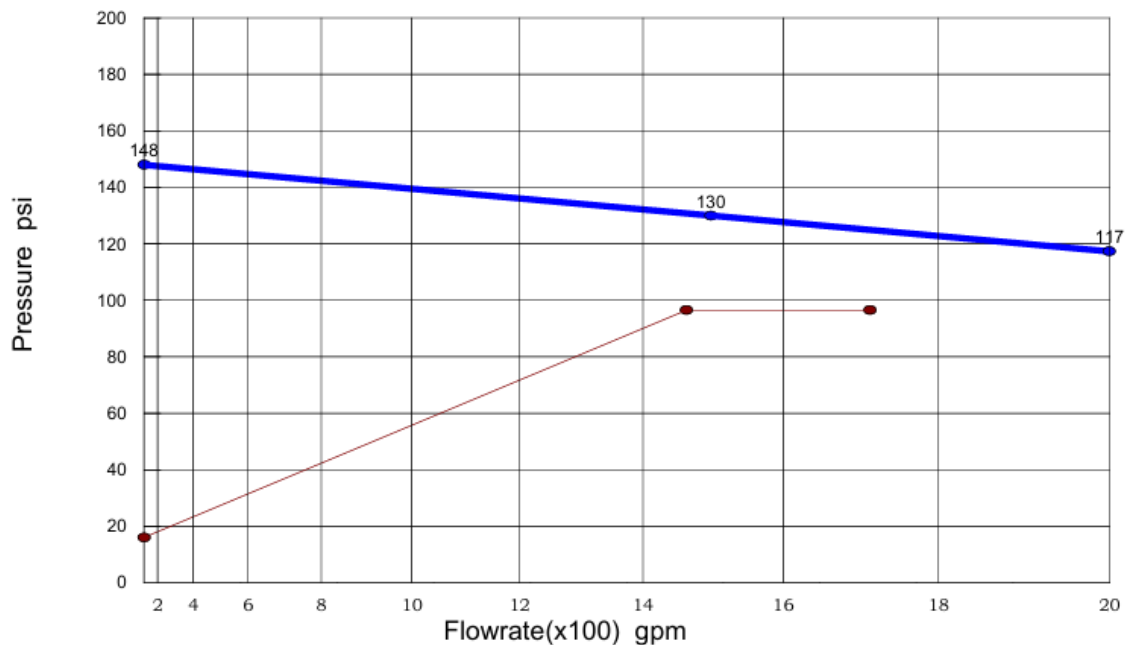
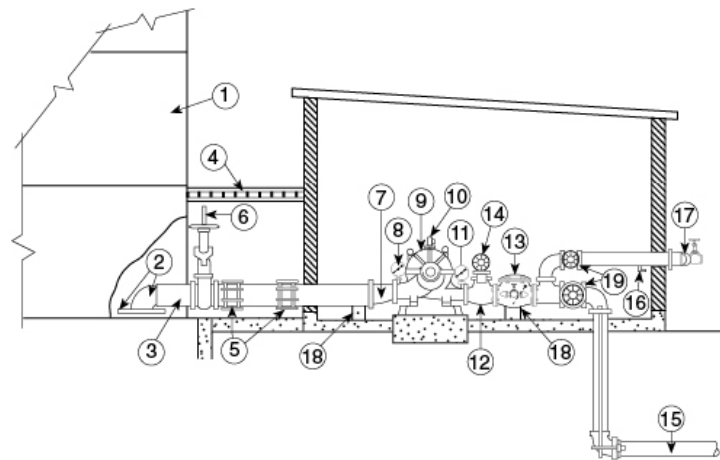


Figura 51. Curva de bomba selecciona y demanda del sistema de rociadores. Élite Fire.

El cuarto de bombas se diseñó considerando los lineamientos establecidos por la NFPA 20 (2022) y las buenas prácticas de instalación de sistemas de bombeo contra incendios. Para el caso en estudio, se adoptaron dimensiones aproximadas de 6,0 m × 3,0 m, con una altura libre mínima de 3,0 m.

Este espacio garantiza el acceso y maniobrabilidad durante las labores de mantenimiento, la correcta ventilación y disipación térmica del motor diésel, así como la instalación del sistema de escape, tableros de control y colectores de descarga. La Figura A.6.3.1(a) muestra la configuración recomendada por la NFPA 20



- | | |
|---|--|
| 1 Tanque de succión sobre la superficie del terreno | 9 Bomba contra incendio horizontal, de carcasa partida |
| 2 Codo de entrada y placa de vórtice cuadrada de acero con dimensiones de al menos dos veces el diámetro de la tubería de succión. La distancia por encima del fondo del tanque es de la mitad del diámetro de la tubería de succión con un mínimo de 6 pulg. (152 mm). | 10 Liberación automática de aire |
| 3 Tubería de succión | 11 Manómetro de la descarga |
| 4 Cubierta a prueba de congelamiento | 12 T de reducción de la descarga |
| 5 Acoples flexibles para alivio de tensión | 13 Válvula de retención de la descarga |
| 6 Válvula de compuerta OS&Y (ver 4.16.5 y A.4.16.5) | 14 Válvula de alivio (si fuera requerida) |
| 7 Reductor excéntrico | 15 Tubería de suministro para sistema de protección contra incendios |
| 8 Manómetro de la succión | 16 Válvula de drenaje o drenaje de bola |
| | 17 Colector de válvula de manguera con válvulas de mangueras |
| | 18 Soportes de tuberías |
| | 19 Válvula de compuerta indicadora o válvula mariposa indicadora |

Figura 52. Figura A.6.3.1(a) Instalación de bomba contra incendios de carcasa partida horizontal con suministro de agua bajo presión positiva. NFPA 20 (2022)

Además, el área permite mantener despejes mínimos de 0,9 m alrededor de los equipos y 1,2 m al frente de tableros eléctricos, en cumplimiento con los criterios de accesibilidad y seguridad exigidos por la norma. De esta manera, el diseño del cuarto asegura la operatividad del sistema de bombeo, la protección del equipo y el cumplimiento de los estándares internacionales aplicables.

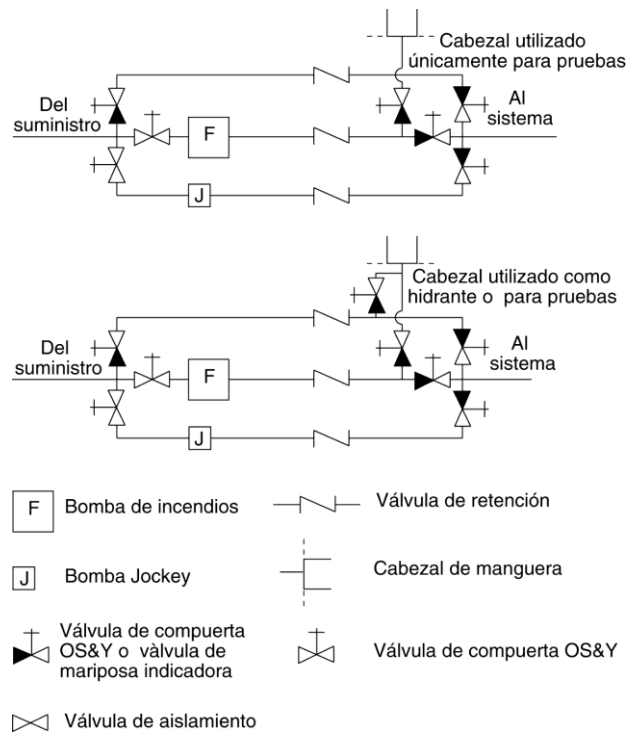


Figura 53. Detalle de conexiones típicas cuarto de bombas. NFPA 20 (2022)

3.12. Tanque de almacenamiento

El diseño del tanque de almacenamiento de agua se realiza de acuerdo con los lineamientos establecidos por la NFPA 22: Standard for Water Tanks for Private Fire Protection, norma que regula los requisitos de capacidad, materiales, ubicación, accesorios, conexiones y protección estructural de los tanques utilizados para el abastecimiento exclusivo de sistemas de supresión de incendios. En este proyecto, el tanque constituye el suministro primario de agua para alimentar la bomba principal de carcasa partida de 1250 GPM, lo cual garantiza un flujo continuo y confiable durante el tiempo de autonomía establecido por la normativa.

La NFPA 22 se aplica en conjunto con la NFPA 20, que establece las condiciones de succión y caudal requeridas para la bomba contra incendios. Por tanto, el tanque debe diseñarse de forma que mantenga una altura de succión suficiente, evite turbulencias, incluya

cámaras de reserva según la demanda del sistema y asegure el volumen neto disponible sin afectación por sedimentación o evaporación. Además, debe contemplar aspectos de mantenimiento, accesibilidad y protección contra congelamiento o contaminación, para asegurar una operación confiable y segura del sistema de protección contra incendios.

El Anexo A.4.1.4 recomienda una cuidadosa consideración al determinar la capacidad del tanque. Además del flujo contra incendios requerido y los requisitos de duración de las normas de sistemas a base de agua, las fluctuaciones permitidas de los sensores de nivel del agua y de mantener cantidades razonables de agua en el fondo de los tanques de succión para prevenir cavitación de las bombas contra incendios también deberían incluirse en el cálculo del tamaño total del tanque.

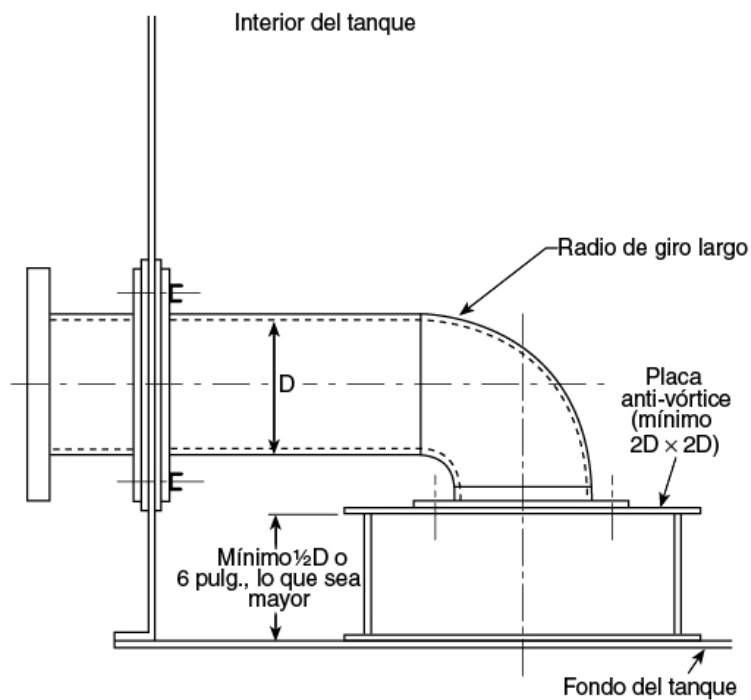


Figura 54. Figura A.4.16.10 Conjunto de montaje de placa anti-vórtice. NFPA 22 (2022)

El RNPCI (2023) establece que el volumen de la reserva de agua contra incendios debe ser suficiente para suplir el caudal nominal requerido contra incendios por al menos el tiempo definido en la normativa de diseño que aplique al sistema, el caso de este proyecto como se mencionó anteriormente es de 60 minutos.

Tomando en cuenta que se tienen 1715.32 gpm y 60 minutos abasteciendo el sistema, el diseño del sistema se describe de la siguiente manera:

$$Diseño\ del\ sistema = 1715,32\ gpm \times 60\ min = 102\ 919,2\ gal$$

El material explicativo de la norma NFPA 22 (2022) establece un volumen de contención de la altura del tanque por 1 pie de altura entre el sensor de llenado y la conexión de sobreflujo, esta se puede calcular de la siguiente manera:

$$V_{pie} = \pi \cdot r^2 \cdot h = \pi \cdot 10^2 \cdot (1) \times 7,48 \frac{gal}{ft^3} = 2349\ gal$$

Además, se propone una variación del 5% para prevenir cavitación de la bomba contra incendios por un nivel mínimo de agua.

$$Capacidad\ del\ tanque = \frac{102\ 919,2 + 2349\ galones}{0.95} = \mathbf{110\ 808,63\ galones}$$

El inciso 5.1.3.1 de la norma NFPA 22 (2018) establece los tamaños normalizados de capacidad neta de tanques de acero, se selecciona un tanque de 150,000 gal (567.75 m³). Se ha seleccionado un tanque metálico apernado de forma cilíndrica. Los materiales de construcción se apegarán a los estándares de la AWWA D103, lo que garantiza su durabilidad y resistencia a la corrosión, elementos críticos para un sistema de almacenamiento de agua contra incendios. El volumen calculado garantiza una reserva suficiente para alimentar la bomba de 1715.32 gpm durante 60 minutos de operación continua, cumpliendo con la autonomía mínima exigida por la norma.

3.13. Soportería y arriostamiento para el sistema de tuberías de los rociadores.

Romero (2019) detalla que en la norma NFPA 13 se hace referencia al diseño de soportería y sismorresistencia, la cual contiene todas las pautas a seguir en relación con el tema, la base para los cálculos y selección de arriostres, anclajes y su distribución, se basa en la fuerza horizontal que el sistema ejercerá sobre estos accesorios durante una sacudida sísmica.

Menciona además que en nuestro país se cuenta con el Código Sísmico de Costa Rica, donde en su capítulo 14 (Sistemas y Componentes No Estructurales) se encuentran ecuaciones para el cálculo de dicha fuerza, cuyo punto de partida es conocer la Aceleración Pico Efectiva (a_{ef}), es un parámetro que define el movimiento del suelo durante el sismo y está asociado con el valor de pseudo-aceleración del terreno y se relaciona con la respuesta estructural y el potencial daño del movimiento. Para definir esta variable es necesario establecer la Zona Sísmica y el Sitio de cimentación, los cuales dependen de la ubicación del proyecto.



Figura 55. Zonificación Sísmica. Código Sísmico de Costa Rica (2010)

Romero (2019) ha encontrado una equivalencia entre el cálculo establecido por el capítulo 18 de la NFPA 13 (2022) y los datos históricos proporcionados por el Código Sísmico de Costa Rica. Esta investigación y hallazgo son clave, debido a que permiten utilizar la preciada simplificación en sus tablas con datos aplicables en nuestro país.

La equivalencia determinada es la siguiente:

$$C_p = 1,75 \cdot a_{ef}$$

El valor a_{ef} se puede obtener de la tabla 2.3 del Código Sísmico de Costa Rica para el tipo de sitio y zona sísmica del proyecto. Al tener 12 posibles valores, se puede definir una tabla de selección del C_p conociendo el Tipo de sitio y la Zona, así:

Tipo de sitio	Zona II	Zona III	Zona IV
S ₁	0,350	0,525	0,700
S ₂	0,420	0,578	0,700
S ₃	0,490	0,630	0,770
S ₄	0,595	0,630	0,630

Figura 56. Tabla de Cp de acuerdo con tipo de sitio y zona. Romero (2019)

NFPA 13 exige o delimita algunos elementos a partir de valores $C_p > 0.5$, como la restricción a movimiento vertical para protección de los soportes, la longitud de niples de subida a rociadores, incluso la permisividad de no instalar restrictores de movimiento. Teniendo en cuenta que el sitio de diseño se encuentra en San José, Zapote; se determina una Zona III. En el Capítulo 2.2 del Código Sísmico de Costa Rica se establece que cuando las propiedades del sitio no se conozcan lo suficiente, como en este caso, en el cual se supone un sitio de cimentación tipo S₃. Teniendo en cuenta estas premisas, se selecciona un $C_p = 0,630$. Por lo que se debe considerar la restricción a movimientos que la norma establezca para estas condiciones.

El NFPA 13 Handbook (2019), en la sección pertinente a los sistemas de arriostamiento sísmico o contra balanceo para tuberías de rociadores automáticos, enfatiza la importancia de la integridad de todos los componentes utilizados. Específicamente, establece que cualquier elemento de arriostamiento que no sea tubería, angulares (ángulos de hierro), pletinas o varillas roscadas, debe ser listado (listed). En primera instancia, la norma establece las distancias máximas entre soportes colgantes para cada uno de los diámetros de tubería.

	Tamaño nominal de tubería (mm)											
	20	25	32	40	50	65	80	90	100	125	150	200
Tubería de acero, excepto de pared delgada roscada	NA	3.7	3.7	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
Tubería de acero de pared delgada roscada	NA	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	NA	NA	NA	NA	NA
Tubo de cobre	2.4	2.4	3.0	3.0	3.7	3.7	3.7	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
CPVC	1.7	1.8	2.0	2.1	2.4	2.7	3.0	NA	NA	NA	NA	NA
Tubería de hierro dúctil	NA	NA	NA	NA	NA	NA	4.6	NA	4.6	NA	4.6	4.6

NA: No aplicable.

Figura 57. Tabla 17.4.2.1(b) Distancia máxima entre soportes colgantes (m)

Es fundamental prever espacios libres adecuados entre las tuberías y las estructuras que atraviesan (muros, losas o vigas). Esto evita daños por impacto o fricción durante desplazamientos estructurales. De acuerdo con la NFPA 13, se debe considerar un orificio 2 pulgadas mayor que el diámetro de la tubería para conducciones entre 1½” y 3½”, y un espacio libre 4 pulgadas mayor para tuberías de 4” o más. Estas holguras permiten el libre movimiento sin generar puntos de contacto rígido que puedan transmitir esfuerzos a la red.

En cuanto a la sujeción, los elementos de soporte deben instalarse con una inclinación mínima de 30° respecto a la vertical, recomendándose 45° o más para mejorar la estabilidad. Los soportes deben ser diseñados para resistir esfuerzos tanto a tensión como a compresión, y ofrecer protección bidireccional. Por ello, se denominan soportes sísmicos de dos vías, ya que brindan estabilidad ante desplazamientos horizontales en ambas direcciones.

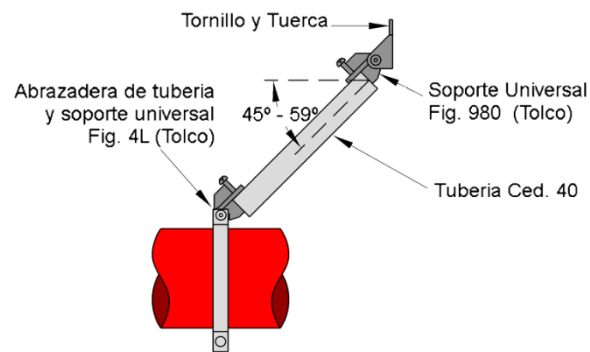


Figura 58. Detalle soporte antisísmico longitudinal.

La norma establece que los soportes sísmicos laterales son requeridos en:

- Tuberías principales de alimentación (Feed Mains) y tuberías transversales (Cross Mains), sin importar su diámetro.
- Ramales de rociadores con diámetros de 2½” o mayores, donde deben instalarse soportes sísmicos laterales completos.

- Ramales menores a 2½”, los cuales requieren soportes de restricción sísmica (Branch Line Restraints) para limitar movimientos diferenciales.

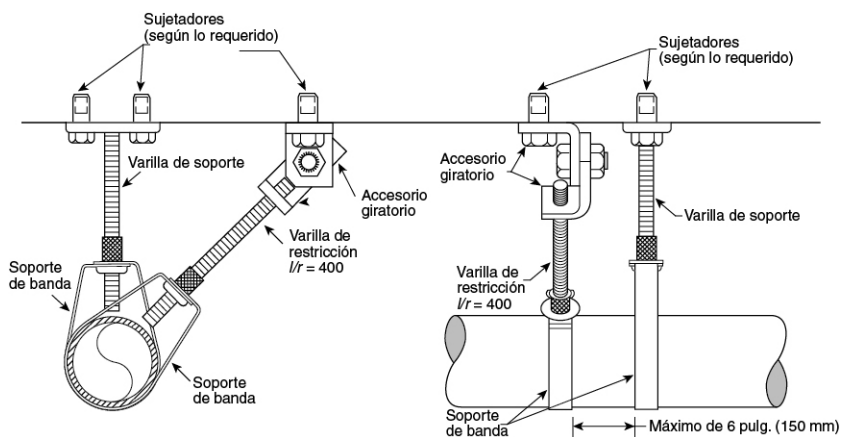


Figura 59. A.18.6.1(5)(b) Soportes colgantes, con varilla roscada extendida hasta la tubería, utilizados en combinación para restringir líneas ramales. NFPA 13 (2022)

En ambos casos, la ubicación de los soportes debe ser a no más de 1.80 m (6 ft) del extremo de las tuberías principales o ramales, así como en la longitud final de las alimentaciones después del último rociador. Además, el espaciado máximo entre soportes sísmicos no debe superar los 12 m (40 ft), verificando siempre que los elementos y anclajes cuenten con la capacidad de carga adecuada para resistir los esfuerzos horizontales previstos.

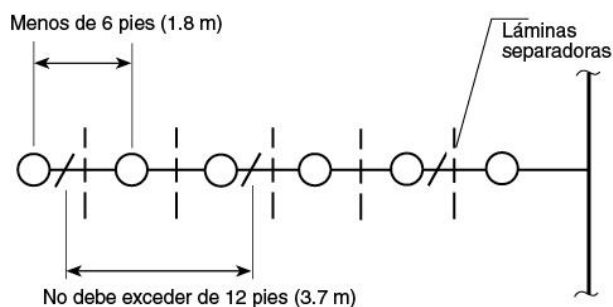


Figura 60. A.17.4.3.2.2. Distancia entre soportes colgantes.

En los cambios de dirección de las tuberías principales, es obligatorio disponer protección lateral y longitudinal en los tramos adyacentes cuya longitud exceda 3.60 m (12 ft), con el

propósito de contrarrestar las fuerzas generadas por la inercia del fluido y los posibles desplazamientos en las curvas o desviaciones.

Por otra parte, las tuberías verticales deben contar con soportes sísmicos de cuatro vías, diseñados para ofrecer resistencia en todas las direcciones. Este tipo de soporte se compone de dos elementos laterales independientes colocados en el mismo punto, de manera que se garantice la protección ante movimientos longitudinales, transversales y verticales.

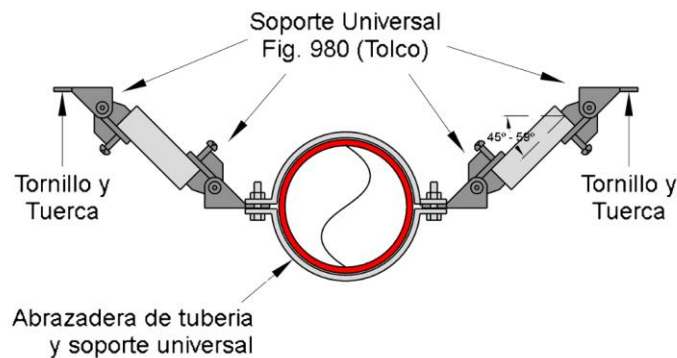


Figura 61. Soporte antisísmico cuatro vías.

Finalmente, los ramales menores de 2½” deben disponer de restricción sísmica lateral, instalada a no más de 60 cm (2 ft) del último punto de suspensión del ramal y no más de 1.80 m (6 ft) de su extremo. Estas protecciones, aunque de menor grado que las bridas sísmicas mayores, cumplen una función esencial al limitar movimientos diferenciales y reducir la probabilidad de fallas en conexiones o rociadores.

Todas las disposiciones mencionadas anteriormente deben ser consideradas desde la fase de diseño y detalladas en los planos constructivos, de modo que durante la instalación se asegure el cumplimiento de la NFPA 13 y se garantice que el sistema contra incendios mantenga su funcionalidad, seguridad estructural y resistencia ante condiciones dinámicas o sísmicas.

4. Costo de diseño e instalación.

El costo de implementación de un sistema de protección contra incendios constituye un componente fundamental dentro del proceso de diseño y ejecución de un proyecto, ya que representa la inversión necesaria para garantizar la seguridad, confiabilidad y operatividad de las instalaciones ante posibles emergencias. Este costo integra no solo la adquisición de equipos y materiales, sino también la instalación, pruebas, puesta en marcha y mantenimiento inicial del sistema, para asegurar que cumpla con las exigencias establecidas por la NFPA 13 para redes de rociadores automáticos y la NFPA 20 para la instalación de bombas contra incendios.

Durante la fase de diseño, la estimación de costos debe contemplar aspectos como la capacidad hidráulica requerida, la selección del tipo de bomba y su potencia, los diámetros y materiales de tubería, los accesorios y válvulas listadas UL/FM, así como los soportes, anclajes sísmicos y dispositivos de control. A esto se suman los trabajos civiles y eléctricos asociados, la mano de obra especializada y los ensayos de aceptación que garantizan el cumplimiento normativo. Considerar estos elementos desde etapas tempranas permite desarrollar una proyección económica realista, para optimizar recursos y asegurar que el sistema instalado mantenga una relación adecuada entre costo, desempeño y durabilidad.

Para la estimación de costos, se efectuaron diversas cotizaciones a empresas especializadas en la comercialización de equipos y componentes para sistemas contra incendios, dicha información se complementa con la experiencia técnica de ingenieros del área.

Asimismo, se realizó una evaluación del costo de la mano de obra con base en las referencias y parámetros establecidos por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (MTSS), con el fin de obtener un valor representativo y acorde con las condiciones reales del mercado. Se toma como tiempo estimado de instalación 90 días, con un equipo de 5 colaboradores. De ellos, 4 con ocupación especializada en electromecánica, que, según el MTSS el salario por día laborado ronda los 17780 colones. Por otro lado, se agregó un porcentaje por servicios profesionales.

En la siguiente tabla se puede apreciar un presupuesto estimado de costos de adquisición e instalación del sistema contra incendios planteado. En el Apéndice 3 se puede apreciar más detalladamente el presupuesto calculado.

<i>Presupuesto</i>	
<i>Tuberías</i>	¢ 8 135 517,67
<i>Accesorios para tuberías</i>	¢3 486 650,49
<i>Accesorios antisísmicos</i>	¢5 229 975,68
<i>Equipo de bombeo</i>	¢159 452 722,23
<i>Tanque de almacenamiento</i>	¢63 781 088,8
<i>Mano de obra</i>	¢15 917 908,15
<i>Diseño</i>	¢7 945 272,2
<i>Permisos</i>	¢5 487 495,59
<i>Total</i>	¢269 436 629,82

Tabla 11. Presupuesto estimado de inversión. Elaboración propia.

El presupuesto total estimado para la implementación del sistema de protección contra incendios asciende a **¢269 436 629,82** se considera la inversión integral requerida para su correcta ejecución. Este monto contempla los costos asociados a la adquisición de equipos principales y accesorios (bomba principal, bomba jockey, válvulas, rociadores, tableros de control, tanque de almacenamiento y tuberías), así como los gastos derivados de la instalación, mano de obra calificada, supervisión técnica y pruebas de funcionamiento.

Adicionalmente, se incluyen los costos correspondientes al diseño hidráulico, documentación técnica y gestión de cumplimiento normativo, de acuerdo con los requerimientos establecidos por las normas NFPA 13, NFPA 20 y NFPA 22. De esta manera, el presupuesto presentado refleja una estimación realista y sostenible, que garantiza la operatividad, seguridad y confiabilidad del sistema, lo cual asegura que la inversión realizada cumpla con los estándares internacionales de protección contra incendios y brinde una respuesta eficaz ante eventuales emergencias.

5. Conclusiones

Los principales resultados obtenidos a lo largo del desarrollo del estudio evidencian los aspectos más relevantes en relación con los objetivos planteados.

Se llevó a cabo el diseño integral de un sistema fijo de protección contra incendios para A.T.C. Tecnoval, con base en los lineamientos del Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica y las normas internacionales NFPA, principalmente las NFPA 13, NFPA 20 y NFPA 22.

Se realizó una evaluación detallada de las condiciones de riesgo de incendio presentes en las diferentes áreas de la planta, se identificaron las ocupaciones y clasificaron los niveles de riesgo de acuerdo con la naturaleza de los procesos y materiales almacenados. A partir de este análisis, se establecen las densidades de descarga, áreas de diseño y tipo de rociadores más adecuados para garantizar una cobertura eficaz en caso de siniestro.

Se determinaron los requerimientos hidráulicos de caudal y presión que aseguran el funcionamiento óptimo del sistema. Los resultados obtenidos son un caudal de 1715,32 gpm y una presión de 96,53 psi. Estos datos sirvieron de base para la selección del sistema de bombeo y los diámetros de las tuberías. Se seleccionaron los equipos hidráulicos con el fin de garantizar la continuidad del servicio y el cumplimiento de los criterios de confiabilidad establecidos por la NFPA 20 y NFPA 22.

Además, se elaboraron los planos constructivos y la memoria de cálculo en relación con los requerimientos técnicos y administrativos del Cuerpo de Bomberos, se utilizó un *software* especializado (Élite Fire) para obtener resultados precisos y verificables.

Se realizó una estimación económica del sistema diseñado, cuyo presupuesto total asciende a ₡269 436 629,82, el cual incluye costos de equipos, materiales, instalación, personal técnico, pruebas y documentación. Este valor representa una inversión razonable en términos de seguridad y cumplimiento normativo, para asegurar la protección de las instalaciones, bienes y personas.

6. Recomendaciones

Se recomienda proceder con la implementación del sistema fijo de protección contra incendios propuesto para A.T.C. Tecnoval, ya que se considera el diseño presentado cumple con los criterios de seguridad, confiabilidad y eficiencia hidráulica establecidos por la NFPA y el Reglamento Nacional.

Asimismo, se sugiere realizar un mantenimiento preventivo periódico, acompañado de pruebas de flujo, inspecciones visuales y verificación del sistema de bombeo, de acuerdo con la NFPA 25, para garantizar el desempeño continuo y la operatividad del sistema a lo largo de su vida útil.

La ejecución de este proyecto no solo permitirá proteger adecuadamente las instalaciones y al personal, sino que también posicionará a la empresa como una organización comprometida con la seguridad industrial y la prevención de incendios, cumpliendo con los más altos estándares técnicos exigidos por las autoridades competentes.

7. Bibliografía

- Acevedo, R., et. al. (2006). *Responsabilidad de la gerencia de salud en la seguridad y atención de los pacientes: el caso del incendio en el Hospital Calderón Guardia*. Universidad de Costa Rica.
- BlazeMaster México. (2022, 15 de marzo). *Diferencia entre la protección pasiva y activa contra incendio*. Tomado de: <https://www.blazemaster.com/blog-sp/diferencia-entre-proteccion-pasiva-activa-contra-incendios>
- Bomberos de Costa Rica. (2013). *Manual de disposiciones técnicas generales sobre seguridad humana y protección contra incendios*.
- Bomberos de Costa Rica. (2013). *Reglamento general sobre seguridad humana y protección contra incendios*.
- Bomberos de Costa Rica. (2020). *Manual de diseño de hidrantes y tanques de reserva*.
- Bomberos de Costa Rica. (2021). *Incendios estructurales atendidos al 31 de diciembre del 2021*.
- Bomberos de Costa Rica. (2022). *Incendios estructurales atendidos al 31 de diciembre del 2022*.
- Bomberos de Costa Rica. (2023). *Incendios estructurales atendidos al 31 de diciembre del 2023*.
- Bomberos de Costa Rica. (2024). *Estadísticas de incendios estructurales 2024*.
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. (2024). *Estudios estadísticos en el sector construcción 2024*. CFIA
- Cote, A. (2004). *Fundamentals of Fire Protection*. National Fire Protection Association.
- Drysdale, D. (2011). *Introduction to Fire Dynamics (3.ª ed.)*. Wiley.
- El Observador. (2025). *Bomberos alertan por un aumento de los incendios de grandes proporciones: en tres meses se contabilizan cinco*.
- Gutiérrez, P., & Romero, P. (2021). *Prevención y control de incendios*. (1.ª ed.). Alphaeditorial.
- Hitado, P. (2015). *Teoría del fuego. Manual de incendios*.

