

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería Electromecánica

TEC | Tecnológico
de Costa Rica

EAC & Asociados



“Diseño de sistema de supresión de incendios de agua nebulizada en un edificio de varios niveles en un ingenio azucarero y comparación con sistema prediseñado de gabinetes”

**Informe de Práctica de Especialidad para optar por el Título
Ingeniero en Mantenimiento Industrial, grado Licenciatura**

Fabián Eliécer Morales Araya

Cartago, Junio 2017

Información del estudiante y de la empresa

Profesor Guía:

Ing. Gustavo Richmond Navarro

Asesor Industrial:

Ing. Marvin Rolando Bermúdez Chacón

Información del Estudiante:

Nombre: Fabián Eliécer Morales Araya

Cédula: 2-0670-0749

Carné ITCR: 200839747

Dirección de su residencia en época lectiva: Centro, Cartago

Dirección de su residencia en época no lectiva: Zarcero, Zarcero.

Teléfono en época lectiva: 8864-6768

Teléfono en época no lectiva: 8864-6768

Email: faemoa@gmail.com

Información del proyecto:

Nombre del proyecto:

Diseño de sistema de agua nebulizada en edificios de varios niveles y comparación con sistema de rociadores.

Profesor Asesor: Ing. Gustavo Richmond Navarro

Horario de trabajo del estudiante: lunes a viernes de 10:00 a.m. a 5:00 p.m.

Información de la Empresa:

Nombre: EAC & Asociados.

Zona: San Pedro de Montes de Oca

Dirección: Centro Comercial Los Laureles #3, San Pedro De Montes De Oca, San José, Costa Rica.

Teléfono: (506) 2253-6214

Fax:

Apartado:

Email: earmijo@eaccr.com

Actividad principal: especializados en el desarrollo de soluciones ingenieriles para la prevención de incendios principalmente en edificios altos y plantas industriales.

Agradecimiento

*A mis padres Rolando y Margoth por haberme traído a este mundo y
por darme el apoyo necesario para lograr esta meta.*

*A mis hermanos Rolando y Alejandro, la razón por la
que lucho y trato de ser una mejor persona.*

*A mis compañeros y amigos, quienes siempre han estado ahí para
compartir los buenos y difíciles momentos.*

*A los señores Eduardo Armijo Carvajal y Marvin Bermúdez Chacón
por recibirme y guiarme en el proceso de desarrollarme
como profesional.*

*Al profesor Gustavo Richmond Navarro por su guía y apoyo durante
la realización de este trabajo.*

Tabla de Contenido

Información del estudiante y de la empresa	i
Información del proyecto:	ii
Información de la Empresa:	ii
Agradecimiento.....	iii
Resumen	1
Abstract.....	2
Capítulo 1.....	3
1. Introducción.....	3
1.1. Descripción de la empresa.....	3
1.2. Información general.....	4
1.2.1. Definición del problema	4
1.3. Objetivos del proyecto.....	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
Capítulo 2.....	6
2. Marco teórico	6
2.1. Mecanismos de extinción	7
2.1.1. Extracción de calor	7
2.1.2. Desplazamiento de oxígeno.....	8
2.1.3. Bloqueo de calor radiante.....	8
2.2. Factores que afectan el rendimiento del agua nebulizada	10
2.2.1. Distribución del tamaño de las gotas	10
2.2.2. Densidad de flujo	12
2.2.3. Impulso de pulverización (spray momentum)	13
2.2.4. Uso de aditivos.....	15
2.2.5. Ventilación	15
2.3. Métodos de generación de agua nebulizada	16
2.3.1. Boquillas de impacto	16
2.3.2. Boquillas de chorro de presión	17
2.3.3. Boquillas de doble fluido	19

2.3.4.	Tipo de boquilla	20
2.4.	Otras clasificaciones	20
2.4.1.	Objetivo de aplicación	22
2.4.2.	Método de actuación	22
2.4.3.	Área de protección.....	24
2.5.	Normativa	25
2.6.	Componentes del sistema	26
Capítulo 3.	27
3.	Desarrollo de la propuesta	27
3.1.	Materiales utilizados para el sistema de supresión de agua nebulizada	27
3.2.	Clasificación del riesgo de la ocupación.....	27
3.3.	Boquilla de agua nebulizada	28
3.4.	Diseño del sistema de tuberías	30
3.5.	Tubería de alimentación	30
3.6.	Cálculo del caudal	31
3.6.1.	Pérdidas por presión en la tubería	32
3.7.	Dimensionamiento de las tuberías	39
3.8.	Selección de la bomba.....	40
3.9.	Cuarto de máquinas.....	44
3.10.	Válvulas.....	47
3.11.	Tanque de almacenamiento.....	48
3.12.	Calidad del agua.....	50
3.12.1.	Filtrado del agua	51
Capítulo 4.	52
4.	Sistema de alarma y detección contra incendios.....	52
Capítulo 5.	56
5.	Mantenimiento y cuidados.....	56
Capítulo 6.	60
6.	Comparación del sistema de supresión con agua nebulizada con el sistema de supresión con gabinetes.....	60
6.1.	Descripción del sistema de supresión de gabinetes.....	60
6.2.	Tabla comparativa de ambos sistemas	62

6.3. Importancia de la protección contra el fuego del ingenio azucarero	64
Capítulo 7	67
7. Conclusiones y recomendaciones.....	67
7.1. Conclusiones.....	67
7.2. Recomendaciones.....	68
Bibliografía	69
Anexo A. Fichas técnicas de los componentes utilizados	73
Anexo B. Características de los tanques atornillados de Superior Tank Company Inc.	80
Anexo C. Selección de la bomba contra incendios	82
Anexo D. Selección de la bomba jockey.....	83
Anexo E. Distribución de nodos, datos de entrada y resultados del software de cálculo hidráulico THE Sprinkler Program.....	86

Lista de tablas

Tabla 2.1. Comparación del sistema de agua nebulizada con otras tecnologías principales de supresión de incendios.....	6
Tabla 2.2. Comparación del tamaño óptimo de la gota para la extinción del fuego.	11
Tabla 2.3. Distancia de caída típica de las gotas de agua a diferente temperatura ambiente.	14
Tabla 2.4. Clasificación común de los sistemas de agua nebulizada.	21
Tabla 3.1. Área de ubicación de las boquillas de agua nebulizada en cada nivel del edificio.	28
Tabla 3.2. Información técnica de la boquilla K6 de la marca VID Fire-Kill.....	29
Tabla 3.3. Volumen de los pisos a proteger.	30
Tabla 3.4. Caudal por piso de la edificación.....	32
Tabla 3.5. Caudal requerido por el sistema de agua nebulizada para los pisos 1, 3 y 7, corregido por el software THE Sprinkler Program.	39
Tabla 3.6. Diámetros de tuberías del sistema de supresión de incendios de agua nebulizada.	40
Tabla 3.7. Presión requerida para el suministro de agua en los pisos 1, 3 y 7.	40
Tabla 3.8. Datos para el cálculo mediante software de la fuente de suministro de agua para el sistema de agua nebulizada.	41
Tabla 3.9. Resumen de información sobre la bomba centrífuga contra incendio.	45
Tabla 3.10. Protección del equipamiento.....	46
Tabla 5.1. Guía de inspección, prueba y mantenimiento del sistema de bombas contra incendio.	56
Tabla 5.2. Guía de inspección, prueba y mantenimiento del motor diésel del sistema de bombas contra incendio.	57
Tabla 5.3. Guía de inspección, prueba y mantenimiento del tanque de almacenamiento.....	58
Tabla 5.4. Guía de inspección, prueba y mantenimiento de las válvulas para el sistema de supresión de incendios de agua nebulizada.	58
Tabla 5.5. Guía de inspección, prueba y mantenimiento del sistema de supresión de incendios de agua nebulizada.	59
Tabla 6.1. Tabla comparativa del sistema de supresión de incendios de agua nebulizada y el sistema de gabinetes.....	62
Tabla 6.2. Producción diaria en bultos de 50 kg de azúcar de diferentes ingenios azucareros.	64

Lista de figuras

Figura 2.1. Mecanismos de extinción del fuego en el agua nebulizada.	9
Figura 2.2. Ángulo del cono de spray de las boquillas.....	17
Figura 3.1. Boquilla de agua nebulizada K6, de la marca VID Fire-Kill.	28
Figura 3.2. Interfaz del software de cálculo hidráulico THE Sprinkler Program.	36
Figura 3.3. Pestaña para realizar el cálculo por demanda en el software de cálculo hidráulico.	37
Figura 3.4. Datos de densidad y presión mínima de las boquillas, requeridos para realizar el cálculo.....	38
Figura 3.5. Gráfica de presión contra caudal para determinar las características de la bomba de suministro de agua.	41
Figura 3.6. Bomba centrífuga Modelo 8200, de A-C Pumps.....	43
Figura 3.7. Bomba vertical multietapa Modelo PVM(X), de Fairbanks Nijhuis.	44
Figura 3.8. Válvula de control operada eléctricamente Modelo C-EL, de la marca VID Fire- Kill.....	47
Figura 3.9. Ejemplo de tanque atornillado instalado de Superior Tank Company Inc.	50
Figura 3.10. Filtro de alta capacidad Modelo F-DN80, de la marca VID Fire-Kill.....	51
Figura 6.1. Liquidación de azúcar, cuota y extracuota.....	65

Resumen

Los sistemas de supresión de incendios de agua nebulizada han estado bajo constante investigación durante las últimas décadas; sin embargo, aún no se cuenta con una norma definitiva que brinde todos los parámetros para su diseño, instalación y mantenimiento por lo que los sistemas convencionales de rociadores y gabinetes siguen teniendo prioridad en los diseños para edificaciones de todo tipo.

Con la elaboración de este proyecto de graduación se pretende realizar un diseño de un sistema de supresión de incendios de agua nebulizada para un edificio de varios niveles en un ingenio azucarero y compararlo con un sistema de gabinetes para el mismo edificio.

Una vez realizado el diseño, se ejecutará una comparación de ambos sistemas para definir las ventajas y desventajas de cada uno, entregando como resultado una valiosa información que ayudará a aclarar las dudas existentes sobre la efectividad del agua nebulizada en la supresión de incendios.

Palabras clave: Agua nebulizada; Comparación; Diseño.

Abstract

Water mist fire suppression systems have been under constant investigation for the last decades; however, there is still no definitive standard that provides all the parameters for its design, installation and maintenance. As a result, conventional sprinkler and cabinet systems continue to have priority in designs for all types of buildings.

With the completion of this graduation project it is intended to design a water mist fire suppression system for a multi-level building in a sugar mill and compare it with a cabinet system for the same building.

Once the design is done, a comparison of both systems will be made to define the advantages and disadvantages of each one, resulting in valuable information that will help clarify the doubts about the effectiveness of water mist in fire suppression.

Key words: Comparison; Design; Water mist.

Capítulo 1.

1. Introducción

1.1. Descripción de la empresa

EAC y Asociados se especializa en el desarrollo de soluciones ingenieriles para la prevención de incendios principalmente en edificios altos y plantas industriales.

Ubicada en San Pedro de Montes de Oca y fundada en 1985, esta empresa se dedica al desarrollo de soluciones de diseño en seguridad contra incendios haciendo uso de Códigos y Normas de Protección contra incendios prescriptivos.

La especialidad de la empresa es la conceptualización y diseño de sistemas contra incendios y control de humo en edificios y plantas industriales de todo tamaño en base a Códigos de Fuego prescriptivos tales como NFPA (National Fire Protection Association) para Costa Rica y Normas DIN (Alemanas), FPA (Fire Protection Association) para Inglaterra y otras, por medio de aplicación de ingeniería especializada (llevada a cabo por personal experto) para soluciones por desempeño de los edificios validando dichos diseños mediante procedimientos basados en indicadores de seguridad contra incendios, tomando en cuenta factores como el comportamiento de la infraestructura y su entorno, entre otros.

Es importante mencionar que, aunque esta no es una empresa muy grande, durante su funcionalidad ha participado exitosamente en grandes proyectos dentro y fuera del país, en lugares como Nicaragua, Honduras, Trinidad y Tobago, Panamá, Guatemala, Irán y Emiratos Árabes Unidos, lo que demuestra su seriedad, compromiso y responsabilidad al momento de brindar sus servicios, por lo que es una gran oportunidad de aprendizaje y colaboración en la realización del proyecto.

1.2. Información general

1.2.1. Definición del problema

El proyecto consiste en la realización de un diseño de un sistema de agua nebulizada para un edificio de varios niveles en el Ingenio San Rafael, en el cantón de San Carlos, tomando en cuenta todos los factores que influyen en el diseño para este tipo de edificios, basado en las normas NFPA.

El diseño propuesto para el ingenio consiste en la colocación de gabinetes en cada piso del edificio, sin embargo, se busca explorar un campo innovador para este tipo de edificación al utilizar sistemas con agua nebulizada, porque distribuyen el agua de una manera más eficiente en toda el área que se busca proteger, logrando suprimir el fuego rápidamente y maximizando la seguridad de las personas.

Los sistemas que utilizan agua nebulizada son considerados el futuro en el campo de la protección contra incendios. Adicionalmente, existe la particularidad de que aún no existen estudios sobre este tema en ningún país de Latinoamérica, por lo que se estaría realizando un importante aporte al desarrollo intelectual dentro de este campo, además de ubicar a Costa Rica a la vanguardia en el tema de seguridad contra incendios, siendo referente en el diseño y aplicación de estos sistemas de supresión capaces de ayudar a salvaguardar la vida humana y los bienes materiales.

1.3. Objetivos del proyecto

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de agua nebulizada en un edificio de varios niveles en un ingenio azucarero, y comparar con un sistema de gabinetes mediante criterios de diseño y confiabilidad desde el punto de vista de protección del riesgo, a fin de determinar la instalación más conveniente.

1.3.2. Objetivos específicos

- a. Clasificar el riesgo al que estarían expuestas las diferentes ocupaciones del edificio.
- b. Seleccionar las boquillas de agua nebulizada.
- c. Determinar la distribución de las boquillas de agua nebulizada.
- d. Dimensionar las tuberías del sistema de distribución para el sistema de supresión de incendios.
- e. Seleccionar una bomba que cumpla con los requerimientos de caudal del sistema.
- f. Integrar un equipo de control eléctrico para el sistema de supresión.
- g. Elaborar los planos haciendo uso de la herramienta de diseño asistido por computadora AutoCAD, con las distribuciones de las tuberías y demás elementos del sistema de supresión de incendios.
- h. Elaborar un cuadro comparativo para el diseño del sistema de supresión de incendios por agua nebulizada contra un diseño convencional por gabinetes en el edificio de varios niveles en el ingenio azucarero, realizado con anterioridad por la empresa EAC y Asociados.

Capítulo 2.

2. Marco teórico

Los sistemas de agua nebulizada son aquellos que utilizan pequeñas gotas de agua para extinguir, suprimir o controlar el fuego; según la Norma NFPA 750 Estándar en Sistemas de Protección contra Incendios de Agua Nebulizada, Edición de 2015, el agua nebulizada se define como: “Una pulverización de agua para la que el 99% de la distribución volumétrica acumulada ponderada por flujo de gotas de agua es inferior a 1000 μm dentro del rango de presión de funcionamiento de la boquilla.”

Desde la eliminación progresiva de los sistemas de halógeno, que dañan la capa de ozono y contribuyen con el calentamiento global, el agua nebulizada se ha convertido en una atractiva alternativa para la sustitución de éstos, porque es un medio de extinción no tóxico y de fácil acceso (Chow y Yao, 2001); en la Tabla 2.1, se presenta una breve comparación entre los diferentes medios de supresión de incendios.

Tabla 2.1. Comparación del sistema de agua nebulizada con otras tecnologías principales de supresión de incendios.

Capacidad de protección contra incendios	Gas inerte	Halógeno	Dióxido de carbono	Rociador	Agua nebulizada
Enfriamiento de la superficie del combustible	No	No	No	Sí	Sí
Enfriamiento de gas	No	No	No	Poco	Sí
Desplazamiento de oxígeno	Sí	No	Sí	Poco	Sí
Bloqueo del calor radiante	No	No	No	Poco	Sí
Efecto de reacción en cadena	No	Sí	No	Poco	Dependiente del sistema
Depuración de humo	No	No	No	No	Sí
Seguro para las personas	Sí	No	No	Sí	Sí
Seguro para los equipos	Sí	No	Sí	No	Sí
Amigable con el ambiente	Sí	No	No	Sí	Sí

Fuente: Chow y Yao (2001).

El agua nebulizada presenta tanto ventajas como desventajas cuando se compara con otros sistemas de gas inerte. Entre las ventajas están las siguientes (GAPS, 2015):

- a. Es no tóxica.
- b. Proporciona enfriamiento.
- c. Es menos sensible a aperturas en el recinto.
- d. Produce mínimos daños por agua.
- e. Tiene facilidad de recarga.
- f. Tiene una clara ventaja donde el peso del agente requerido es una preocupación.
- g. También tiene una acción de limpieza, que ayuda a remover productos de descomposición y combustión.
- h. Amigable con el ambiente.

En cuanto a las desventajas se pueden mencionar las siguientes:

- a. Se ve más afectada por las obstrucciones. Los sistemas son más efectivos cuando el agua nebulizada es expuesta directamente sobre el fuego.
- b. Tienen sistemas de tuberías más grandes y complejos.
- c. Fuegos con baja tasa de liberación de calor podrían no ser extinguidos por el sistema de agua nebulizada.
- d. Podrían tomar más tiempo para extinguir el fuego.

En la actualidad el agua nebulizada cuenta con un creciente campo de aplicaciones, como por ejemplo en cabinas de aviones, áreas de almacenamiento inflamables, sistemas de ferrocarril subterráneo, museos, estructuras históricas, oficinas, aplicaciones informáticas y electrónicas, entre otras.

2.1. Mecanismos de extinción

Existen tres mecanismos principales de extinción en los sistemas de supresión de incendios de agua nebulizada, estos son extracción del calor, desplazamiento de oxígeno y bloqueo del calor radiante.

2.1.1. Extracción de calor

La extracción de calor, también conocida como enfriamiento, es el proceso en el que se baja la temperatura ambiente al llevar el agua nebulizada del estado líquido

al gaseoso (Wang, 2013). Como el calor latente del agua es de más de 2 500 J/g, descargar gotitas de agua de un tamaño menor a 1 mm podría extraer el calor de la llama, humo y el medio ambiente mediante una evaporación rápida y efectiva (Cote, 1997). Un fuego se extinguirá cuando la temperatura adiabática de la llama se reduzca hasta el límite inferior de temperatura, resultando en la terminación de la reacción de combustión de la mezcla de aire y combustible; para la mayoría de vapores orgánicos y de hidrocarburos, este límite inferior de temperatura es de aproximadamente 1 600 K (1327 °C) (Drysdale, 1985).

2.1.2. Desplazamiento de oxígeno

El desplazamiento de oxígeno ocurre por la rápida evaporación y expansión de las finas gotas de agua presentes en la niebla de agua. Cuando una gota absorbe calor, se evapora y expande 1 700 veces con respecto a su volumen líquido, es este vapor de agua el que ocupa el lugar inicial del oxígeno (Ning, 2009). Al introducir el agua nebulizada en un compartimiento caliente, ésta absorbe calor de la llama, los gases calientes y las superficies (Rosander y Giselsson, 1984).

Para que se logre la extinción de la llama, se debe llevar la concentración de oxígeno por debajo del nivel crítico necesario para mantener la combustión, para la mayoría de los combustibles hidrocarburos, la concentración necesaria es de aproximadamente 13 %, mientras que para los combustibles sólidos que carbonizan, este valor es aún menor (Drysdale, 1985).

2.1.3. Bloqueo de calor radiante

En cuanto al bloqueo del calor radiante, cuando la niebla de agua envuelve o llega a la superficie combustible, el agua actúa como una barrera térmica que previene el calentamiento adicional de la superficie combustible en llamas, así como de superficies no encendidas. También, el vapor de agua en el aire por encima de la superficie combustible actúa como un cuerpo gris que absorbe la energía radiante y la re irradia hacia la llama con una intensidad reducida. El bloquear el calor radiante por medio del agua nebulizada imposibilita al fuego de propagarse a superficies

combustibles no encendidas y reduce la vaporización en la superficie combustible (Liu y Kim, 2000).

También existen dos mecanismos de extinción secundarios de los sistemas de supresión de incendios de agua nebulizada, estos son la dilución de vapor/aire y los efectos cinéticos.

La mezcla del vapor de combustible y aire es diluida por el vapor de agua del sistema de supresión de incendios de agua nebulizada y por el aire arrastrado. (Ning, 2009). De igual manera, los efectos cinéticos de la adición de vapor de agua en la mezcla de combustible y aire de las llamas aceleran las reacciones de combustión y propicia un aumento de la temperatura de la llama, tasa de producción de CO_2 y tasa de agotamiento de O_2 ; así como una disminución de CO y la tasa de producción de hollín; que contribuyen con la supresión del fuego (Suh y Atreya, 1995).

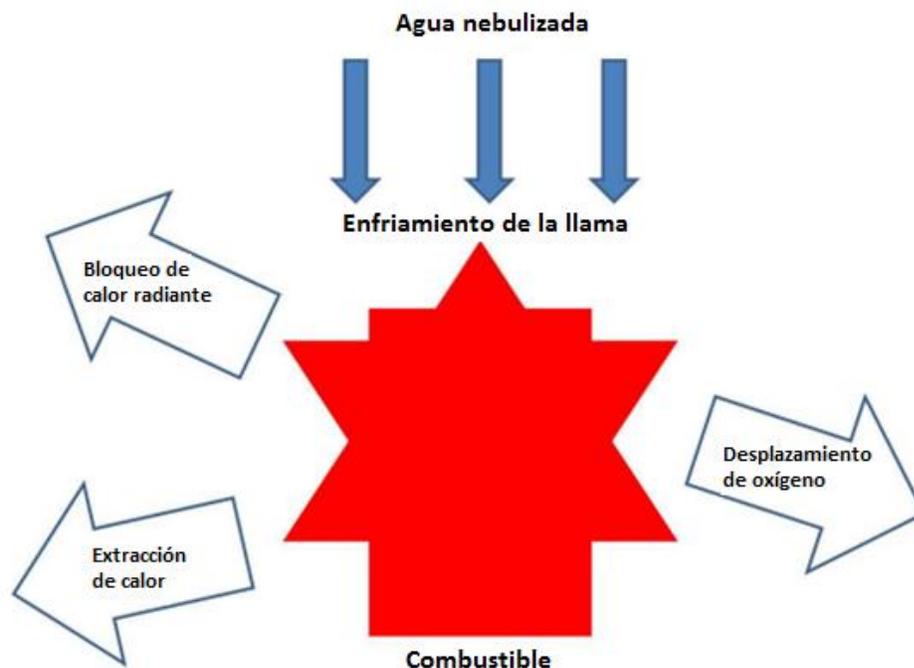


Figura 2.1. Mecanismos de extinción del fuego en el agua nebulizada.

Fuente: Wang (2013).

A pesar de que todos los mecanismos de supresión están involucrados en la extinción del fuego, existe uno que cumple un papel predominante sobre los demás. El que un mecanismo sea dominante sobre otro depende de las características del agua nebulizada, los escenarios del fuego, la geometría del compartimento y las condiciones de ventilación (Liu y Kim, 2000).

2.2. Factores que afectan el rendimiento del agua nebulizada

Se pueden clasificar tres factores principales que afectan el rendimiento del agua nebulizada: distribución del tamaño de las gotas, la densidad de flujo y el impulso de pulverización.

2.2.1. Distribución del tamaño de las gotas

La distribución del tamaño de las gotas se refiere al rango de tamaño de las gotas contenidas en una muestra representativa de pulverización o niebla de agua medida en una ubicación específica (Liu y Kim, 2000).

En teoría, las gotas pequeñas son más efectivas para suprimir el fuego, esto debido a que tienen una mayor área de superficie para la evaporación del agua y la extracción de calor y también son más efectivas en el bloqueo de calor radiante (Ravigururajan y Beltran, 1989). Las gotas pequeñas podrían tener un comportamiento similar al del estado gaseoso, por lo que podrían ser transportadas por las corrientes de aire hasta partes remotas del recinto. Sin embargo, la desventaja de las gotas pequeñas es que no son muy buenas para penetrar la pluma del fuego y llegar a la superficie del combustible (Wang, 2013). Las gotas finas con poco impulso son fácilmente alejadas del fuego por las corrientes de aire.

Las gotas grandes pueden penetrar la pluma del fuego fácilmente y mojar y enfriar los combustibles. Sin embargo, tienen una menor área total de superficie para la extracción de calor y la evaporación. La capacidad del agua nebulizada para suprimir fuegos apantallados u obstruidos se reduce conforme se aumenta el tamaño de las gotas. De igual manera, gotas grandes con alta velocidad pueden causar salpicaduras

en los combustibles líquidos, resultando en un aumento del tamaño del fuego (Liu y Kim, 2000).

Según la Norma NFPA 750 (2015), las investigaciones indican que las gotas finas (menores a 400 μm) son esenciales para la extinción de fuegos de Clase B (combustibles líquidos); mientras que para los fuegos de Clase A (combustibles sólidos), son más eficientes las gotas de mayor tamaño que mojan las superficies y evitan que se propague el fuego.

Se han efectuado una gran cantidad de estudios bajo diferentes condiciones de fuego para determinar el tamaño ideal de las gotas de agua para cada aplicación de supresión de fuego. Para esto, Andrews resumió los tamaños óptimos de gotas propuestos por diferentes autores, presentes en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Comparación del tamaño óptimo de la gota para la extinción del fuego.

Autor	Fecha	Tamaño de la gota (μm)	Notas
Braidech & Neale	1955	300-500 100-150 150-300	Aplicada verticalmente hacia abajo Aplicada horizontalmente Punto de inflamación bajo, combustible inmiscible
Herterich	1960	350	
Yao & Kalelkar	1970	<350 4000-5000	Para enfriamiento de capa de gas Para penetración de la pluma
Vincent	1976	310	Supresión de explosión de gas
Beyler	1977	>1000	Penetración y pre-mojado de incendios mayores que 250 kW
Pietrzak & Patterson	1979	200-300	Enfriamiento de capa de llama/gas
Rasnash	1985	400	Punto de inflamación alto, combustibles inmiscibles
Kaletka	1986	300-900	Cantidad óptima depende de la temperatura de la capa de gas
Osaka	1988	250-300	Boquilla de niebla manual
Tour & Andersson	1989	300	Boquilla de niebla TA manual
Marioff	1991	60	Boquilla de niebla de presión

Fuente: Andrews (1992).

Se aprecia que el tamaño óptimo de las gotas para la supresión del fuego depende de muchos factores, como las propiedades de los combustibles, el tamaño del fuego y las obstrucciones en el compartimento; lo que indica que un tamaño de gota que es efectivo para un escenario, no necesariamente va a serlo para otro, por lo que se debe buscar el tamaño óptimo que cubra los riesgos de cada escenario.

2.2.2. Densidad de flujo

La supresión de la llama con finas pulverizaciones requiere que una cierta masa de gotas de agua esté suspendida como spray. Por lo tanto, la densidad de flujo se refiere a la cantidad de spray de agua por unidad de volumen (lpm/m^3) o por unidad de área (lpm/m^2) (Mawhinney, 1997). En una escala compartimentada, el aumento de la densidad de flujo reducirá la temperatura del compartimento, pero tendrá poco efecto en las concentraciones de oxígeno en este (Back, 1996). En una escala localizada, el fuego se extinguirá sólo cuando los sprays de agua alcancen una mínima densidad de flujo.

Sin una suficiente densidad de flujo de las pulverizaciones de agua para remover una cierta cantidad de calor del fuego o para enfriar el combustible por debajo de este, el fuego se sustentará manteniendo una alta temperatura de la llama y del combustible (Liu y Kim, 2000).

La cantidad de agua nebulizada que llega al fuego está determinada por muchos factores, estos incluyen el impulso del spray y el ángulo, obstrucciones hacia el fuego, tamaño del fuego, condiciones de ventilación y geometría del compartimento (Liu y Kim, 2000).

Determinar qué concentraciones de densidad de flujo de spray requeridas para escenarios de fuego particulares es de vital importancia; sin embargo, puesto que el agua nebulizada no se comporta como un verdadero agente gaseoso, es difícil establecer las concentraciones críticas de gotas de agua para extinguir el fuego. Esto sumado a que la distribución actual de boquillas aspersoras en el compartimento no

provee una densidad de flujo uniforme, por lo que es imposible determinar una concentración crítica que encaje con todas las aplicaciones.

2.2.3. Impulso de pulverización (spray momentum)

Se refiere a la masa y velocidad del spray, así como su dirección relativa a la pluma del fuego. Este determina no sólo si las gotas de agua pueden penetrar la llama y llegar a la superficie del combustible, sino también la tasa de arrastre del aire circundante a la pluma del fuego. La turbulencia producida por el impulso de pulverización mezcla las finas gotas de agua y vapor en la zona de combustión, que diluye el oxígeno y el vapor de combustible e incrementa la eficiencia del agua nebulizada en la supresión del fuego. Por lo tanto, la masa del spray definida en el impulso del spray no sólo incluye la masa de agua, sino también la masa de vapor de agua y el aire arrastrado por el agua nebulizada (Mawhinney y Back, 1998). El momentum del spray puede ser expresado con la siguiente ecuación:

$$M_w = (m_{wl} + m_{wv} + m_{wa}) \times V_w \quad (2.1)$$

Donde m_{wl} , m_{wv} y m_{wa} son las masas de agua, vapor de agua y aire arrastrado por la niebla, respectivamente y V_w es el vector de velocidad del agua nebulizada.

El impulso de la pulverización agua está determinado por muchos factores, estos incluyen el tamaño de la gota y la velocidad, la presión de descarga y el ángulo del cono, el espaciamiento de las boquillas, las condiciones de ventilación y la geometría del compartimento (Mawhinney y Back, 1998). Además, el impulso del spray se reducirá gradualmente, conforme las finas gotas de agua viajen a través del gas caliente y la velocidad y el tamaño sean reducidos debido a las fuerzas gravitacionales y de arrastre (Andersson, Arvidson y Holmstedt, 1996).

Cuando las gotas de agua caen en el aire debido a la fuerza gravitacional, la distancia máxima de caída está controlada principalmente por el tamaño de la gota y la temperatura ambiente, antes de que desaparezcan por evaporación. Esta distancia máxima de caída (X_{fall}), sin considerar la velocidad hacia arriba producida por el fuego, está dada por (Andersson et al., 1996):

$$X_{fall} = 2000 \frac{D_0 L \rho}{2K_g \Delta T C_2} \quad (2.2)$$

Donde D_0 es el diámetro de la gota, L es el calor latente de evaporación, ρ es la densidad circundante, K_g es la conductividad térmica del gas, ΔT es la diferencia de temperatura entre la gota y el medio circundante y C_2 es un coeficiente.

El coeficiente C_2 se calcula con la siguiente ecuación:

$$C_2 = 2C_1 \sqrt{1000} \quad (2.3)$$

C_1 es otro coeficiente, calculado de la siguiente manera:

$$C_1 = 0,6 Pr^{0,33} \sqrt{\rho \mu} \quad (2.4)$$

Donde Pr es el número de Prandtl y μ es la viscosidad dinámica.

En la Tabla 2.3 se presentan las típicas distancias de caída para diferentes tamaños de gotas para varios rangos de temperatura.

Tabla 2.3. Distancia de caída típica de las gotas de agua a diferente temperatura ambiente.

T_g (°C)	D_0 (Diámetro de la gota, μm)					
	1	10	50	100	500	1000
400	1,5 pm	15 nm	9,1 μm	146 μm	2,5 m	9,9 m
600	0,88 pm	9 nm	5,5 μm	87 μm	1,5 m	6,0 m
800	0,63 pm	6 nm	3,9 μm	63 μm	1,1 m	4,3 m
1000	0,49 pm	5 nm	3,0 μm	49 μm	0,8 m	3,3 m

Fuente: Andersson, Arvidson, y Holmstedt (1996).

Se aprecia que la distancia de caída se ve reducida significativamente en cuanto menor es el tamaño de la gota y más alta la temperatura ambiente. Por lo tanto, en techos altos, el impulso de las gotas se volverá muy pequeño antes de que este llegue al fuego, por lo que estas gotas no logran penetrar la pluma de fuego y llegar a la superficie del combustible, fracasando en suprimir el fuego.

Para evitar que el agua nebulizada y el vapor de agua sean alejadas por la pluma de fuego, el impulso de la niebla debe ser al menos igual en magnitud y opuesta en dirección al impulso de la pluma del fuego (Mawhinney y Back, 1998).

El impulso de la pluma de fuego se puede expresar de la siguiente forma :

$$M_f = (m_{fp} + m_{fg} + m_{fa}) \times V_f \quad (2.5)$$

Donde m_{fp} , m_{fg} y m_{fa} son las masas de los productos de combustión, los gases del fuego y el aire arrastrado por la pluma del fuego; y V_f está asociado con el vector de velocidad de la pluma del fuego (Mawhinney y Back, 1998).

Según la Norma NFPA 750 (2015): “Es el impulso de una niebla en una dirección en particular, relativa a la dirección del flujo de los gases calientes del fuego, el que aumenta la efectividad del enfriamiento y la supresión del fuego. Flujos opuestos generan una mezcla turbulenta, lo que aumenta el enfriamiento.”

2.2.4. Uso de aditivos

El uso de aditivos en el agua nebulizada o combinándola con gases inertes puede aumentar la eficiencia del sistema. También puede afectar la evaporación de las gotas reduciendo la tensión superficial o actuando como un agente humectante.

Los aditivos pueden ser usados para una gran variedad de propósitos, como aumentar el rendimiento de supresión del fuego, inhibir el crecimiento microbiológico, inhibir la corrosión, proteger contra el congelamiento, entre otros (NFPA 750, 2015).

2.2.5. Ventilación

La ventilación tiene un gran efecto sobre la eficiencia del sistema de agua nebulizada, esta puede ser natural o mecánica.

La ventilación puede ocasionar una gran pérdida de gotas que son arrastradas por el viento generado, disminuyendo en gran medida las capacidades de supresión del fuego del sistema; además un flujo de aire fresco suministrado al fuego lo ayuda a arder más eficientemente y dificulta la supresión del mismo. La ventilación mecánica

en un compartimento tiene un mayor impacto, por lo que se recomienda que al entrar en funcionamiento el sistema de agua nebulizada se suspenda o elimine todo tipo de ventilación de este tipo (Ning, 2009).

2.3. Métodos de generación de agua nebulizada

En general, los sistemas de supresión de incendios de agua nebulizada se pueden clasificar en tres tipos, con base en su presión de operación: baja, media y alta presión. Según la Norma NFPA 750 (2015), los sistemas de baja presión operan por debajo de los 12,1 bar (175 psi); los de media presión se encuentran entre 12,1 bar y 34,5 bar; y los de alta presión se encuentran por encima de los 34,5 bar (500 psi).

También es posible clasificarlos basado en su medio de atomización, esto los divide en los sistemas de un solo fluido, donde se utiliza un solo sistema de tuberías para suministrar a cada boquilla y los de doble fluido, donde el agua y el medio atomizante se suministran a la boquilla de agua nebulizada a través de un sistema de tuberías para cada uno.

Para los sistemas de un solo fluido se tienen dos tipos de boquillas, estas son las de chorro de presión y las boquillas de impacto.

2.3.1. Boquillas de impacto

Las boquillas de impacto consisten en un orificio de gran diámetro y un deflector (Mawhinney, 1997). Se pueden producir pequeñas gotas cuando el chorro de agua a alta velocidad proveniente del orificio de gran diámetro choca contra el deflector y se rompe. La forma del deflector y la velocidad del chorro determinan el tamaño y la distribución de las gotas, el ángulo de cono, la densidad de flujo y el impulso de pulverización (Liu y Kim, 2000).

Las presiones de operación van del rango de baja a media presión. Estas boquillas producen atomizaciones de Clase 2 (gotas de 400 μm o menos) y Clase 3 (gotas mayores a 400 μm), con ángulos de cono entre los 60° y 120° (Mawhinney, 1997).