- National Fire Protection Association (NFPA). (2018). *NFPA 101: Life Safety Code*. National Fire Protection Association.
- National Fire Protection Association (NFPA). (2018). NFPA 101: Código de seguridad humana. National Fire Protection Association.
- National Fire Protection Association (NFPA). (2019). *NFPA 14: Standard for the installation of standpipe and hose systems*. National Fire Protection Association.
- National Fire Protection Association (NFPA). (2019). *NFPA 20: Norma para la instalación de bombas estacionarias de protección contra incendios*. National Fire Protection Association.
- National Fire Protection Association (NFPA). (2019). *NFPA 24: Norma para la instalación de tuberías para servicio privado de incendios y sus accesorios*. National Fire Protection Association.
- National Fire Protection Association (NFPA). (2021). *NFPA 1: Fire Code*. National Fire Protection Association.
- National Fire Protection Association (NFPA). (2022). *NFPA 10: Standard for Portable Fire Extinguishers*. National Fire Protection Association.
- National Fire Protection Association (NFPA). (2022). *NFPA 13: Norma para la instalación de sistemas de rociadores*. National Fire Protection Association.
- National Fire Protection Association (NFPA). (2023). *NFPA 25: Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems*. National Fire Protection Association.
- National Fire Protection Association (NFPA). (2024). *NFPA 921: Guide for Fire and Explosion Investigations*. National Fire Protection Association.
- O'Connor, B. (2022, 18 de febrero). *Tipos de rociadores*. NFPA. Tomado de: <https://www.nfpa.org/es/news-blogs-and-articles/blogs/2022/02/18/tipos-de-rociadores>
- O'Connor, B. (2023, 13 de noviembre). *Comprensión de las disposiciones de tuberías para rociadores tipo árbol, en bucle y en malla*. NFPA.
- O'Connor, B. (2023, 18 de enero). *Commodity classifications in NFPA 13*. NFPA.

- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivo 9: Industria, innovación e infraestructura*. Naciones Unidas.
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles*. Naciones Unidas.
- Romero, V. (2018). *Cálculo de fuerza sísmica de diseño para sistemas contra incendio en Costa Rica*.
- Salas, & Soto. (2024). *Diseño de un sistema de protección contra incendios, basado en la normativa NFPA, para una empresa de helados*. Universidad de Costa Rica.
- Vargas, F. (2018). *Diseño del sistema fijo contra incendios para el Edificio de Oficinas Centrales del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Ziavras, V. (2021). Principios básicos de sistemas de rociadores: Tipos de sistemas de rociadores. NFPA.

Anexos

A.1. Cálculos con Élite

General Project Data Report

General Data

Project Title:	Sistema de Rociadores Almacenamiento	Project File Name:	Sistema de rociadores Almacenamiento..fiw
Designed By:	Harold Campos Jiménez	Date:	10/10/2025
Code Reference:	NFPA 13	Approving Agency:	AHJ
Client Name:	A.T.C Tecnoval	Phone:	
Address:	San José, Zapote.	City, State Zip Code:	
Company Name:	Instituto Tecnológico de Costa Rica	Representative:	
Company Address:	Campus Central, Cartago	City And State:	
Phone:			
Building Name:	Bodega de Almacenamiento 2	Building Owner:	A.T.C Tecnoval
Contact at Building:		Phone at Building:	
Address Of Building:	San José, Zapote.	City, State Zip Code:	

Project Data

Description Of Hazard:	Ordinary 2	Sprinkler System Type:	Wet
Design Area Of Water Application:	1500 ft ²	Maximum Area Per Sprinkler:	100 ft ²
Default Sprinkler K-Factor:	16.80 K	Default Pipe Material:	SCHED 10 WET STEEL
Inside Hose Stream Allowance:	0.00 gpm	Outside Hose Stream Allowance:	0.00 gpm
In Rack Sprinkler Allowance:	0.00 gpm		
Sprinkler Specifications			
Make:		Model:	Reliable
Size:		Temperature Rating:	165 F

Water Supply Test Data

Source Of Information:		Date Of Test:	
Test Hydrant ID:			
Hydrant Elevation:	0 ft	Static Pressure:	148.00 psi
Test Flow Rate:	1500.00 gpm	Test Residual Pressure:	130.00 psi
Calculated System Flow Rate:	1714.55 gpm	Calculated Inflow Residual Pressure:	96.53 psi
Available Residual Pressure At System Flow:	124.95 psi		

Calculation Project Data

Calculation Mode:	Demand	Minimum Desired Flow Density:	0.20 gpm/ft ²
HMD Minimum Residual Pressure:	52.00 psi	Maximum Frictional Loss / 100 feet:	0.00 psi
Maximum Water Velocity:	20.00 ft/s		
Number Of Active Nodes:	19	Number Of Inactive Pipes:	0
Number Of Active Pipes:	18	Number Of Inactive Sprinklers:	0
Number Of Active Sprinklers:	12		

REV A

Pipe Input Data

Beg. Node	End. Node	Pipe Description	Nominal Diameter (inch)	Type Group	Fitting Data	Nominal Length (feet)	Fitting Length (feet)	Total Length (feet)	CFactor (gpm/inch-psi)
101	102	SCHED 10 WET STEEL	8.000	0	3E3TB2 GC	15.00	263.00	278.00	120
102	103	PVC, CLASS 200	8.000	0	E	80.00	24.20	104.20	150
103	104	SCHED 10 WET STEEL	6.000	0	GC	37.00	44.00	81.00	120
104	105	SCHED 10 WET STEEL	6.000	0	E	178.00	18.00	196.00	120
105	12	SCHED 10 WET STEEL	3.000	0	T	5.00	20.00	25.00	120
106	8	SCHED 10 WET STEEL	3.000	0	T	5.00	20.00	25.00	120
107	4	SCHED 10 WET STEEL	3.000	0	T	5.00	20.00	25.00	120
12	11	SCHED 10 WET STEEL	3.000	0		10.00	0.00	10.00	120
11	10	SCHED 10 WET STEEL	3.000	0		10.00	0.00	10.00	120
10	9	SCHED 10 WET STEEL	3.000	0		10.00	0.00	10.00	120
8	7	SCHED 10 WET STEEL	3.000	0		10.00	0.00	10.00	120
7	6	SCHED 10 WET STEEL	3.000	0		10.00	0.00	10.00	120
6	5	SCHED 10 WET STEEL	3.000	0		10.00	0.00	10.00	120
4	3	SCHED 10 WET STEEL	3.000	0		10.00	0.00	10.00	120
3	2	SCHED 10 WET STEEL	3.000	0		10.00	0.00	10.00	120
2	1	SCHED 10 WET STEEL	3.000	0		10.00	0.00	10.00	120
105	106	SCHED 10 WET STEEL	6.000	0		10.00	0.00	10.00	120
106	107	SCHED 10 WET STEEL	6.000	0		10.00	0.00	10.00	120

Overall Node Groupings Output Data

Pipe Segment Beg. Node	End. Node	Pipe Type Group	Pipe Flow Rate (gpm)	Sprinkler Flow At Beg. Node (gpm)	Non-Sprinkler Flow Out (+) (gpm)	In (-) (gpm)	Beg. Node Residual Pressure (psi)	Imbalance Flow At Beg. Node (gpm)
1	2	0	-121.15	121.15	0.00	0.00	52.00	
2	1	0	121.15	121.32	0.00	0.00	52.15	0.00000
2	3	0	-242.46					
3	2	0	242.46	121.93	0.00	0.00	52.67	0.00000
3	4	0	-364.39					
4	3	0	364.39	123.21	0.00	0.00	53.79	0.00001
4	107	0	-487.60					
5	6	0	-121.22	121.22	0.00	0.00	52.07	0.00053
6	5	0	121.22	121.39	0.00	0.00	52.21	0.00052
6	7	0	-242.62					
7	6	0	242.62	122.00	0.00	0.00	52.74	0.00047
7	8	0	-364.62					
8	7	0	364.62	123.29	0.00	0.00	53.86	0.00038
8	106	0	-487.91					
9	10	0	-121.50	121.50	0.00	0.00	52.31	0.00056
10	9	0	121.50	121.67	0.00	0.00	52.45	0.00055
10	11	0	-243.17					
11	10	0	243.17	122.28	0.00	0.00	52.98	0.00049
11	12	0	-365.46					
12	11	0	365.46	123.58	0.00	0.00	54.11	0.00039
12	105	0	-489.03					
101	102	0	1464.55	0.00	0.00	-1464.55	96.53	
102	101	0	-1464.55	0.00	0.00	0.00	92.10	0.00000
102	103	0	1464.55					
103	102	0	-1464.55	0.00	0.00	0.00	90.66	0.00000
103	104	0	1464.55					
104	103	0	-1464.55	0.00	0.00	0.00	70.04	0.00000
104	105	0	1464.55					
105	12	0	489.03	0.00	0.00	0.00	58.92	0.00000
105	104	0	-1464.55					
105	106	0	975.52					
106	8	0	487.91	0.00	0.00	0.00	58.66	0.00000
106	105	0	-975.52					
106	107	0	487.60					

Overall Pipe Output Data

Beg. End. Node	Nodal KFactor (K)	Elevation (feet)	Spk/Hose Discharge (gpm)	Residual Pressure (psi)	Nom. Dia. Inside Dia. C-Value	q (gpm) Q (gpm) Velocity (fps)	F. L./ft (psi/ft) Fittings Type-Grp	Pipe-Len. Fit-Len. Tot-Len. (ft)	PF-(psi) PE-(psi) PT-(psi)	
2	16.80	37.00	121.32	52.15	3.00	121.15	0.01458	10.00	0.146	
1	16.80	37.00	121.15	52.00	3.260	121.15	-----	0.00	0.000	
			SCHED 10 WET STEEL		120	4.66	0	10.00	0.146	
3	16.80	37.00	121.93	52.67	3.00	121.32	0.05263	10.00	0.526	
2	16.80	37.00	121.32	52.15	3.260	242.46	-----	0.00	0.000	
			SCHED 10 WET STEEL		120	9.32	0	10.00	0.526	
4	16.80	37.00	123.21	53.79	3.00	121.93	0.11182	10.00	1.118	
3	16.80	37.00	121.93	52.67	3.260	364.39	-----	0.00	0.000	
			SCHED 10 WET STEEL		120	14.01	0	10.00	1.118	
6	16.80	37.00	121.39	52.21	3.00	121.22	0.01460	10.00	0.146	
5	16.80	37.00	121.22	52.07	3.260	121.22	-----	0.00	0.000	
			SCHED 10 WET STEEL		120	4.66	0	10.00	0.146	
7	16.80	37.00	122.00	52.74	3.00	121.39	0.05269	10.00	0.527	
6	16.80	37.00	121.39	52.21	3.260	242.62	-----	0.00	0.000	
			SCHED 10 WET STEEL		120	9.33	0	10.00	0.527	
8	16.80	37.00	123.29	53.86	3.00	122.00	0.11196	10.00	1.120	
7	16.80	37.00	122.00	52.74	3.260	364.62	-----	0.00	0.000	
			SCHED 10 WET STEEL		120	14.02	0	10.00	1.120	
10	16.80	37.00	121.67	52.45	3.00	121.50	0.01466	10.00	0.147	
9	16.80	37.00	121.50	52.31	3.260	121.50	-----	0.00	0.000	
			SCHED 10 WET STEEL		120	4.67	0	10.00	0.147	
11	16.80	37.00	122.28	52.98	3.00	121.67	0.05291	10.00	0.529	
10	16.80	37.00	121.67	52.45	3.260	243.17	-----	0.00	0.000	
			SCHED 10 WET STEEL		120	9.35	0	10.00	0.529	
12	16.80	37.00	123.58	54.11	3.00	122.28	0.11243	10.00	1.124	
11	16.80	37.00	122.28	52.98	3.260	365.46	-----	0.00	0.000	
			SCHED 10 WET STEEL		120	14.05	0	10.00	1.124	
101	0.00	0.00	0.00	96.53	8.00	0.00	0.01595	15.00	4.434	
102	0.00	0.00	0.00	92.10	8.249	1464.55	3E3TB2G	283.00	0.000	
			SCHED 10 WET STEEL		120	8.79	C	0	278.00	4.434
102	0.00	0.00	0.00	92.10	8.00	0.00	0.01382	80.00	1.440	
103	0.00	0.00	0.00	90.66	7.805	1464.55	E	24.20	0.000	
			PVC, CLASS 200		150	9.82	0	104.20	1.440	
103	0.00	0.00	0.00	90.66	6.00	0.00	0.05673	37.00	4.595	
104	0.00	37.00	0.00	70.04	6.357	1464.55	GC	44.00	16.021	
			SCHED 10 WET STEEL		120	14.80	0	81.00	20.616	

Hydraulically Most Demanding Sprinkler Node

HMD Sprinkler Node Number:	1
HMD Actual Residual Pressure:	52.00 psi
HMD Actual GPM:	121.15 gpm

Sprinkler Summary

Sprinkler System Type:	Wet
Specified Area Of Application:	1500.00 ft ²
Minimum Desired Density:	0.200 gpm/ft ²
Application Average Density:	0.976 gpm/ft ²
Application Average Area Per Sprinkler:	125.00 ft ²
Sprinkler Flow:	1464.55 gpm
Average Sprinkler Flow:	122.05 gpm

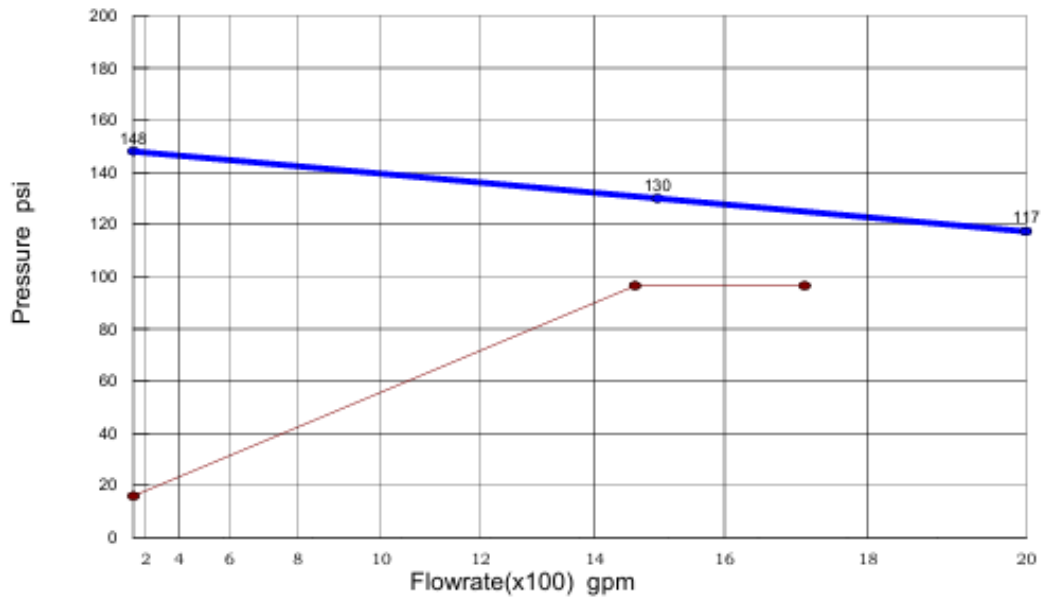
Flow Velocity And Imbalance Summary

Maximum Flow Velocity (In Pipe 12 - 105)	18.80 ft/sec
Maximum Velocity Pressure (In Pipe 12 - 105)	2.38 psi
Allowable Maximum Nodal Pressure Imbalance:	0.1000 psi
Actual Maximum Nodal Pressure Imbalance:	0.0005 psi
Actual Average Nodal Pressure Imbalance:	0.0002 psi
Actual Maximum Nodal Flow Imbalance:	0.0006 gpm
Actual Average Nodal Flow Imbalance:	0.0002 gpm

Overall Network Summary

Number Of Unique Pipe Sections:	18
Number Of Flowing Sprinklers:	12
Pipe System Water Volume:	673.47 gal
Sprinkler Flow:	1464.55 gpm
Non-Sprinkler Flow:	0.00 gpm
Demand Flow Excluding Exterior Hose Flow:	1464.55 gpm
Exterior Hose Flow:	250.00 gpm
Minimum Required Residual Pressure At System Inflow Node:	96.53 psi
Demand Flow At System Inflow Node:	1714.55 gpm

Hydraulic Supply/Demand Graph



Supply Curve Data

Static Pressure: 148 psi
Test Residual Pressure: 130 psi
Test Flow Rate: 1500 gpm

Demand Curve Data

Calculated Residual Pressure: 96.53 psi
Calculated Flow Rate: 1714.55 gpm
Exterior Hose Flow: 250.00 gpm
Excess Available Residual Pressure At Calculated Flow: 28.42 psi
Pressure Required For First Sprinkler Downstream From Inflow Node To Flow: 16.02 psi

A.2. Hojas técnicas Rociadores

Bulletin 074 January 2023



F1FR56 Series Quick Response Sprinklers

K-factor 5.6 (80)

Features

- Standard coverage quick-response sprinklers
- Upright, pendent, horizontal sidewall, and vertical sidewall deflectors
- Low profile, compact design
- Available in a wide variety of finishes

Product Description

Reliable Model F1FR56 series sprinklers are quick-response standard spray automatic fire sprinklers utilizing a sensitive 3.0 mm glass bulb thermal element.

Pendent and horizontal sidewall sprinklers may be installed exposed or surface mounted using escutcheons such as the Reliable Models B, C, or HB (reference Technical Bulletin 204). When installed recessed or concealed, the Model F1FR56 series sprinklers are specifically listed with and may only be installed with listed Reliable escutcheons and cover plates. Refer to the technical information on the following pages for specific listings for recessed and concealed installations and refer to Figures 5 and 6 for dimensional information.

When fitted with an approved water shield, these sprinklers may be considered intermediate sprinklers for use in racks, below grated walkways, and other areas where intermediate level sprinklers are required.

Table A provides a summary of the approvals and availability of specific Model F1FR series sprinkler configurations. Additional technical information for each sprinkler model is provided on the following pages.



Model F1FR56 Pendent



Model F1FR56 Upright



Model F1FR56 Vertical Sidewall



Model F1FR56
Horizontal Sidewall

Note: Not all versions of the product are shown.

Note: This bulletin may contain information on New and Legacy sprinklers that reflects a dimensional change only. Sprinkler Identification Number (SIN), application, performance, and listings/approval are not otherwise affected. Sprinklers with New frames will include the suffix "N" in the order.

F1FR Series Sprinkler Summary

Table A

Sprinkler Model	K-Factor gpm/psi ^{1/2} (lpm/bar ^{1/2})	Orientation	Listings & Approvals	Max. Working Pressure psi (bar)	Sprinkler Identification Number (SIN)
F1FR56	5.6 (80)	Upright	cULus, FM, LPCB, VdS, EC, WM, UKCA	175 (12)	RA1425
		Intermediate Upright	cULus, FM, LPCB, VdS, EC, WM, UKCA	250 (17) (cULus only)	RA1414
		Pendent	cULus, FM, LPCB, VdS, EC, WM, UKCA	175 (12)	RA1414
		Concealed Pendent	cULus, VdS, EC, WM, UKCA	175 (12)	RA1414
		Horizontal Sidewall	cULus, FM	175 (12)	RA1435
Vertical Sidewall	cULus, FM, LPCB, UKCA	175 (12)	RA1485		

Model F1FR56 Pendent Sprinkler

SIN RA1414

Technical Specifications

Style:

- Pendent
- Recessed Pendent
- Concealed Pendent

Threads: 1/2" NPT or ISO 7-R1/2

Nominal K-Factor: 5.6 (80 metric)

Max. Working Pressure:

- 175 psi (12 bar)
- 250 psi (17 bar) (cULus only)

Material Specifications

Thermal Sensor: 3 mm Glass Bulb

Sprinkler Frame: Brass Alloy

Cap: Bronze Alloy

Sealing Washer: Nickel with PTFE

Load Screw: Copper Alloy

Deflector: Brass Alloy

Sprinkler Finishes

(See Table B)

Sensitivity

Quick response

Temperature Ratings⁽¹⁾

- 135°F (57°C)
- 155°F (68°C)
- 175°F (79°C)
- 200°F (93°C)
- 286°F (141°C)

Recessed Escutcheons

Model F1 (cULus, LPCB, VdS, CE, WM)

Model F2 (cULus, FM, LPCB, VdS, CE, WM)

Model FP (cULus, VdS, CE, WM)

Cover Plate

Model CCP (cULus, VdS⁽²⁾, CE⁽²⁾)

Guards & Shields (New Frames)⁽³⁾

- F-1 Guard (FM)
- F-5 Guard/Shield Kit (FM)
- F-7 Guard (cULus)
- F-8 Guard/Shield Kit (cULus)
- S-1 Shield (cULus, FM)

Guards & Shields (Legacy Frames)⁽³⁾

- C-1 Guard (FM)
- C-5 Guard/Shield Kit (FM)
- D-1 Guard (cULus, FM)
- D-4 Guard/Shield Kit (FM)
- D-5 Guard/Shield Kit (cULus, FM)
- S-1 Shield (cULus, FM)

Sprinkler Wrenches

- Model W2 (pendent)
- Model W4 (recessed or concealed)
- Model J (New frame with guard installed)
- Model JD (Legacy frame with guard installed)

Listings and Approvals⁽⁴⁾

- cULus Listed
- FM Approved
- LPCB
- VdS
- EC
- WM
- UKCA: 0832-UKCA-CPR-S5045,
- 0831-UKCA-CPR-5072 (CCP)



Reliable®

F1FR80 Series Quick-Response Sprinklers

K-factor 8.0 (115)

Features

- Standard coverage quick-response sprinklers
- Upright and pendent orientations
- Low profile, compact design
- Available in a wide variety of finishes
- Available as Intermediate Level sprinklers

Product Description

Reliable Model F1FR80 series sprinklers are quick-response standard spray automatic fire sprinklers utilizing a sensitive 3mm glass bulb thermal element.

Pendent sprinklers may be installed exposed, or surface mounted using escutcheons such as the Reliable Models B, C, or HB (reference Technical Bulletin 204). When installed recessed, the Model F1FR80 series sprinklers are specifically listed with and may only be installed with listed Reliable recessed escutcheons. Refer to the technical information on the following pages for specific listings for recessed installations and refer to Figure 3 for dimensional information.

When fitted with an approved Reliable water shield, these sprinklers may be considered intermediate sprinklers for use in racks, below grated walkways, and other areas where intermediate level sprinklers are required.

Table A provides a summary of the approvals and availability of specific Model F1FR series sprinkler configurations. Additional technical information for each sprinkler model is provided on the following pages.



Model F1FR80
Upright Sprinkler



Model F1FR80 Pendent Sprinkler

Note: Not all versions of the product are shown.

Model F1FR80 Pendent Sprinkler

SIN RA6312

Technical Specifications

Style:

Pendent
Recessed Pendent

Threads: 3/4" NPT or ISO 7-R3/4

Nominal K-Factor: 8.0 (115)

Max. Working Pressure:

175 psi (12 bar)
250 psi (17 bar) (cULus only)

Material Specifications

Thermal Sensor: 3 mm Glass Bulb

Sprinkler Frame: Brass Alloy

Cap: Bronze Alloy

Sealing Washer: Nickel with PTFE

Load Screw: Copper Alloy

Deflector: Brass Alloy

Sprinkler Finishes

(See Table B)

Sensitivity

Quick response

Temperature Ratings⁽¹⁾

135°F (57°C)

155°F (68°C)

175°F (79°C)

200°F (93°C)

286°F (141°C)

Recessed Escutcheons

Model F1 (cULus)
Model F2 (cULus, FM)
Model FP (cULus)

Guards & Shields⁽²⁾

F-2 Guard (FM)
F-6 Guard/Shield Kit (FM)
F-7 Guard (cULus)
F-8 Guard/Shield Kit (cULus)
S-2 Shield (cULus, FM)

Sprinkler Wrenches

Model W2 (pendent)
Model W4 (recessed)
Model W14 (with guard installed)

Listings and Approvals⁽³⁾

cULus Listed
FM Approved
LPCB
VdS
CE
UKCA: 0832-UKCA-CPR-S5079





Model J112 and JL112 Sprinklers

Extended Coverage Sprinklers for
Light Hazard and Ordinary Hazard

cULus Listed
K11.2 (160 metric)

Product Description

Model J112 and JL112 series sprinklers are cULus Listed extended coverage spray sprinklers intended for installation in accordance with NFPA 13. The sprinklers also have cULus Listed Specific Application Criteria for installation under concrete tee construction in accordance with the requirements documented in this bulletin. Coverage areas up to 400 ft² (37 m²) per sprinkler with a maximum spacing of up to 20 ft by 20 ft (6.1 m by 6.1 m) are permitted for both Light Hazard and Ordinary Hazard occupancies. Listed flows and pressures for each hazard classification and sprinkler spacing are provided in this bulletin. Model J112 and JL112 series sprinkler are cULus Listed as quick-response sprinklers for Light Hazard occupancies. When used in the Ordinary Hazard occupancies, Model J112 and JL112 series sprinklers are cULus Listed as quick-response for spacings up to 14 ft by 14 ft (4.3 m by 4.3 m) and standard-response for other listed spacings up to 20 ft by 20 ft (6.1 m by 6.1 m).

Model J112 Pendant and J112 Upright sprinklers use a glass bulb operating element and are cULus Listed as Corrosion Resistant Sprinklers when ordered with White Polyester, Black Polyester, or Electroless Nickel PTFE (ENT) finish. Model JL112 Pendant and JL112 Upright sprinklers use a fusible link operating element. Model J112 Pendant and Model JL112 Pendant sprinklers are cULus Listed for use with the Model F2 and Model FP recessed escutcheons, which provide up to 1/8 inch (13 mm) of adjustment. In addition, for Ordinary Hazard occupancies, the Model J112 Pendant and Model JL112 Pendant sprinklers are cULus Listed for use with the Model F1 recessed escutcheon that provides up to 3/8 inch (19 mm) of adjustment.

Application

Model J112 and JL112 series sprinklers are intended for installation in Light Hazard and Ordinary Hazard occupancies in accordance with NFPA 13. The sprinklers must be installed in accordance with the requirements of NFPA 13 for extended coverage spray sprinklers and the requirements identified in this bulletin. In addition to the installation requirements of NFPA 13, cULus Listed Specific Application Criteria for installation under concrete tee construction is provided in this bulletin.



Model JL112 Upright



Model J112 Upright



Model JL112 Pendant



Model J112 Pendant



F1/F2 Recessed Escutcheon



FP Recessed Escutcheon

Model J112 Pendent Sprinkler

SIN RA7216

Technical Specifications

Style: Extended Coverage Pendent
Threads: 3/4" NPT or ISO 7-1R3/4
Nominal K-Factor: 11.2 (160 metric)
Max. Working Pressure: 175 psi (12 bar)
Min. Spacing: 8 ft. (2.4 m)

Material Specifications

Thermal Sensor: Glass Bulb
Cup: Bronze Alloy
Frame: Brass Alloy
Sealing Assembly: Nickel Alloy with PTFE
Load Screw: Bronze Alloy
Kick Spring: Steel Alloy
Deflector: Brass Alloy

Sprinkler Wrench

Model J1
 Model RJ (recessed)

Finishes

(See Table G)

Sensitivity

(See Table B)

Temperature Ratings

155°F (68°C)
 200°F (93°C)
 286°F (141°C)

Recessed Escutcheons

F1-3/4" (19mm) adjustment (Ordinary Hazard only)
 F2-1/2" (13mm) adjustment
 FP-1/2" (13mm) adjustment

Listings and Approvals

cULus Listed
 cULus Listed as Corrosion Resistant
 with White Polyester, Black Polyester,
 and ENT finish only



**Model JL14 & JL17 ESFR
Pendent Sprinklers**

175 psi (12 bar) rated

Features

- cULus, VdS, and LPCB listed as an ESFR sprinkler
- FM Approved as a quick-response, storage and non-storage sprinkler
- Fusible link operating element
- Compact design

Product Description

The Reliable Models JL14 and JL17 are Early Suppression Fast Response (ESFR) Sprinklers with nominal K-factors of 14.0 (200 metric) and 16.8 (240 metric), respectively. The sprinklers use a levered fusible alloy solder link in either a 165°F (74°C) or a 212°F (100°C) temperature rating. These sprinklers are designed to respond quickly to growing fires and will deliver a heavy water discharge to "suppress" rather than "control" fires.

FM Approvals classifies the Model JL14 and JL17 as quick-response sprinklers, storage and non-storage, when used in accordance with FM Global Property Loss Prevention Data Sheets.

Model JL14 and JL17 ESFR sprinklers are designed to be shorter and more compact than other ESFR sprinklers, allowing greater flexibility with regard to distance from ceilings and obstructions. The JL14 and JL17 ESFR sprinklers are also less susceptible to damage due to smaller deflector and frame design. The lighter JL14 and JL17 ESFR sprinklers passed rough use and abuse listing tests without plastic protectors



Model JL17 ESFR Sprinkler



Model JL14 ESFR Sprinkler

Model JL17 ESFR Sprinkler

SIN RA1914

Technical Specifications

Style: Pendent

Connection: 3/4" NPT or ISO7-1R3/4 (BSPT)
threads

Nominal K-Factor: 16.8 (240 metric)

Max. Working Pressure: 175 psi (12 bar)

Material Specifications

Thermal Sensor: Beryllium Nickel Solder Link

Sprinkler Frame: Brass Alloy

Cap: Bronze Alloy

Sealing Assembly: Nickel Alloy with PTFE

Load Screw: Bronze Alloy

Deflector: Bronze Alloy

Kick Spring: Stainless Steel Alloy

Sprinkler Finishes

Bronze

Sensitivity

Fast-Response

Quick-Response (FM)

Temperature Ratings

Ordinary: 165°F (74°C)

Intermediate: 212°F (100°C)

Sprinkler Wrench

Model J1

Guards & Shields

Model S-3 Water Shield (FM)*

Listings and Approvals

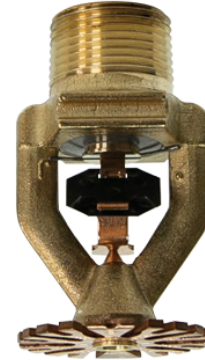
cULus

FM Approved

VdS

LPCB

CNBOP-PIB



A.3. Hoja técnica de la Bomba



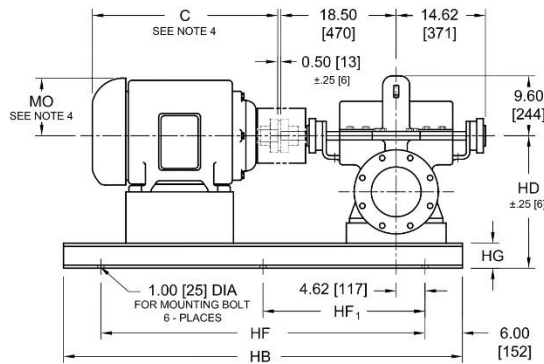
A-C FIRE PUMP SYSTEMS
Dimensions – Horizontal Electric
Motor Driven Fire Pumps

FP 2.1
Page 312

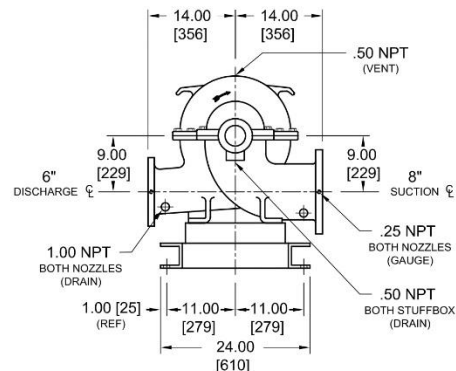
March 08

Supersedes all previous issues

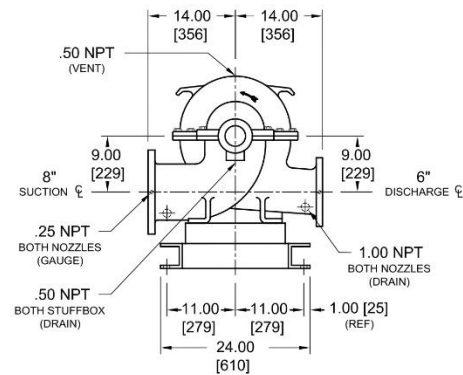
(H)8x6x12F-M – 8100 SERIES



MOTOR FRAME	C	MO	HB	HF	HF ₁	HD	HG
404	36.40 [925]	10.40 [265]	64.00 [1626]	52.00 [1321]	26.00 [661]	21.25 [540]	4.00 [102]
405	37.90 [963]						
444	42.20 [1072]	11.80 [300]	76.00 [1931]	64.00 [1626]	32.00 [813]	23.25 [591]	6.00 [153]
445	44.20 [1123]						
447	47.60 [1210]						



CW ROTATION VIEWED FROM COUPLING END

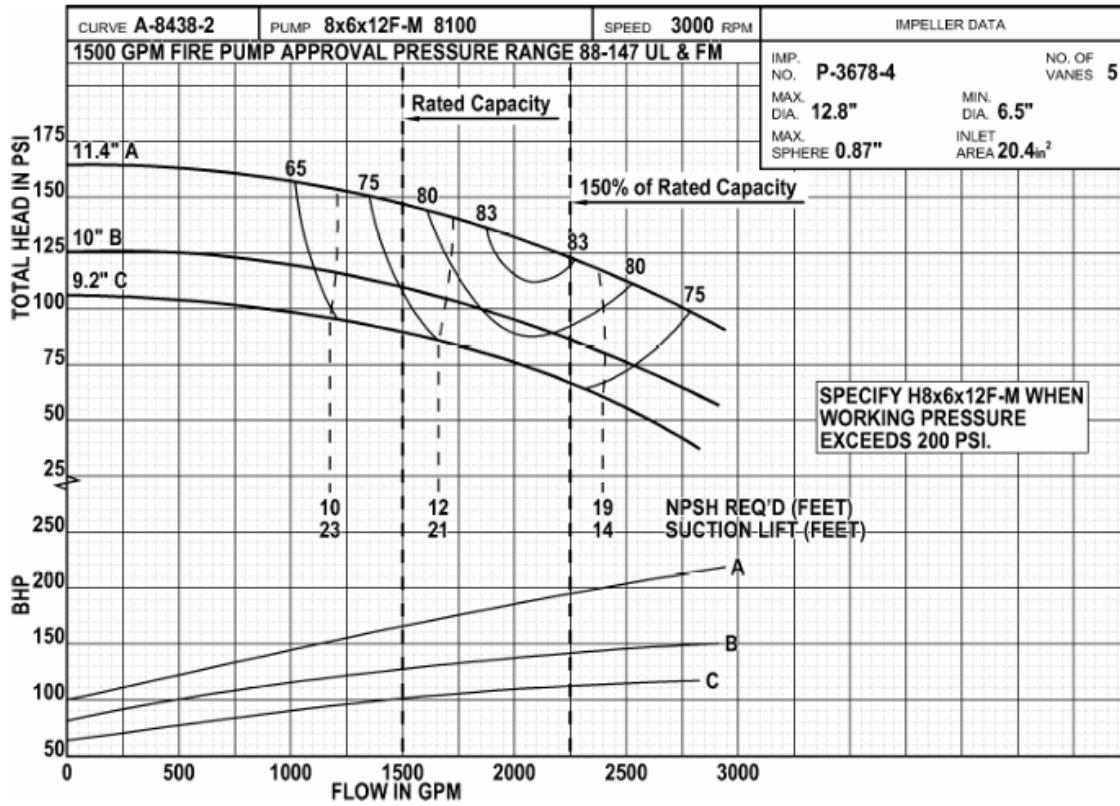


CCW ROTATION VIEWED FROM COUPLING END

NOTES:

- ALL DIMENSIONS ARE INCHES [mm].
- SUCTION AND DISCHARGE CONNECTIONS ARE DRILLED PER 125# ANSI B16.1. PUMPS WITH "H" PREFIX HAVE DISCHARGE CONNECTION DRILLED PER 250# ANSI B16.1. FLANGE HOLES STRADDLE CENTERLINE.
- BASE PLATE SETTING (BEFORE PIPING), GROUTING PROCEDURES, AND FINAL ALIGNMENT MUST BE IN ACCORDANCE WITH A-C FIRE PUMPS SYSTEMS RECOMMENDED PROCEDURES OUTLINED IN THE INSTRUCTION MANUAL ASSOCIATED WITH THIS PUMP TYPE.
- MOTOR DIMENSIONS ARE APPROXIMATE FOR A GIVEN NEMA FRAME. CONSULT FACTORY IF SPACE IS LIMITED.
- BOTH SUCTION AND DISCHARGE PIPES MUST BE SUPPORTED INDEPENDENTLY NEAR THE PUMP TO REDUCE STRAIN ON THE PUMP CASING. ALSO EXPANSION JOINTS, IF USED, MUST NOT EXERT FORCE ON CASING.
- COUPLING GUARD MEETS ANSI/OSHA REQUIREMENTS.
- CONSULT FACTORY FOR BASE MOUNTED CONTROLLER.

NOT FOR CONSTRUCTION, INSTALLATION OR APPLICATION PURPOSES UNLESS CERTIFIED									
CERTIFIED FOR:							APPROVAL		UL <input type="checkbox"/> FM <input type="checkbox"/> ULC <input type="checkbox"/>
CUSTOMER ORDER NO.:				TAG NO.			FLANGES		
PUMP DATA	SIZE	MODEL	CURVE NO.	GPM	HEAD	ROTATION	SUCTION	DISCH.	
MOTOR DATA	HP	RPM	VOLTS	PHASE	HERTZ	FRAME SIZE	ENCLOSURE		
SHOP ORDER:			CERTIFIED BY:			DATE:			



Job/Project:	Representative:
ESP-Systemwise: WIZE-9E681C52 Created On: 10/30/2025	Phone:
Location/Tag:	Email:
Engineer:	Submitted By: Date:
Contractor:	Approved By: Date:

Split Case Fire Pump

Pump Model: 8x6x12F-M
Nom. Speed: 3000 rpm
Market: Listed Fire Pump
Approval/Listing: FM/UL

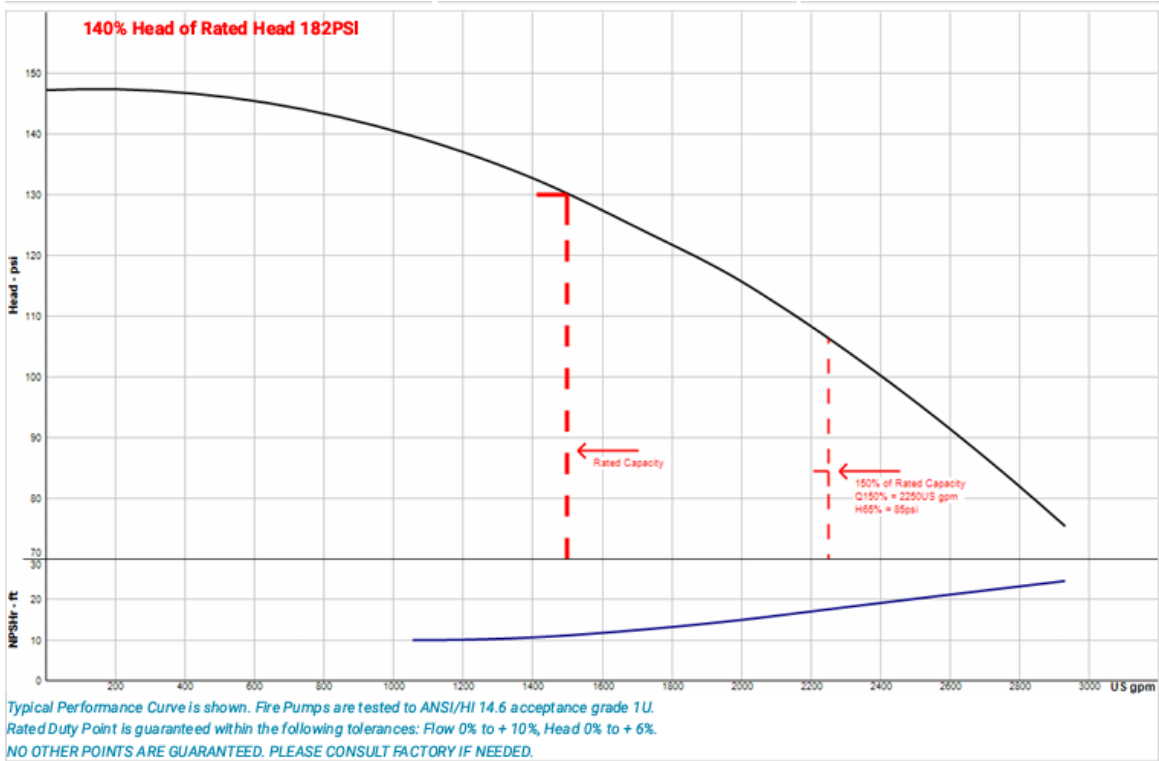


Selection Criteria

Rated Flow	1500 US gpm
Rated Head	130 psi
Imp. Dia	10.783 in
Power Required at Duty	148 hp
Rated Efficiency	76.6 %
Fluid	Water
Temperature	85 °F
Sp. Gravity	1.000

NFPA Limits

140% Head of Rated Head	182 psi
65% Head at 150% Flow	84.5 psi
Flow at 150%	2250 US gpm
Head at 150%	106 psi
Power Req at 150%	171 hp
Efficiency at 150%	81.3 %
Max BHP	191 hp
Closed Valve Head	147 psi



Performance Curve Data				
Flow (US gpm)	Head (psi)	Efficiency (%)	Power Required (hp)	NPSHr (ft)
0	147	0	0	10
375	145	45.6	107	10
750	142	56.3	121	10
1125	138	67	135	10.1
1500	130	76.6	148	11.3
2250	106	81.3	171	17.6
2931	75.4	68	190	24.6



Xylem Inc.
3200 N. Austin Avenue
Morton Grove, Illinois 60053
Phone: (847) 966-3700
Fax: (847) 965-8379
www.acfirepump.com

A/C Fire Pump is a trademark of Xylem Inc. or one of its subsidiaries.

Cálculo manual

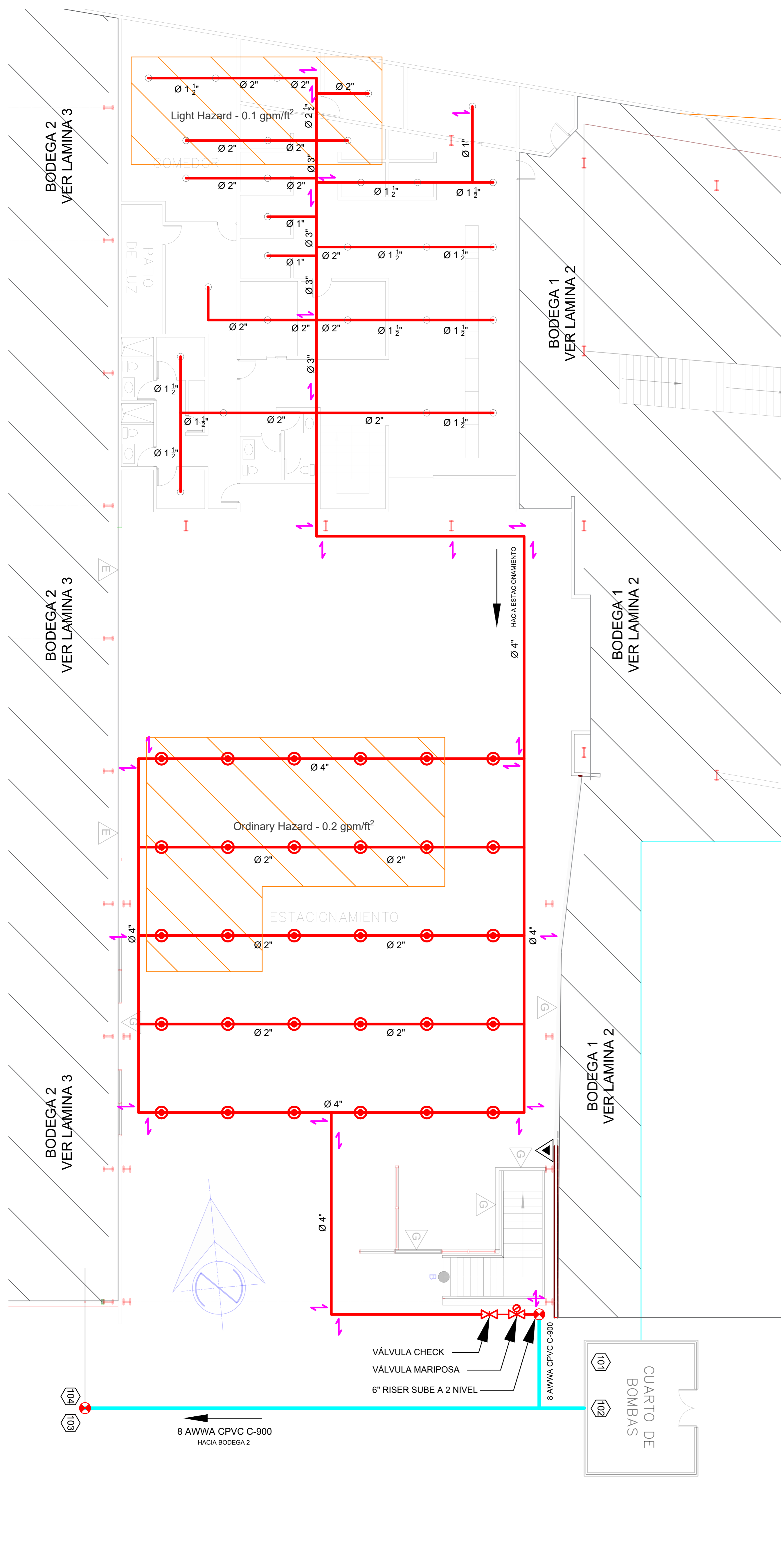
INFORMACIÓN DE LA TUBERÍA.

Nodo 1	Elev. 1 (ft)	Factor K	Flujo adicionado (q)	Diam. Interno (in)	Accesorios	L	(m)	C	Pt	Total	Notas
						F	(m)	Pf por metro (psi)	Pe	Elevación	
Nodo 2	Elev. 2 (ft)		Flujo Total (Q)	Diam. Interno real (in)		T	(m)		Pf	Fricción	
1	37	16.8	121.15	3		L	10	120	Pt	52	
						F	0		Pe	0	
2	37		121.15	3,260		T	10	0.01458	Pf	0.1458	
2	37	16.8	121.32	3		L	10	120	Pt	52.1458	
						F	0		Pe	0	
3	37		242.46	3,260		T	10	0.05263	Pf	0.5263	
3	37	16.8	121.93	3		L	10	120	Pt	52.6721	
						F	0		Pe	0	
4	37		364.75	3,260		T	10	0.11183	Pf	1.118	
5	37	16.8	121.22	3		L	10	120	Pt	52.070	
						F	0		Pe	0	
6	37		121.39	3,260		T	10	0.0146	Pf	0.146	
6	37	16.8	121.39	3		L	10	120	Pt	52.216	
						F	0		Pe	0	
7	37		242.63	3,260		T	10	0.05269	Pf	0.5269	
7	37	16.8	122	3		L	10	120	Pt	52.743	
						F	0		Pe	0	
8	37		363.63	3,260		T	10	0.11196	Pf	1.1196	
9	37	16.8	121.5	3		L	10	120	Pt	52.31	
						F	0		Pe	0	
10	37		121.67	3,260		T	10	0.01466	Pf	0.1466	
10	37	16.8	121.67	3		L	10	120	Pt	52.457	
						F	0		Pe	0	
11	37		243.17	3,260		T	10	0.05291	Pf	0.5290	
11	37	16.8	122.28	3		L	10	120	Pt	52.98	
						F	0		Pe	0	
12	37		365.46	3,260		T	10	0.11243	Pf	1.1243	
4	37	16.8	123.21	3	TEE	L	5	120	Pt	53.79	
						F	20		Pe	0	
107	37		487.6	3,260		T	25	0.1916	Pf	4.7900	
107	37	0	487.6	6		L	10	120	Pt	58.580	
						F	0		Pe	0	
106	37		487.6	6,357		T	10	0.0742	Pf	0.7420	
8	37	16.8	487.6	3	TEE	L	5	120	Pt	53.860	
						F	20		Pe	0	
106	37		487.91	3,260		T	25	0.19191	Pf	4.798	
106	37	0	487.91	3		L	10	120	Pt	58.658	
						F	0		Pe	0	
105	37		975.52	3,260		T	10	0.02675	Pf	0.2675	
105	37	16.8	489.03	3	TEE	L	5	120	Pt	58.925	
						F	20		Pe	0	
12	37		123.58	3,260		T	25	0.19272	Pf	11.1190	

4	37	16.8	123.21	3	TEE	L	5	120	Pt	53.79	
						F	20		0.1916	Pe	0
						T	25			Pf	4.7900
107	37		487.6	3,260							
107	37	0	487.6	6		L	10	120	Pt	58.580	
						F	0		0.0742	Pe	0
						T	10			Pf	0.7420
106	37		487.6	6,357							
8	37	16.8	487.6	3	TEE	L	5	120	Pt	53.860	
						F	20		0.19191	Pe	0
						T	25			Pf	4.798
106	37		487.91	3,260							
106	37	0	487.91	3		L	10	120	Pt	58.658	
						F	0		0.02675	Pe	0
						T	10			Pf	0.2675
105	37		975.52	3,260							
105	37	16.8	489.03	3	TEE	L	5	120	Pt	58.925	
						F	20		0.19272	Pe	0
						T	25			Pf	11.1190
12	37		123.58	3,260							
105	37	0	975.52	6	Codo 90°	L	178	120	Pt	70.04	
						F	18		0.05673	Pe	16.021
						T	196			Pf	4.590
104	37		1464.55	6,357							
104	37	0	975.52	6	Válvula de compuerta Válvula Check	L	37	120	Pt	90.66	
						F	44		0.05673	Pe	0
						T	81			Pf	1.611
103	37		1464.55	6,357							
103	37	0	975.52	8	Codo 90°	L	80	120	Pt	92.27	
						F	21		0.01595	Pe	0
						T	101			Pf	1.611
102	37		1464.55	8,249							
102	37	0	975.52	8	Válvula de compuerta Válvula Check	L	10	120	Pt	93.88	
						F	44		0.01595	Pe	0
						T	54			Pf	0.861
101	37		1465.32	8,249							

Basada en Figura 28.4.5.1.2(d) NFPA 13 ed 2022 en Español

q: Caudal del dispositivo
Q: Caudal acumulado
L: Longitud de tubería
F: Longitud equivalente
T: Longitud total
C: Coeficiente de fricción
Pt: Presión total
Pe: Presión por elevación
Pf: Presión por fricción



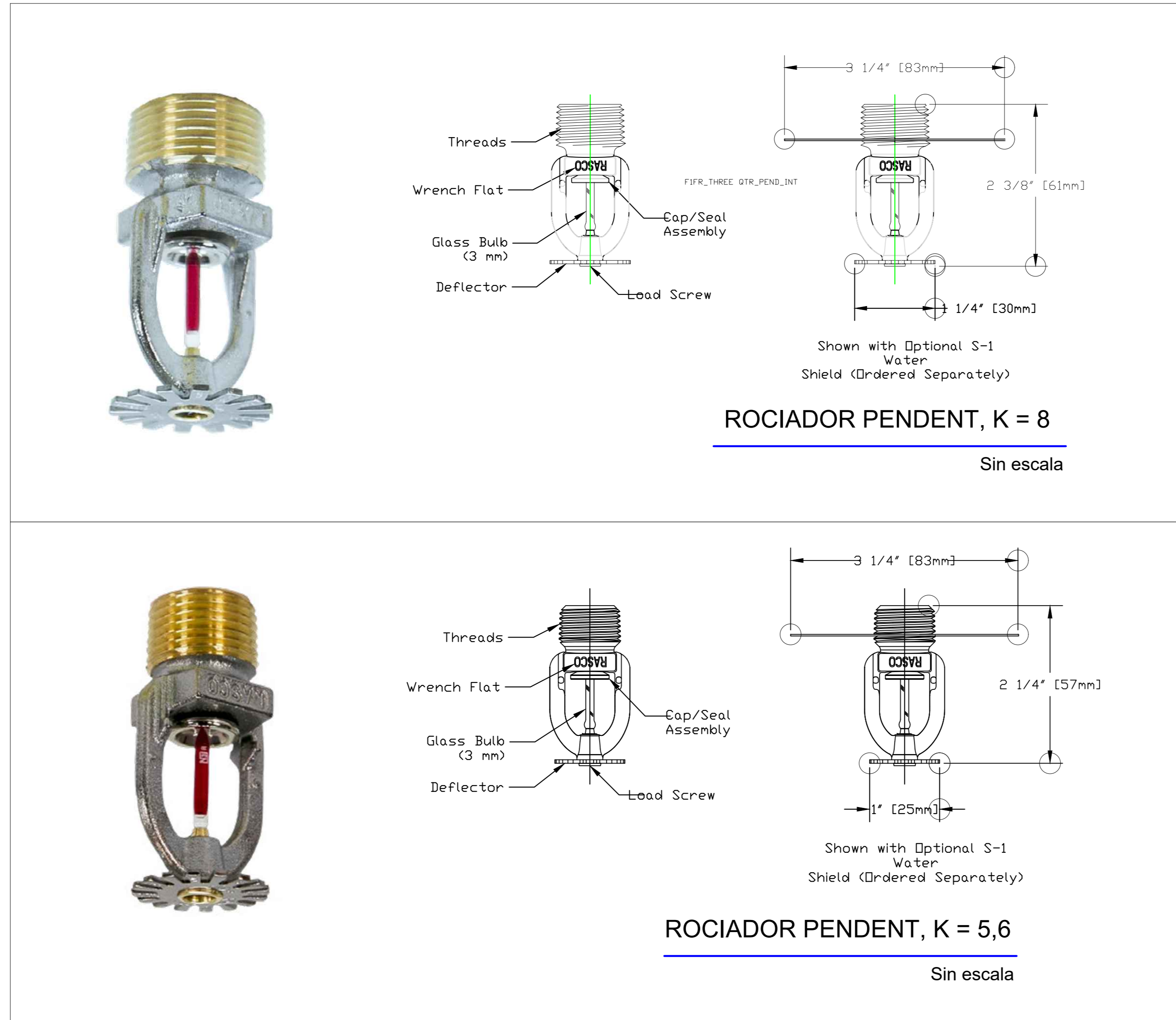
DISTRIBUCIÓN DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS
OFICINAS Y ESTACIONAMIENTO - PRIMER NIVEL

ESCALA 1:75

Sprinkler Legend						
Simbolo	SIN	Cantidad	Factor K	Tipo	Temp.	NPT
	RA1414	28	5,6	Pendent	135 °F	1/2"
	RA6312	30	8		155 °F	3/4"

SIMBOLOGÍA

- RISER O TUBERIA DE ALIMENTACIÓN VERTICAL
- SOPORTE SISMICO LONGITUDINAL
- SOPORTE SISMICO LATERAL
- SOPORTE SISMICO DE CUATRO VIAS

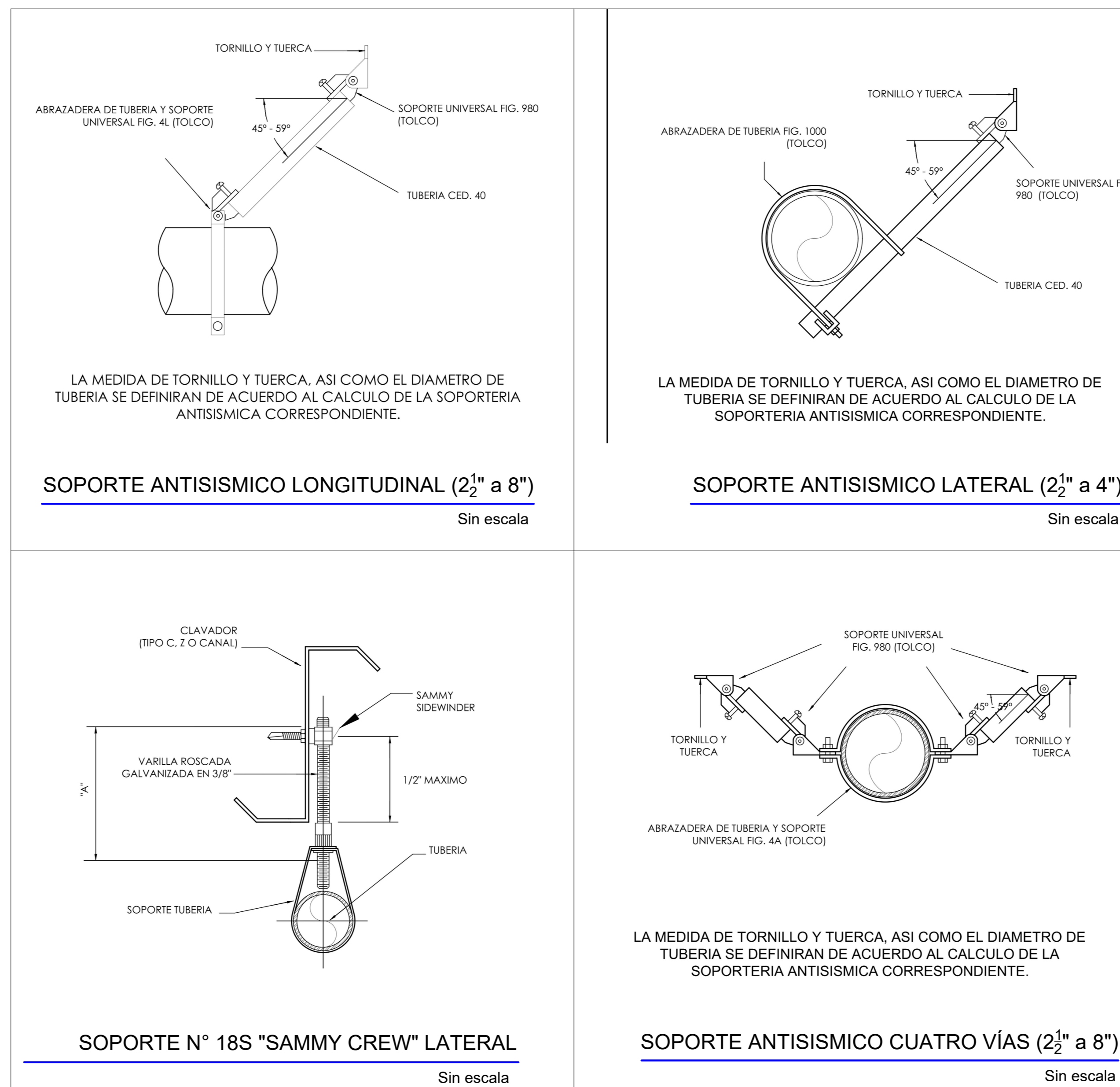


ROCIADOR PENDENT, K = 8

Sin escala

ROCIADOR PENDENT, K = 5,6

Sin escala



SOPORTE ANTISISMICO LONGITUDINAL (2 1/2" a 8")

Sin escala

SOPORTE ANTISISMICO LATERAL (2 1/2" a 4")

Sin escala

SOPORTE N° 18S "SAMMY CREW" LATERAL

Sin escala

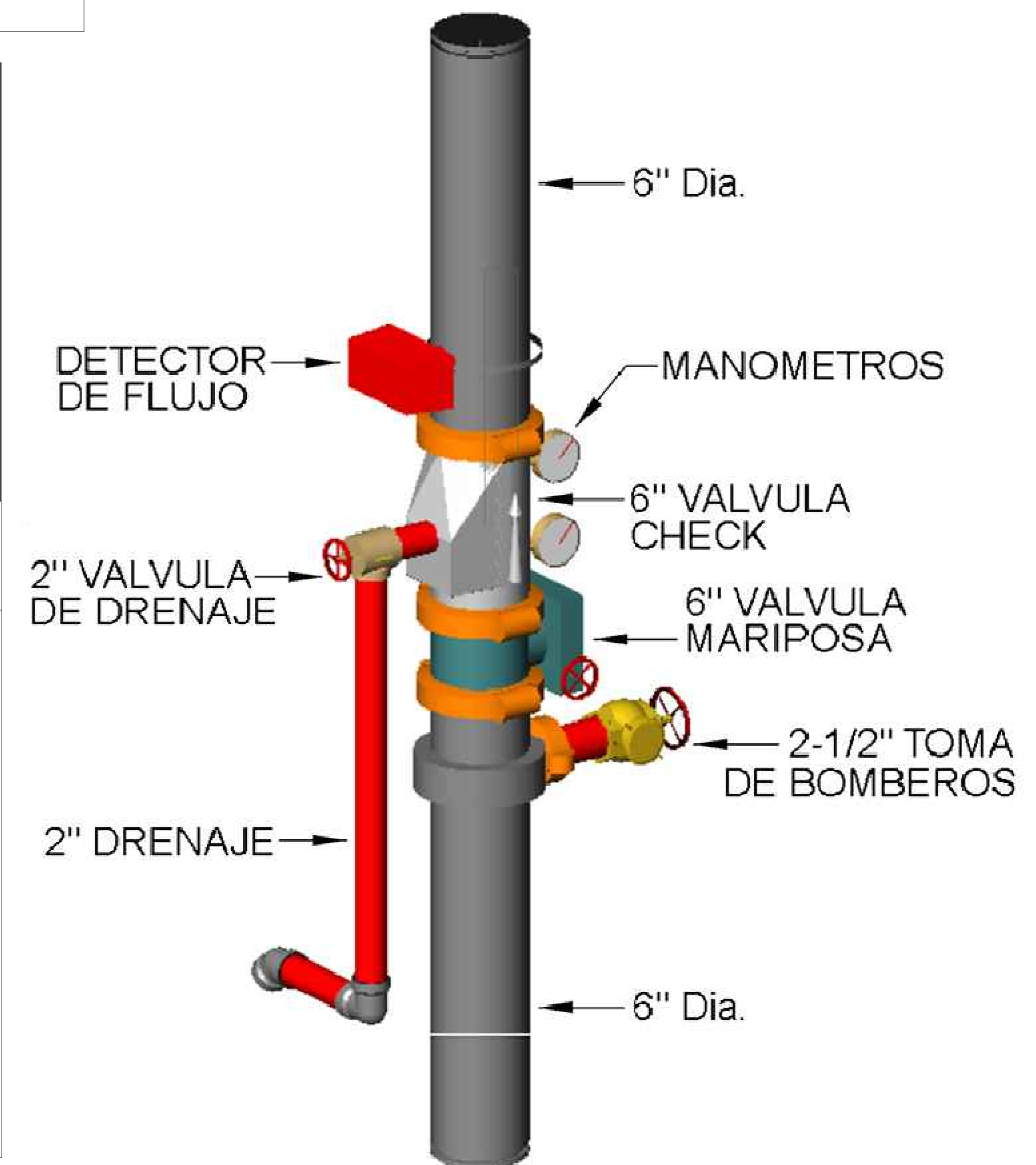
SOPORTE ANTISISMICO CUATRO VÍAS (2 1/2" a 8")

Sin escala

NOTAS GENERALES

PRIMER NIVEL - OFICINAS/ESTACIONAMIENTO

- PARA EL AREA DE OFICINAS Y ESTACIONAMIENTO, EL SISTEMA DE ROCIADORES AUTOMATICOS, SERA TIPO HUMEDO Y DISEÑADO PARA UNA DENSIDAD DE 0.10GPM/SQ.FT., SOBRE EL ÁREA MAS REMOTA DE 900 SQ.FT. LOS ROCIADORES PARA OFICINAS SERÁN DE TIPO COLGATE CON UN K=5.6 Y CON UN AREA DE COBERTURA MAXIMA DE 225 PIES CUADRADOS POR ROCIADOR. MIENTRAS QUE LOS ROCIADORES PARA ESTACIONAMIENTO SERÁ DE K=8, CON UN ÁREA DE COBERTURA MÁXIMA DE 130 PIES CUADRADOS POR ROCIADOR.
- LA TUBERIA RANURADA SERA HIERRO NEGRO CED. 10, LISTADA Y APROBADA PARA SU USO EN INCENDIO, CON JUNTAS Y ACCESORIOS RANURADOS USANDO ACOPLAS (DIAMETROS DESDE 2" EN ADELANTE).
- LA TUBERIA ROSCADA SERA H.N. CED. 40, LISTADA Y APROBADA PARA SU USO EN INCENDIO, CON JUNTAS Y ACCESORIOS DE HIERRO DUCTIL ROSCADO SEGUN ANSI (DIAMETROS MENORES DE 2").
- LA TUBERIA AEREA SERÁ PROBADA HIDROSTATICAMENTE A 200 PSI POR 2 HORAS.
- UN ROTULO CON DATOS DEL DISEÑO DEL SISTEMA SERA INSTALADO EN CADA RISER DEL SISTEMA DE ROCIADORES.
- TODOS LOS COMPONENTES DEL SISTEMA SERAN LISTADOS Y APROBADOS PARA SU USO EN INCENDIO.
- LOS ARRIOSTRES CONTRA MOVIMIENTOS SISMICOS SERAN INSTALADOS SEGUN NFPA 13 EDICION 2022.



DETALLE RISER PRINCIPAL

Sin escala



PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS
ATC TECNOVAL S.A.

PROPIETARIO:
ATC TECNOVAL S.A.