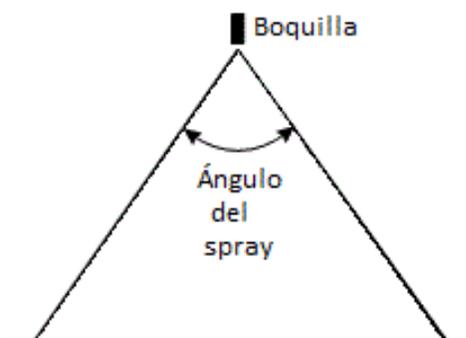


Figura 2.2. Ángulo del cono de spray de las boquillas.

El diseño de este tipo de boquilla es relativamente simple y su costo de construcción es menor que el de aquellas boquillas que requieren un maquinado preciso. Sin embargo, tienen un limitado impulso de penetración axial. Cuando el chorro choca contra el deflector, la velocidad del spray se ve reducida y aleatorizada y podría no incrementarse al aumentar la presión de operación de la boquilla. Los soportes del deflector también ocasionan una distribución de flujo irregular debido al apantallamiento (Liu y Kim, 2000).

Este tipo de boquillas ha sido ampliamente utilizado para controlar fuegos de Clase A (combustible sólido), donde gotas relativamente grandes son más efectivas, puesto que tienen mayores diámetros de orificio trabajando a bajas presiones de operación para generar gotas más grandes. También han demostrado un buen rendimiento cuando han sido utilizadas en submarinos, barcos y edificios residenciales; y su uso es muy similar a los sistemas de rociadores (Liu y Kim, 2000).

2.3.2. Boquillas de chorro de presión

Las boquillas de chorro de presión consisten en orificios de pequeño diámetro o cámaras de remolino (Mawhinney, 1997; Back, DiNenno, Leonard y Darwin, 1996). Cuando un chorro de agua a alta velocidad deja el orificio se vuelve inestable y se desintegra en pequeñas gotas (Liu y Kim, 2000).

El diámetro del orificio para este tipo de boquilla va desde 0,2 mm a 3 mm (Mawhinney, 1997). La boquilla puede tener cabezales de múltiples boquillas que operan a presiones relativamente bajas. El caudal puede variar entre 1 Lpm para una sola boquilla a 45 Lpm para un ensamblaje de múltiples orificios. Las presiones de operación van desde baja presión (5,1 bar) a alta presión (272 bar). El cono de pulverización producido por las boquillas está en 20° y 150°. (Mawhinney, 1997; Back, DiNenno, Leonard y Darwin, 1996).

Este tipo de boquilla puede producir finas gotas de agua, amplios ángulos y buena proyección de pulverización. Usar ensamblajes de múltiples orificios puede incrementar aún más el ángulo del cono y la densidad de flujo. El tamaño y la distribución de las gotas producidas están determinados principalmente por la presión de descarga utilizada. Las gotas se vuelven más finas conforme se aumenta la presión. De igual manera, el impulso y la densidad de flujo también aumentan al incrementar la presión de operación (Mawhinney y Back, 1998). Sin embargo, hay un límite en el que un mayor aumento de la presión tiene poco efecto sobre la distribución del tamaño de gota, este sólo podría aumentar el flujo másico o el momento. (Liu y Kim, 2000).

Las boquillas de chorro de presión son usualmente utilizadas para extinguir fuegos de Clase B en cuartos de máquinas o cuartos con turbinas de gas y fuegos de Clase A en cabinas de barco y cuartos de tripulación. En algunos casos, también han sido utilizados en salas de cómputo o cuartos con equipos electrónicos para proteger los costosos equipos. Debido a que se utiliza alta presión para descargar el agua nebulizada, las gotas contienen un gran impulso y pueden superar el efecto de la pluma del fuego y la aerodinámica interior para alcanzar la superficie de la llama, es por esto que son una buena opción para algunos cuartos con geometría especial y aplicación local. Sin embargo, la ventaja de trabajar con altas presiones debe medirse contra el costo inicial del equipo y la tarifa de mantenimiento, que presenta una gran carga para los usuarios. También debe prestarse atención a los problemas de seguridad, ya que todos los sistemas están bajo gran presión (Ning, 2009).

2.3.3. Boquillas de doble fluido

Estas boquillas operan con aire comprimido y agua, consisten en una entrada de aire, una entrada de agua y una cámara interna (Mawhinney, 1997; Lefebvre, 1989). La capa de agua formada en la cámara es cortada por el aire comprimido, volviéndola inestable y desintegrándola en gotitas. Después de que las gotas salen de la boquilla, el chorro altamente turbulento puede causar una segunda atomización de gotitas, resultando en una mejoría de la distribución del tamaño de las gotas (Lefebvre, 1989; Nickolaus, 1995).

Las presiones de descarga del agua y el medio de atomización (aire) son controladas por separado, con ambas líneas operando bajo el régimen de baja presión (de 3 bar a 12 bar) (Mawhinney, 1997; Back, DiNunno, Leonard y Darwin, 1996). Producen atomizaciones de Clase 1 (gotas de 200 μm o menos) y de Clase 2, con ángulo del cono que varía entre 20° y 120° (Liu y Kim, 2000).

La distribución del tamaño de las gotas, el ángulo del cono, el impulso de la pulverización y la tasa de descarga pueden ser controladas eficientemente con las boquillas de doble fluido. El aire comprimido descargado de las boquillas puede transportar pequeñas gotas de agua hasta la zona de combustión en cantidades suficientes mientras produce una fuerte turbulencia para mezclar las gotas con el fuego. Ambos efectos aumentan la efectividad de las boquillas en la supresión del fuego (Butz y Marmaro, 1994).

Este tipo de boquillas son más comúnmente utilizadas en edificios industriales y son bastante confiables, puesto que los orificios de las boquillas son relativamente grandes, lo que reduce el riesgo de obstrucción de las mismas por causa del polvo y otras suciedades presentes en los edificios. Además, la baja presión utilizada es muy segura y de bajo costo (Ning, 2009).

Este sistema es una buena opción para edificios que no pueden proporcionar un cuarto de máquinas grande. La principal desventaja de este tipo de boquilla es el costo de operación, puesto que el sistema utiliza aire comprimido para bombear el

agua y formar el agua nebulizada. Después de utilizarlo una vez, el aire comprimido debe ser reemplazado. Sin embargo, las boquillas sólo pueden utilizar baja presión para generar las nieblas, por lo que las gotas no tienen un gran impulso; por lo tanto, las capacidades de extinción del sistema no son muy buenas y las gotas son fácilmente afectadas por las condiciones de ventilación dentro del compartimento (Ning, 2009).

2.3.4. Tipo de boquilla

Las boquillas se pueden clasificar por su método de activación, ya sea automático, no automático y multifuncionales o híbridas.

En las automáticas, cada boquilla se activa y opera independientemente, gracias a un medio de detección/activación incorporado en la misma.

Las no automáticas operan como un solo sistema o agrupación de boquillas que se activan simultáneamente por medio de la señal enviada por un sistema de detección instalado en el mismo compartimento.

Por último, las boquillas multifuncionales o híbridas pueden operar por medios automáticos o no automáticos.

2.4. Otras clasificaciones

También es común encontrar otras clasificaciones para los sistemas de agua nebulizada, dentro de las que se encuentran el objetivo de aplicación, el área de protección, el método de actuación, entre otros que se muestran en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Clasificación común de los sistemas de agua nebulizada.

Criterio de clasificación	Tipo de sistema
Presión de operación	<ul style="list-style-type: none"> • Baja presión • Media presión • Alta presión
Medio de atomización	<ul style="list-style-type: none"> • Un solo fluido (chorro de presión, impacto) • Doble fluido
Cono del spray (pulverización)	<ul style="list-style-type: none"> • Cono hueco • Cono sólido • Ventilador plano
Velocidad de la gota	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad baja • Velocidad intermedia • Velocidad alta
Caudal	<ul style="list-style-type: none"> • Caudal bajo • Caudal intermedio • Caudal alto • Caudal extra alto
Tipo de cabeza	<ul style="list-style-type: none"> • Cabeza uniforme • Cabezas múltiples
Tipo de boquilla	<ul style="list-style-type: none"> • Boquilla automática • Boquilla no automática • Boquilla híbrida
Movilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema fijo • Sistema portátil • Sistema movable
Objetivo de aplicación	<ul style="list-style-type: none"> • Extinción del fuego • Supresión del fuego • Control del fuego
Área de protección	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de aplicación de compartimento total • Sistema de aplicación por zona • Sistema de aplicación local
Método de actuación	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de pre-acción • Sistema de diluvio • Sistema de tubería húmeda • Sistema de tubería seca

Fuente: Chow y Yao (2001).

La Norma NFPA 750, edición 2015, presenta las siguientes definiciones sobre los criterios de clasificación, que ayudarán a tener una mejor comprensión de los mismos.

2.4.1. Objetivo de aplicación

En lo que respecta al objetivo de aplicación, este puede ser de tres tipos: control, supresión o extinción del fuego.

Control del fuego

El control del fuego se debe medir de acuerdo a los siguientes enfoques:

- a. Una reducción de la exposición térmica de la estructura, donde el principal objetivo es mantener la integridad estructural del edificio.
- b. Una reducción en la amenaza para los ocupantes, donde el objetivo primordial es minimizar la pérdida de la vida.
- c. Una reducción de una característica relacionada con el fuego, como la tasa de liberación de calor, tasa de crecimiento del fuego o su propagación a objetos adyacentes.

Supresión del fuego

La supresión es la rápida reducción de la tasa de liberación de calor y la prevención de su rebrote por medio de una suficiente aplicación de agua nebulizada. Esta requiere extinción manual para apagar el fuego.

Extinción del fuego

La extinción se refiere la completa supresión del fuego hasta que no quede ningún combustible quemándose.

2.4.2. Método de actuación

Los sistemas se pueden clasificar según el método de actuación, así se tienen los sistemas de pre-acción, diluvio, tubería mojada y tubería seca.

Sistemas de pre-acción

Un sistema de agua nebulizada que usa boquillas automáticas unidas a un sistema de tuberías que contiene aire que podría o no estar a presión, con un sistema de detección suplementario instalado en la misma área que las boquillas. El accionamiento del sistema de detección abre una válvula que permite que el agua fluya por el sistema de tuberías y se descargue a través de las boquillas abiertas en el sistema.

Sistemas de diluvio

Un sistema que utiliza boquillas no automáticas (abiertas) unidas a una red de tuberías conectadas al suministro del fluido por medio de una válvula controlada por un sistema independiente de detección instalado en la misma área que las boquillas.

Sistema de tubería seca

Este sistema utiliza boquillas automáticas unidas a un sistema de tuberías que contiene aire, hidrógeno o algún gas inerte bajo presión, cuya liberación (a partir de la apertura de una boquilla automática) permite que la presión del agua abra una válvula de tubería seca. El agua entonces fluye por el sistema de tuberías y sale a través de cualquier boquilla abierta.

Sistema de tubería húmeda

El sistema utiliza boquillas automáticas unidas a un sistema de tuberías que contienen agua y se encuentran conectadas a un suministro de agua, de modo que el agua se descarga inmediatamente por las boquillas activadas por el calor de un incendio.

2.4.3. Área de protección

De acuerdo al área que se busca proteger, se puede separar los sistemas de supresión de agua nebulizada en tres: sistema de aplicación de compartimento total, sistema de aplicación por zona y sistema de aplicación local.

Sistema de aplicación de compartimento total

Un sistema de agua nebulizada de diluvio que provee una protección completa de un recinto o espacio por medio de la operación simultánea de todas las boquillas en el espacio, por medios manuales o automáticos.

Sistema de aplicación por zona

Un sistema de agua nebuliza de aplicación de compartimento total utilizando boquillas no automáticas o boquillas automáticas y no automáticas entremezcladas en las que la red de tuberías está subdividida en zonas predeterminadas controladas por válvulas de control individuales y que protegen una porción predeterminada del compartimento por medio de la activación manual o automática de un grupo selecto de boquillas.

Sistema de aplicación local

Un sistema de agua nebulizada diseñado para descargar directamente sobre un objeto o peligro en una condición cerrada, abierta o al aire libre.

2.5. Normativa

A pesar de que los sistemas de agua nebulizada son relativamente nuevos, existen normas y protocolos que están en proceso de creación y otras que están en revisión. Dentro de ellas se pueden destacar las siguientes:

- a. **IMO (Organización Marítima Internacional):** organismo especializado de las Naciones Unidas responsable de la seguridad y protección de la navegación y de prevenir la contaminación del mar por los buques.
- b. **FM 5560, Sistemas de Agua Nebulizada:** Factory Mutual presenta normativa para ensayos de fuego, protección e inspección.
- c. **NFPA 750, Estándar en los Sistemas Protección contra Incendios de Agua Nebulizada:** diseño, instalación y mantenimiento.
- d. **UL 2167, Estándar para Seguridad de las Boquillas de Agua Nebulizada para Servicio de Protección contra Incendios:** diseño, pruebas de componentes y ensayos de fuego.
- e. **Vds 3188, Directrices para los Sistemas de Extinción (Sistemas de Alta Presión) de Rociadores y Agua Nebulizada, Planificación e Instalación:** Vertrauen durch Sicherheit (VdS) provee normativa de diseño, ensayos de fuego, producción e inspección.
- f. **UNE-CEN/TS 14972, Sistemas fijos de lucha contra incendios. Sistemas de agua nebulizada. Diseño e instalación:** publicada por el Comité europeo normalizador (CEN), es una norma de diseño, instalación y ensayos de fuego.

Es importante resaltar que la Norma NFPA 750 Edición del 2015, únicamente provee lineamientos para las ocupaciones con riesgo ligero y ordinario, para los riesgos extraordinarios aún no es posible diseñar sistemas efectivos para la supresión del fuego.

2.6. Componentes del sistema

La Norma NFPA 750, 2015, enlista todos los componentes necesarios en un sistema de agua nebulizada para su buen funcionamiento, donde todos deben ser listados y aprobados para su uso, estos son:

- a. Contenedores de gas y agua
- b. Tuberías
- c. Accesorios
- d. Soportes
- e. Boquillas nebulizadoras
- f. Válvulas
- g. Filtros
- h. Sistema de bombeo
- i. Sistemas de detección, actuación, alarma y control

Capítulo 3.

3. Desarrollo de la propuesta

Existen varias consideraciones para el diseño adecuado de un sistema de supresión de incendios por agua nebulizada, las cuales se encuentran reglamentados en la Norma NFPA 750, Edición de 2015; sin embargo, puesto que este es un campo relativamente nuevo, la norma no abarca todos los miramientos posibles y recomienda al diseñador referirse a los manuales de diseño del fabricante de los equipos para realizar un diseño eficiente.

En este capítulo se presenta el procedimiento realizado para el diseño del sistema de supresión por agua nebulizada, así como la selección de los equipos utilizados para el mismo.

Durante el desarrollo de la propuesta se utilizará la Norma NFPA 750, Edición de 2015, en varias ocasiones, por lo que en adelante se le referirá únicamente como la Norma.

3.1. Materiales utilizados para el sistema de supresión de agua nebulizada

La Norma establece en su Artículo 6.3.1.1, que todos los componentes que estarán expuestos al agua, como las tuberías, válvulas y accesorios, deben estar contruidos con un material resistente a la corrosión, de modo que se minimice el riesgo de atasco de estos. Por este motivo, la totalidad de las tuberías y otros componentes del sistema serán diseñados con acero inoxidable AISI 316L.

3.2. Clasificación del riesgo de la ocupación

El primer paso para diseñar el sistema es clasificar los riesgos de la ocupación del edificio; para esto, la Norma, en su Anexo A.5.1.1.3, presenta una lista de ocupaciones que clasifican como riesgos ligero u ordinario. Al analizarlas se determinó que el edificio debe ser considerado como un riesgo ordinario (grupo 2).

3.3. Boquilla de agua nebulizada

El edificio en cuestión en el ingenio azucarero consta de siete niveles o pisos, donde cada nivel tiene un área distinta donde se ubicará la maquinaria, y, por ende, las boquillas de agua nebulizada. Dicha área se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3.1. Área de ubicación de las boquillas de agua nebulizada en cada nivel del edificio.

Piso	Área (m ²)
1	1 150
2	446
3	724
4	680
5	594
6	460
7	662
Total	4 716

Al realizar una exhaustiva investigación sobre las diferentes casas fabricantes de boquillas, se encontró que la más conveniente para la aplicación deseada es la boquilla Firekill K6 de la marca VID, que está diseñada especialmente para compartimentos de maquinaria y es aprobada por Factory Mutual para el riesgo de este tipo de ocupación.



Figura 3.1. Boquilla de agua nebulizada K6, de la marca VID Fire-Kill.

Fuente: <http://vidaps.dk/wp-content/uploads/DS-130411-04-09-FIREKILL-K6.pdf>

La información técnica de la boquilla se presenta a continuación:

Tabla 3.2. Información técnica de la boquilla K6 de la marca VID Fire-Kill.

Información técnica	
Estadísticas generales del sistema	
Presión mínima del agua	7,7 bar
Presión de operación máxima	16 bar
Tamaño de la gota	DV ₉₀ < 300 µm
Información de diseño	
Volumen máximo	4 610 m ³
Espaciamiento de las boquillas máximo	9 m ² (3 m x 3 m)
Distancia máxima a la pared	1,5 m
Altura máxima	12 m
Densidad del agua	1,7 mm/min
Tiempo de operación	83 min
Estadísticas específicas de la boquilla	
Factor K	5,6 (l/min/√bar)

Fuente: <http://vidaps.dk/wp-content/uploads/DS-130411-04-09-FIREKILL-K6.pdf>

La información más detallada de la boquilla se puede leer en la ficha técnica de esta, presente en el Anexo A del presente informe.

Como se observa, ésta trabaja a baja presión (7,7 bar), cuenta con un espaciamiento máximo entre boquillas de 3 m y son efectivas a una altura máxima de 12 m; además, brinda un amplio volumen de protección para el compartimento, donde el máximo permitido es de 4610 m³; como la altura de cada piso es de 3 m, en ninguno se sobrepasa el límite permitido.

Tabla 3.3. Volumen de los pisos a proteger.

Piso	V (m ³)
1	3 450
2	1 338
3	2 172
4	2 040
5	1 782
6	1 380
7	1 986
Total	14 148

Este límite de volumen de protección de las boquillas imposibilita la activación de todas las boquillas del edificio a la vez, puesto que el volumen total sería más alto que el permitido, por lo que el diseño se realizó para que se active cada nivel independientemente, una vez que se dispare la señal del sistema de detección.

3.4. Diseño del sistema de tuberías

Puesto que los pisos de la edificación no cuentan con barreras corta fuego que contengan y detengan el avance del fuego, se decidió diseñar un sistema de agua nebulizada de inundación total con boquillas abiertas, que actúe y cubra todo el volumen del compartimento, garantizando una protección tanto de los bienes materiales como de la integridad física del personal dentro del edificio.

Además, se decidió hacer un sistema de tuberías de alimentación de las boquillas diseñado en anillo, de modo que cada una sea alimentada desde dos puntos distintos en todo momento.

3.5. Tubería de alimentación

La tubería de alimentación debe ser de un diámetro suficiente para que se pueda suministrar agua de manera eficiente a cada uno de los pisos, por lo que su diámetro debe ser revisado y optimizado por medio de cálculos hidráulicos.

La Norma, en su Artículo 8.1.6.2, establece que, el área máxima a proteger en cualquier piso por un sistema de supresión por agua nebulizada alimentado por una

tubería ascendente para un riesgo ordinario debe tener un área de no más de 4 831 m². Al analizar el área existente de los pisos del edificio, se evidencia que ninguno sobrepasa este límite máximo, por lo que el sistema se puede diseñar con una sola tubería ascendente de alimentación.

3.6. Cálculo del caudal

El caudal necesario para el sistema se calculó por piso, puesto que cada uno tiene distintos requerimientos de agua; y, además, trabajarán independientemente uno de otro.

Para este análisis se utilizó la siguiente ecuación para calcular el caudal utilizado por cada boquilla:

$$q = K\sqrt{p} \quad (3.1)$$

Donde q es el caudal (l/min o gal/min); p es la presión mínima de trabajo de las boquillas (bar o psi); y K es el factor k de estas (l/min/ $\sqrt{\text{bar}}$ o gal/min/ $\sqrt{\text{psi}}$).

Tomando los datos de las boquillas de su ficha técnica se tiene:

$$q = 5,6\sqrt{7,7} = 15,54 \text{ l/min}$$

Para obtener el caudal necesario por piso, se debe tomar este valor y multiplicarlo por la cantidad de boquillas instaladas, obteniendo así los consumos de agua para el funcionamiento efectivo del sistema.

Tabla 3.4. Caudal por piso de la edificación.

Piso	Cantidad de boquillas	Caudal por piso (lpm)
1	152	2 362,08
2	59	916,86
3	83	1 289,82
4	79	1 227,66
5	69	1 072,26
6	55	854,70
7	76	1 181,04

Notas:

- 1) El caudal por boquilla es 15,54 lpm.
- 2) 1 gal es igual a 3,785 l, por lo que para obtener el equivalente en gpm para cada piso se debe tomar el caudal y dividirlo entre 3,785.

3.6.1. Pérdidas por presión en la tubería

Cálculo manual

Para los sistemas de baja presión, tanto la Norma como el fabricante de las boquillas, proponen el uso de la ecuación de Hazen-Williams para el cálculo de pérdidas de presión en la tubería y los accesorios de esta.

La variante de la ecuación presentada por el fabricante es la siguiente:

$$V = kxCxR^{0,63}xS^{0,54} \quad (3.2)$$

Donde V es la velocidad del agua (m/s o pie/s), k es una constante (k = 0,849 para unidades del SI y k = 1,318 para unidades imperiales de los Estados Unidos), R es el radio hidráulico de la tubería, que se obtiene dividiendo su diámetro interno entre cuatro ($R = D_i/4$) (m o pie), S es la pérdida de carga por unidad de longitud (m/m o pie/pie) y C es el coeficiente de fricción del material utilizado en la tubería y demás componentes.

La Norma establece en su artículo 11.3.6.5, que el valor de C para las tuberías de acero inoxidable debe tener un valor de 150.

El valor de la velocidad del agua en las tuberías se deja a criterio del diseñador en la Norma; donde, en su Anexo A.11.3, establece que los cálculos realizados serán válidos siempre y cuando se mantenga este valor dentro del rango de 3,05 m/s (10 pies/s) y 9,1 m/s (30 pies/s). Es por esto que se decidió calcular las pérdidas de presión en las tuberías con una velocidad máxima del agua de 6,10 m/s (20 pies/s), que es el valor promedio de las dos velocidades permitidas.

La ecuación nos dará la pérdida de carga en metros o pies, los cuales deben ser convertidos a unidades de bar o psi para saber su equivalente en pérdida de presión. Para esto se deben utilizar las siguientes ecuaciones:

Para convertir de carga en m a presión en bar:

$$P = 0,0981 \times S \times SG \quad (3.3)$$

Para convertir de carga en ft a presión en psi:

$$P = 0,433 \times S \times SG \quad (3.4)$$

Donde S es la pérdida de carga en m o pies y SG es la gravedad específica del fluido, en este caso 1, por ser agua fresca.

Para convertir esta pérdida de presión en términos de caudal, se debe utilizar las siguientes ecuaciones, presentes en el Artículo 11.3.2 de la Norma.

Para unidades del SI:

$$P = 6,05 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} d^{4,87}} \times 10^5 \quad (3.5)$$

Para unidades imperiales de los Estados Unidos:

$$P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} d^{4,87}} \quad (3.6)$$

Donde:

P = resistencia por fricción (bar/m de tubería o psi/pies de tubería)

Q = caudal (l/min o gpm)

d = diámetro interno de la tubería (mm o pies)

C = coeficiente de fricción.

Cálculo mediante software

Sin embargo, puesto que el sistema de supresión se diseñó en anillo, su cálculo sería muy complejo para realizarlo manualmente, por lo que se decidió realizarlo por medio del software de simulación THE Sprinkler Program para agilizar el proceso. Además, es mucho más preciso y permite dimensionar las tuberías inmediatamente, facilitando la selección de los diámetros que minimicen las pérdidas en el sistema.

De igual manera, este entrega los resultados de caudal y presión requeridos en la instalación, a partir de los cuales se debe seleccionar la bomba que mejor se ajuste a la demanda.

El software trabaja únicamente con las unidades imperiales para los Estados Unidos, por lo que todos los datos se deben convertir a este sistema para ser ingresados.

El primer paso para realizar el cálculo por medio del software, es establecer un sistema de nodos en las tuberías, con un nodo inicial y otro final.

Se debe colocar un nodo cuando:

- a. Hay un cambio de diámetro de la tubería.
- b. Hay un cambio de material de tubería.
- c. Hay un cambio de dirección en la tubería; es decir, cuando hay un accesorio que alimenta una tubería con boquillas, por ejemplo, una unión en T.
- d. En cada boquilla.

Una vez establecidos los nodos, se deben introducir otros datos al programa, estos son:

- a. La longitud entre el nodo de inicio y el nodo final.
- b. El diámetro de la tubería.
- c. Tipo de tubería.
- d. Accesorios entre los nodos (se cuentan todos menos el accesorio ubicado en el nodo final).
- e. El valor del coeficiente C.
- f. La altura del nodo con respecto a una referencia establecida por el usuario.
- g. El factor K de la boquilla.
- h. El área de cobertura de la boquilla.
- i. Caudal de mangueras (si es requerido por la norma).

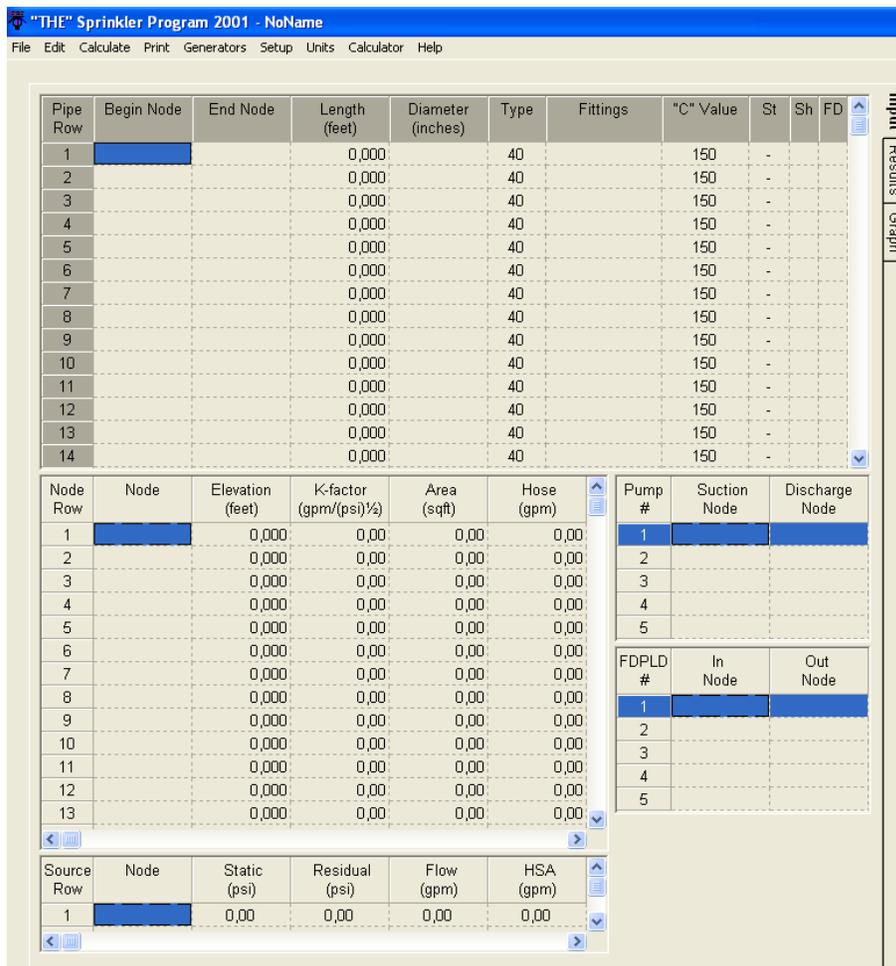


Figura 3.2. Interfaz del software de cálculo hidráulico THE Sprinkler Program.

Fuente: THE Sprinkler Program.

En la sección inferior se solicitan los datos de presión estática y residual, así como el caudal requerido, estos datos se utilizan para dimensionar la bomba.

Donde la presión estática es la que existe en el sistema de tuberías cuando el agua no está fluyendo; es la fuerza o peso de un fluido perpendicular a una superficie, creada por un líquido confinado en reposo. Puede desarrollarse a través de la diferencia de elevación entre dos puntos de un líquido confinado, o puede ser creada artificialmente por tanques a presión o por diferentes tipos de bombas mecánicas. Esta representa la energía potencial del agua esperando a ser liberada (FEMA, 2008).

Mientras que la presión residual, o presión dinámica, es la presión en un punto dado de una tubería con un volumen específico de agua que fluye a través de ella. Esta representa la energía cinética generada por la liberación de la energía potencial del fluido confinado (FEMA, 2008).

La presión residual siempre tendrá un valor inferior a la presión estática, producto de la pérdida de energía cinética por fricción en la tubería.

Por lo tanto, la presión residual se puede definir como la resta entre la presión estática y las pérdidas por fricción en la tubería (DJ Gongol & Associates, Inc, 2005).

El software genera una gráfica que permite apreciar si la bomba seleccionada cumple con las necesidades del sistema, presente en la sección 3.8 del documento.

Una vez introducidos los datos, se realiza el cálculo de la demanda del sistema, en esta opción se solicita la densidad del agua entregada por cada boquilla y presión mínima de trabajo de estas.

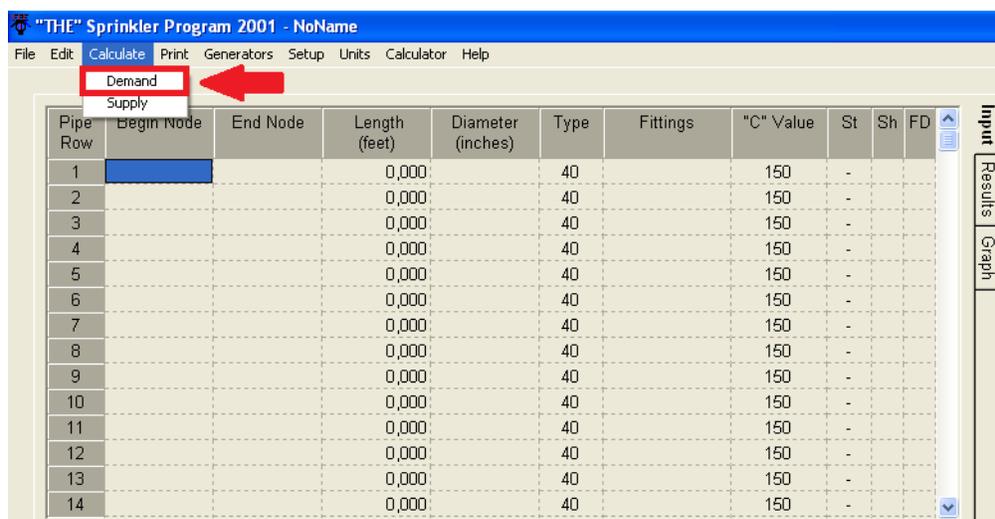


Figura 3.3. Pestaña para realizar el cálculo por demanda en el software de cálculo hidráulico.

Fuente: *THE Sprinkler Program*.

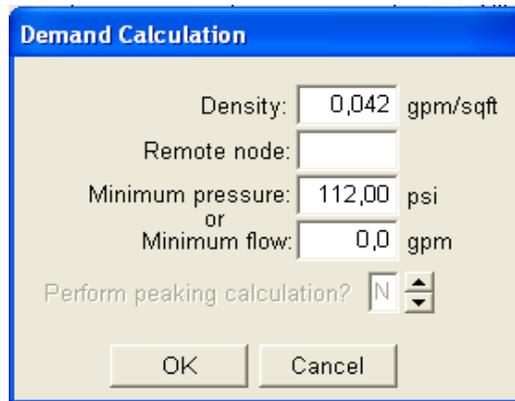


Figura 3.4. Datos de densidad y presión mínima de las boquillas, requeridos para realizar el cálculo.

Fuente: THE Sprinkler Program.

La densidad se tomó de la información técnica y se realizó la siguiente conversión para obtener las unidades de gpm/pie² necesarias para el cálculo:

$$\frac{1 \text{ gal/min}}{\text{pie}^2} \times \frac{3,785 \text{ l}}{1 \text{ gal}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} \times \frac{(3,28 \text{ pie})^3}{1 \text{ m}^3} \times \frac{304,8 \text{ mm}}{1 \text{ pie}} = 40,71 \text{ mm/min}$$

$$1,7 \text{ mm/min} \times \frac{1 \text{ gpm/pie}^2}{40,71 \text{ mm/min}} = 0,0417 \text{ gpm/pie}^2$$

Una vez realizado el cálculo, se verifica que las velocidades del flujo de agua no superen el valor establecido, en este caso se eligió que no sobrepase los 20 pies/s, como se especificó anteriormente.

Si algunos tramos de tubería sobrepasan dicha velocidad, se modifica el valor inicial del diámetro de la tubería hasta que la velocidad se encuentre dentro de lo aceptable para el sistema.

Ya que se desconoce el punto crítico del sistema, se decidió realizar el cálculo en los pisos 1, 3 y 7, de modo que se obtengan resultados confiables del caudal y la presión para el sistema.

El piso 1, ya que contiene la mayor cantidad de boquillas instaladas, y, por lo tanto, la mayor demanda de caudal; el 3, que es el siguiente piso con mayor demanda,

que, además, se utilizará para determinar el diámetro de la tubería de alimentación para los niveles intermedios; y el 7, puesto que es el último piso de la edificación, por lo que se debe corroborar que la bomba trabaje a una presión suficiente para suplir la presión mínima de trabajo de las boquillas instaladas en este nivel.

En el Anexo E se puede apreciar un ejemplo de los datos introducidos al software y los resultados obtenidos.

Gracias a este cálculo es posible corregir los caudales requeridos para los pisos, se aprecia que hay un aumento en cada uno en comparación con los flujos calculados inicialmente, debido a las pérdidas en las tuberías:

Tabla 3.5. Caudal requerido por el sistema de agua nebulizada para los pisos 1, 3 y 7, corregido por el software THE Sprinkler Program.

Piso	Caudal inicial (gpm)	Caudal requerido (gpm)
1	624,72	665,57
3	341,13	352,23
7	312,36	325,17

Nota: El software de cálculo hidráulico entrega sus resultados en el sistema imperial de los Estados Unidos, para convertir estos valores al SI se debe multiplicar los caudales por 3,785.

3.7. Dimensionamiento de las tuberías

Basándose en los resultados obtenidos por el cálculo hidráulico por medio del software THE Sprinkler Program para los pisos 1, 3 y 7, se obtuvieron las dimensiones óptimas para las tuberías del sistema en esos pisos.

Para determinar los diámetros de los tramos de tubería en los niveles faltantes, es aceptable realizar un método de comparación, en el cual, se examina la cantidad y distribución de las boquillas instaladas en cada segmento y se compara con tramos de características similares de los niveles analizados por medio del software. De este modo, es posible deducir las dimensiones aceptables que cumplan con sus requerimientos de caudal y presión, donde la tubería debe ser de igual o mayor diámetro que aquella con la que fue comparada.

Tabla 3.6. Diámetros de tuberías del sistema de supresión de incendios de agua nebulizada.

Tubería	Diámetro (mm)
Alimentador del primer piso	100
Alimentador del anillo al costado oeste del primer piso	76
Anillo costado oeste del primer piso	38
Ramales del anillo al costado oeste del primer piso	13
Alimentador del anillo al costado este del primer piso	76
Anillo costado este del primer piso	50
Ramales del anillo al costado este del primer piso	19
Alimentador de los pisos 2, 3, 4, 5, 6 y 7	76
Anillo de los pisos 2, 3, 4, 5, 6 y 7	50
Ramales de los anillos de los pisos 2, 3, 4, 5, 6 y 7	19

3.8. Selección de la bomba

Para la selección de la bomba se debe tomar el mayor caudal y presión requeridos por el sistema.