PROVINC:	CANTON:	DISTRITO:
SAN JOSÉ	SAN JOSÉ	ZAPOTE

DIBUJÓ:
HAROLD CAMPOS JIMÉNEZ

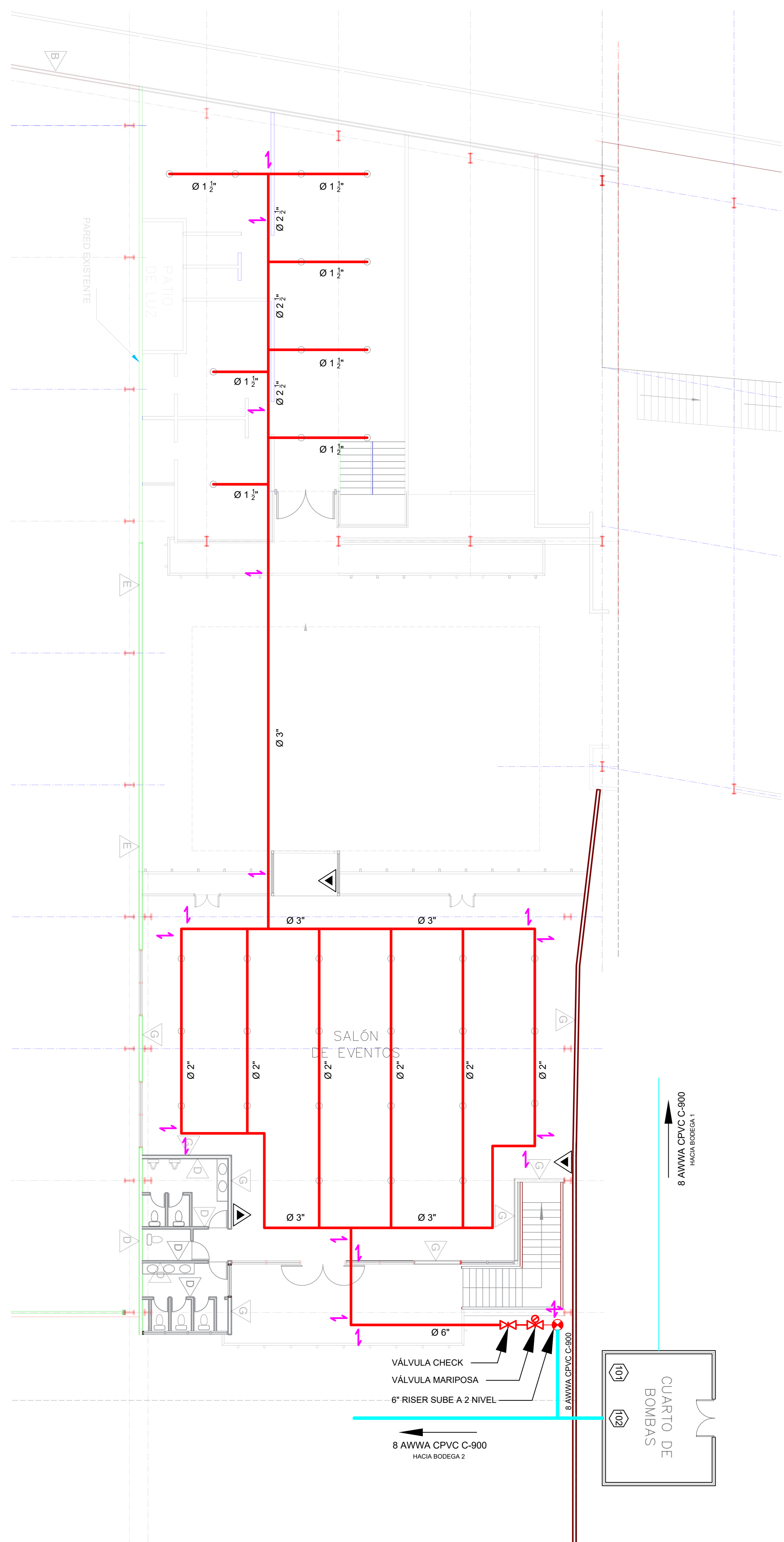
PROFESIONAL RESPONSABLE:
NOMBRE: JUAN PABLO ARIAS CARTÍN

PROFESIONAL RESPONSABLE DE LA DIRECCION TECNICA:
NOMBRE:
FIRMA:

INFORMACION DEL REGISTRO PUBLICO:
PROPIETARIO:
DE CATASTRO:
SITAS:

CONTENIDO:
DISTRIBUCIÓN DE ROCIADORES
OFICINAS Y ESTACIONAMIENTO
PRIMER NIVEL

ESCALA:	FECHA:	# DE LAMINA:
INDICADA	15/10/2025	1/6



DISTRIBUCIÓN DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS OFICINAS Y ESTACIONAMIENTO - PRIMER NIVEL
ESCALA 1:75

Sprinkler Legend						
Simbolo	SIN	Cantidad	Factor K	Tipo	Temp.	NPT
	RA1414	33	5,6	Pendent	155 °F	1/2"

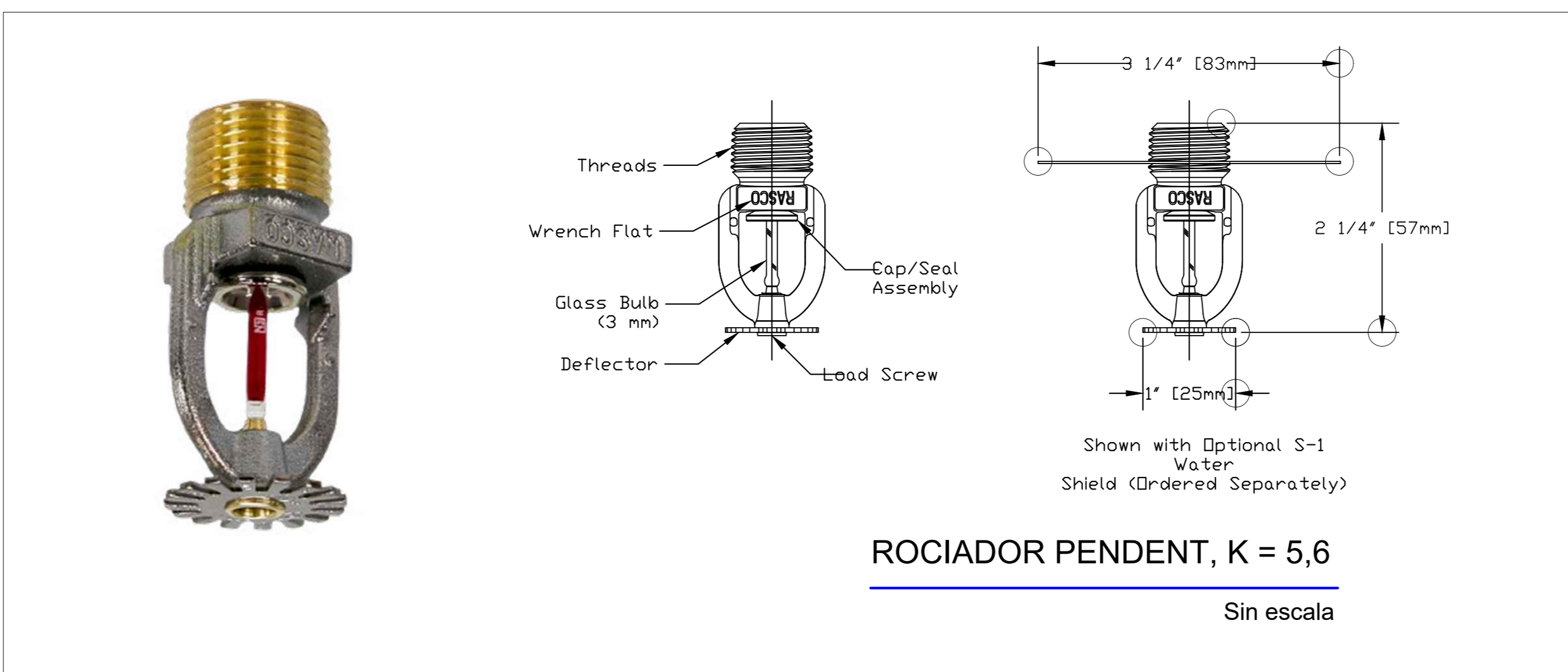
SIMBOLOGÍA

- RISER O TUBERIA DE ALIMENTACIÓN VERTICAL
- SOPORTE SISMICO LONGITUDINAL
- SOPORTE SISMICO LATERAL
- SOPORTE SISMICO DE CUATRO VIAS

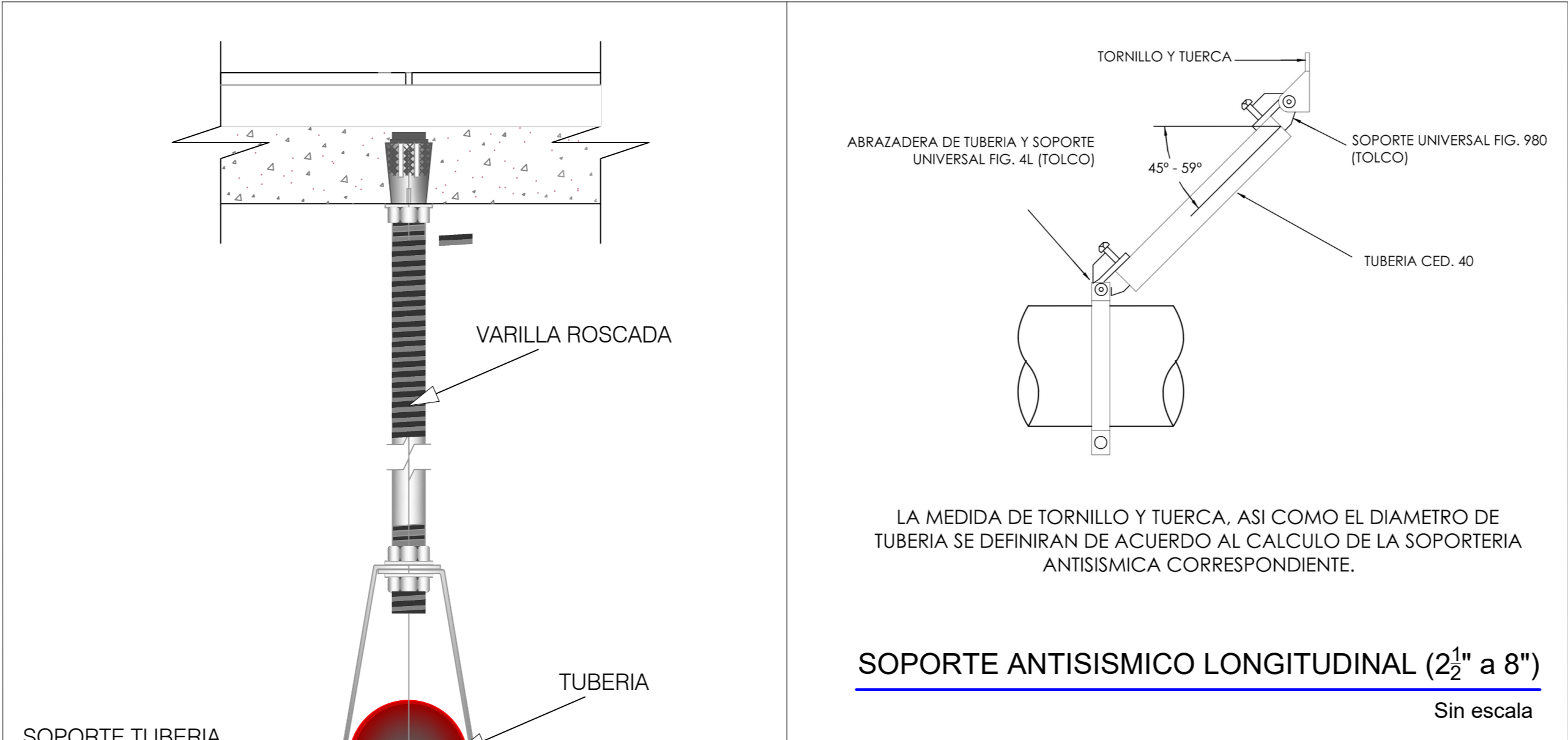
NOTAS GENERALES

SEGUNDO NIVEL - OFICINAS/SALÓN DE EVENTOS

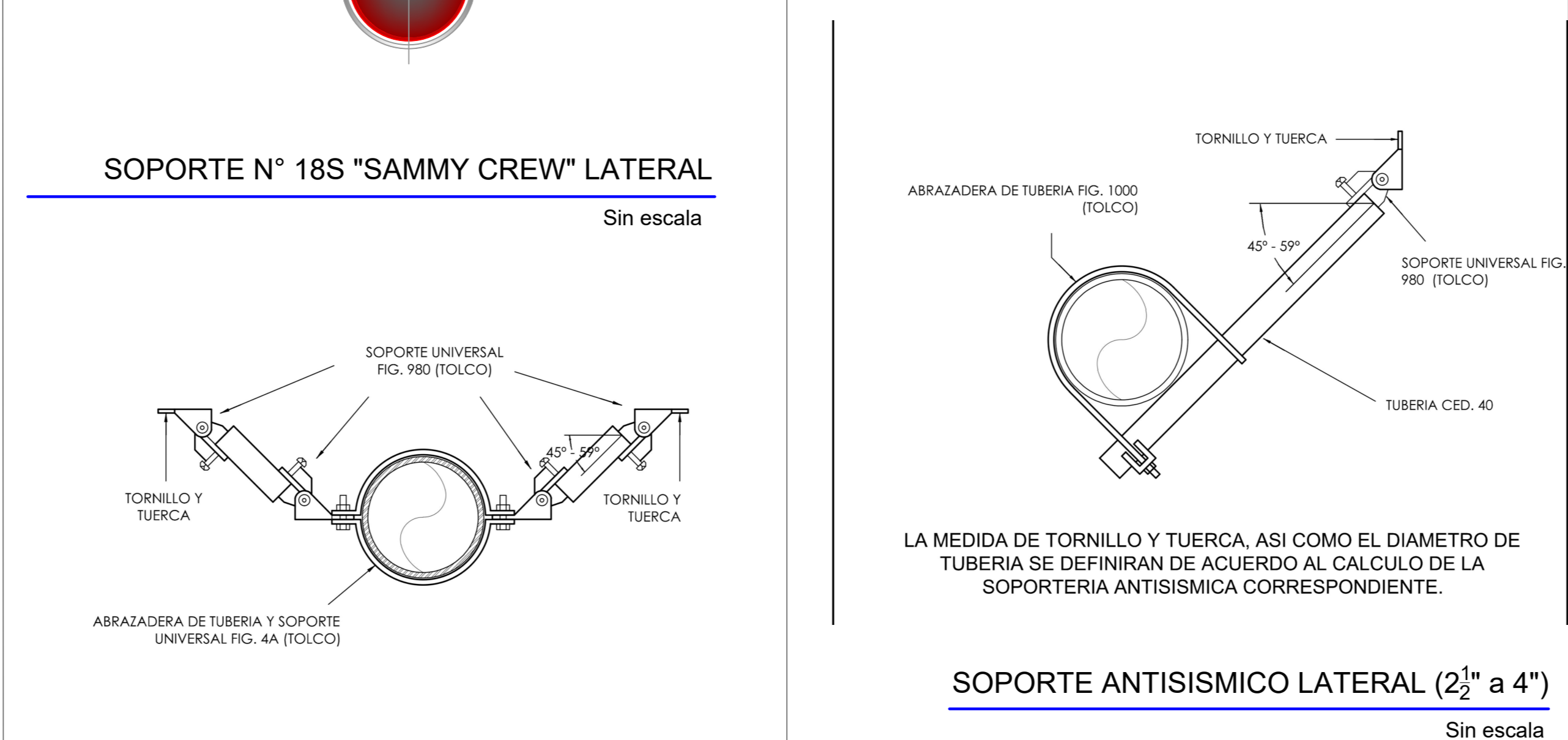
- PARA EL AREA DE OFICINAS Y SALÓN DE EVENTOS, EL SISTEMA DE ROCIADORES AUTOMATICOS, SERA TIPO HUMEDO Y DISEÑADO PARA UNA DENSIDAD DE 0.10GPM/SQ.FT., SOBRE EL ÁREA MAS REMOTA DE 900 SQ.FT. LOS ROCIADORES SERÁN DE TIPO COLGATE CON UN K=5.6 Y CON UN AREA DE COBERTURA MAXIMA DE 225 PIES CUADRADOS POR ROCIADOR.
- LA TUBERIA RANURADA SERA HIERRO NEGRO CED. 10, LISTADA Y APROBADA PARA SU USO EN INCENDIO, CON JUNTAS Y ACCESORIOS RANURADOS USANDO ACOPLAS (DIAMETROS DESDE 2" EN ADELANTE).
- LA TUBERIA ROSCADA SERA H.N. CED. 40, LISTADA Y APROBADA PARA SU USO EN INCENDIO, CON JUNTAS Y ACCESORIOS DE HIERRO DUCTIL ROSCADO SEGUN ANSI (DIAMETROS MENORES DE 2").
- LA TUBERIA AEREA SERÁ PROBADA HIDROSTATICAMENTE A 200 PSI POR 2 HORAS.
- UN ROTULO CON DATOS DEL DISEÑO DEL SISTEMA SERA INSTALADO EN CADA RISER DEL SISTEMA DE ROCIADORES.
- TODOS LOS COMPONENTES DEL SISTEMA SERAN LISTADOS Y APROBADOS PARA SU USO EN INCENDIO.
- LOS ARRIOSTRES CONTRA MOVIMIENTOS SISMICOS SERAN INSTALADOS SEGUN NFPA 13 EDICION 2022.



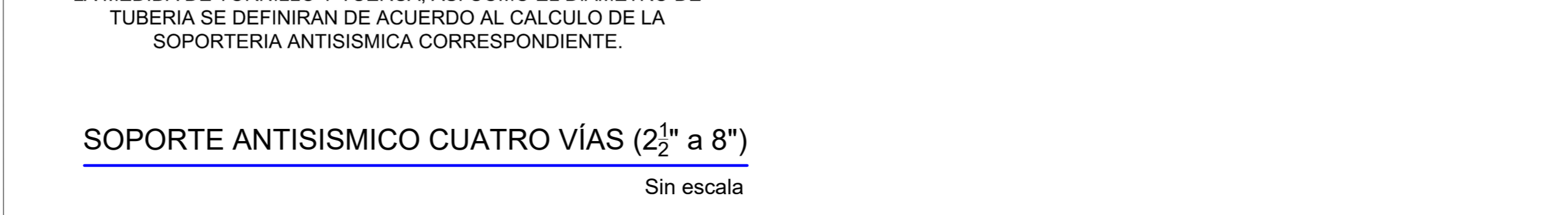
ROCIADOR PENDENT, K = 5,6
Sin escala



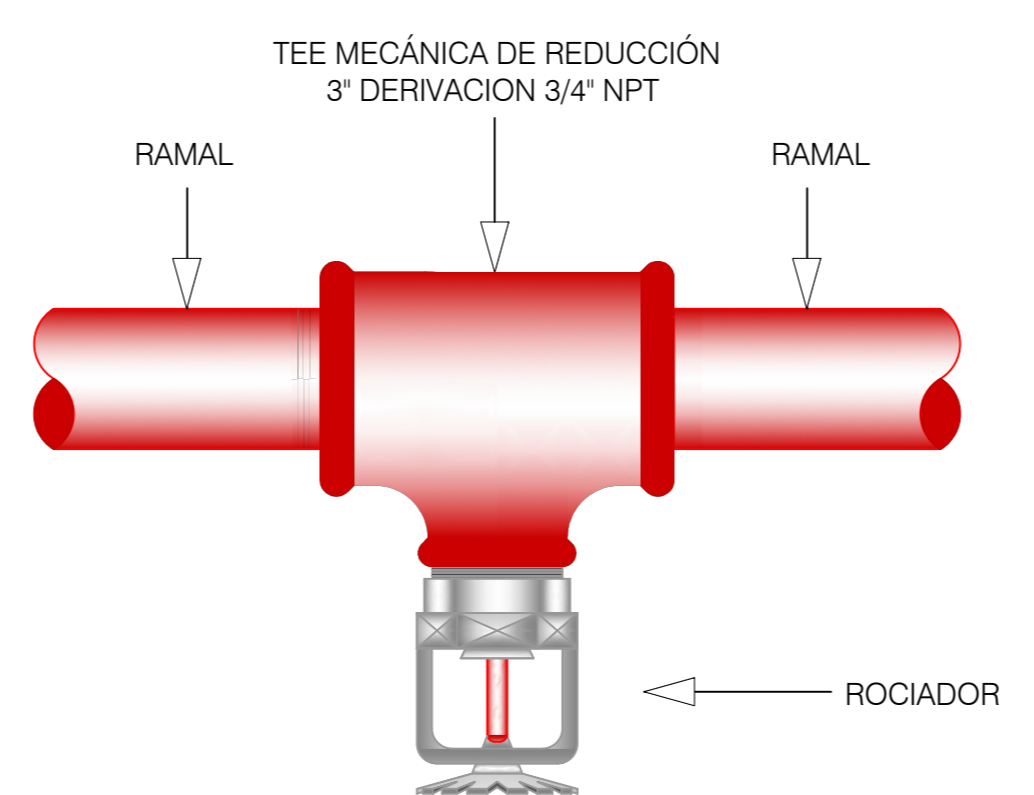
SOPORTE ANTISISMICO LONGITUDINAL (2 1/2\"/>



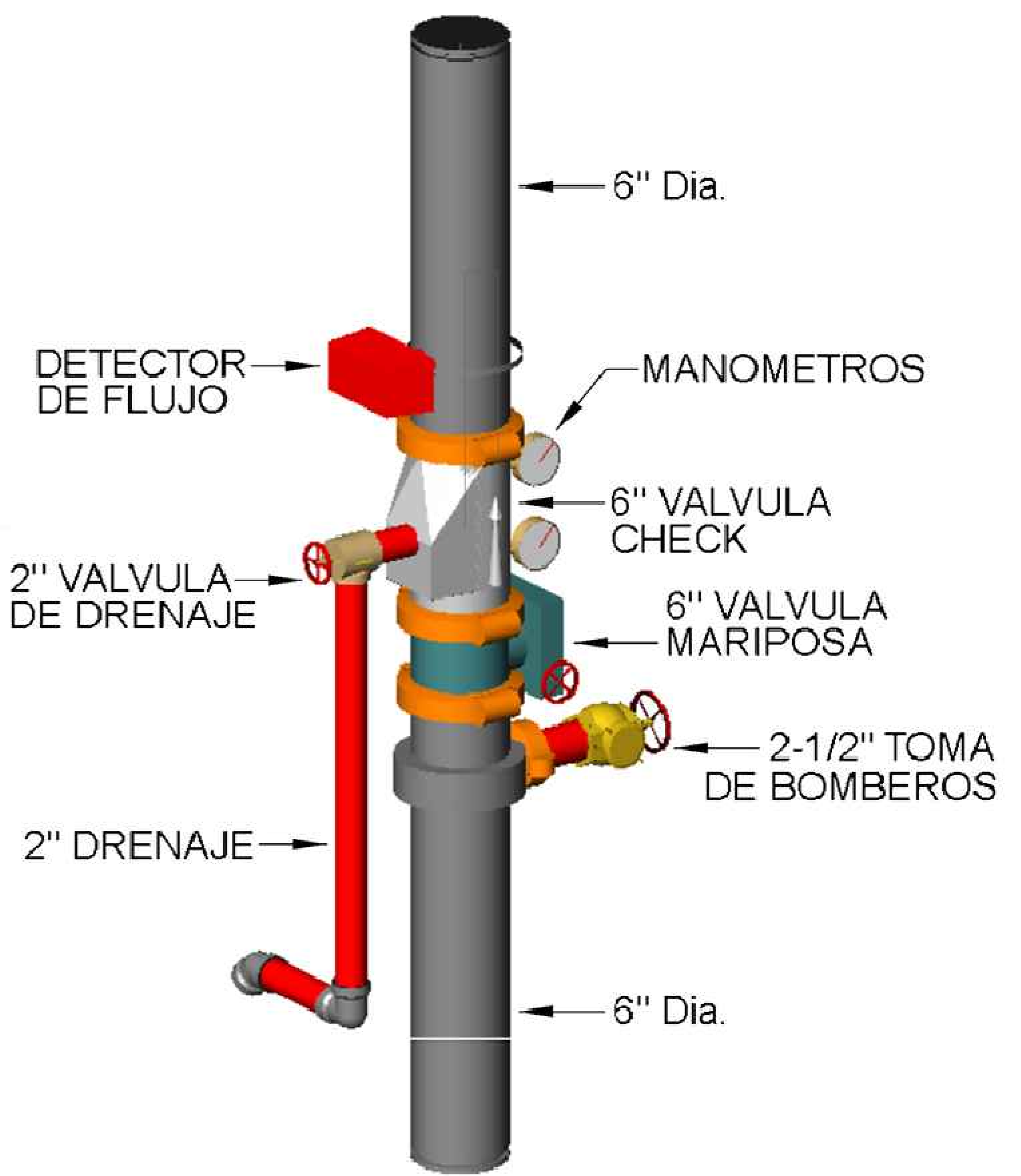
SOPORTE ANTISISMICO LATERAL (2 1/2\"/>



SOPORTE ANTISISMICO CUATRO VÍAS (2 1/2\"/>



CONEXIÓN RAMAL - ROCIADOR
Sin escala



DETALLE RISER PRINCIPAL

Sin escala



PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS ATC TECNOVAL S.A.

PROPIETARIO:
ATC TECNOVAL S.A.

PROVINCIA:	CANTON:	DISTRITO:
SAN JOSÉ	SAN JOSÉ	ZAPOTE

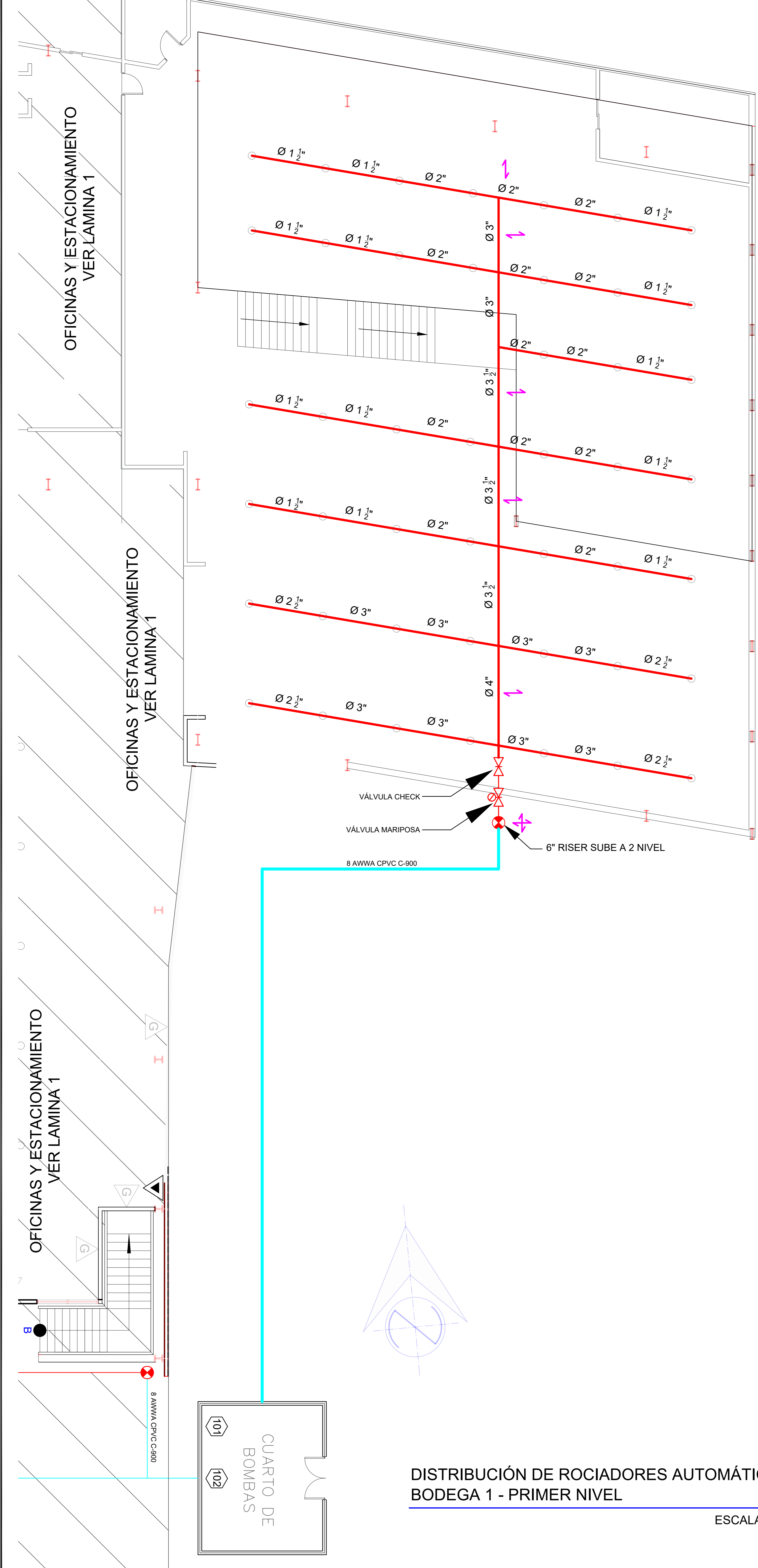
DIBUJÓ:
HAROLD CAMPOS JIMÉNEZ

PROFESIONAL RESPONSABLE:
NOMBRE: JUAN PABLO ARIAS CARTÍN
FIRMA: _____

PROFESIONAL RESPONSABLE DE LA DIRECCION TECNICA:
NOMBRE: _____
FIRMA: _____

INFORMACION DEL REGISTRO PUBLICO:
PROPIETARIO:
DE CATASTRO:
SITAS:

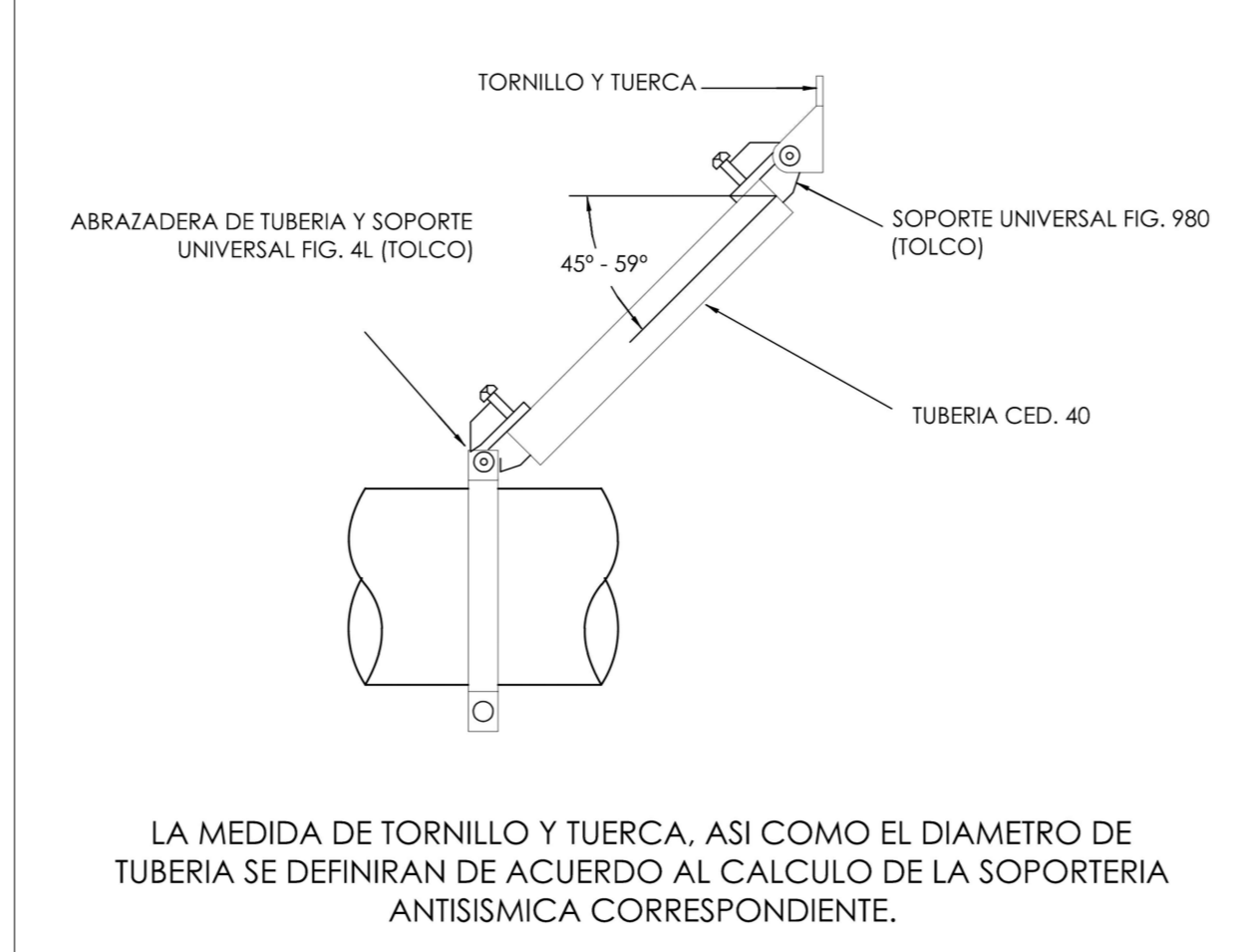
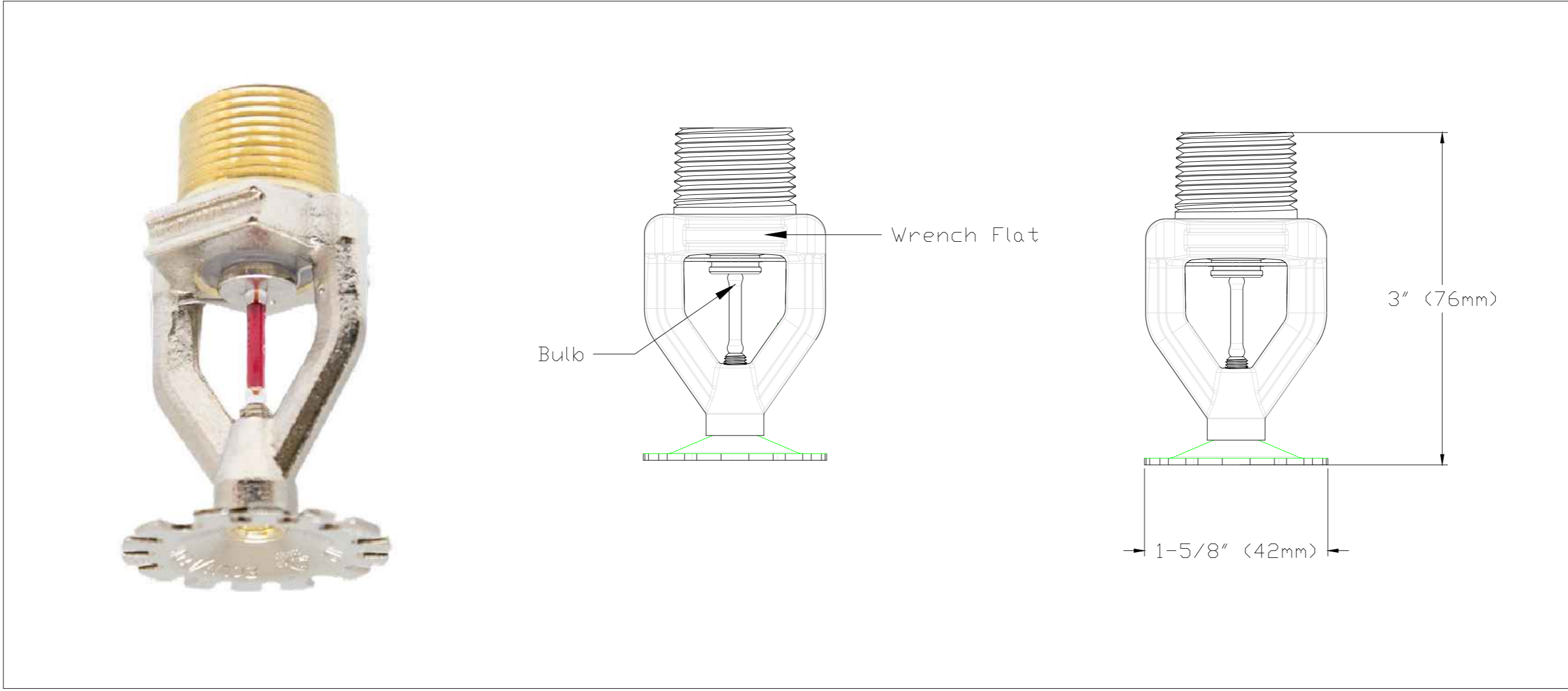
CONTENIDO:
DISTRIBUCIÓN DE ROCIADORES OFICINAS Y SALÓN DE EVENTOS SEGUNDO NIVEL



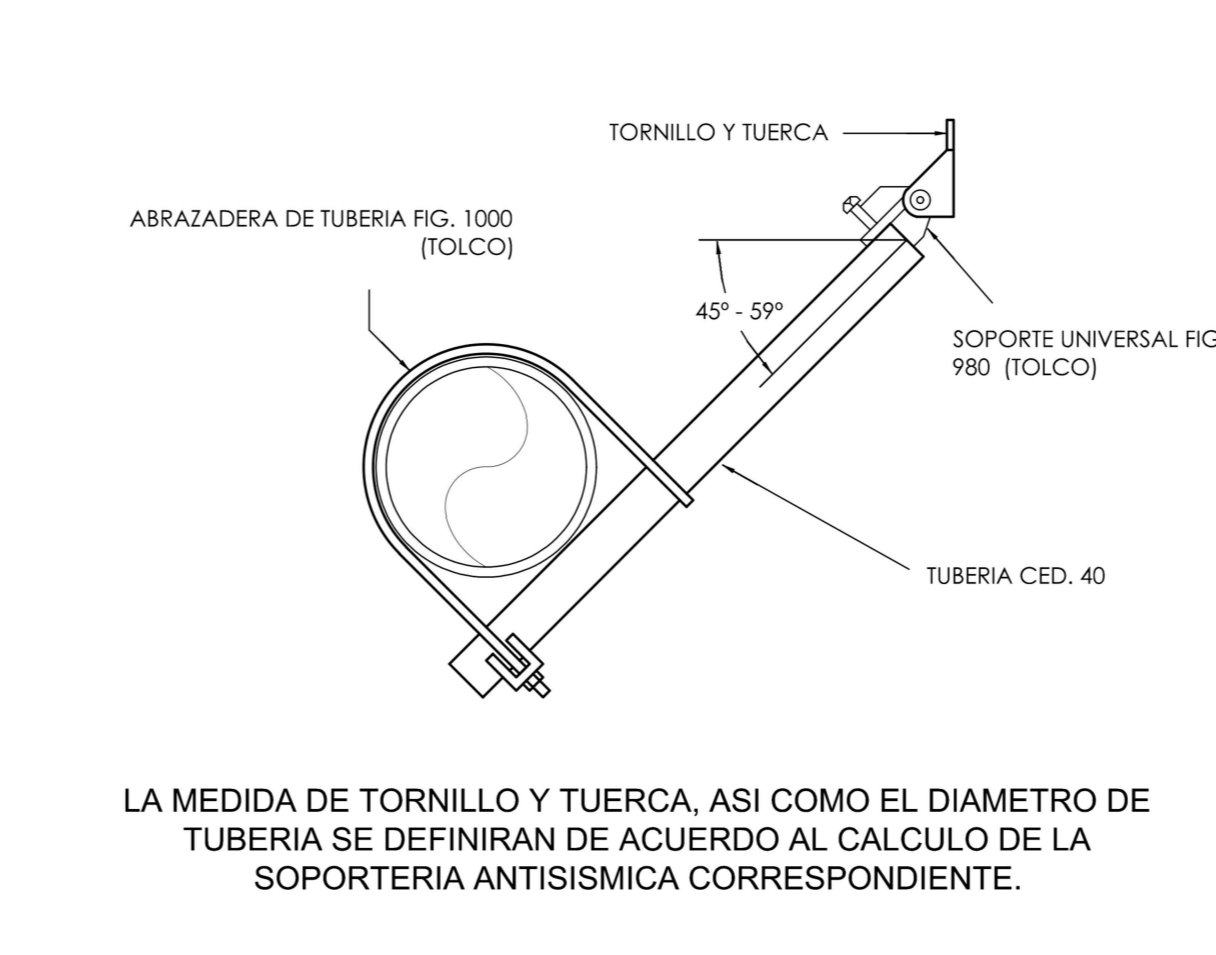
Sprinkler Legend						
Simbolo	SIN	Cantidad	Factor K	Tipo	Temp.	NPT
	RA7216	45	11,2	Pendent	155 °F	3/4"

SIMBOLOGÍA

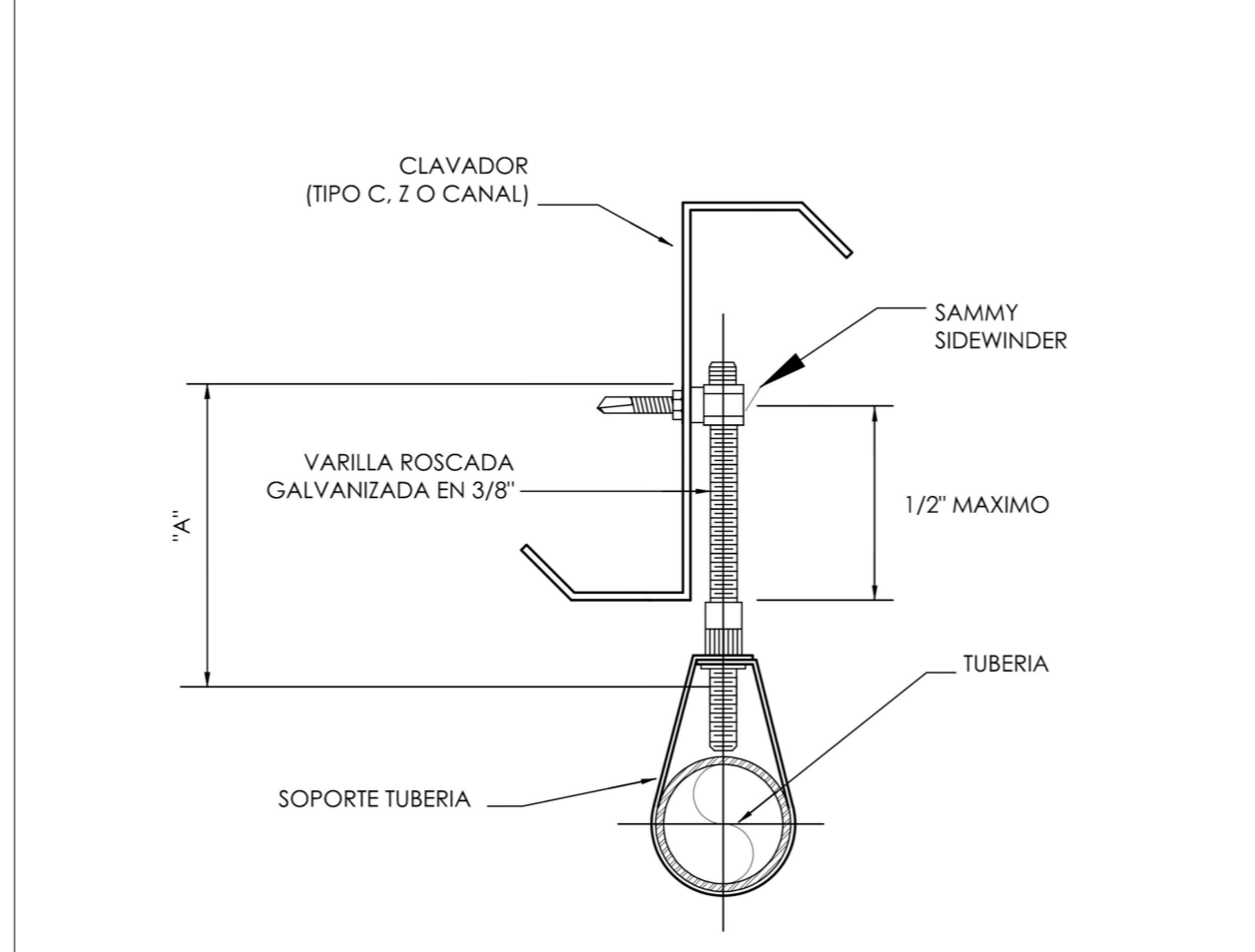
- RISER O TUBERIA DE ALIMENTACIÓN VERTICAL
- SOPORTE SISMICO LONGITUDINAL
- SOPORTE SISMICO LATERAL
- SOPORTE SISMICO DE CUATRO VIAS



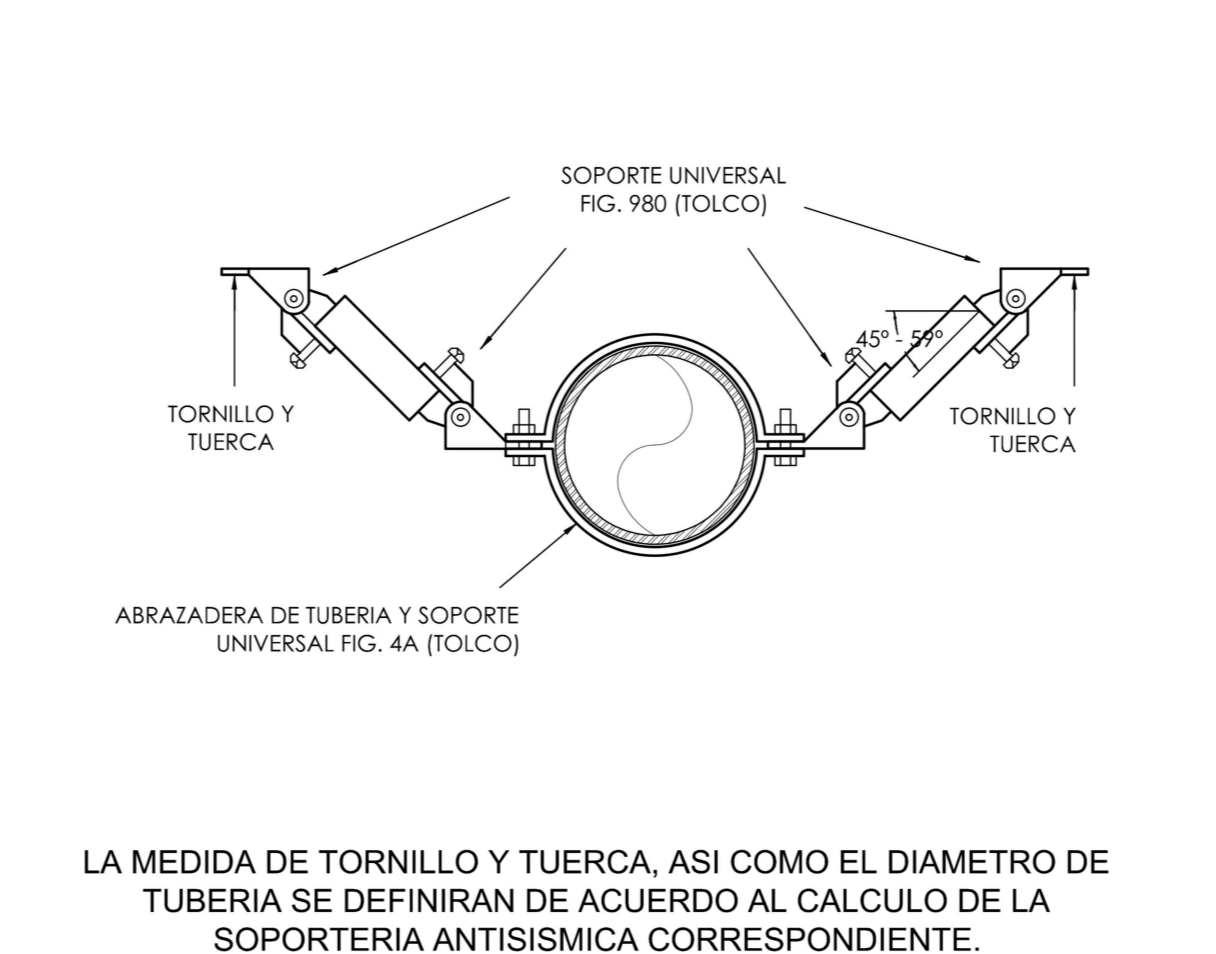
SOPORTE ANTISISMICO LONGITUDINAL (2 1/2" a 8")
Sin escala



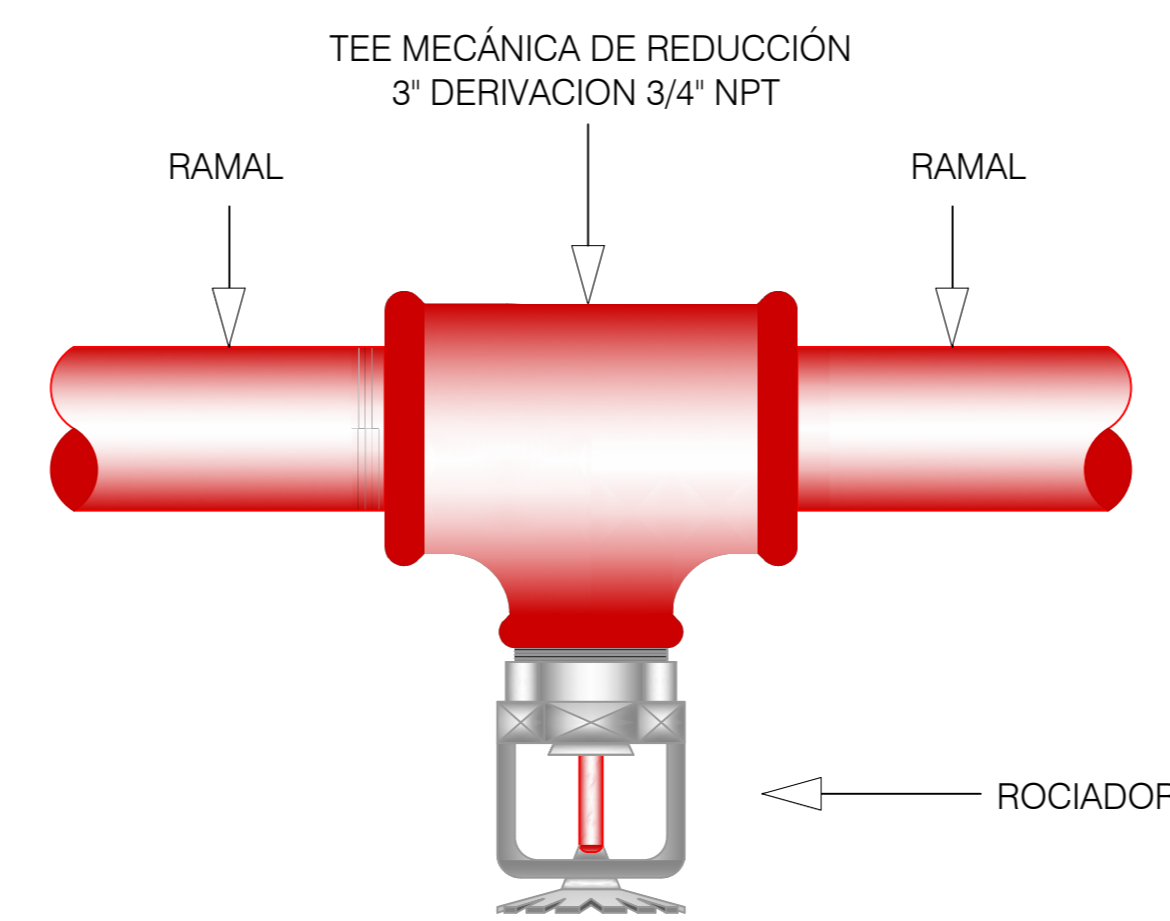
SOPORTE ANTISISMICO LATERAL (2 1/2" a 4")
Sin escala



SOPORTE N° 18S "SAMMY CREW" LATERAL
Sin escala



SOPORTE ANTISISMICO CUATRO VIAS (2 1/2" a 8")
Sin escala

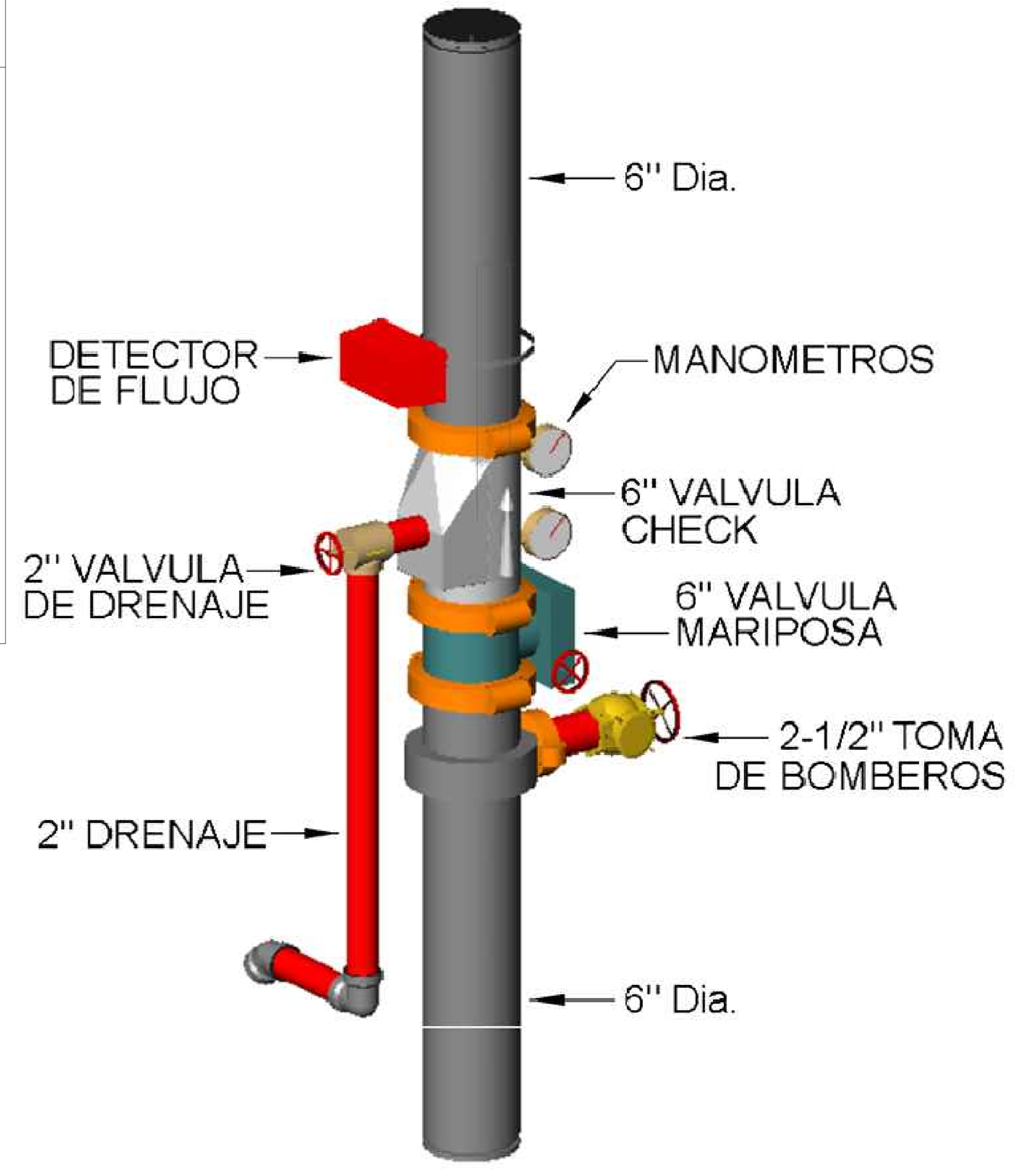


CONEXIÓN RAMAL - ROCIADOR
Sin escala

NOTAS GENERALES

BODEGA 1

1. PARA EL AREA DE BODEGA 1, EL SISTEMA DE ROCIADORES AUTOMATICOS, SERÁ TIPO HUMEDO Y DISEÑADO PARA UNA DENSIDAD DE 0.29 GPM/SQ.FT., SOBRE EL ÁREA MAS REMOTA DE 900 SQ.FT. LOS ROCIADORES PARA BODEGA 1 SERÁN DE TIPO COLGATE CON UN K=11,2 Y CON UN AREA DE COBERTURA MAXIMA DE 130 PIES CUADRADOS POR ROCIADOR.
2. LA TUBERIA RANURADA SERA HIERRO NEGRO CED. 10, LISTADA Y APROBADA PARA SU USO EN INCENDIO, CON JUNTAS Y ACCESORIOS RANURADOS USANDO ACOPLER (DIAMETROS DESDE 2" EN ADELANTE).
3. LA TUBERIA ROSCADA SERA H.N. CED. 40, LISTADA Y APROBADA PARA SU USO EN INCENDIO, CON JUNTAS Y ACCESORIOS DE HIERRO DUCTIL ROSCADO SEGUN ANSI (DIAMETROS MENORES DE 2").
4. LA TUBERIA AEREA SERÁ PROBADA HIDROSTATICAMENTE A 200 PSI POR 2 HORAS.
5. UN ROTULO CON DATOS DEL DISEÑO DEL SISTEMA SERA INSTALADO EN CADA RISER DEL SISTEMA DE ROCIADORES.
6. TODOS LOS COMPONENTES DEL SISTEMA SERAN LISTADOS Y APROBADOS PARA SU USO EN INCENDIO.
7. LOS ARRIOSTRES CONTRA MOVIMIENTOS SISMICOS SERAN INSTALADOS SEGUN NFPA 13 EDICION 2022.



DETALLE RISER PRINCIPAL
Sin escala



PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS ATC TECNOVAL S.A.

PROPIETARIO:
ATC TECNOVAL S.A.

PROVINC:	CANTON:	DISTRITO:
SAN JOSÉ	SAN JOSÉ	ZAPOTE

DIBUJÓ:
HAROLD CAMPOS JIMÉNEZ

PROFESIONAL RESPONSABLE:
NOMBRE: _____
FIRMA: _____

PROFESIONAL RESPONSABLE DE LA DIRECCION TECNICA:
NOMBRE: JUAN PABLO ARBAS CARTIN
FIRMA: _____

INFORMACION DEL REGISTRO PUBLICO:
PROPIETARIO:
DE CATASTRO:
SITAS:

CONTENIDO:
DISTRIBUCIÓN DE ROCIADORES BODEGA 1 - PRIMER NIVEL

ESCALA:	FECHA:	# DE LAMINA:
INDICADA	15/10/2025	3/6

NOTAS GENERALES

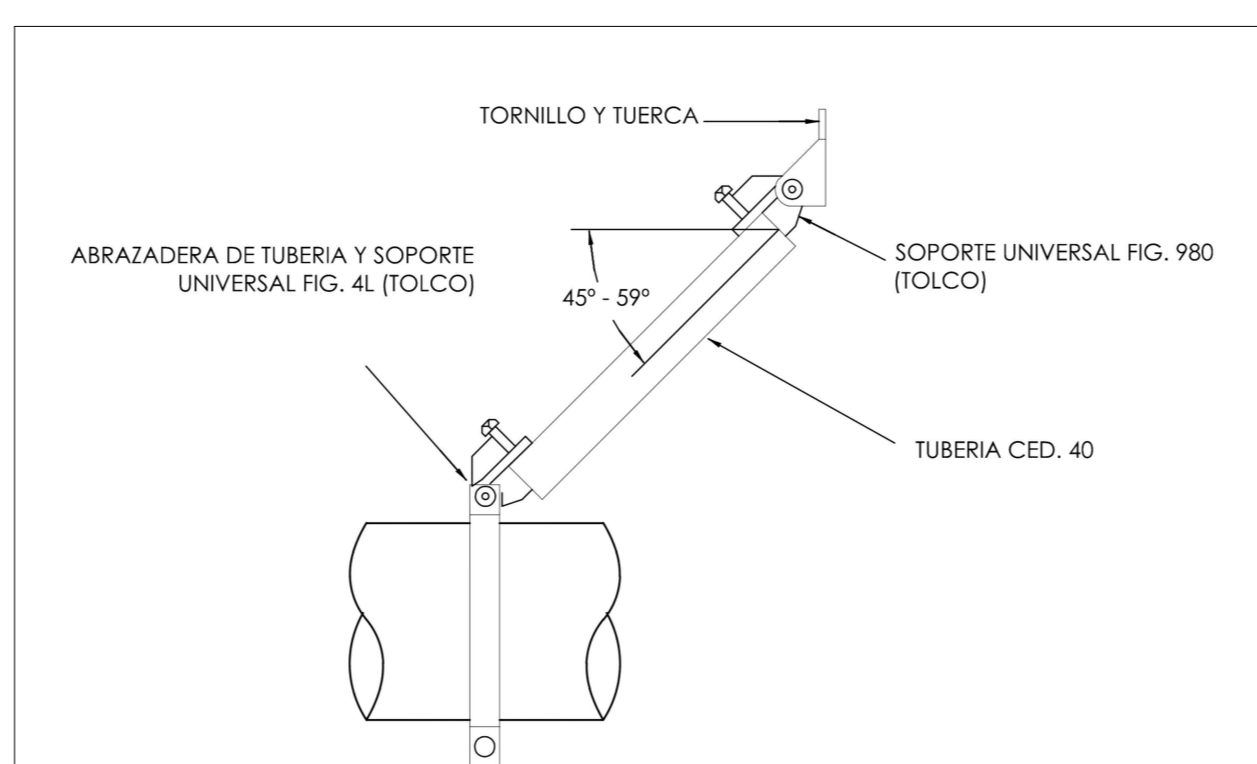
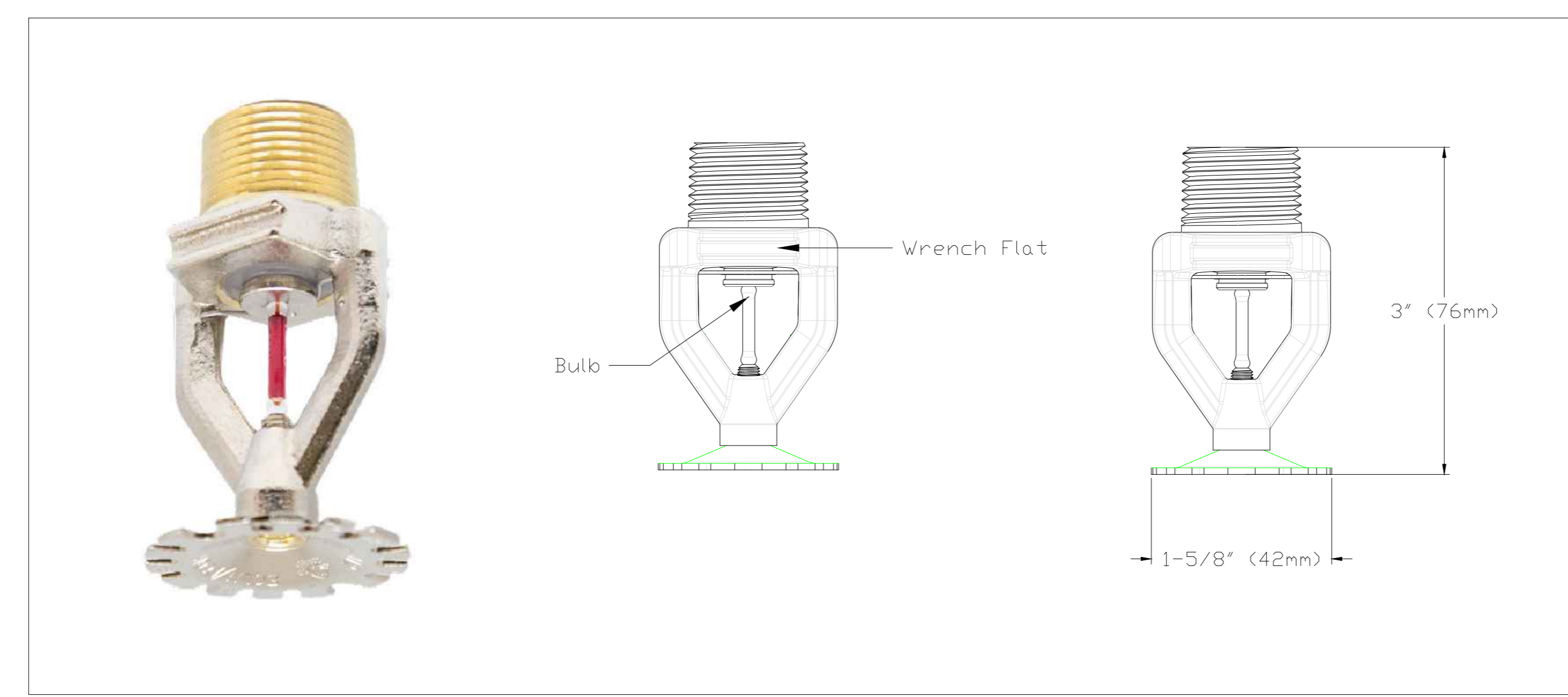
BODEGA 1

1. PARA EL AREA DE BODEGA 1, EL SISTEMA DE ROCIADORES AUTOMATICOS, SERÁ TIPO HUMEDO Y DISEÑADO PARA UNA DENSIDAD DE 0.29 GPM/SQ.FT., SOBRE EL ÁREA MAS REMOTA DE 900 SQ.FT. LOS ROCIADORES PARA BODEGA 1 SERÁN DE TIPO COLGATE CON UN K=11,2 Y CON UN AREA DE COBERTURA MAXIMA DE 130 PIES CUADRADOS POR ROCIADOR.
2. LA TUBERIA RANURADA SERA HIERRO NEGRO CED. 10, LISTADA Y APROBADA PARA SU USO EN INCENDIO, CON JUNTAS Y ACCESORIOS RANURADOS USANDO ACOPLER (DIAMETROS DESDE 2" EN ADELANTE).
3. LA TUBERIA ROSCADA SERA H.N. CED. 40, LISTADA Y APROBADA PARA SU USO EN INCENDIO, CON JUNTAS Y ACCESORIOS DE HIERRO DUCTIL ROSCADO SEGUN ANSI (DIAMETROS MENORES DE 2").
4. LA TUBERIA AEREA SERÁ PROBADA HIDROSTATICAMENTE A 200 PSI POR 2 HORAS.
5. UN ROTULO CON DATOS DEL DISEÑO DEL SISTEMA SERA INSTALADO EN CADA RISER DEL SISTEMA DE ROCIADORES.
6. TODOS LOS COMPONENTES DEL SISTEMA SERAN LISTADOS Y APROBADOS PARA SU USO EN INCENDIO.
7. LOS ARRIOSTRES CONTRA MOVIMIENTOS SISMICOS SERAN INSTALADOS SEGUN NFPA 13 EDICION 2022.