Del análisis por medio de software se obtuvieron las siguientes exigencias de presión.

Tabla 3.7. Presión requerida para el suministro de agua en los pisos 1, 3 y 7.

Piso	Presión requerida (psi)
1	183,02
3	152,23
7	152,59

Nota: Para convertir de psi a bar se debe multiplicar el valor de la presión por 0,0689476.

Así, de las Tablas 3.5 y 3.7, se desprende que el sistema necesitará 665,57 gpm (2 519,18 lpm) a una presión de 183,02 psi (12,62 bar) para funcionar correctamente.

Ahora, para averiguar las características del sistema de suministro de agua capaces de suplir con esta demanda se deben introducir al software los datos de caudal, presión estática y presión residual.

Tabla 3.8. Datos para el cálculo mediante software de la fuente de suministro de agua para el sistema de agua nebulizada.

Piso	Caudal (gpm)	Presión estática (psi)	Presión residual (psi)
1	670	195	190

Con estos datos se genera una gráfica de presión contra caudal que presenta las curvas de demanda y suministro de agua, si la curva de la fuente de suministro queda por encima de la demanda, se da por entendido que el sistema de suministro de agua es apto para el sistema.

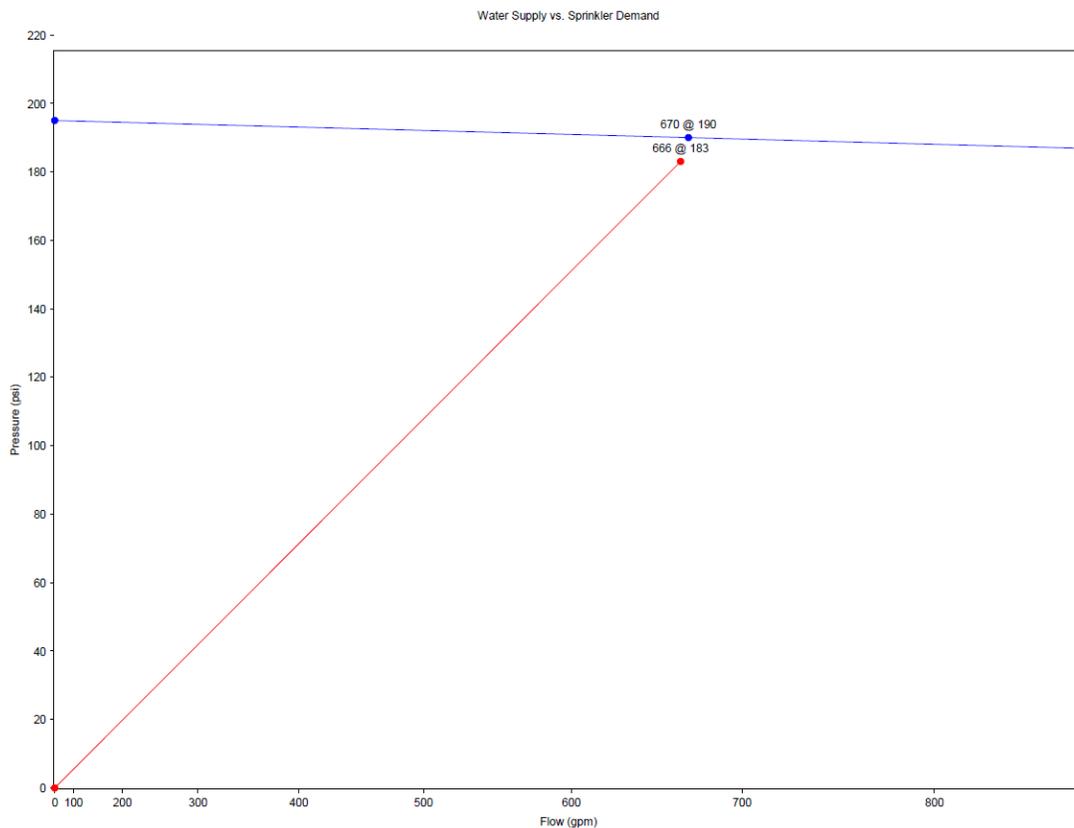


Figura 3.5. Gráfica de presión contra caudal para determinar las características de la bomba de suministro de agua.

Fuente: *THE Sprinkler Program*.

Como se observa en la Figura 3.5, la curva de la fuente de suministro de agua (azul) está por encima de la curva de la demanda del sistema (roja), por lo que los parámetros para seleccionar la bomba serán de 670 gpm (2 535,95 l/min) a una presión de 190 psi (13,1 bar), especificados en la Tabla 3.8.

Para la selección de la bomba se propone adquirirla de la casa fabricante A-C Fire Pump – Xylem Applied Water Systems, que se especializa en venta de bombas para protección contra incendios y sus componentes.

La selección de las bombas para sistemas de supresión de incendios es muy sencilla, ya que estas son equipos que deben ser probados y aprobados por diferentes instituciones para su uso en las instalaciones; así que simplemente se selecciona de una tabla con los parámetros de caudal y presión.

La bomba puede ser energizada por medio de un motor eléctrico o un motor diésel de combustión interna y ser vertical u horizontal.

Dado que el depósito de agua propuesto va a ser un tanque asentado en la superficie, la bomba trabajará con succión positiva, por lo que una bomba centrífuga horizontal será la opción idónea para este tipo de configuración, como se indica en el Artículo 3.7.2.b del Manual de Disposiciones Técnicas, Edición de 2013, del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica.

Para garantizar la autonomía del sistema de supresión de incendios, se propone la adquisición de una bomba impulsada por un motor diésel, de modo que el sistema esté separado de la red eléctrica y permita su operación continua ante cualquier eventualidad de corte eléctrico. Con base en las características propuestas para la bomba centrífuga, se indagaron las opciones presentadas por el fabricante A-C Pumps

En la tabla de selección proporcionada, presente en Anexo C, el parámetro de galones por minuto salta de 500 a 750, por lo que se debe seleccionar una bomba centrífuga de 750 gpm (2 838,75 l/min) a 190 psi; así, el modelo seleccionado es el 8200 8x6x18F para una velocidad de 1785 rpm, impulsada por motor diésel de 150 hp, aprobada y listada por Factory Mutual.



Figura 3.6. Bomba centrífuga Modelo 8200, de A-C Pumps.

Fuente: <http://acfirepump.com/split-case-fire-pumps/8200-series-fire-pump/#0>

Además de la bomba principal se debe adquirir una bomba jockey, que es una bomba auxiliar diseñada para mantener la presión en la red contra incendio.

La Norma NFPA 20, Edición de 2016, expone en el Artículo 4.26.2.1, los criterios de selección de la bomba jockey. Se indica que se debe seleccionar una bomba que compense la tasa de fugas permisibles en 10 minutos o 1 gpm (3,8 l/min), lo que sea mayor. Sin embargo, definir la tasa de fugas es una tarea muy compleja y en algunos casos no se cuenta con las herramientas para determinarla; por lo que las casas fabricantes de las bombas contra incendio utilizan una “regla de dedo” general para su selección.

Por ejemplo, una regla general aceptable es la del fabricante de bombas, Armstrong Pumps, que recomienda dimensionar la bomba jockey a un caudal de un 1% más que el flujo de la bomba principal contra incendios; y en cuanto a la presión, recomienda que sea 10 psi (0,7 bar) superior a la presión de diseño del sistema de supresión de incendios. Siguiendo esta regla general, se debe seleccionar una bomba jockey de 7,5 gpm (28,39 l/min) a 200 psi (13,79 bar).

Para la adquisición de esta bomba se propone la compra de una bomba vertical multietapa de acero inoxidable impulsada por un motor eléctrico de 60 Hz, de Fairbanks Nijhuis, de la casa fabricante Pentair. Del catálogo de bombas de Fairbanks

Nijhuis, se seleccionó el siguiente modelo: PVM(X)1 - 17 con motor trifásico de 2 hp, voltaje de 208-230V/460V. El proceso de selección se puede consultar en el Anexo D.



Figura 3.7. Bomba vertical multietapa Modelo PVM(X), de Fairbanks Nijhuis.

Fuente: http://files.pentairliterature.com/Fairbanks_Morse/FM-02-1545.pdf

3.9. Cuarto de máquinas

La instalación de la bomba debe ser en un cuarto de máquinas que cumpla con las características y requerimientos adecuados para su funcionamiento, inspección y mantenimiento.

Las dimensiones de esta no están normalizadas, sino que se definen de modo que haya bastante espacio para realizar las actividades de mantenimiento, por lo general se busca que haya un espaciamiento de entre 80 cm a 1 m entre la bomba y el resto de los componentes.

Dentro de los componentes que debe tener la casa de máquinas está el depósito de combustible para la bomba, según el Artículo 11.4.1.3.1 de la Norma NFPA 20, Edición de 2016, este depósito debe tener una capacidad de igual o mayor a 1 gal por hp (5,07 l por kW), además de 5% de volumen para expansión y otro 5% de volumen de sumidero. Así, el depósito tendrá un volumen de:

$$V_{\text{depósito}} = 1 \times 150 + 150 \times 5\% + 150 \times 5\% = 165 \text{ gal} = 0,63 \text{ m}^3$$

Además, según el Artículo 11.4.3.1 de la misma norma, el tanque de diésel debe estar ubicado en la superficie, en conformidad con ordenanzas municipales y de acuerdo con requerimientos de la autoridad competente.

Para la instalación del tanque de combustible se deben acatar las disposiciones establecidas en el Reglamento para la Regulación del Sistema de Almacenamiento y Comercialización de Hidrocarburos, del Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica; específicamente en el Capítulo XII, Requisitos Específicos para las Instalaciones de Tanques de Almacenamiento de Combustible Industrial (Autoconsumo).

El arreglo del sistema de suministro de agua debe contar con tuberías de succión, alivio de presión, descarga y tubería para los cabezales de prueba para realizar las pruebas de desempeño anuales. Todos los diámetros de dichas tuberías han sido normalizados en la Tabla 4.27(a) de la Norma NFPA 20, Edición de 2016, donde también indica el número y tamaño de los cabezales.

Así, para un suministro de 750 gpm se tendrá lo siguiente:

Tabla 3.9. Resumen de información sobre la bomba centrífuga contra incendio.

Clasificación de la bomba (gpm)	Tamaño mínimo de tuberías					
	Succión (mm)	Descarga (mm)	Válvula de alivio (mm)	Descarga de válvula de alivio (mm)	Cantidad y tamaño de los cabezales de prueba	Suministro de los cabezales de prueba (mm)
750	150	150	100	150	3 – 65 mm	150

Fuente: NFPA 20 (2016).

Se debe incluir también una tubería de drenaje para la tubería principal de descarga, para el dimensionamiento de esta se acudió a la Tabla 8.16.2.4.2 de la Norma NFPA 13, edición de 2007. De este modo se obtuvo que la tubería debe tener un diámetro de 50 mm (2 pulg).

Del mismo modo, se debe instalar una conexión con al menos dos accesorios giratorios de rosca interna (siamesa) para el cuerpo de bomberos. La Norma NFPA 14,

Edición de 2010, indica en su Artículo 7.12.3, que se debe incluir una entrada de 65 mm (2½ pulg) por cada 946 l/min (250 gpm); por lo que para el suministro actual se contar con una siamesa de tres entradas, alimentadas por una tubería de 150 mm.

Por último, la casa de máquinas debe estar protegida contra el fuego, para esto, la Tabla 4.13.1.1.2 de la Norma NFPA 20, Edición de 2016, presenta las siguientes consideraciones:

Tabla 3.10. Protección del equipamiento.

Cuarto/ cabina de la bomba	Edificios que exponen cuarto/cabina de la bomba	Separación requerida
Sin rociadores	Sin rociadores	
Sin rociadores	Con rociadores	Clasificación ignífuga de 2 horas o 50 pies (15,3 m)
Con rociadores	Sin rociadores	
Con rociadores	Con rociadores	1 hora de clasificación ignífuga o 50 pies (15,3 m)

Fuente: NFPA 20 (2016).

En el cuarto de máquinas propuesto en el proyecto se cuenta con protección de rociadores y está dentro de los 15,3 m de separación, por lo que se debe proteger con paredes corta fuego con 1 hora de clasificación ignífuga.

Se colocarán dos rociadores automáticos tipo upright K5,6, temperatura de activación rápida, de la casa fabricante Tyco Corporation, que cubren con toda el área del compartimento, la tubería de alimentación para estos sale de la tubería de descarga de la bomba, cuyo diámetro se toma de la Tabla 22.5.3.4 de la Norma NFPA 13, Edición de 2007, que indica que, para dos rociadores, su tubería de alimentación debe ser de 25 mm (1 pulg).

3.10. Válvulas

Cada piso se activará y funcionará individualmente, por lo que en la entrada del sistema de tuberías de cada nivel se colocó una válvula de control que habilitará la alimentación de agua en caso de que se active el sistema de alarma. La válvula debe ser de acero inoxidable para evitar la corrosión; además, debe ser listada y aprobada para su uso en los sistemas de agua nebulizada.

Por este motivo se eligió la válvula de control Modelo C-EL de la marca VID Fire-Kill, operada eléctricamente y aprobada por Factory Mutual para su uso en el sistema de agua nebulizada; y, además, aprobada para ser utilizada en conjunto con las boquillas seleccionadas, lo que garantiza que su funcionamiento será óptimo en el momento de operación del sistema. Su ficha técnica puede ser revisada en el Anexo A.



Figura 3.8. Válvula de control operada eléctricamente Modelo C-EL, de la marca VID Fire-Kill.

Fuente: <http://vidaps.dk/wp-content/uploads/DS-140814-01-05-C-EL.pdf>

El primer piso se dividió en dos anillos independientes, por lo que requerirá de dos válvulas de control de 76 mm (3 pulg) cada una; del mismo modo, se requerirá una válvula del mismo diámetro en cada uno de los siguientes niveles de la edificación.

3.11. Tanque de almacenamiento

Para determinar la cantidad de agua necesaria para el funcionamiento efectivo del sistema de supresión de incendios por agua nebulizada, se debe tomar el caudal por piso calculado y multiplicarlo por el tiempo de funcionamiento del sistema.

Tanto el Manual de Disposiciones Técnicas, Edición de 2013, del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, en su Artículo 3.7.2.c, como la Norma, en el Artículo 12.3.1, especifican que todos los sistemas deben trabajar por una duración mínima de 30 min. Sin embargo, en el manual de diseño, instalación, operación y mantenimiento facilitado por el fabricante de las boquillas para sus sistemas de agua nebulizada, se especifica un tiempo de operación de 83 min desde el momento de activación, por lo que se procedió a diseñar con las indicaciones del fabricante.

El tanque de reserva debe suministrar agua para la mayor demanda por piso. Puesto que la bomba seleccionada a partir del caudal y la presión obtenidas por medio del software es de 2838,75 lpm, al multiplicar este valor por 83 min se tiene como resultado un volumen mínimo de 235 616, 25 l (236 m³).

El manual del fabricante requiere que el tanque de almacenamiento se encuentra en concordancia con la Norma NFPA 22, Estándar para Tanques de Agua para Protección contra Incendios, y que además cumpla con las siguientes especificaciones:

- a. Que sea sellado y protegido de la luz del Sol.
- b. Que sea construido con materiales resistentes a la corrosión.
- c. Utilizar un sistema de control de volumen, que informe inmediatamente a la persona responsable sobre los niveles de agua del depósito.
- d. Tener una entrada con un filtro con una malla de no más de 1 mm.
- e. Estar conectado al sistema de bombeo con una tubería de materiales no corrosivos y en un tamaño suficiente para transportar la cantidad de agua necesaria del depósito.

- f. Tener una salida de agua a una distancia mínima de la parte inferior del depósito de 0,3 m para limpiar las impurezas y cuerpos extraños en el sistema de bombeo.
- g. Estar completamente limpio antes de que el agua sea bombeada al depósito.

Como propuesta para el proyecto se recomienda que, en vez de construir un tanque enterrado, se realice la instalación de un tanque atornillado en la superficie. Se propone la compra de un tanque de la marca Superior Tank Company Inc., los cuales cumplen con varios requisitos estándares y de certificación, como los son los estándares AWWA (American Water Works Association), para agua potable; certificación NFPA 22 y FM (Factory Mutual), de almacenamiento de agua para protección contra incendios; e ISO 9001:2008, para aseguramiento de calidad en los materiales y procesos.

En la Figura B.1, ubicada en el Anexo B, se puede apreciar que el tanque cumple con los requerimientos de la Norma NFPA 22, así como de los fabricantes de las boquillas, necesarios para la aplicación deseada; además, se propone la compra de un sensor de nivel por boya de acero inoxidable, también vendido por Superior Tank Company Inc.

Para la selección del tanque, se acudió a la ficha de capacidades y dimensiones de tanques disponibles en la empresa, presente en la Figura B.2 del Anexo B.

Se propone la adquisición de un tanque de 7,353 m de altura y 6,567 m de diámetro, con una capacidad para 249 m³, más que suficiente para los requerimientos de caudal para la aplicación (que es de 236 m³).

De modo ilustrativo y para tener un mejor entendimiento sobre cómo se verá el tanque instalado, se presenta la siguiente imagen de un tanque atornillado, tomada de la página web de la empresa.



Figura 3.9. Ejemplo de tanque atornillado instalado de Superior Tank Company Inc.

Fuente: https://superiortank.com/downloads/STCI_Brochure_Spanish.pdf

3.12. Calidad del agua

La Norma establece, en su Artículo 12.5.1.1, que el suministro de agua para un sistema de agua nebulizada debe ser tomado de una fuente que sea equivalente en la calidad a una fuente de agua potable con respecto a las partículas y sólidos disueltos o de una fuente natural de agua de mar.

En el manual del fabricante, se especifica que el agua utilizada debe ser agua dulce limpia y potable, libre de impurezas, sales y cloruros, que podrían causar obstrucción de los filtros y las boquillas o corrosión en los componentes del sistema. El agua no debe contener cuerpos extraños de un diámetro mayor a 1000 μm .

3.12.1. Filtrado del agua

Se deben colocar filtros de alta capacidad entre la fuente del agua y el sistema. Para esto se propone la adquisición del filtro Modelo F-DN80 de la casa fabricante VID Fire-Kill, que puede ser adquirido con una característica única de alarma visual o electrónica para cuando sea momento de limpiarlo/enjuagarlo.



Figura 3.10. Filtro de alta capacidad Modelo F-DN80, de la marca VID Fire-Kill.

Fuente: <http://vidaps.dk/wp-content/uploads/DS-161003-01-03-F-strainers.pdf>

Se realizó un arreglo de tuberías paralelas de 76 mm de diámetro cada una, en la tubería de descarga de la bomba en la casa de máquinas; esto debido a que el máximo diámetro comercial de los filtros es de 76 mm; y, además, están limitados para un flujo de 2000 l/min (528,4 gpm), por lo que se debe instalar dos filtros, uno en cada tubería, ya que uno solo no sería suficiente para el caudal de 2 838,75 l/min (750 gpm) entregado por la bomba.

Capítulo 4.

4. Sistema de alarma y detección contra incendios

Para la adecuada activación y funcionamiento del sistema de supresión de incendios, se debe integrar un sistema de alarma y detección que permita su monitoreo y control.

En el presente proyecto, se utilizó un diseño existente realizado por la empresa EAC y Asociados, en el cual se tomaban en cuenta dispositivos de control y monitoreo de los sistemas de supresión de incendios con gabinetes. Este mismo sistema será ahora adaptado para el sistema de supresión de agua nebulizada en el edificio de procesos, al cual se le agregaron componentes para automatizar la activación del sistema de supresión en cada piso de la edificación.

El sistema debe ser totalmente electrónico, supervisado y convencional para todo el edificio e incluir lo siguiente:

- a. Panel de control principal de alarma de incendio (PC).
- b. Dispositivos de detección, iniciación e indicación de alarmas.
- c. Estaciones manuales y luces estroboscópicas sincronizables.
- d. Monitoreo de red hidráulica contra incendio y casa de bombas.

El diseño original del sistema de detección y alarma de incendios consta únicamente de estaciones manuales para la activación de las alarmas y luces estroboscópicas de emergencia para la posterior evacuación del edificio. Lo que se realizó para el proyecto actual, fue agregar módulos de control inteligentes con relé para cada una de las válvulas de control activadas eléctricamente en cada piso; y otro módulo en la casa de máquinas, que será el encargado de activar la bomba en el momento en que se acciona una estación manual.

Como cada piso trabaja independientemente de los demás, al momento de activar una estación manual, se enviará una señal que activará la bomba y abrirá la válvula de control para el piso respectivo.

Además, cada módulo de control con relé requiere de una señal de 24 V para su activación, que debe ser suplida por una batería auxiliar, ya que el panel de control principal no es capaz de enviar dicha señal.

Según Armijo (2016), los dispositivos de control de la bomba contra incendio y la bomba jockey, ubicados en la casa de máquinas, deberán cumplir con lo siguiente:

El tablero de control de la bomba principal poseerá la certificación del fabricante, de que cumple con las normas de UL/FM para servicios de protección contra incendios. Se ubicará cerca y a la vista del motor que controlará. Las partes del panel que serán energizadas estarán a 30 cm, por encima del nivel del piso como mínimo. La acometida de potencia del tablero estará constituida por cables TH o THW en número AWG ajustado al consumo de corriente de este. Estos cables se canalizarán en tubería metálica rígida. Toda la instalación eléctrica se hará en consecuencia a lo establecido por la norma NFPA 70, National Electric Code, en su sección referente a las bombas contra incendio.

Todos los interruptores para controlar el motor, operarán internamente, teniendo un panel de vidrio rompible para su acceso. El diagrama de conexiones del tablero se fijará permanentemente en el interior del gabinete. La numeración del mismo corresponderá con la suministrada en los terminales. Los componentes serán identificados y marcados para que correspondan al diagrama integrado. Los tableros tendrán los siguientes componentes (no limitante):

- a. Gabinete NEMA 2, UL/FM
- b. Control del Microprocesador (almacena 1024 mensajes).
- c. Transductor de presión (máx. 600 psi).
- d. Display de tipo LCD.
- e. Cargador de baterías.
- f. Leds de alarma.
- g. Modo automático/manual.
- h. Alarma de falla en el arranque.

- i. Alarma de baja presión en el aceite.
- j. Alarma de sobrevelocidad en el motor.
- k. Indicador de motor en marcha.
- l. Alarma de fallo en las baterías.
- m. Alarma de bajo nivel de combustible.
- n. Alarma de alta temperatura en el motor.
- o. Protección sobre-voltaje.

El controlador tendrá facilidades de arranque manual y automático. El circuito de control tendrá un interruptor actuado por presión con posibilidades de calibrar los puntos de alta y baja separadamente, para los efectos de arranque automático por caída de presión. El controlador tendrá su línea de sensado de presión individual. La línea sensora de presión se conectará entre la válvula de retención (a la descarga de la bomba) y la válvula de corte en la descarga. Podrá ser de 12 mm de diámetro y de un material que no se corroa como el bronce, cobre o acero inoxidable serie 300. Con una placa de orificio de 2,38 mm (3/32 de pulg). El control se conectará para parada manual, debido a que la bomba constituye la única fuente de suministro de agua. El probador automático semanal permitirá que el equipo se pruebe semanalmente por un período de al menos 30 minutos programado en forma automática.

El controlador a suministrar será marca Cutler Hammer modelo FD100-12L-N-A-L1-F para el motor diésel.

El control de la bomba jockey (ver capacidades y características en detalle de planos), tendrá los siguientes accesorios mínimos:

- a. Medios de desconexión.
- b. Breaker.
- c. Arrancador magnético.
- d. Indicador visual de arrancado.
- e. Botón de posición automático-manual.

f. Presostato tipo Mercoid o similar con control de alta y baja presión independientes.

g. Gabinete clase NEMA 2.

El controlador a suministrar será marca Cutler Hammer modelo FDJP.

Capítulo 5.

5. Mantenimiento y cuidados

Como todo sistema existente, a este debe dársele mantenimientos periódicos para garantizar la disponibilidad y confiabilidad del mismo en el momento de su activación. Para esto se tomaron las recomendaciones presentadas por el fabricante en su Manual de Diseño, Instalación, Operación y Mantenimiento; y las disposiciones presentadas por la Norma NFPA 25, Edición de 2008.

Siguiendo sus lineamientos se presentan las siguientes guías básicas de inspección, prueba y mantenimiento para los diferentes componentes del sistema. Para profundizar sobre los procedimientos a realizar, se debe consultar la normativa y las indicaciones del fabricante.

Tabla 5.1. Guía de inspección, prueba y mantenimiento del sistema de bombas contra incendio.

Actividad	Inspección visual	Revisión	Cambio	Prueba	Frecuencia
Equipo de bombas					
Lubricar cojinetes			x		Anual
Verificar exactitud de indicadores de presión y detectores		x	x		Anual
Revisar alineación de acoples		x			Anual
Transmisión mecánica					
Lubricar acoples			x		Anual
Sistema eléctrico					
Disparar el cortacircuitos				x	Anual
Inspeccionar y accionar los medios manuales de arranque	x			x	Anual
Ajustar las conexiones eléctricas		x			Anual
Calibrar la graduación del interruptor automático de presión		x			Anual
Cuarto de máquinas					
Cuarto de máquinas, rejilla de ventilación	x				Semanal

Fuente: NFPA 25 (2008).

Tabla 5.2. Guía de inspección, prueba y mantenimiento del motor diésel del sistema de bombas contra incendio.

	Inspección visual	Revisión	Cambio	Limpieza	Prueba	Frecuencia
Operación sin flujo durante 30 min					x	Semanal
Combustible						
Nivel del tanque	x	x				Semanal
Mangueras y conexiones flexibles	x					Semanal
Orificios en el tanque		x			x	Anual
Tuberías	x					Anual
Sistema de lubricación						
Nivel de aceite	x	x				Semanal
Cambio de aceite del motor y filtros de aceite			x			Anualmente o cada 50 horas
Tubo de ventilación del cárter	x		x	x		Trimestral
Sistema de enfriamiento						
Nivel	x	x				Semanal
Bomba de agua	x					Semanal
Mangueras y conexiones flexibles	x	x				Semanal
Filtro de agua				x		Trimestral
Sistema de escape						
Filtraciones	x	x				Semanal
Suspensores y soportes	x					Anual
Sección flexible del escape	x					Semi-anual
Sistema de baterías						
Nivel de electrolitos		x				Semanal
Terminales limpios y ajustados	x	x				Trimestral
Gravedad específica o estado de carga					x	Mensual
Cargador y régimen de carga	x					Mensual
Sistema eléctrico						
Inspección general	x					Semanal
Apretar conexiones de cables de control y energía		x				Anual
Operación de seguridades y alarmas		x				Semi-anual
Cortacircuitos o fusibles	x	x				Mensual

Fuente: NFPA 25 (2008).

Tabla 5.3. Guía de inspección, prueba y mantenimiento del tanque de almacenamiento.

Ítem	Actividad	Frecuencia
Nivel del agua	Inspección visual	Mensual
Exterior del tanque	Inspección visual	Trimestral
Interior del tanque	Inspección visual	5 años
Indicador de nivel	Prueba	5 años
Estructura de soporte	Inspección visual	Trimestral
Desagüe del sedimento	Retirar los sedimentos del desagüe	Semi-anual
Agua del tanque	Drenaje y rellenado	Anual

Fuente: NFPA 25 (2008) y VID Fire-Kill ApS. (2015).

Tabla 5.4. Guía de inspección, prueba y mantenimiento de las válvulas para el sistema de supresión de incendios de agua nebulizada.

Componente	Actividad	Frecuencia
Válvulas de control	Inspección visual	Mensual
	Prueba de posición/operación	Anual
	Supervisión de interruptores de posición	Semi-anual
	Mantenimiento	Anual

Fuente: NFPA 25 (2008).

Tabla 5.5. Guía de inspección, prueba y mantenimiento del sistema de supresión de incendios de agua nebulizada.

Componente	Actividad	Procedimiento	Frecuencia
Sistema	Prueba y lavado	El sistema húmedo deberá probarse a 2,8 bar por 24 horas. Cualquier fuga que resulte en una pérdida de 0,1 bar o más debe ser reparada.	Anual
		El sistema húmedo deberá ser lavado. Después, las tuberías y los filtros deben ser vaciados y limpiados.	
		Una muestra representativa de boquillas deberá ser inspeccionada (por ejemplo, 10% de las boquillas de las zonas activadas). Si algunos de los filtros de las boquillas se han atascado o contaminado, las boquillas de la respectiva zona de activación deberán ser desmanteladas y los filtros limpiados.	
Filtros	Limpieza o reemplazo	Los filtros del sistema deben vaciarse y limpiarse, o reemplazarse de ser necesario.	Después de la operación del sistema
Filtros de las boquillas	Limpieza	Siguiendo el procedimiento recomendado por el fabricante. La mayoría de las veces, las boquillas pueden ser limpiadas y mantenidas sin necesidad de ser removidas, limitando así el daño accidental de estas.	Después de la operación del sistema
Tuberías y accesorios	Inspección visual	Desde el suelo, verificando que estén libres de daños mecánicos, corrosión, filtraciones y desalineación.	Anual

Fuente: VID Fire-Kill ApS. (2015).

Capítulo 6.

6. Comparación del sistema de supresión con agua nebulizada con el sistema de supresión con gabinetes

6.1. Descripción del sistema de supresión de gabinetes

El sistema realizado previamente por la empresa EAC y Asociados, consiste en el diseño de un sistema Clase III para toda la edificación, ubicando un gabinete cerca de cada escalera del edificio, una al norte y otra al sur.

El diseño de los sistemas de gabinetes está regulado por la Norma NFPA 14, por lo que todos los artículos mencionados a continuación pertenecen a la Edición de 2010 de esta.

Según el Artículo 3.3.14.3, un sistema Clase III es aquel que provee estaciones de manguera de 38 mm (1½ pulg) para uso por personal entrenado y conexiones de manguera de 65 mm (2½ pulg) para suministrar un gran volumen de agua para uso por los bomberos.

Donde, de acuerdo con el Artículo 7.8.1, los gabinetes deben trabajar a una presión residual mínima de 6,9 bar (100 psi) en la salida de la conexión de manguera de 65 mm hidráulicamente más remota y 4,5 bar (65 psi) en la salida de la estación de manguera de 38 mm hidráulicamente más remota.

Además, se propusieron dos tuberías ascendentes de alimentación en el edificio, una en cada escalera, de modo que cada una alimenta a un gabinete. Por lo que según el Artículo 7.10.1.1.3, la tasa de flujo mínima para tuberías verticales adicionales debe ser de 946 l/min (250 gpm) para edificios que no excedan 7 432 m² por piso.

En concordancia con el Artículo 7.10.3.1, el flujo máximo para requerido desde una conexión de manguera de 65 mm debe ser de 946 l/min.

Así, puesto que el sistema consiste de dos tuberías verticales con un gabinete cada uno, se tiene que el caudal total a entregar en el edificio para la utilización de las mangueras en cada piso individual, es de 2 838,75 l/min (750 gpm).

Tomando este dato de caudal requerido para el funcionamiento del sistema, se puede calcular el tamaño mínimo que debería tener el tanque de almacenamiento, según el Artículo 9.2, el suministro de agua debe proveer la demanda por al menos 30 min, por lo que el tanque debería tener una capacidad de 85 162,5 l (85,17 m³).

Según el cálculo hidráulico realizado al sistema, se determinó que se requiere una presión de 10,07 bar (146,11 psi).

Para la alimentación de los gabinetes del primer piso, se especificaron tuberías enterradas de PVC C-900 de 100 mm de diámetro hasta quedar directamente debajo de estos; mientras que la tubería que sube a los gabinetes es en hierro negro ANSI/ASTM A53, también en 100 mm.

Para los demás pisos, se especificaron tuberías verticales de alimentación en hierro negro ANSI/ASTM A53 de 100 mm, mientras que la conexión de esta al gabinete es en 65 mm.

En cuanto a la bomba seleccionada, el sistema de gabinetes para el edificio de procesos del ingenio azucarero es parte de un sistema mayor, que abarca también un sistema de hidrantes privados para las instalaciones, por lo que la bomba para suplir la demanda de ambos fue de 3 875 l/min (1 000 gpm) a 10,34 bar (150 psi).

6.2. Tabla comparativa de ambos sistemas

Tomando en cuenta criterios de diseño, instalación, mantenimiento y operación de ambos sistemas, se realizó la siguiente tabla comparativa, de modo que sea más sencillo recalcar las diferencias entre cada uno.

Tabla 6.1. Tabla comparativa del sistema de supresión de incendios de agua nebulizada y el sistema de gabinetes.

Criterios de comparación	Gabinetes	Agua nebulizada
Criterio de diseño	2 gabinetes simultáneos	Inundación total
Protección del compartimento	Localizada	Total
Daño a los equipos protegidos	Sí	No
Boquillas	0	573
Gabinetes	14	0
Caudal de diseño	2838,75 lpm	2519,08 lpm
Presión requerida	10,07 bar (146,11 psi)	12,62 bar (183,02 psi)
Tiempo de operación del sistema	30 min	83 min
Tanque de almacenamiento requerido	85,17 m ³	209,06 m ³
Material de tuberías	PVC C-900 y Hierro negro ANSI/ASTM A53	Acero inoxidable 316L
Válvulas de control	No	Sí
Filtros	No	Sí
Mantenimiento	Bajo	Alto
Operación manual	Sí	No
Instalación	Puede ser instalado sin la necesidad de una capacitación	Por personal capacitado para la correcta instalación de las boquillas
Diámetro normal de los alimentadores	100 mm	100 mm (Primer piso)
		76 mm (Sigüientes pisos)
Diámetro normal de los ramales	65 mm	50 mm (Anillo)
		19 mm (Ramales del anillo)

Como se observa, ambos sistemas demandan un alto caudal para su funcionamiento, donde el caudal de diseño del sistema de agua nebulizada difiere del flujo del sistema de gabinetes por 319,67 lpm, lo que se podría interpretar como un ahorro; sin embargo, necesita de un tiempo de operación de 83 min, por lo que tendrá un consumo de agua mayor que el diseño por gabinetes; y, además, requiere de una presión mayor para alcanzar todos los niveles del edificio.

Otro punto a analizar es que el diseño del sistema de agua nebulizada utiliza más tuberías, accesorios y componentes que el sistema de gabinetes, por lo que requerirá de un mantenimiento mayor para conservar al sistema en condiciones óptimas para su funcionamiento.

En general, los diámetros de las tuberías del sistema de agua nebulizada son menores que los del sistema de gabinetes; no obstante, requiere de una cantidad mucho mayor de tuberías, que deben ser en su totalidad de acero inoxidable.

A pesar de todo, presenta la gran ventaja de ser un sistema de inundación total, que protege todo el volumen del compartimento sin necesidad de intervención de un operario y sin daño a los equipos instalados, lo que lo convierte en un sistema mucho más confiable desde el punto de vista de protección del riesgo.

Por el contrario, el sistema de gabinetes protege al compartimento de forma localizada y requiere de un miembro del personal del edificio para manipular y direccionar la manguera. Donde la gran cantidad de agua descargada sin duda extinguirá el fuego, pero dejará inutilizables los equipos expuestos a esta descarga.

6.3. Importancia de la protección contra el fuego del ingenio azucarero

La protección contra el fuego para salvaguardar la integridad estructural de los edificios y garantizar la seguridad de los ocupantes es de vital importancia y debe ser una prioridad en cualquier tipo de edificación.

En el caso de un edificio de procesos de un ingenio azucarero, el aspecto económico tiene un peso muy grande, ya que se trata de una actividad muy lucrativa con ganancias millonarias, cuyo corazón es la molienda y procesamiento de la caña de azúcar.

En época de cosecha de caña de azúcar, de diciembre a mayo en Costa Rica, los ingenios operan en jornadas de 24 horas para procesar la mayor cantidad de materia prima posible.

El Ingenio San Rafael (del diseño presente), ubicado en la zona de San Carlos, se encuentra en construcción en la actualidad y sus capacidades productivas no fueron facilitadas por la empresa; sin embargo, sí se tienen datos estimados de la producción de azúcar de otros ingenios asociados a la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA) de Costa Rica, de aquí se puede tener una idea de la producción prevista del ingenio, esta se representa por medio de bultos de 50 kg de azúcar cada uno.