SIMBOLOGÍA

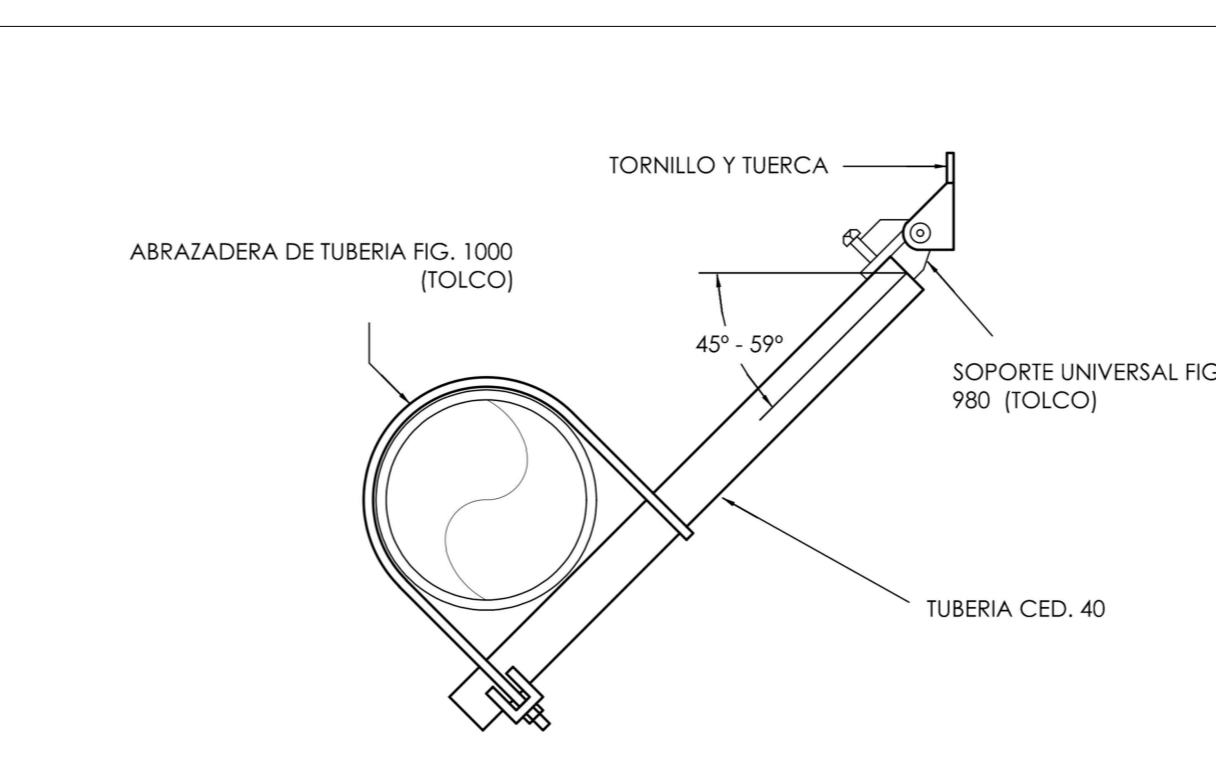
- ⊕ RISER O TUBERIA DE ALIMENTACIÓN VERTICAL
- ↔ SOPORTE SISMICO LONGITUDINAL
- ↕ SOPORTE SISMICO LATERAL
- ⊕ SOPORTE SISMICO DE CUATRO VIAS

Sprinkler Legend						
Simbolo	SIN	Cantidad	Factor K	Tipo	Temp.	NPT
⊕	RA7216	29	11,2	Pendent	155 °F	3/4"



LA MEDIDA DE TORNILLO Y TUERCA, ASI COMO EL DIAMETRO DE TUBERIA SE DEFINIRAN DE ACUERDO AL CALCULO DE LA SOPORTERIA ANTISISMICA CORRESPONDIENTE.

SOPORTE ANTISISMICO LONGITUDINAL (2 1/2" a 8")
Sin escala

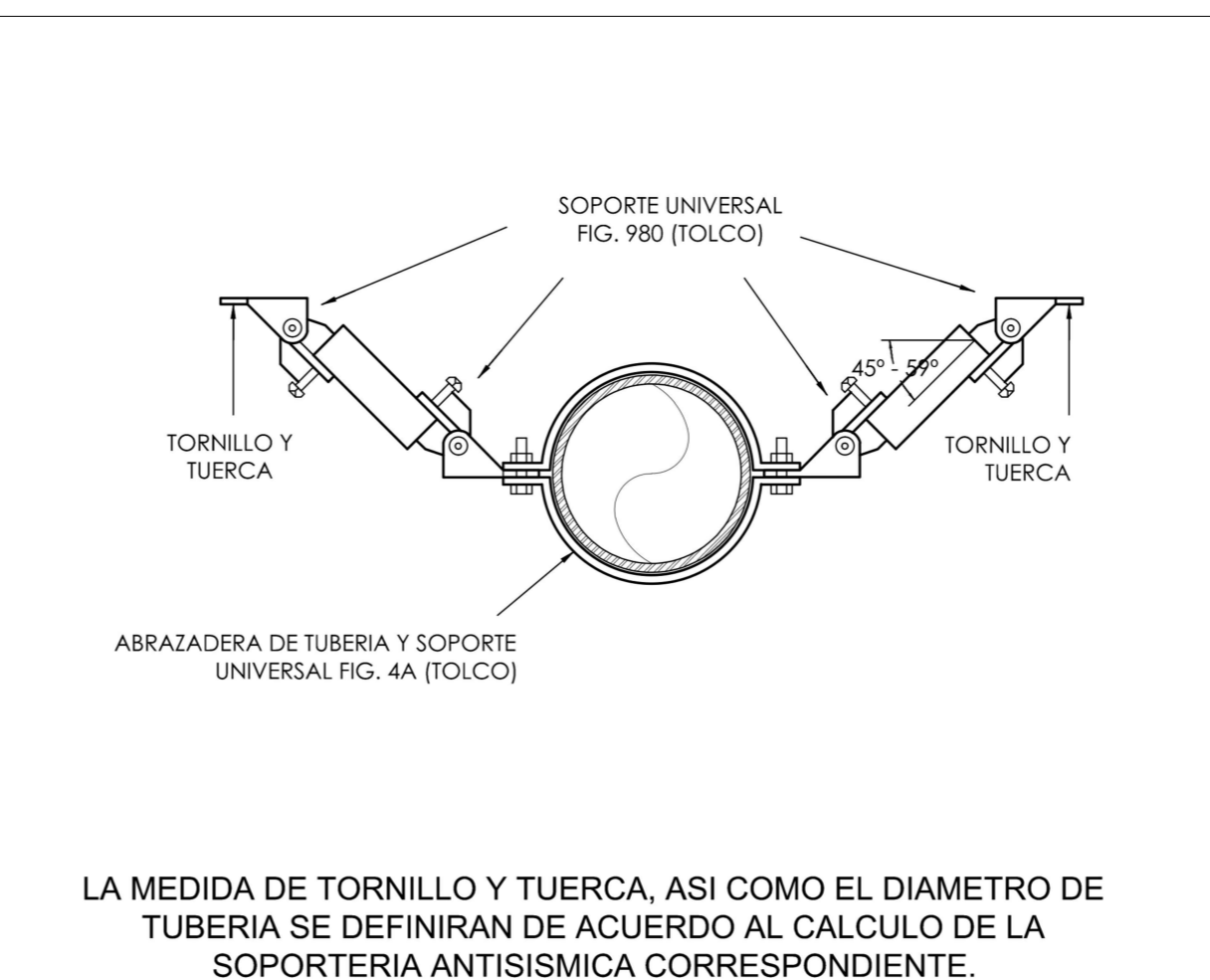


LA MEDIDA DE TORNILLO Y TUERCA, ASI COMO EL DIAMETRO DE TUBERIA SE DEFINIRAN DE ACUERDO AL CALCULO DE LA SOPORTERIA ANTISISMICA CORRESPONDIENTE.

SOPORTE ANTISISMICO LATERAL (2 1/2" a 4")
Sin escala

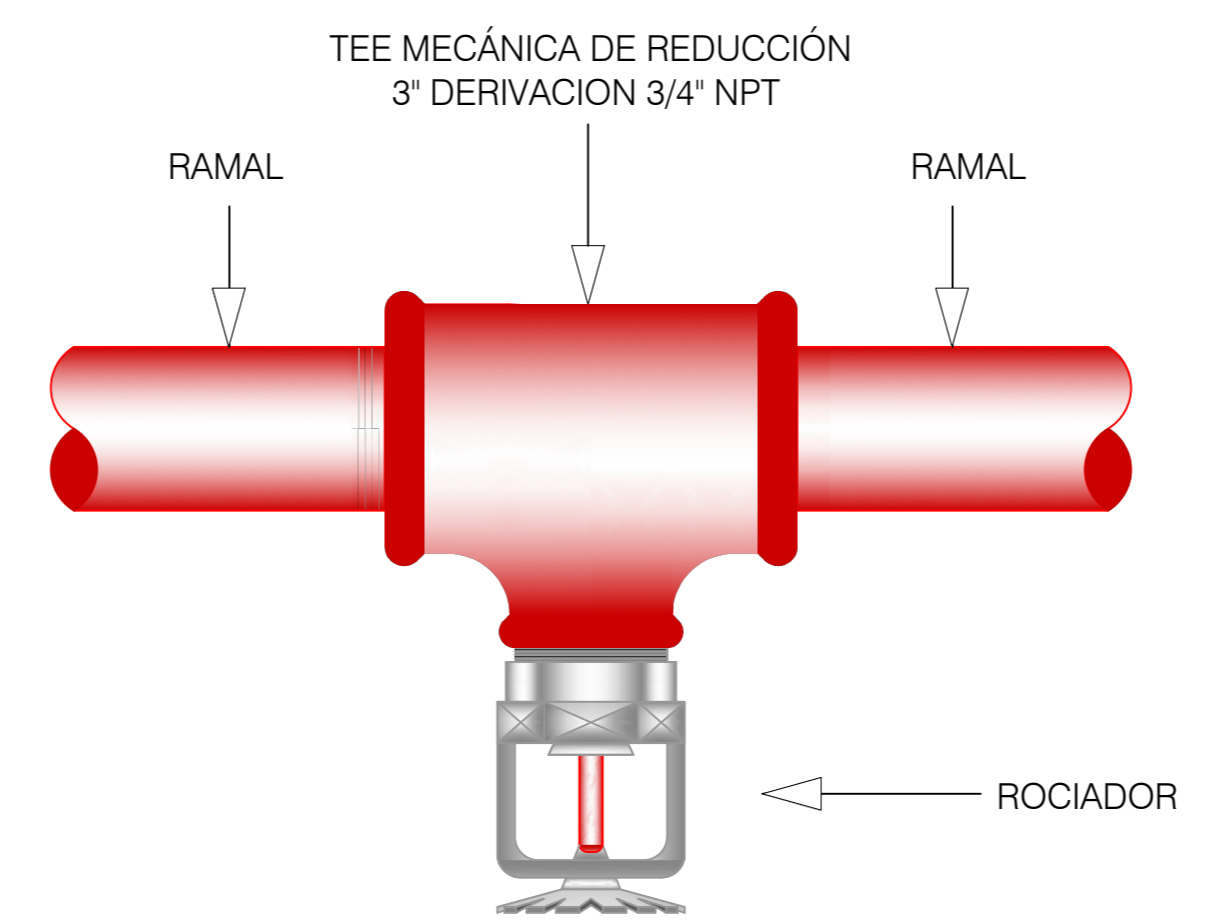


SOPORTE N° 18S "SAMMY CREW" LATERAL
Sin escala

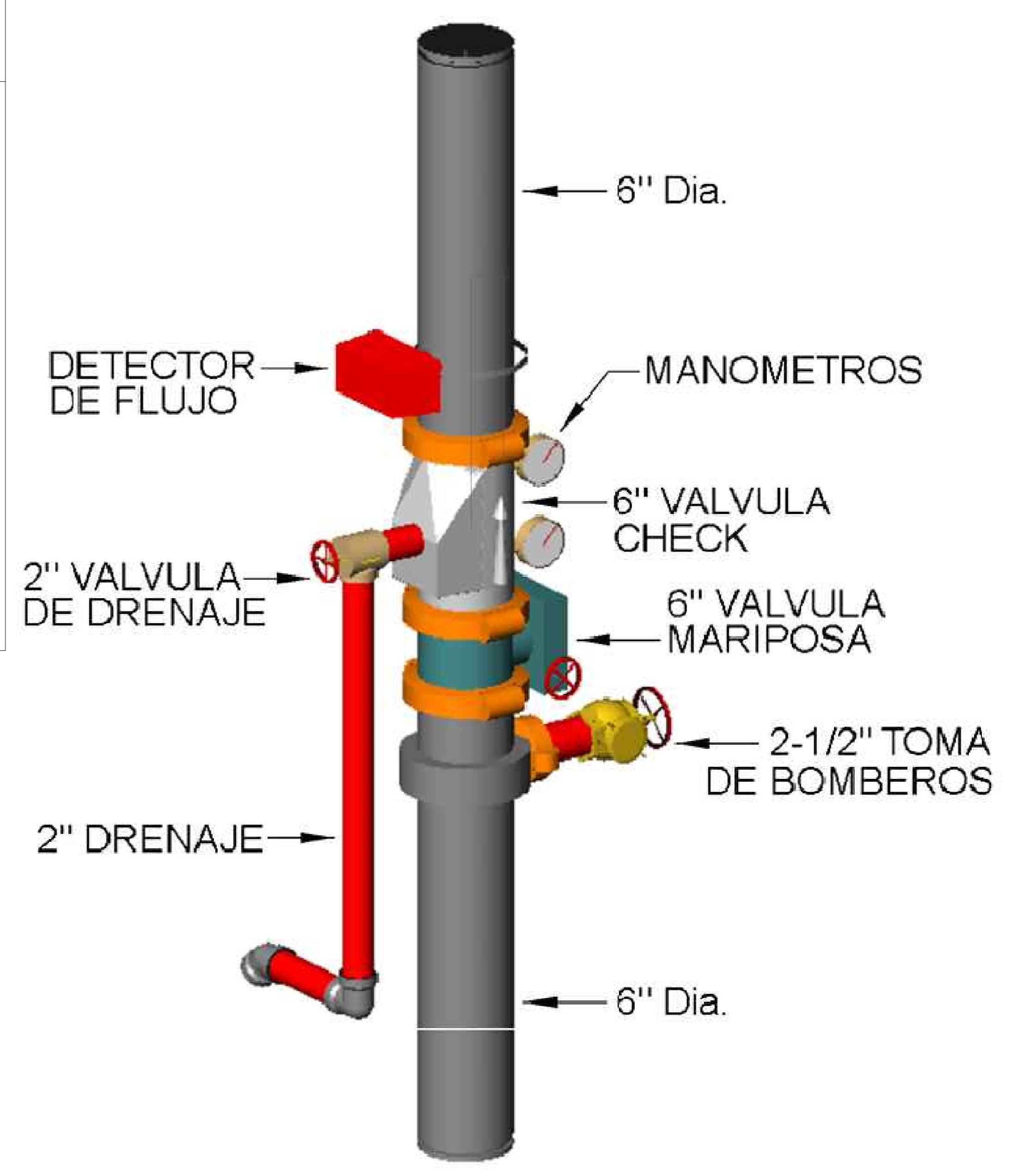


LA MEDIDA DE TORNILLO Y TUERCA, ASI COMO EL DIAMETRO DE TUBERIA SE DEFINIRAN DE ACUERDO AL CALCULO DE LA SOPORTERIA ANTISISMICA CORRESPONDIENTE.

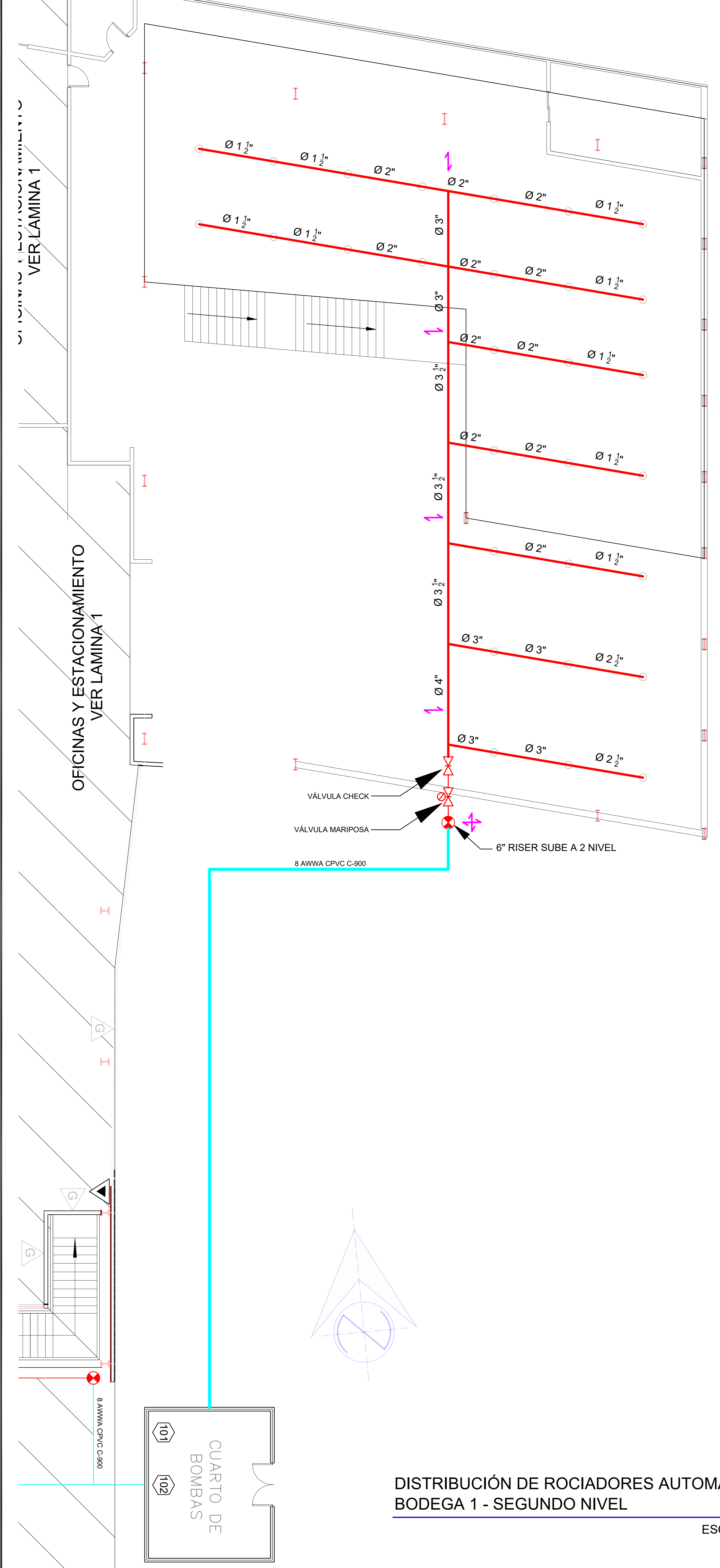
SOPORTE ANTISISMICO CUATRO VIAS (2 1/2" a 8")
Sin escala



CONEXIÓN RAMAL - ROCIADOR
Sin escala



DETALLE RISER PRINCIPAL
Sin escala



DISTRIBUCIÓN DE ROCIADORES AUTOMATICOS BODEGA 1 - SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:75



PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS ATC TECNOVAL S.A.

PROPIETARIO:
ATC TECNOVAL S.A.

PROVINC:	CANTON:	DISTRITO:
SAN JOSÉ	SAN JOSÉ	ZAPOTE

DIBUJÓ:
HAROLD CAMPOS JIMÉNEZ

PROFESIONAL RESPONSABLE:
NOMBRE:
FIRMA:

PROFESIONAL RESPONSABLE DE LA DIRECCION TECNICA:
NOMBRE: JUAN PABLO JARAS CARTIN
FIRMA:

INFORMACION DEL REGISTRO PUBLICO:
PROPIETARIO:
DE CATASTRO:
SITAS:

CONTENIDO:
DISTRIBUCIÓN DE ROCIADORES BODEGA 1 - SEGUNDO NIVEL

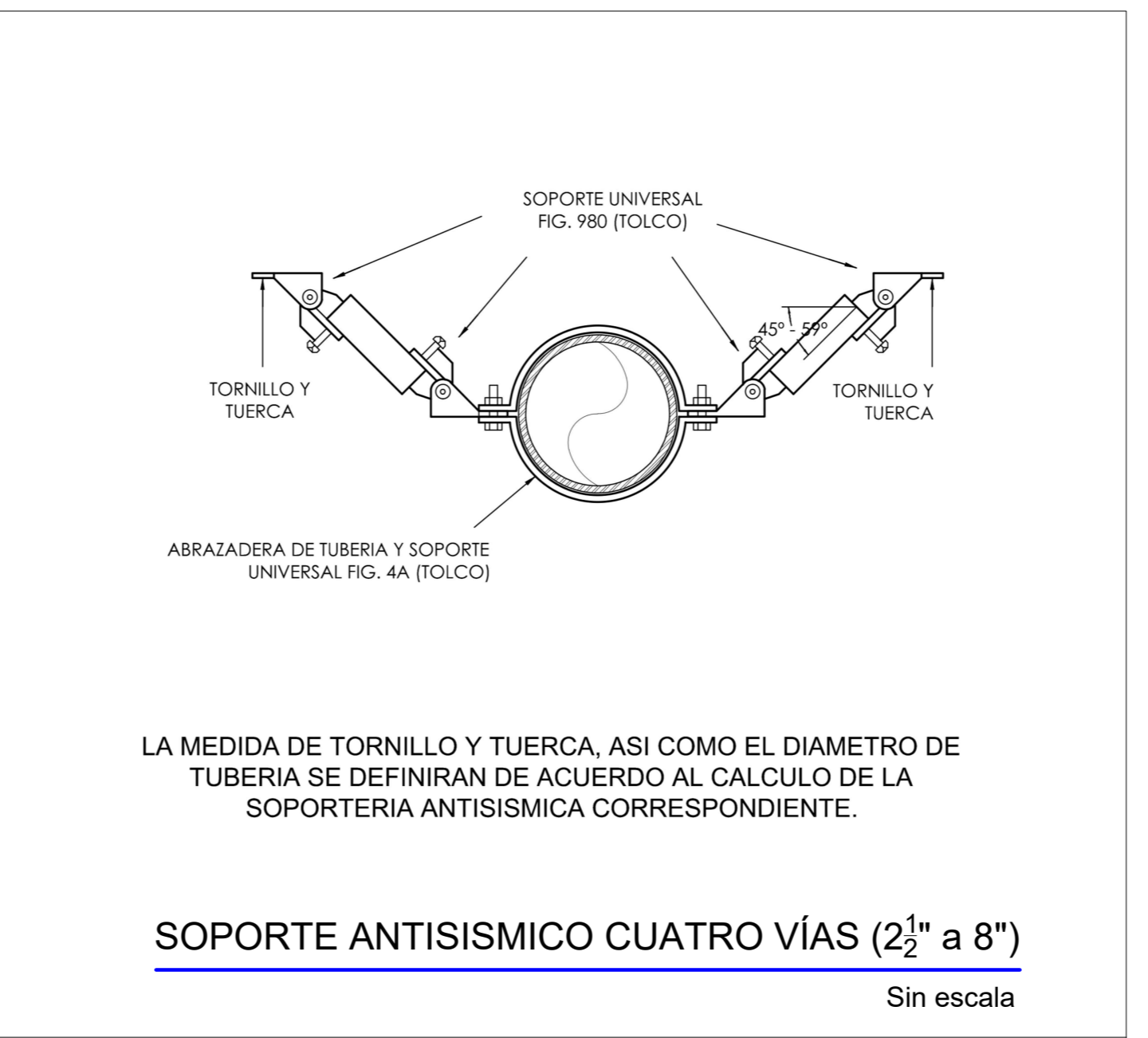
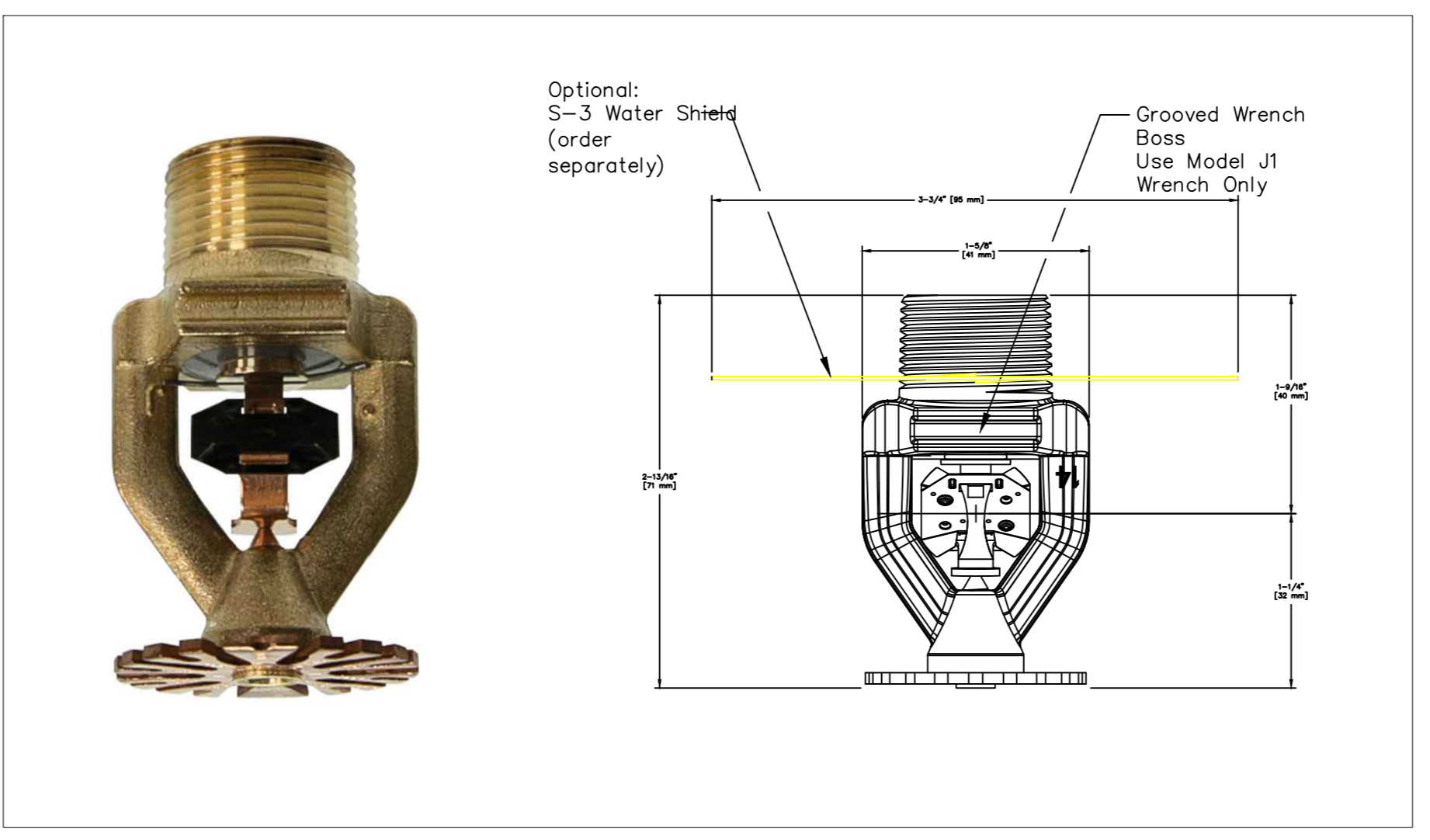
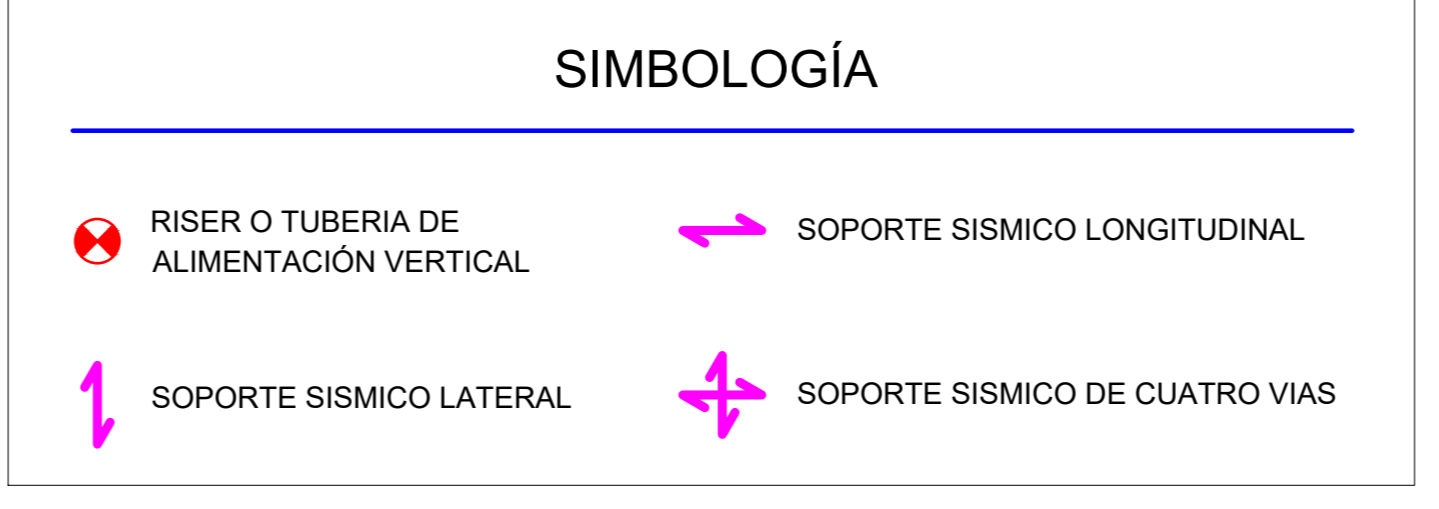
ESCALA:	FECHA:	# DE LAMINA:
INDICADA	15/10/2025	4/6

NOTAS GENERALES

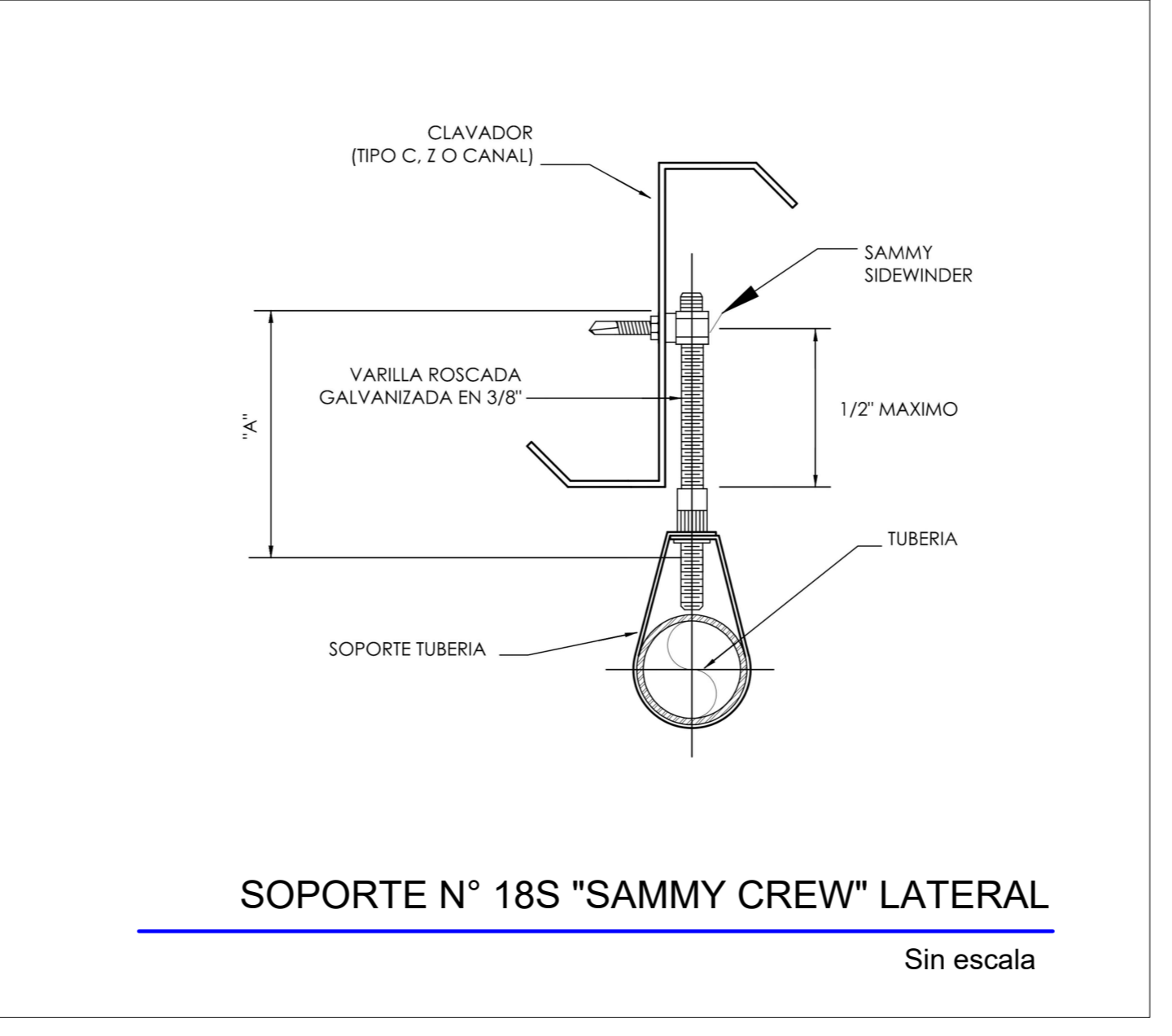
BODEGA 2

1. PARA EL AREA DE BODEGA 2, EL SISTEMA DE ROCIADORES AUTOMATICOS, SERÁ TIPO HUMEDO Y DISEÑADO PARA UNA DENSIDAD DE 0.20 GPM/SQ.FT., SOBRE EL ÁREA MAS REMOTA DE 900 SQ.FT. LOS ROCIADORES PARA BODEGA 2 SERÁN DE TIPO COLGATE CON UN K=16,8 Y CON UN AREA DE COBERTURA MAXIMA DE 100 PIES CUADRADOS POR ROCIADOR. SE ESPECIFICA LOS 12 ROCIADORES TOMADOS EN CUENTA PARA LA RUTA HIDRÁULICAMENTE MÁS DEMANDANTE.
2. LA TUBERIA RANURADA SERA HIERRO NEGRO CED. 10, LISTADA Y APROBADA PARA SU USO EN INCENDIO, CON JUNTAS Y ACCESORIOS RANURADOS USANDO ACOPLER (DIAMETROS DESDE 2" EN ADELANTE).
3. LA TUBERIA ROSCADA SERA H.N. CED. 40, LISTADA Y APROBADA PARA SU USO EN INCENDIO, CON JUNTAS Y ACCESORIOS DE HIERRO DUCTIL ROSCADO SEGUN ANSI (DIAMETROS MENORES DE 2").
4. LA TUBERIA AEREA SERÁ PROBADA HIDROSTATICAMENTE A 200 PSI POR 2 HORAS.
5. UN ROTULO CON DATOS DEL DISEÑO DEL SISTEMA SERA INSTALADO EN CADA RISER DEL SISTEMA DE ROCIADORES.
6. TODOS LOS COMPONENTES DEL SISTEMA SERAN LISTADOS Y APROBADOS PARA SU USO EN INCENDIO.
7. LOS ARRIOSTRES CONTRA MOVIMIENTOS SISMICOS SERAN INSTALADOS SEGUN NFPA 13 EDICION 2022.