Tabla 6.2. Producción diaria en bultos de 50 kg de azúcar de diferentes ingenios azucareros.

Ingenio	Producción diaria de bultos de 50 kg
CATSA	14 500
El Viejo	11 389
Palmar	5 556
Taboga	8 889

Cada bulto de azúcar se paga de acuerdo con las disposiciones tomadas por LAICA, según su grado de polarización (grado de refinamiento), donde el azúcar

blanco de plantación de 99,5° de polarización se paga a ₡15 136, 51; y el azúcar crudo de 96° de polarización a ₡14 531,05, como se muestra en la siguiente imagen.



AVISA

Que, de conformidad con lo que establecen los artículos 92, 99, 100, 101, 102, 103 y concordantes de la Ley Orgánica de la agricultura e Industria de la Caña de Azúcar de 02 de setiembre de 1998, han sido fijados por su Junta Directiva en la sesión ordinaria N° 514, celebrada el 20 de octubre de 2015, los siguientes precios por bulto de azúcar de 50 kilogramos y por kilogramo de azúcar de 96° de polarización, contenida en la caña entregada por los productores a los ingenios para la elaboración de azúcar en régimen de cuota y en régimen de excedentes de la zafra 2014-2015:

Valor/bulto de azúcar a pagar al ingenio en cuota:		Valor de azúcar en extracuota		
Tipo	Valor/bulto de 50 Kg.	Precio por bulto a pagar al ingenio	Porcentaje de participación del productor	Precio por kilogramo de azúcar de 96° de polarización
Blanco de plantación 99,5° de polarización	₡15.136,513975			
Crudo 96° de polarización	₡14.531,053416			
Precio final a pagar al productor independiente:		Valor de azúcar en extracuota		
INGENIO	Valor del /kilogramo de azúcar de 96° de polarización	Precio por bulto a pagar al ingenio	Porcentaje de participación del productor	Precio por kilogramo de azúcar de 96° de polarización
Atirro	₡182,3919463	0	0	0
Juan Viñas	₡182,4127741	₡9.355,28	56,94%	₡106,5391566
Costa Rica	₡182,4383661	₡9.668,79	58,02%	₡112,1954545
Porvenir	₡182,4855346	0	0	0
Providencia	₡183,0547600	0	0	0
Victoria	₡182,3554201	₡9.696,81	58,12%	₡112,7075772
Cutris	₡182,4098235	₡9.441,17	57,24%	₡108,0753615
Quebrada Azul	₡182,3952965	₡9.430,34	57,20%	₡107,8811423
Palmar	₡182,4175108	₡9.884,99	58,76%	₡116,1750181
CATSA	₡182,2367879	₡9.614,44	57,83%	₡111,2051769
Viejo	₡182,2973233	₡9.581,57	57,72%	₡110,6082036
Taboga	₡182,3387742	₡9.751,29	58,30%	₡113,7064536
El General	₡182,4287265	₡9.329,18	56,85%	₡106,0743808

NOTA: Con fundamento en el artículo 101 de la referida Ley, se recuerda a todos los ingenios que deberán pagar a los productores la liquidación final del azúcar de 96° de polarización contenida en la caña que les entregaron en régimen de cuota, a más tardar 8 (ocho) días después de la primera publicación de estos acuerdos en un diario de circulación nacional.

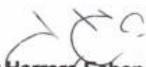

Edgar Herrera Echandi
 Director Ejecutivo

Figura 6.1. Liquidación de azúcar, cuota y extracuota.

Fuente: https://www.laica.co.cr/media/docs/liquidaciones/liquidacion_azucar_cuota_extracuota_14_15.pdf

Aunque los datos de producción diaria de bultos de azúcar no indican su grado de polarización, es evidente que reflejan una gran suma de dinero.

También se debe tomar en cuenta que, en el caso de un incendio y pérdida total del edificio, y de contar con un seguro, se recuperaría parte del capital invertido; sin embargo, sería necesaria una nueva inversión de millones de dólares para la reconstrucción del mismo y regreso a las operaciones normales de producción.

Estos datos revelan lo esencial de la instalación de un sistema de supresión de incendios que permita la rápida extinción del fuego y preferiblemente sin daño a los equipos y maquinaria instalada. Es en este aspecto, donde los propietarios de la empresa no deben escatimar en costos y presupuesto para seleccionar la mejor opción, ya que una incapacidad de producción llevaría a pérdidas millonarias con cada día de suspensión de los procesos.

Capítulo 7.

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1. Conclusiones

- a. Se clasificó el riesgo de la ocupación como un riesgo ordinario (grupo 2).
- b. Se seleccionaron las boquillas abiertas Firekill K6, aprobadas por Factory Mutual y diseñadas para sistemas de agua nebulizada de inundación total en espacios de maquinaria.
- c. Se determinó la distribución de las boquillas, basado en el espaciamiento máximo permitido por el fabricante.
- d. Se dimensionaron las tuberías para el sistema de supresión de incendios de agua nebulizada.
- e. Se seleccionó la bomba de A-C Pumps, de 750 gpm (2 838,75 l/min) a 190 psi (13,1 bar), modelo el 8200 8x6x18F para una velocidad de 1785 rpm e impulsada por motor diésel de 150 hp, que suple la demanda de caudal del sistema.
- f. Se integró un sistema de detección y alarma para el control y monitoreo del sistema de supresión de incendios de agua nebulizada.
- g. Se elaboraron los planos del diseño del sistema de supresión de incendios de agua nebulizada.
- h. Se elaboró un cuadro comparativo que recalca las diferencias entre el sistema de supresión de incendios de agua nebulizada y el sistema convencional con gabinetes para el edificio de varios niveles del ingenio azucarero.
- i. El sistema de supresión de incendios de agua nebulizada es más eficiente desde el punto de vista de protección del riesgo, asegurando la integridad física de los ocupantes, las instalaciones y los equipos; sin embargo, es un sistema más costoso, requiere de personal especializado para su instalación y un mayor mantenimiento.

7.2. Recomendaciones

- a. Se recomienda el diseño e instalación de un sistema de detección y alarma con sensores de humo que permita la activación automática del sistema de supresión de incendios de agua nebulizada en cada piso.
- b. Se recomienda, de ser posible, la compartimentación de los recintos por medio de barreras corta fuego, de este modo se podría diseñar el sistema para su activación por zona, llevando a un ahorro significativo de agua.
- c. Se recomienda la comunicación con las casas fabricantes para la solicitud de manuales de diseño respectivos para sus productos, que complementen lo estipulado en la Norma NFPA 750, Edición de 2015.

Bibliografía

- [1] Andrews, S. P. (1992). Literature Review: Fire Extinguishment by Water Sprays. Building Research Establishment, UK, Internal Report.
- [2] Andersson, P., Arvidson, J. y Holmstedt, G. (1996). Small Scale Experiments and Theoretical Aspects of Flame Extinguishment with Water Mist. Technical Report 3080, Dept of Fire Safety Engineering, Lund University.
- [3] A-C Fire Pump (2017). Product Categories. Recuperado de: <http://acfirepump.com/>
- [4] Azucarera El Palmar S.A. (2017). Recuperado de: <http://www.azucareraelpalmar.com/>
- [5] Back, G.G, DiNenno, P. J., Leonard, J. T. y Darwin, R. L. (1996). Full Scale Test for Water Suppression Systems for Navy Shipboard Machinery Spaces: Part II – Obstructed Spaces. Naval Research Laboratory, NRL/MR/6180-96-7831.
- [6] Butz, J. R. y Marmaro, R. W. (1994). Fine Water Mist for Suppression of Class B Fuel Fires. Proceedings: Halon Alternatives Technical Working Conference, 477.
- [7] Cote, A.E., Linville, J.L. y Appy M.K. (1997). Water Mist Fire Suppression Systems, Fire Protection Handbook. National Fire Protection Association, UK Quincy, Mass.
- [8] Chow, W. K. y Yao, B. (2001). Overview on Water-Mist Fire Suppression System. Journal of Architectural Engineering, England, 59-60.
- [9] CATSA S.A (2017). Área industrial. Recuperado de: <https://www.catsa.net/como-trabajamos/area-industrial/>
- [10] Drysdale, D. (1985). An Introduction to Fire Dynamics. John Wiley and Sons. New York.
- [11] DJ Gongol & Associates, Inc. (2005). Definitions of Water And Wastemaster Terms. Recuperado de: <http://www.gongol.net/knowledgebase/definitions/>

- [12] E. Armijo (2016). Reporte de Especificaciones Técnicas Ingenio San Rafael. EAC y Asociados, San José, Costa Rica.
- [13] El Viejo Azucarera (2017). Descripción del área industrial. Recuperado de: http://www.ingenioelviejo.com/ing_descripcion.aspx
- [14] Fairbanks Nijhuis (2017). Jockey Pumps. Pentair. Recuperado de: http://www.fairbanksnijhuis.com/EngineeredProduct_F_Jockey_Pumps.aspx
- [15] FEMA (2008). Water Supply Systems and Evaluation Methods, Volume II: Water Supply Evaluation Methods. U.S. Fire Administration. Recuperado de: https://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/publications/water_supply_systems_volume_ii.pdf
- [16] Global Asset Protection Services LLC (GAPS) (2015). Water Mist Systems. GAPS Guidelines, 12.6.1.1., 1-4.
- [17] Lefebvre, A. (1989). Atomization and Sprays. Hemisphere Publishing Corporation, New York, NY.
- [18] Liu, Z., Kim, A. K. (2000) A review of water mist fire suppression systems-fundamental studies. Journal of Fire Protection Engineering 10 (3), 32-50.
- [19] LAICA (2017). Cifras. Recuperado de: <https://www.laica.co.cr/index.php>
- [20] Mawhinney, J. R. (1997). Fire Protection Water Mist Suppression System, NFPA Handbook – 18th Edition.
- [21] Mawhinney, J. R., y Back, G. G. (1998). Bridging the Gap Between Theory & Practice: Protecting Flammable Liquid Hazards Using Water Mist Fire Suppression Systems. Fire Suppression and Detection Research Application Symposium, Orlando, Florida.

- [22] MINAE (2001). Reglamento para la Regulación del Sistema de Almacenamiento y Comercialización de Hidrocarburos. Sistema costarricense de información jurídica. Recuperado de: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=48016
- [23] Ning, Z. (2009). Experimental Performance Evaluation of Water Mist Fire Suppression System. The Hong Kong Polytechnic University.
- [24] Nickolaus, D. (1995). A Unique Twin-Fluid Water Mist Nozzle Creates an Exceptionally High Velocity, Fine Spray. Proceedings: Halon Alternatives Technical Working Conference, 379.
- [25] NFPA 750 Norma en Sistemas de Protección Contra Incendios de Agua Nebulizada (2015). National Fire Protection Association, Batterymarch Park, Quincy, MA.
- [26] NFPA 20 Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias para Protección de Incendios (2016). National Fire Protection Association, Batterymarch Park, Quincy, MA.
- [27] NFPA 14 Norma para la Instalación de Sistemas de Tubería y Manguera (2010). National Fire Protection Association, Batterymarch Park, Quincy, MA.
- [28] NFPA 13 Norma para la instalación de Sistemas de Rociadores (2007). National Fire Protection Association, Batterymarch Park, Quincy, MA.
- [29] NFPA 25 Norma sobre Inspección, Prueba y Mantenimiento de sistemas a base de agua (2008). National Fire Protection Association, Batterymarch Park, Quincy, MA.
- [30] Ravigururajan, T. S. y Beltran, M.R. (1989). A Model for Attenuation of Fire Radiation Through Water Droplets, Fire Safety Journal, 15, 171-181.
- [31] Rosander, M. y Giselsson, K. (1984). Making the Best Use of Water for Fire Extinguishing Purposes, Fire, 43-46.

- [32] Suh, J. y Atreya, A. (1995). The Effect of Water Vapor on Counterflow Diffusion Flames. International Conference on Fire Research and Engineering, Orlando, FL, 103-108
- [33] Superior Tank Company Inc. (2017). Bolted Steel Tanks. Recuperado de: <https://superiortank.com/types/bolted-steel-tanks/>
- [34] Taboga Indenio (2017). Nuestros productos. Recuperado de: <http://taboga.co.cr/language/es/#product>
- [35] Unidad de ingeniería de bomberos (2013). Manual de Disposiciones Técnicas Generales sobre Seguridad Humana y Protección Contra Incendios Versión 2013. Recuperado de: http://www.bomberos.go.cr/wp-content/uploads/2013/06/Manual_de_Disposiciones_Tecnicas_2013.pdf
- [36] VID Fire-Kill (2017). Products. Recuperado de: <http://vidaps.dk/products/>
- [37] VID Fire-Kill ApS (2015). Model FIREKILL-K6 PB DIOM (Design, Installation, Operation and Maintenance) Manual. VID Fire-Kill ApS, Svalbardbej, Dinamarca.
- [38] Wang, Z. (2013). Optimization of Water Mist Droplet Size in Fire Suppression by using CFD Modeling. China University of Mining and Technology, Xuzhou, China.

Anexo A. Fichas técnicas de los componentes utilizados

**Total flooding system for special hazards
Machinery spaces & Turbine enclosures.
Model: FIREKILL K6**



Description

The FIREKILL K6 is a total flooding low pressure watermist system suited for fire protection of machinery spaces, special hazard machinery spaces, combustion turbines and insulated combustion turbines with volumes up to 4610 m³ (see full list on page 2).

The system can be designed with different parameters depending on enclosure size, making it possible to optimize the system for its use.

The FIREKILL K6 system utilized the Model K6 nozzle which can be supplied in different materials and with different thread types.

Test and approvals

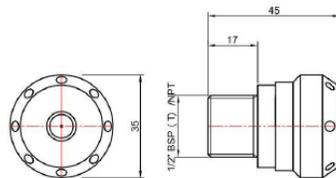
The FIREKILL K6 system is FM approved as it has been successfully tested to the FM5560 standard, appendix E and F in room sizes respectively of 800m³ (8m ceiling height) and 4610 m³ (12m ceiling height).



Contact

For further information on FIREKILL K6 system or similar products, please contact our sales department at Sales@vidaps.dk

Dimension



Overall Technical Data		
Application	Machinery Spaces Special Hazards & Turbines (see full list on page 2)	
General System Stats		
Minimum water pressure	7.7 bar	
Maximum working pressure	16 bar	
Drop size	DV ₉₉ < 300 µm	
Design data		
For enclosure size	medium	large
Volume (max)	800m ³	4610m ³
Nozzle Spacing (max)	10.9 m ² (3.3m x 3.3m)	9 m ² (3m x 3m)
Distance to wall (max)	1.66 m	1.5 m
Height (max)	8m	12 m
Water density	1.4 mm/min	1.7 mm/min
Design run time	28:30 min	83 min
Specific nozzle Stats		
K-factor (metric)	5.6 (l/min/vbar)	
Dimension	See fig. above	
Weight	0.13 kg	
Housing	Brass / SS316 / Titanium gr. 2	
Coating (only with brass)	NiSn	
Strainer	Stainless Steel	
Thread	½" BSP-T, ½" NPT, M10x1mm	
Other Products FM approved in the system		
Name	Model	
Control Valve	C-EL	
N-Pipe	Type I-FF	

VID Fire-Kill ApS,
Svalbardvej 13
DK-5700 Svendborg
Denmark
Tel: +4562621024, www.vid.eu

Doc Name: Datasheet FIREKILL K6
Doc No.: 130411-04-09
v.9
Issue/ Date: 27th October 2016
Page: 1 of 2

Figura A.1. Ficha técnica de la boquilla de agua nebulizada K6, de la marca VID Fire-Kill, página 1 de 2.

Fuente: <http://vidaps.dk/wp-content/uploads/DS-130411-04-09-FIREKILL-K6.pdf>

FIREKILL K6 Spray Pattern



FIREKILL K6 application scope

Internal combustion engines, oil pumps, oil tanks, fuel filters, generators, transformer vaults, gear boxes, drive shafts, lubrication skids, diesel engine driven generators, exposed Combustion Turbine, Insulated Combustion Turbine and other similar equipment using liquid hydrocarbon fuel and/or hydraulic, heat transfer, and lubrication fluids with volatility less than or equal to heptane; enclosures with incidental use or storage of hydrocarbon ignitable liquids (also known as flammable liquids) of not more than two 55 gal (208 L) drums.

Figura A.2. Ficha técnica de la boquilla de agua nebulizada K6, de la marca VID Fire-Kill, página 2 de 2.

Fuente: <http://vidaps.dk/wp-content/uploads/DS-130411-04-09-FIREKILL-K6.pdf>

Datasheet
Model C-EL Electrically Operated Control Valve
Model C-EL



Description

The VID Fire-Kill Model C-EL Electrically Operated Control Valve is a series of FM Approved robust and reliable deluge, angle positioned, pilot controlled valves created entirely in Stainless Steel (316L) and designed for operating in open deluge systems as a zone valve or a full flooding/deluge valve, capable of functioning under harsh conditions and designed to be connected to systems where no corrosion is allowed.

The Model C-EL Control Valve features smaller external trim than other conventional control valves, making the valve easy to install and limits the end-product costs, and greatly diminishes the spatial requirements of the control valve.

The Control Valves have been designed with the intention of being installed in fine water spray fixed firefighting systems (FFFS) in commercial and industrial applications. Because of the stainless steel housing and internal components, the Model C-EL Control Valves are highly applicable in most areas. The Valve can easily be disassembled for easy maintenance and refurbishment, without removing the valve housing from the connected system.