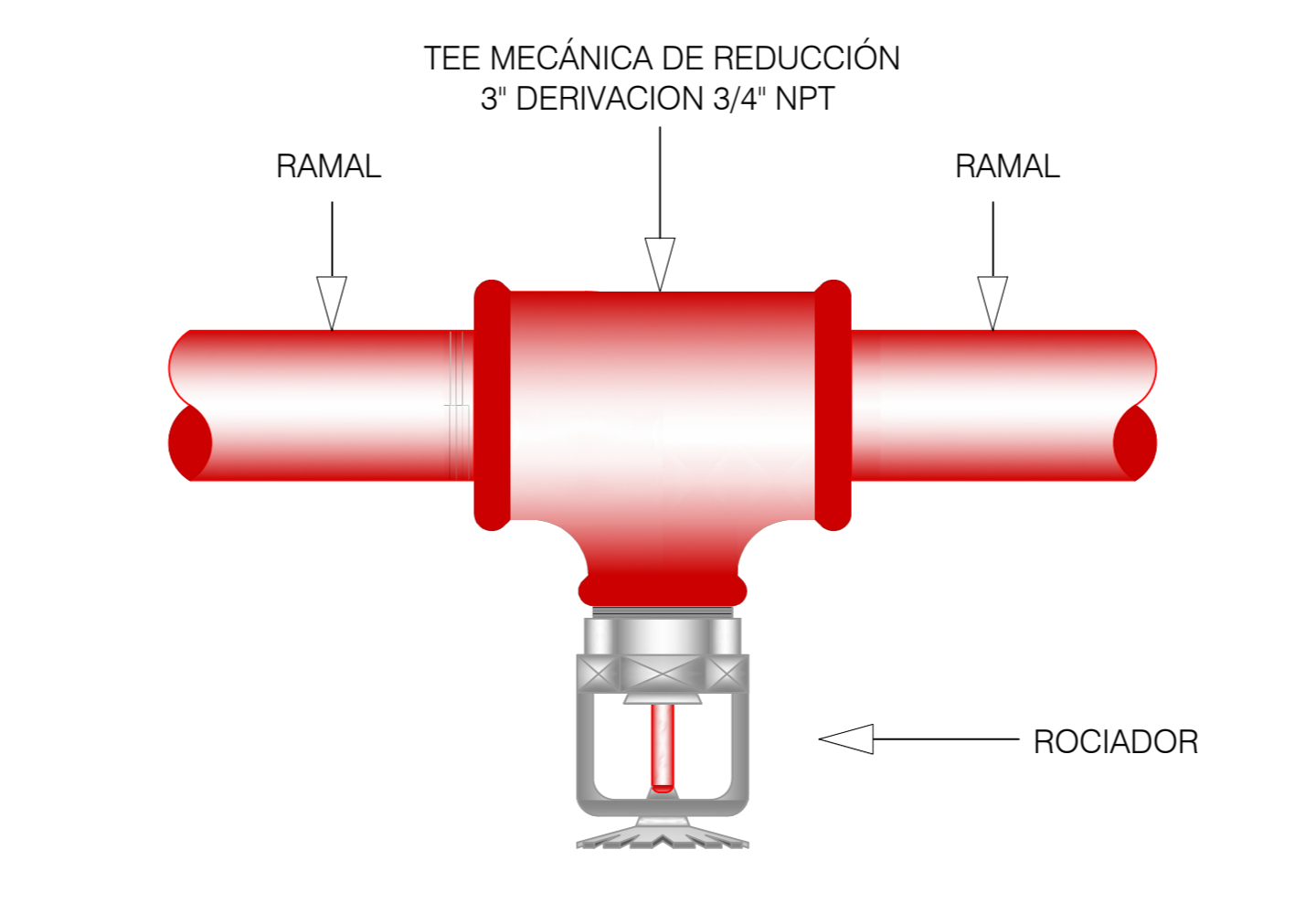
Sprinkler Legend						
Simbolo	SIN	Cantidad	Factor K	Tipo	Temp.	NPT
	RA1914	144	16,8	Pendent	165 °F	4 1/2"



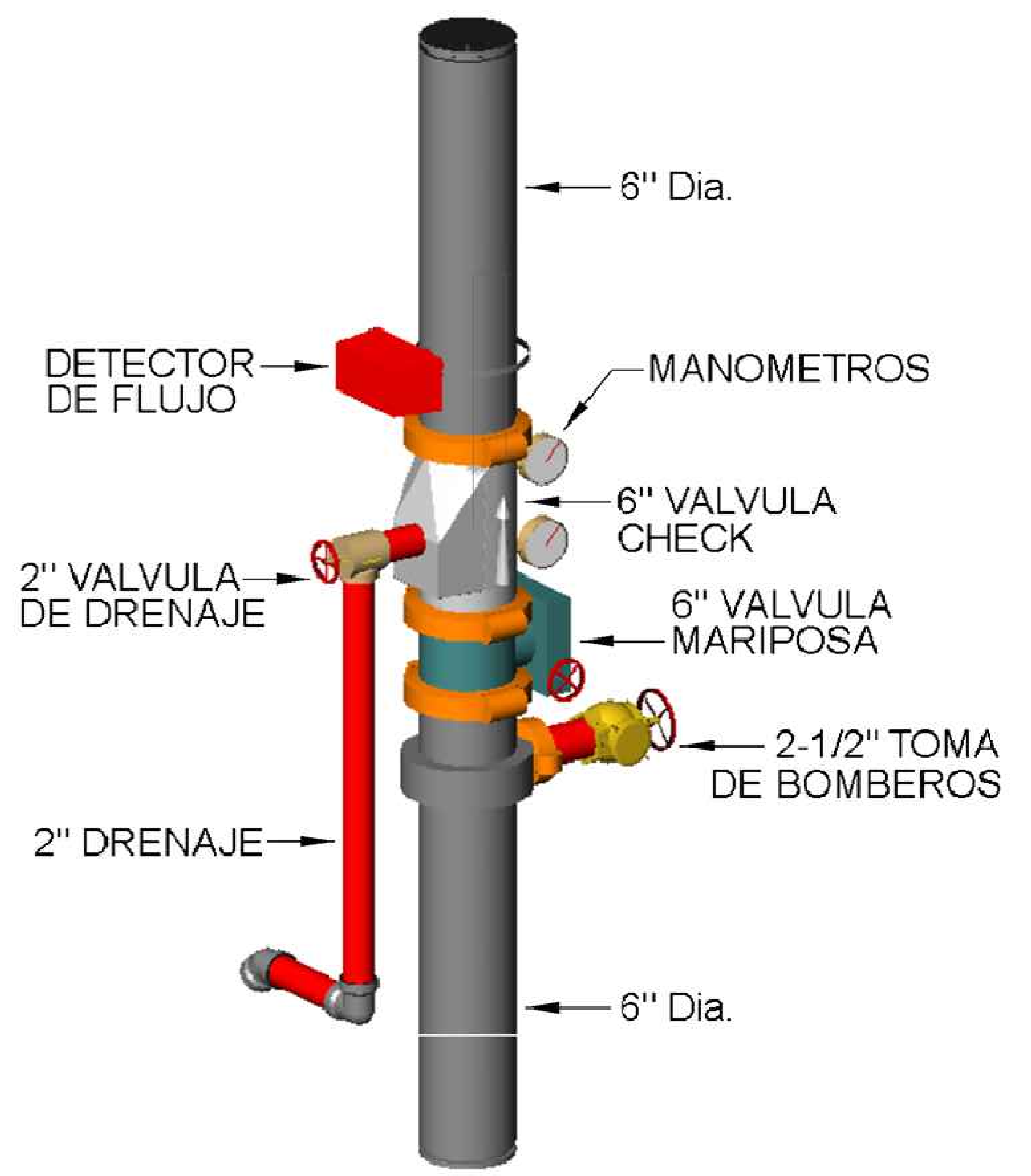
SOPORTE ANTISISMICO CUATRO VÍAS (2 1/2" a 8")
Sin escala



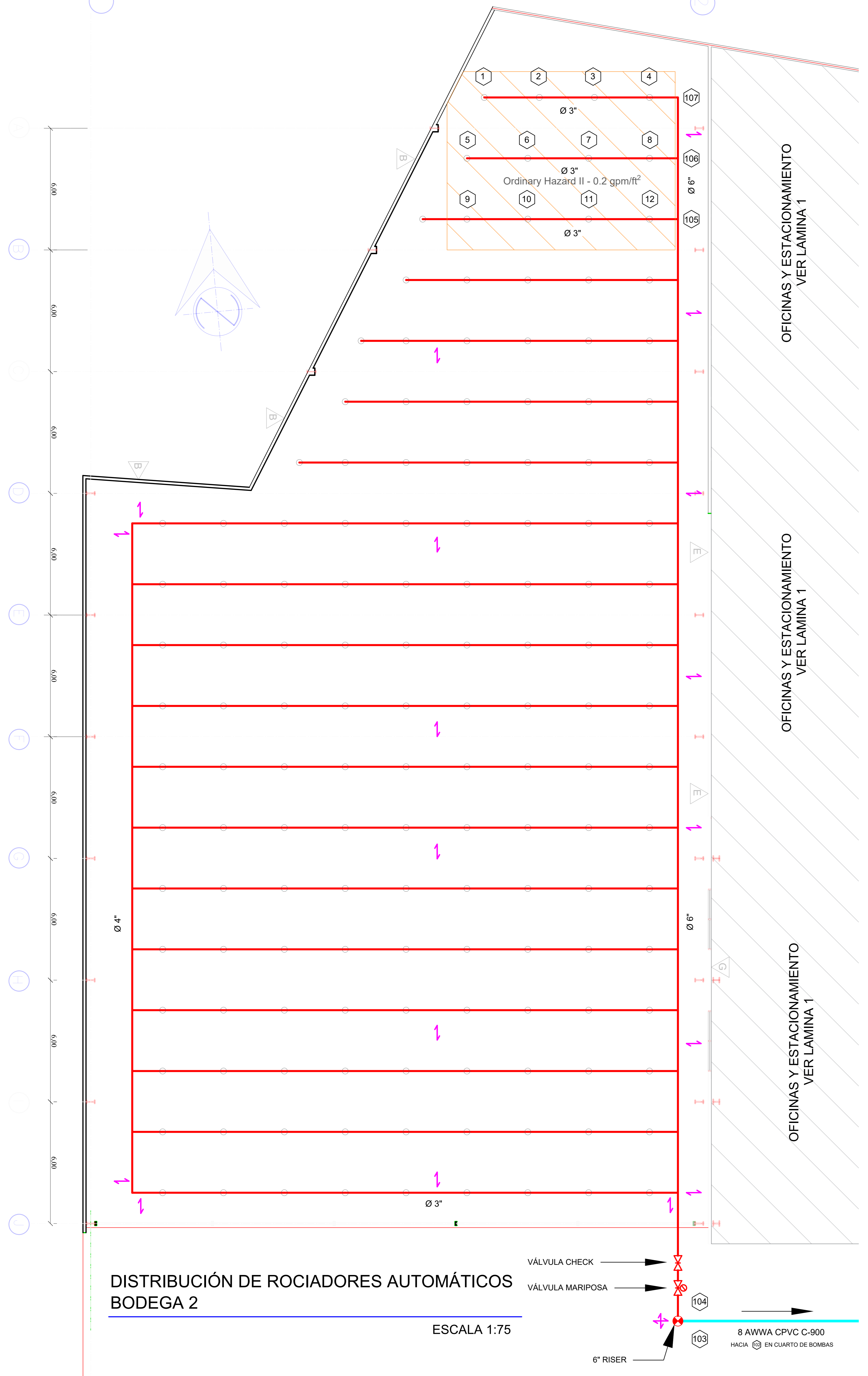
SOPORTE N° 18S "SAMMY CREW" LATERAL
Sin escala



CONEXIÓN RAMAL - ROCIADOR
Sin escala

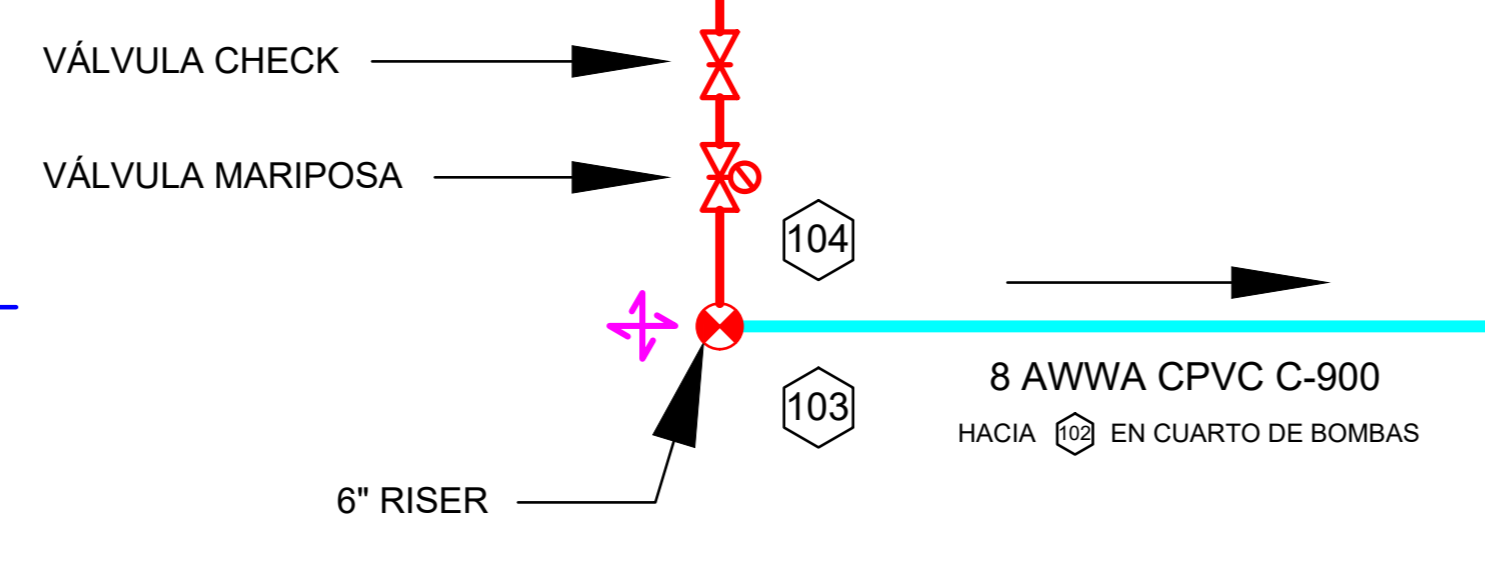


DETALLE RISER PRINCIPAL
Sin escala



DISTRIBUCIÓN DE ROCIADORES AUTOMATICOS BODEGA 2

ESCALA 1:75



PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS ATC TECNOVAL S.A.

PROPIETARIO:
ATC TECNOVAL S.A.

PROVINCIA: SAN JOSÉ CANTÓN: SAN JOSÉ DISTRITO: ZAPOTE

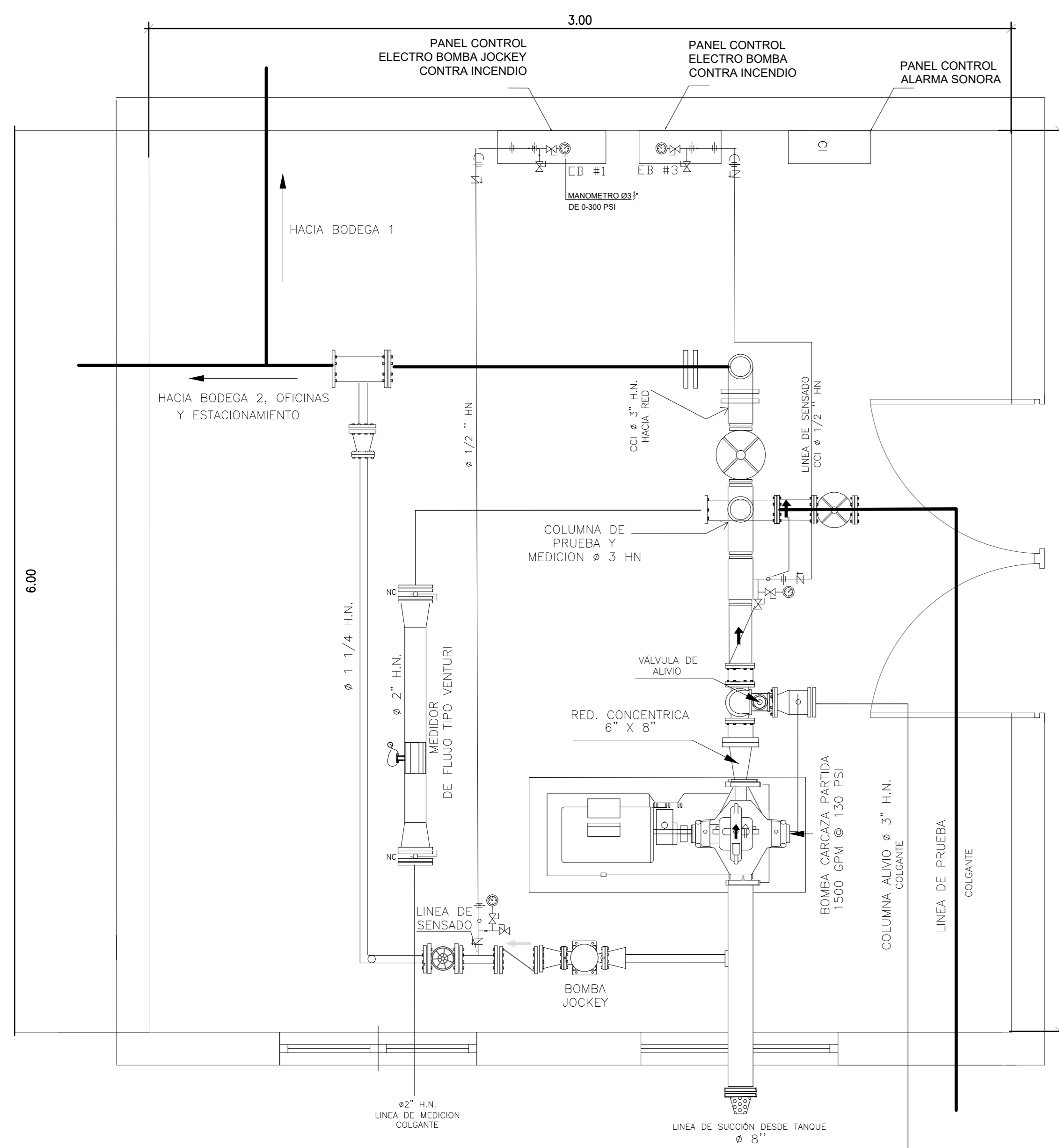
DIBUJÓ:
HAROLD CAMPOS JIMÉNEZ

PROFESIONAL RESPONSABLE:
NOMBRE: FIRMADO: /

PROFESIONAL RESPONSABLE DE LA DIRECCION TECNICA:
NOMBRE: JUAN PABLO ARJAS CARTIN FIRMADO: /

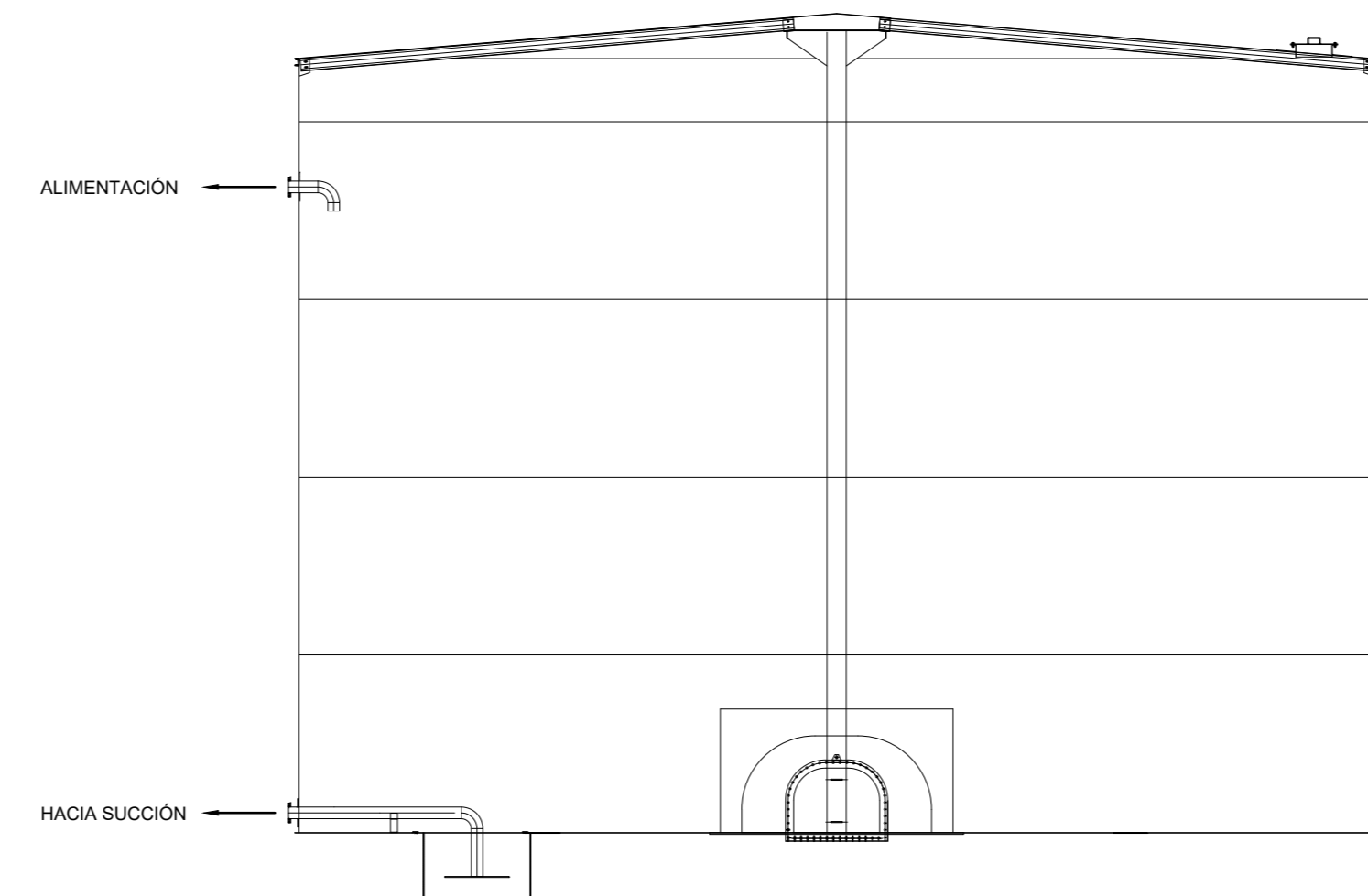
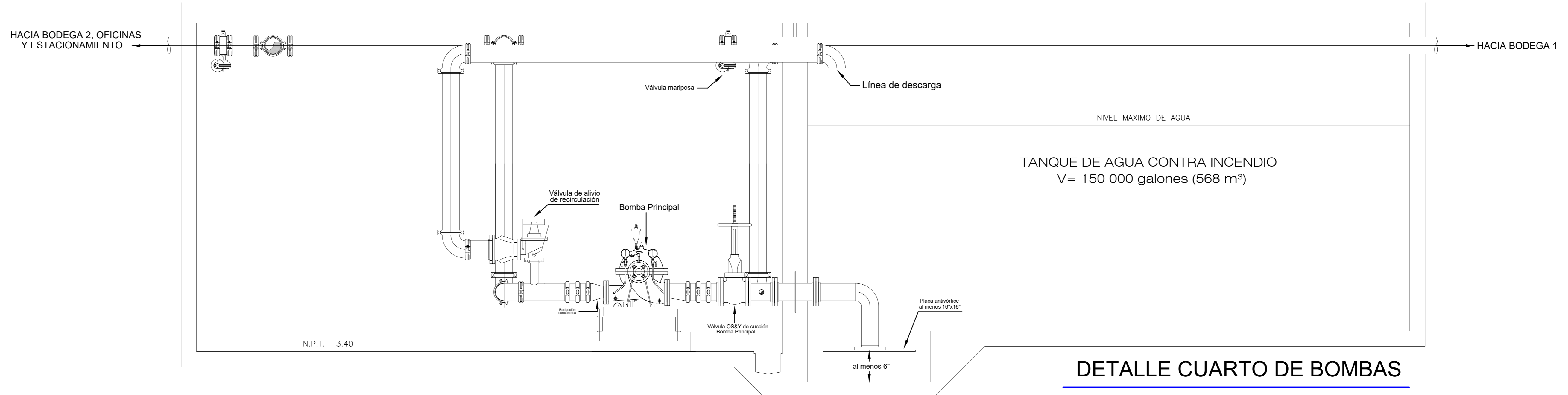
INFORMACION DEL REGISTRO PUBLICO:
PROPIETARIO: # DE CATASTRO: SITAS:

CONTENIDO:
DISTRIBUCIÓN DE ROCIADORES BODEGA 2



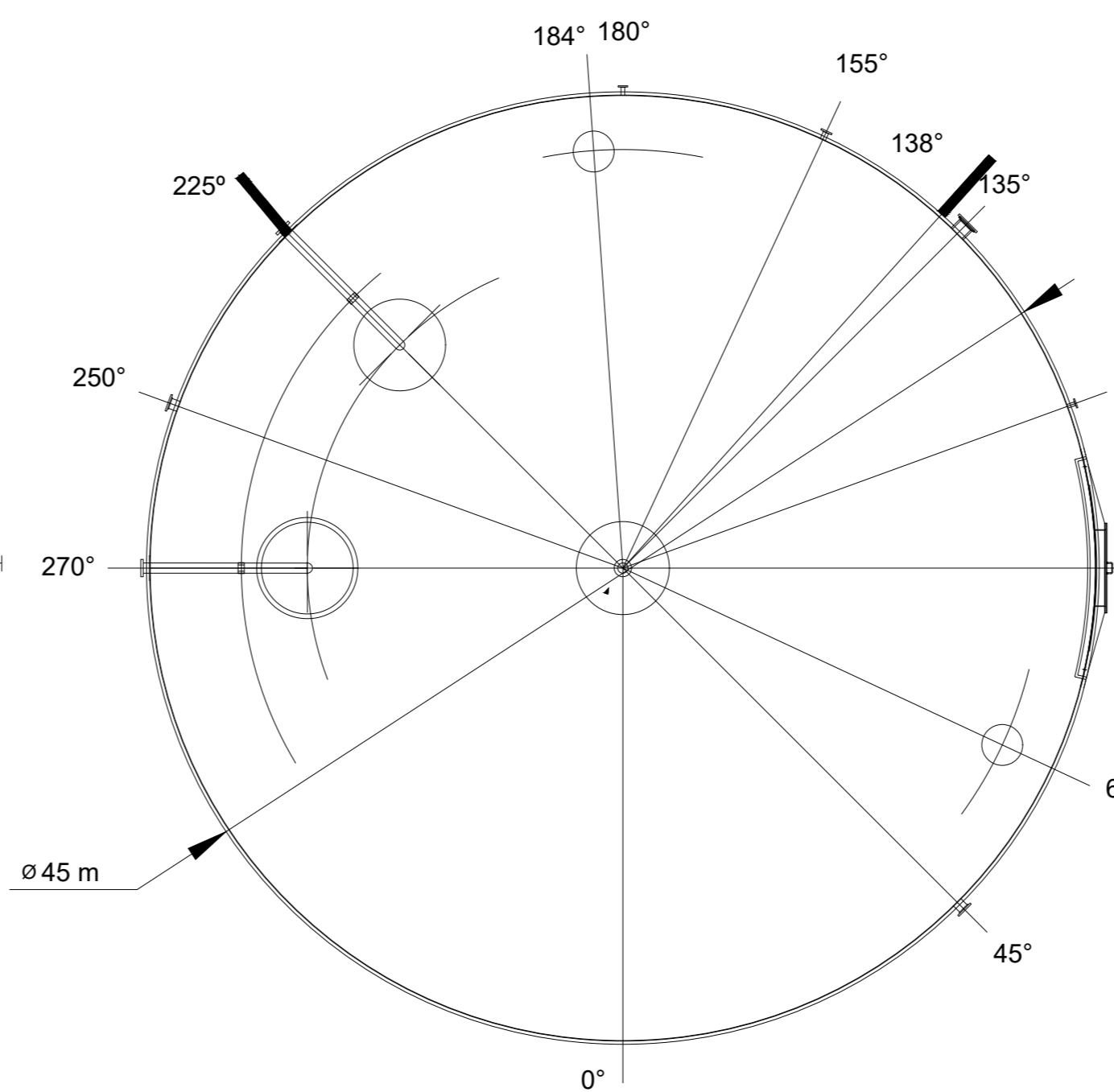
DETALLE CUARTO DE BOMBAS

Sin escala



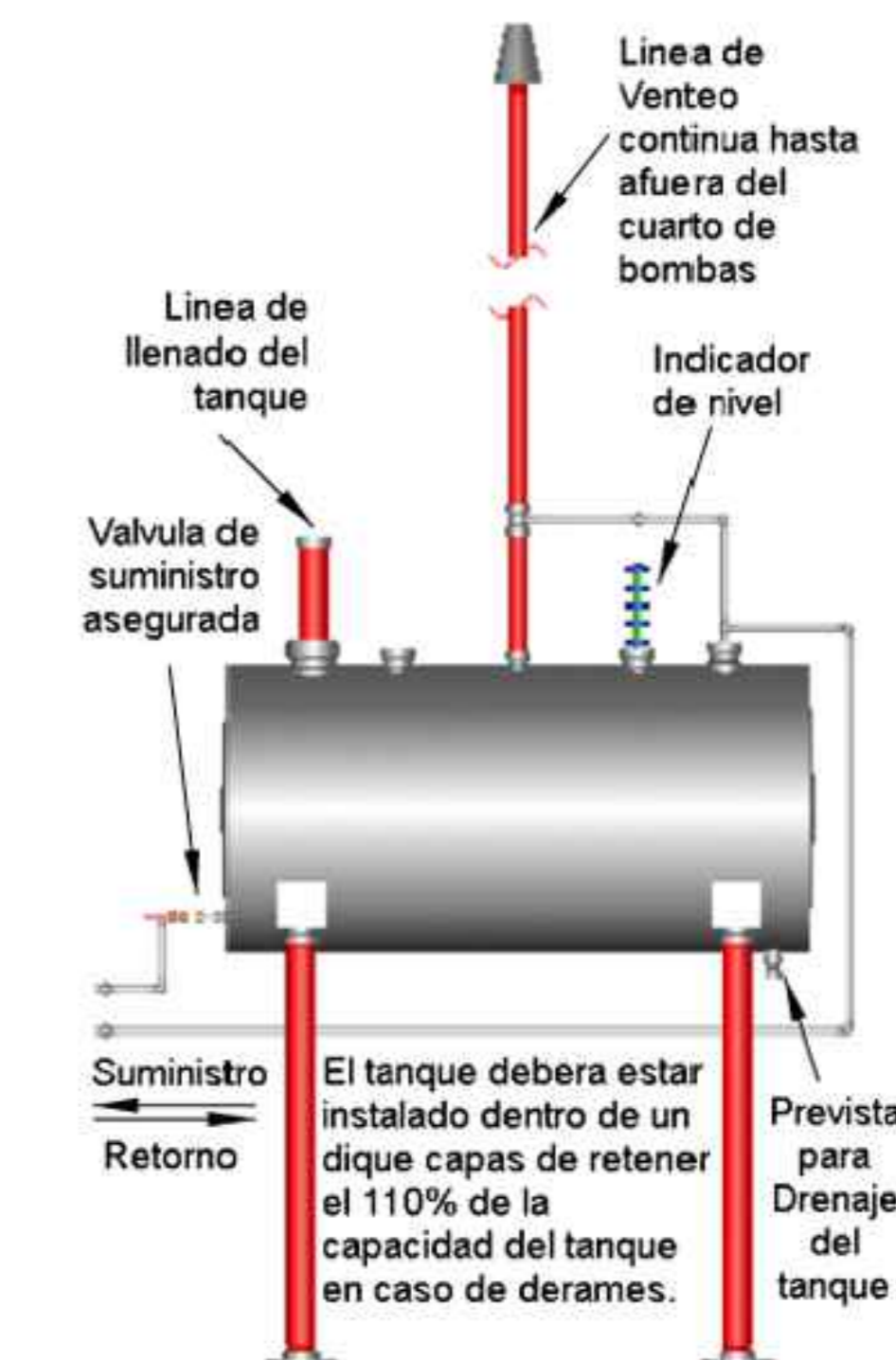
DETALLE TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA

Sin escala



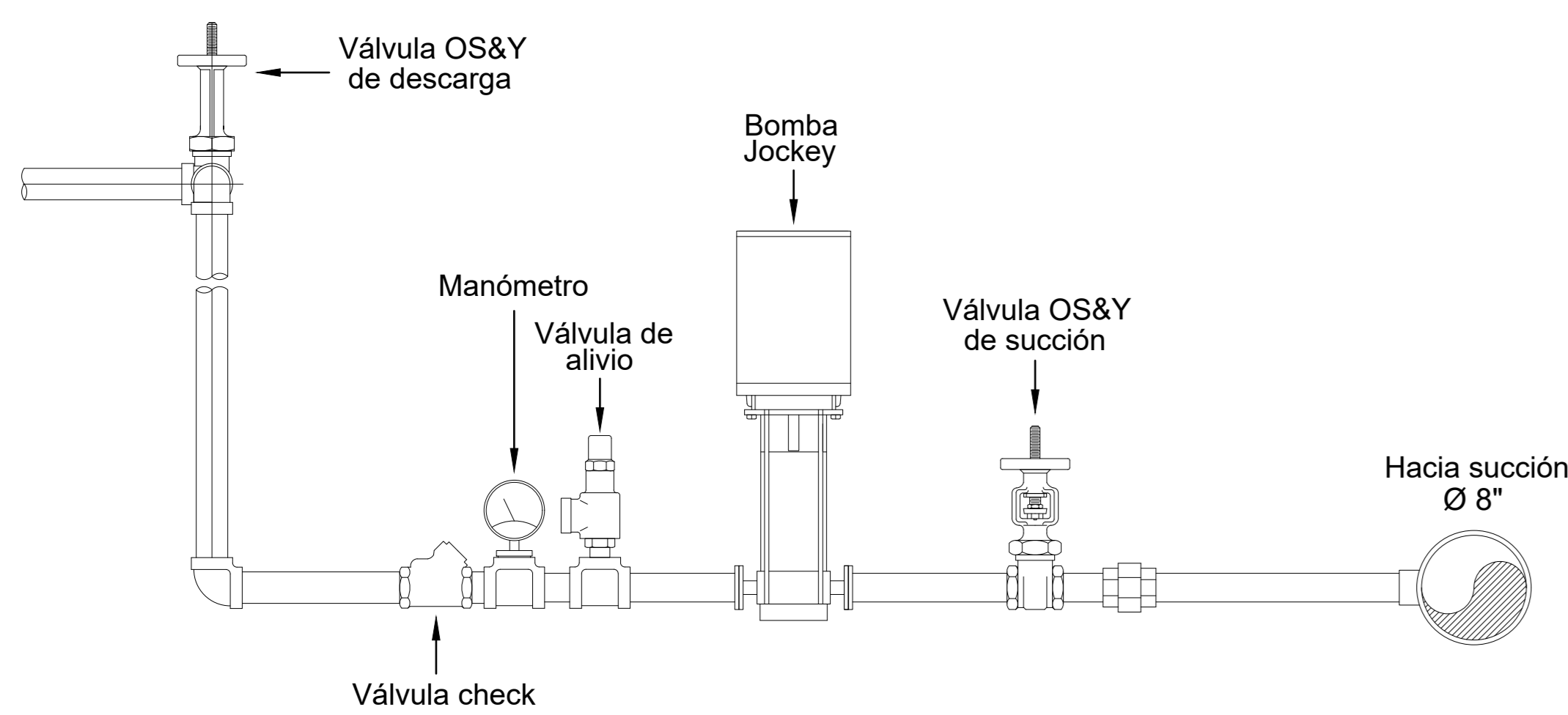
DETALLE CUARTO DE BOMBAS

Sin escala



DETALLE TANQUE DE RESERVA DE DIÉSEL

Sin escala



DETALLE LÍNEA DE BOMBA JOCKEY

Sin escala

NOTAS GENERALES

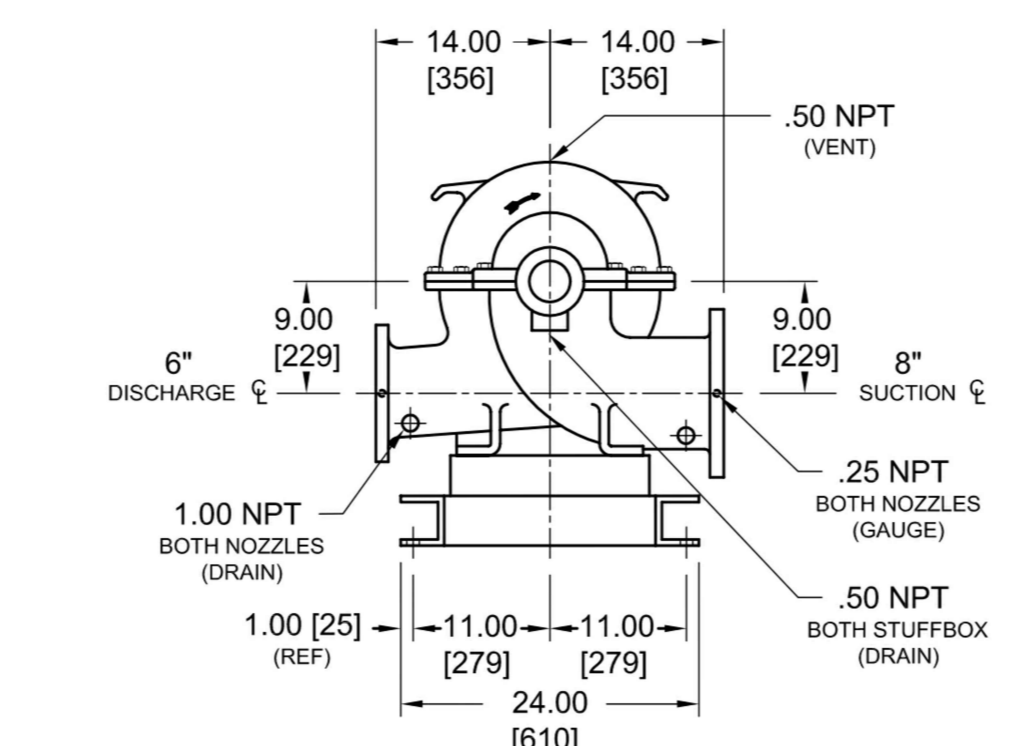
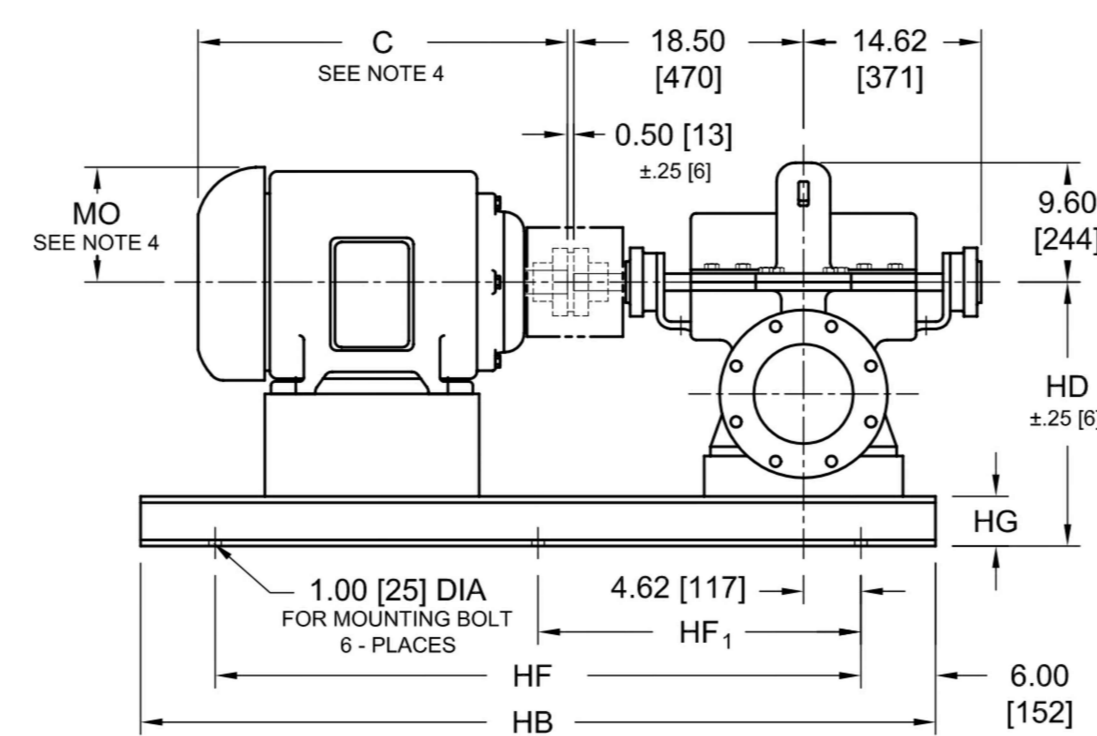
OTROS CONSIDERACIONES

CUARTO DE BOMBAS

CUARTO DE BOMBAS

- BOMBA PRINCIPAL DE INCENDIO, CARCAZA PARTIDA HORIZONTAL, 1500 GPM A UNA PRESIÓN DE 130 PSI, CON SU RESPECTIVO PANEL DE CONTROL Y MOTOR DIÉSEL.
- BOMBA JOCKEY SUMERGIBLE DE 20 GPM A UNA PRESIÓN DE 140 PSI CON SU RESPECTIVO PANEL DE CONTROL.
- TANQUE DE RESERVA DE AGUA PARA EL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE 110 810 GALONES MÍNIMO.
- LAS VALVULAS DE COMPUERTAS SERAN PLATILLADAS , CON VASTAGO Y EJE ASCENDENTE, CON MANIJA PARA OPERADOR, CLASE 200, APROBADO UL, FM.
- LAS VALVULAS CHECK SERAN PLATILLADAS TIPO COLUMPIO, CON ASIENTO EN BRONCE.
- LAS VALVULAS DE BOLAS Ø 1/2" QUE SE USARA EN LAS LINEAS DE SENSADO SERAN EN BRONCE, ROSCADA CON ASIENTO EN ACERO AL CARBON Y CON MANIJA TIPO ALA, CLASE 200, WOG.
- LAS VALVULAS CHECK Ø 1/2" QUE SE USARAN EN LA LINEA DE SENSADO SERAN EN BRONCE, ROSCADA CON ASIENTO EN ACERO AL CARBON, CLASE 200, WOG.
- LAS VALVULAS MARIPOSAS SERAN TIPO WAFER OS&Y CON MANIJA TIPO ALA O DE VOLANTA PARA OPERADOR, CLASE 200, APROBADA UL, FM.
- LOS MANOMETROS SERAN DE GLICERINA DE 3 1/2" CON RANGO DE PRESION DE 0-300 PSI.
- LA ALTURA DE LA BASE DE HORMIGÓN DE LA BOMBA DEL SISTEMA SE DECIDIRÁ EN OBRA.

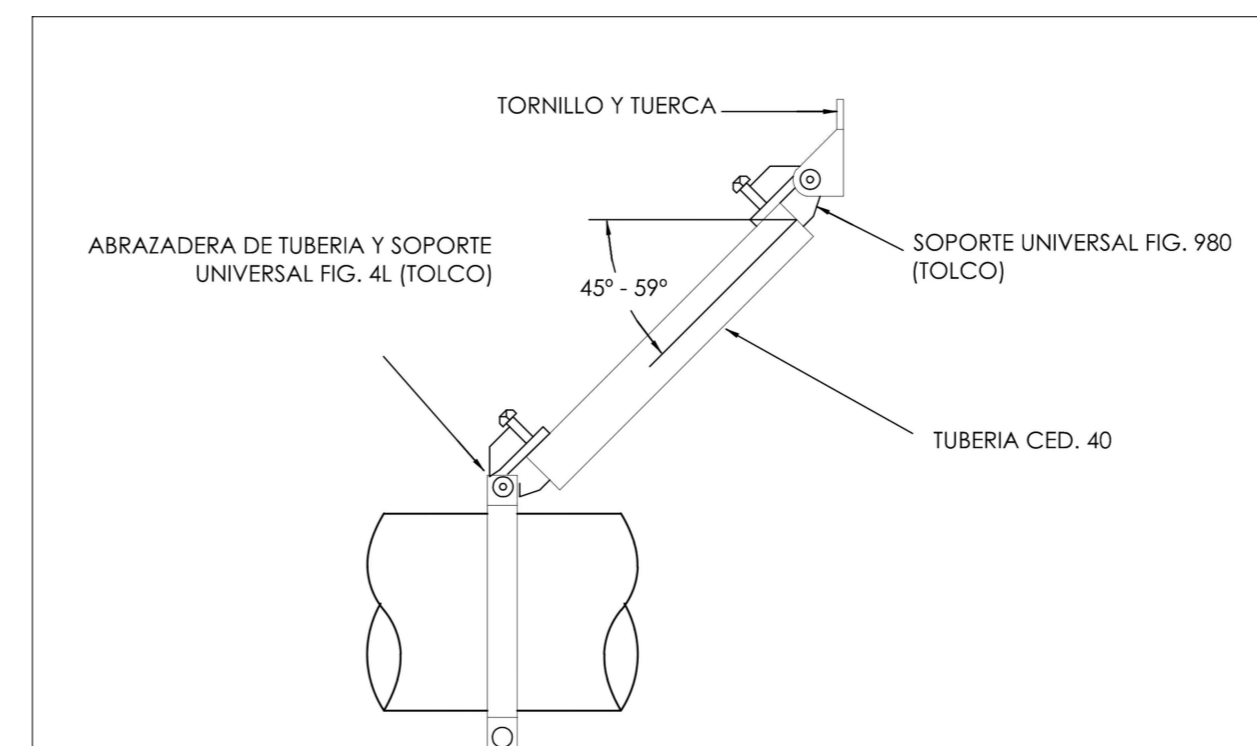
- EL CUARTO DEBERÁ CONTAR CON DRENAJES, ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA Y LAS PAREDES DEBERÁN TENER UN 50% DE APERTURA PARA UNA CORRECTA VENTILACIÓN DEL CUARTO.
- SE DEBERÁ PROPVEER UN DIQUE PARA EL TANQUE DE RESERVA DE DIÉSEL CON UNA CAPACIDAD DEL 110% DEL TANQUE.
- SE DEBERÁ MONITOREAR LAS SIGUIENTES CONDICIONES DEL EQUIPO DE BOMBEO:
 - INDICACIÓN DE ARRANQUE.
 - INDICACIÓN DE CONDICIÓN DE CONTROLADOR.
 - INDICACIÓN DE PROBLEMA DEL MOTOR.



MOTOR FRAME	C	MO	HB	HF	HF ₁	HD	HG
404	36.40 [925]	10.40	64.00	52.00	26.00	21.25	4.00
405	37.90 [963]	[265]	[1626]	[1321]	[661]	[540]	[102]
444	42.20 [1072]	11.80	76.00	64.00	32.00	23.25	6.00
445	44.20 [1123]	[300]	[1931]	[1626]	[813]	[591]	[153]
447	47.60 [1210]						

DETALLE BOMBA PRINCIPAL 1500 GPM @ 130 PSI

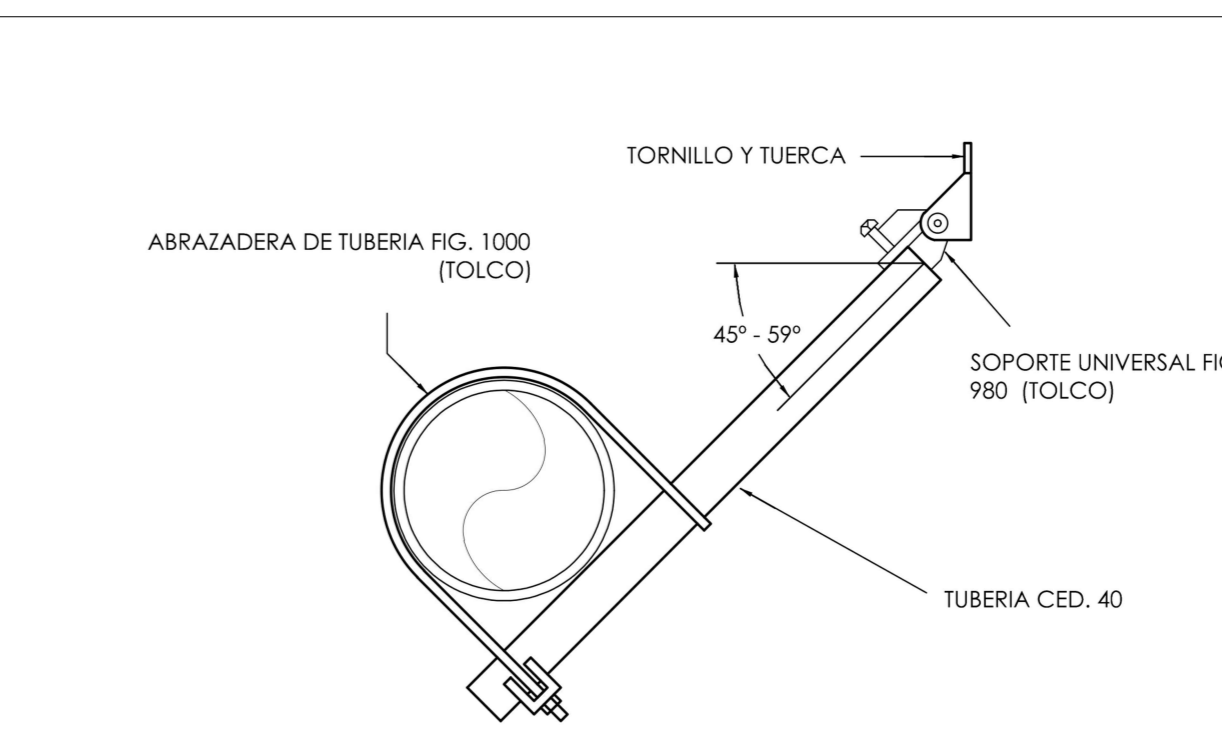
Sin escala



LA MEDIDA DE TORNILLO Y TUERCA, ASI COMO EL DIAMETRO DE TUBERIA SE DEFINIRAN DE ACUERDO AL CALCULO DE LA SOPORTERIA ANTISISMICA CORRESPONDIENTE.

SOPORTE ANTISISMICO LONGITUDINAL (2 1/2" a 8")

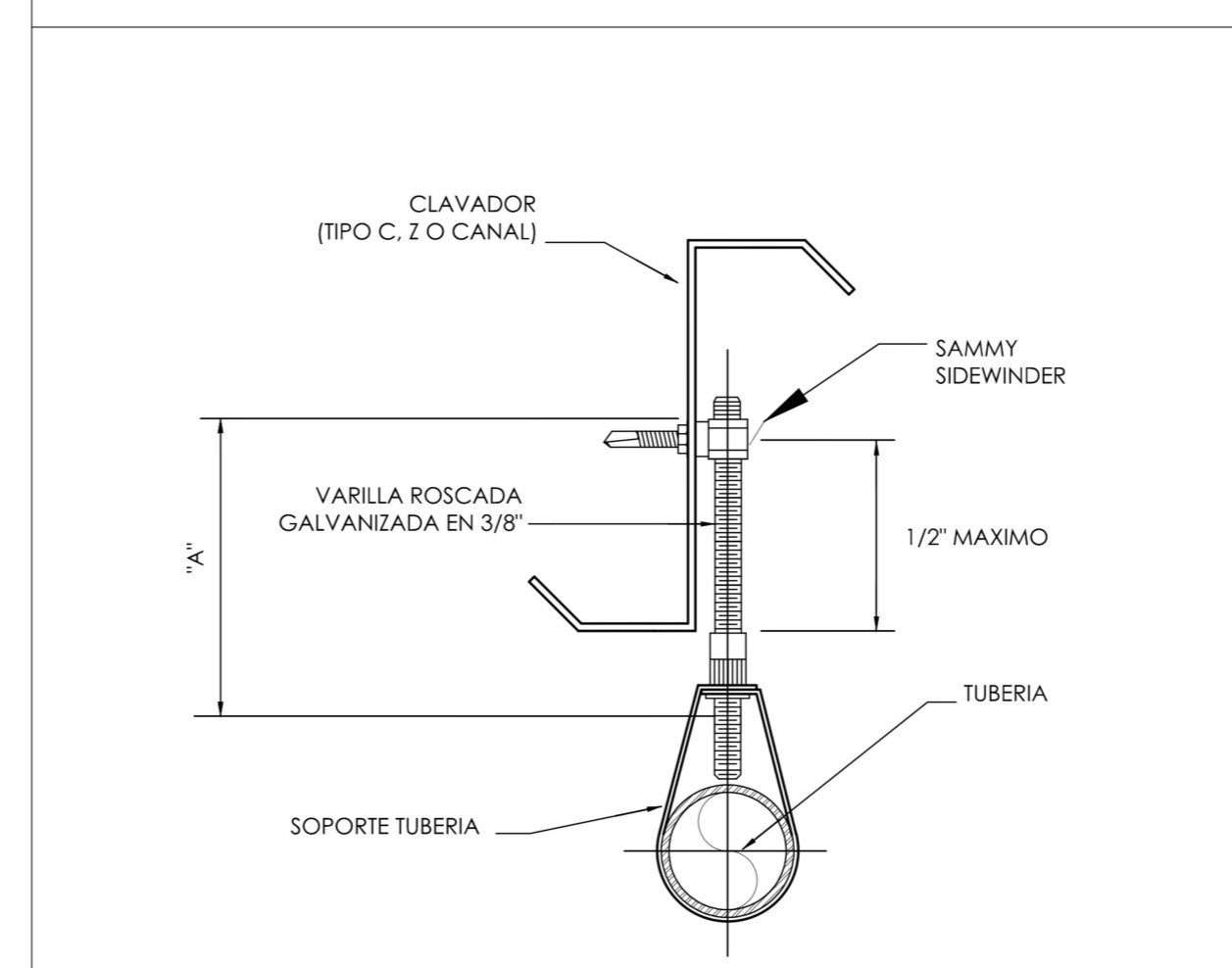
Sin escala



LA MEDIDA DE TORNILLO Y TUERCA, ASI COMO EL DIAMETRO DE TUBERIA SE DEFINIRAN DE ACUERDO AL CALCULO DE LA SOPORTERIA ANTISISMICA CORRESPONDIENTE.

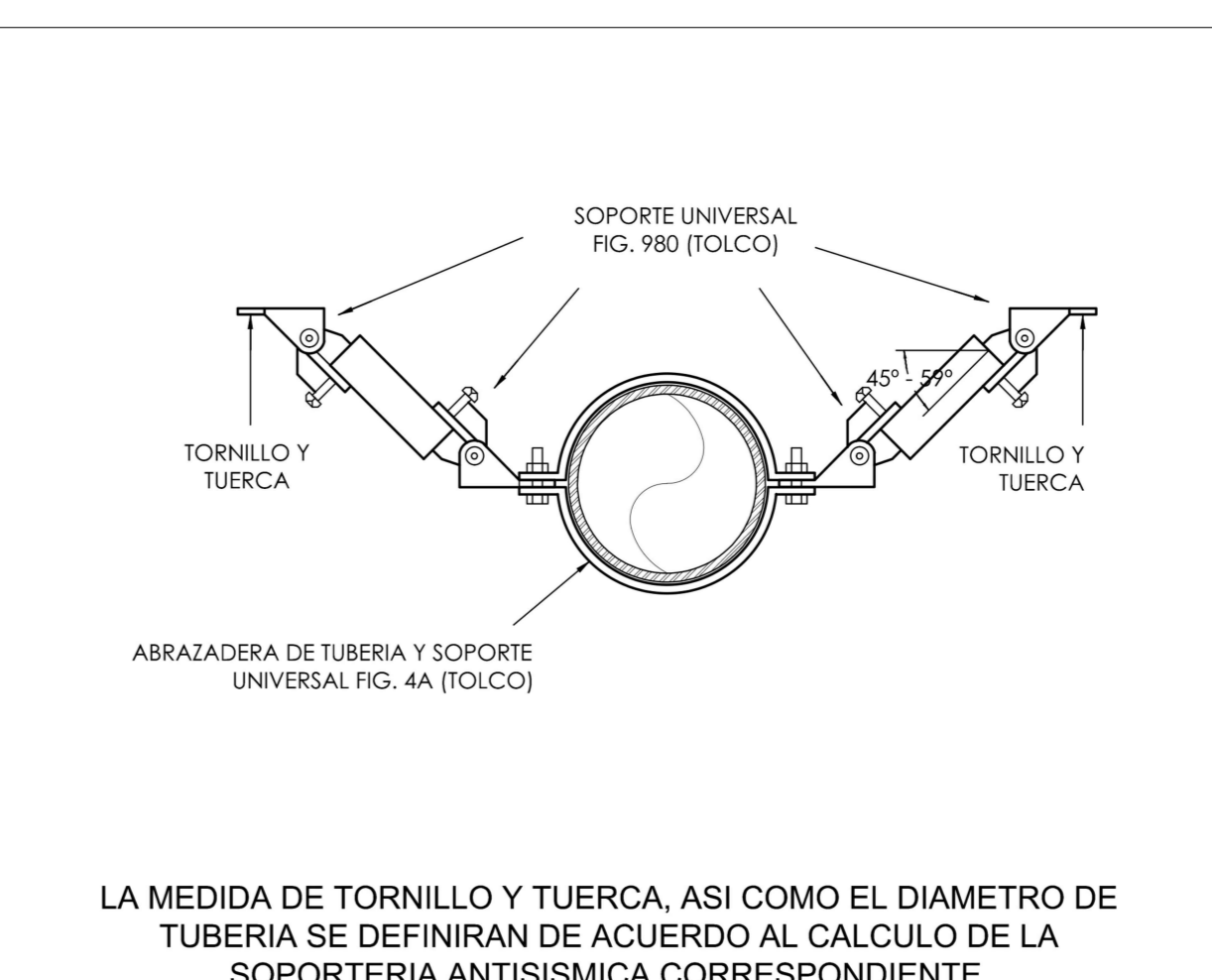
SOPORTE ANTISISMICO LATERAL (2 1/2" a 4")

Sin escala



SOPORTE N° 18S "SAMMY CREW" LATERAL

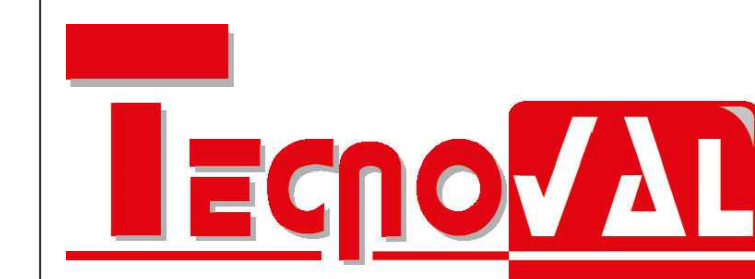
Sin escala



LA MEDIDA DE TORNILLO Y TUERCA, ASI COMO EL DIAMETRO DE TUBERIA SE DEFINIRAN DE ACUERDO AL CALCULO DE LA SOPORTERIA ANTISISMICA CORRESPONDIENTE.

SOPORTE ANTISISMICO CUATRO VÍAS (2 1/2" a 8")

Sin escala



PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS
ATC TECNOVAL S.A.

PROPIETARIO:
ATC TECNOVAL S.A.

PROVINCIA: SAN JOSÉ
CANTÓN: SAN JOSÉ
DISTRITO: ZAPOTE

DIBUJÓ:
HAROLD CAMPOS JIMÉNEZ

PROFESIONAL RESPONSABLE:
NOMBRE:
FIRMA:

PROFESIONAL RESPONSABLE DE LA DIRECCION TECNICA:
NOMBRE: JUAN PABLO JARAS MARTÍN
FIRMA:

INFORMACION DEL REGISTRO PUBLICO:
PROPIETARIO:
DE CATASTRO:
SITAS:

CONTENIDO:
DISTRIBUCIÓN DE EQUIPO DE BOMBEO

ESCALA: INDICADA
FECHA: 15/10/2025
DE LAMINA: 6/6