Valve Sizes and Variations

Sizes		KV-Value	
Flanged Inlet	Flanged Outlet		
DN 50	DN 50	450	l/min at 1 bar pressure loss
DN 80	DN 80	1800	l/min at 1 bar pressure loss
Threaded Inlet	Threaded Outlet		
2" BSP	2" BSP	450	l/min at 1 bar pressure loss
3" BSP	3" BSP	1800	l/min at 1 bar pressure loss

* Impulse solenoid valve



Technical Data			
Working Pressure:	Max 16 bar		
Factory Tested:	24 bar		
Materials:	Stainless Steel AISI 316L		
Pressure Gauge Locations:	Valve Inlet, Primary Valve Outlet		
Weight	DN 50 – 14,50 Kg DN 80 – 22,50 Kg		
Activation Options:	Manual, Electrical (24 VDC NC/Impulse)		
Gasket Materials:	EPDM		
S&O nr.	Solenoid Valve Variations:	24VDC (8W) NC	*24 VDC (10W) Impulse
	Flange version DN 50-50	CEL-10401	CEL-10402*
	Flange version DN 80-80	CEL-10403	CEL-10404*
	Thread version 2"-2"	CEL-10405	CEL-10406*
	Thread version 3"-3"	CEL-10425	CEL-10426*
Related Products			
Name		Model	
Simple Gasket/O-ring Service Kit		Model C Basic Valve Service Kit	
Complex Gasket/O-ring Service Kit		Model C Full Valve Service Kit	
Service Wrench for DN 80-80 and 3"-3" valves		Model C Valve Wrench Kit	
Additional Valve Core for valve complex service		Model C Valve Core Kit	

VID Fire-Kill ApS,
 Svalbardvej 13
 DK-5700 Svendborg
 Denmark
 Tel: +4562621024, www.vid.eu

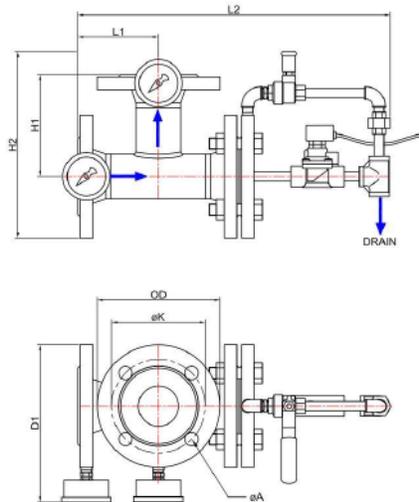


Doc Name: Datasheet Model C-EL
 Doc No.: 140814-01-05
 v.5
 Issue/ Date: 11th April 2016
 Page: 1 of 2

Figura A.3. Ficha técnica de la válvula de control operada eléctricamente Modelo C-EL, de la marca VID Fire-Kill, página 1 de 2.

Fuente: <http://vidaps.dk/wp-content/uploads/DS-140814-01-05-C-EL.pdf>

Datasheet
Model C-EL Electrically Operated Control Valve
 Model C-EL

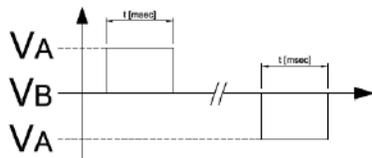
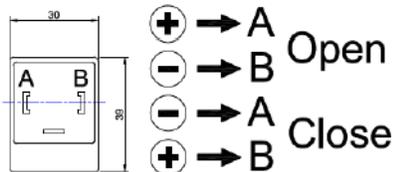


	C-EL 50-50	C-EL 2"-2"	C-EL 80-80	C-EL 3"-3"
L1	109 mm	137 mm	132 mm	190 mm
L2	420 mm	449 mm	471 mm	530 mm
H1	137 mm	165 mm	167 mm	225 mm
H2	251 mm	251 mm	322 mm	325 mm
D1	212 mm	212 mm	250 mm	250 mm
OD	165 mm	165 mm	200 mm	200 mm
øK	125 mm	125 mm	160 mm	160 mm
øA	4 x ø18	4 x ø18	8 x ø18	8 x ø18

NOTE: To ensure correct operation the fluid should be filtered to eliminate all traces of impurity subject to magnetic attraction, which would inevitably deposit on the cores of the solenoid valve, which are always magnetized, causing the formation of oxide as well as contact problem.

Impuls solenoid valve

- Impulse feed from 24 V DC for a period lasting from 20 to 100 ms.



* FM approved version

Contact

For further information regarding the Model C-EL Control Valve or similar products, please contact our sales department at sales@vidaps.dk

VID Fire-Kill ApS,
 Svalbardvej 13
 DK-5700 Svendborg
 Denmark
 Tel: +4562621024, www.vid.eu



Doc Name: Datasheet Model C-EL
 Doc No.: 140814-01-05
 v.5
 Issue/ Date: 11* April 2016
 Page: 2 of 2

Figura A.4. Ficha técnica de la válvula de control operada eléctricamente Modelo C-EL, de la marca VID Fire-Kill, página 2 de 2.

Fuente: <http://vidaps.dk/wp-content/uploads/DS-140814-01-05-C-EL.pdf>

Datasheet
High Capacity Filter with “rinse” alarm function
Model: F



Description

The VID Fire-Kill Model F is a patented system of compact high capacity in-line style filters, for protection of small openings and orifices and small capacity filters and clearances against clogging, and for protection against abrasive wear of internal surfaces in pipe systems transporting liquids.

The Model F can be supplied with a unique feature of either visual or electronic alarm for when it's time to clean/rinse it.

The Model F filters have been tested with full contamination load in water to the International Maritime Organization (IMO) clogging test standard for water mist systems MSC 1165 and IMO MSC 265(84).

The Model F is to be used with all VID Fire-Kill open and automatic nozzles to ensure that no clogging will occur.

Typical applications:

- Low pressure water mist systems
- Water spray systems
- Heating and Industrial pipe systems

Maintenance

Model F filters are designed for easy service due to the flanged style installation and with the unique feature of either visual or electronic alarm for when it's time to clean it, due to the unique monitoring system where the inlet and outlet pressure is measured.

Contact

For further information on the Model F please contact our sales department at Sales@vidaps.dk



Pressure loss	
DN50	DN80
0.1 bar (0-500 l/min)	0.1 bar (0-2000 l/min)
Technical data	
Dimension	See page 2
Working pressure	16 bar max
Pressure test	24 bar
Material	AISI 316
Connection	Flange DIN PN16
Filter size	1000 micron
O-Ring	NBR 70 shore
Visual and electrical “rinse” alarm	
Standard alarm setting	Pressure loss of 0.5 bar
Optional alarm settings	0.1-5 bar
Electrical connections for switch	
Max. switching voltage	250 VAC/VDC
Max. load	60 W
Max. current	1 A
Terminals	1 – NC 2 – NO 3 - Common

VID Fire-Kill ApS,
 Svalbardvej 13,
 DK-5700 Svendborg,
 Denmark
 Tel: +45 6262 1024 www.vid.eu

Doc Name: Datasheet Model F
 Doc No.: DS-161003-01-03
 v.3
 Issue/ Date: 1st December 2016
 Page: 1 of 2

Figura A.5. Ficha técnica del filtro de alta capacidad Modelo F, de la marca VID Fire-Kill, página 1 de 2.

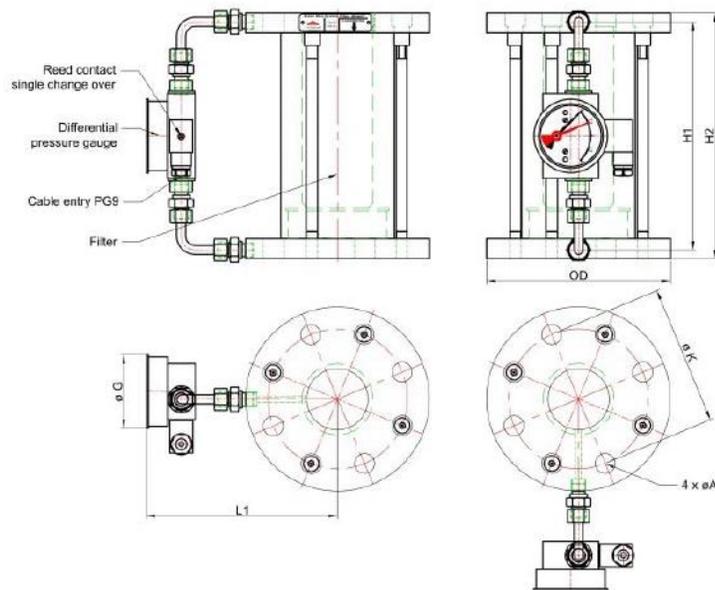
Fuente: <http://vidaps.dk/wp-content/uploads/DS-161003-01-03-F-strainers.pdf>

Datasheet
High Capacity Filter with “rinse” alarm function
Model: F



Dimensions

	DN50	DN80
H1	204 mm	284 mm
H2	220 mm	300 mm
OD	ø 165 mm	ø 200 mm
L1	170 mm	238 mm
øK	ø 125 mm	ø 160 mm
øA	4 x ø 18 mm	8 x ø 18 mm
øG	ø 66 mm	ø 66 mm



VID Fire-Kill ApS,
 Svalbardvej 13,
 DK-5700 Svendborg,
 Denmark
 Tel: +45 6262 1024 www.vid.eu

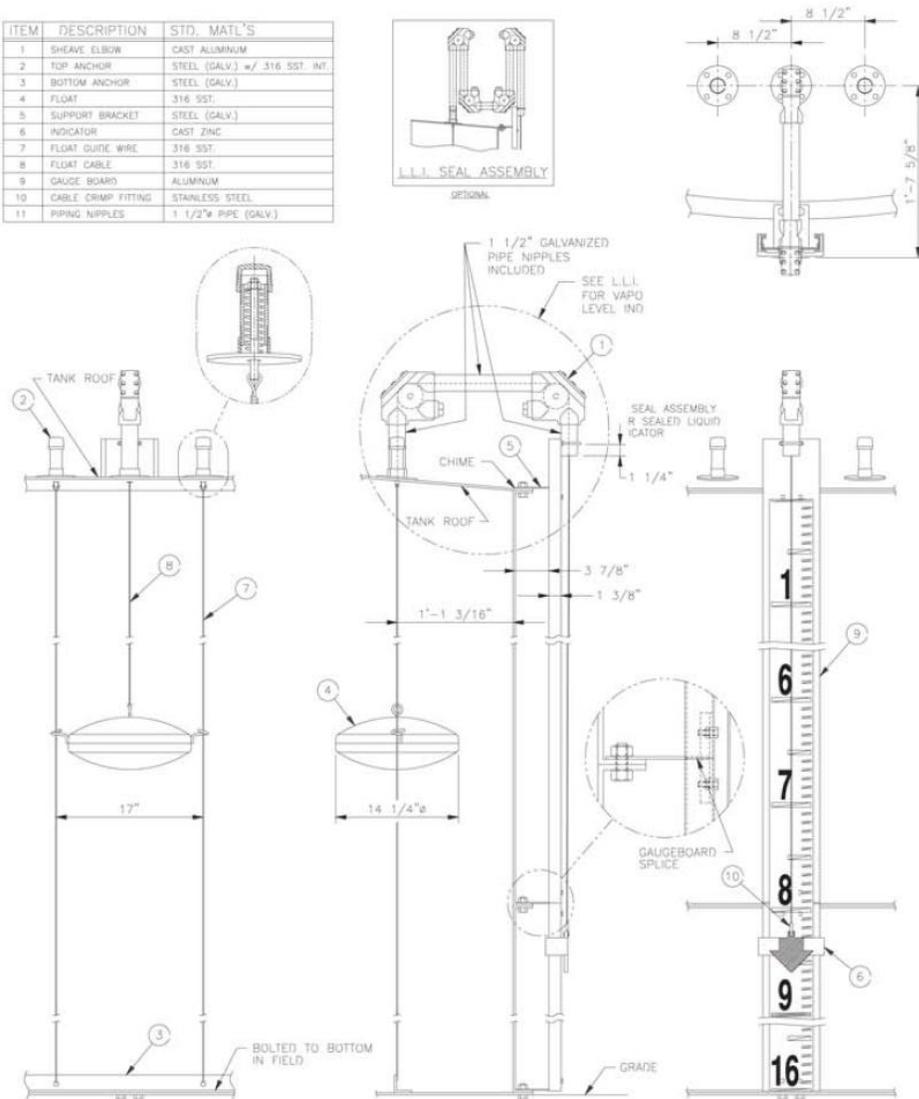
Doc Name: Datasheet Model F
 Doc No.: DS-161003-01-03
 v.3
 Issue/ Date: 1st December 2016
 Page: 2 of 2

Figura A.6. Ficha técnica del filtro de alta capacidad Modelo F, de la marca VID Fire-Kill, página 2 de 2.

Fuente: <http://vidaps.dk/wp-content/uploads/DS-161003-01-03-F-strainers.pdf>

LIQUID LEVEL INDICATOR

ITEM	DESCRIPTION	STD. MAT'L'S
1	SHEAVE ELBOW	CAST ALUMINUM
2	TOP ANCHOR	STEEL (GALV.) w/ .316 SST. INT.
3	BOTTOM ANCHOR	STEEL (GALV.)
4	FLOAT	316 SST.
5	SUPPORT BRACKET	STEEL (GALV.)
6	INDICATOR	CAST ZINC
7	FLOAT GUIDE WIRE	316 SST.
8	FLOAT CABLE	316 SST.
9	GAUGE BOARD	ALUMINUM
10	CABLE CRIMP FITTING	STAINLESS STEEL
11	PIPING NIPPLES	1 1/2" PIPE (GALV.)



UNITED STATES SALES AND SERVICE LOCATIONS

RANCHO CUCAMONGA 9500 Lucas Ranch Road, Rancho Cucamonga, CA 91730 (909) 912-0580 FAX (909) 912-0588
 BAKERSFIELD 19436 Colombo St., Bakersfield, CA 93308 (661) 392-0188 FAX (661) 392-8770
 HOUSTON 4812 Old Richmond Road, Rosenberg, TX 77471 (281) 342-0750 FAX (281) 342-0751

VENTAS Y ATENCION AL CLIENTE PARA MEXICO Y CENTRO AMERICA

GUADALAJARA AV. Mariano Otero #3431 Piso 3 Suite 1, Col. Verde Valle, Guadalajara, Jal. C.P. 45060 (33) 3123-2586

www.superiortank.com
 e-mail: sales@superiortank.com

Figura A.7. Ficha técnica del sensor de nivel para el tanque atornillado de Superior Tank Company Inc.

Fuente: https://superiortank.com/downloads/STCI_Liquid_Level.pdf

Anexo B. Características de los tanques atornillados de Superior Tank Company Inc.

Los tanques de STCI cumplen y exceden muchos requerimientos estándares y de certificación:

- Estándares AWWA – para agua potable
- Certificación NFPA 22 & FM (Factory Mutual) – almacenamiento de agua para protección contra incendios
- ISO 9001:2008 – para aseguramiento de la calidad en los materiales y en procesos

Ejemplo de aplicaciones:

- Almacenamiento de agua potable municipal
- Almacenamiento de agua para protección contra incendios
- Industria alimenticia (almacenamiento de agua potable y líquidos especializados)
- Recolección de agua de lluvia
- Almacenamiento de agua de irrigación
- Almacenamiento de agua para riego
- Recolección/Procesamiento de aguas residuales

Características/Beneficios de los tanques de acero atornillados STCI:

- Empaques EPDM de uso pesado para una resistencia sobresaliente a la intemperie, temperaturas extremas y exposición a los rayos UV.
- Diseño de flujo en el tanque es maximizado para evitar estancamientos y reducir los costos de mantenimiento/operación.
- Diseñado a medida para cumplir con los códigos locales de construcción que incluyen cargas de viento, sísmicas y nieve.
- Recubrimiento exterior de polvo tipo poliéster TGIC para una durabilidad extendida sin rajaduras.
- Recubrimientos interiores de polvo tipo epoxy (aprobados por AWWA, NSF y FDA), no porosos, para una limpieza más fácil y una mayor resistencia al crecimiento de biopelículas.
- También contamos con tanques atornillados de acero inoxidable de alta calidad y de acero galvanizado.
- Los paneles intercambiables hacen fácil el aumentar el tamaño del tanque o el reemplazar piezas dañadas.
- También tenemos tanques atornillados de paneles planos a su disposición.



Figura B.1. Certificaciones, ejemplos de aplicación y características y beneficios de los tanques de Superior Tank Company Inc.

Fuente: https://superiortank.com/downloads/STCI_Brochure_Spanish.pdf



STANDARD BOLTED TANK CAPACITIES

TANK		HEIGHTS									
		feet	meters	feet	meters	feet	meters	feet	meters	feet	meters
DIAMETERS (FEET)	DIAMETERS (METERS)	8'-1/2"	2.451	16'-1"	4.901	24'-1 1/2"	7.353	32'-2"	9.805	40'-2 1/2"	12.255
9'-2 3/4	2.813	4,023	15	8,047	30	12,073	46	16,097	61	20,121	76
12'-3 11/16"	3.751	7,155	27	14,309	54	21,468	81	28,624	108	35,780	135
15'-4 5/8	4.690	11,181	42	22,362	85	33,549	127	44,733	169	55,915	212
17'-2 1/4"	5.239	13,955	53	27,910	106	41,874	159	55,832	211	69,789	264
18'-5 9/16"	5.628	16,104	61	32,208	122	48,322	183	64,429	244	80,535	305
21'-6 1/2"	6.567	21,920	83	43,841	166	65,775	249	87,701	332	109,624	415
23'-9 3/16"	7.244	26,679	101	53,359	202	80,055	303	106,741	404	133,424	505
25'-9 3/8"	7.859	31,396	119	62,792	238	94,208	357	125,612	476	157,012	595
26'-8 15/16"	8.153	33,788	128	67,576	256	101,385	384	135,182	512	168,974	640
29'-8 5/8"	9.059	41,720	158	83,440	316	125,186	474	166,917	632	208,642	790
32'-8 3/16"	9.962	50,454	191	100,908	382	151,393	573	201,860	764	252,320	955
34'-2"	10.415	55,143	209	110,286	418	165,464	626	220,620	835	275,770	1044
38'-7 5/8"	11.777	70,508	267	141,016	534	211,568	801	282,094	1068	352,611	1335
40'-1 5/16"	12.226	75,991	288	151,982	575	228,020	863	304,030	1151	380,030	1439
41'-7 1/8"	12.679	81,722	309	163,444	619	245,217	928	326,959	1238	408,691	1547
44' - 6 3/4"	13.586	93,820	355	187,640	710	281,459	1065	375,280	1421	469,100	1776
47'-6 3/8"	14.488	106,716	404	213,433	808	320,216	1212	426,959	1616	533,689	2020
50'-6 1/16"	15.395	120,489	456	240,977	912	361,541	1369	482,060	1825	602,563	2281
54'-11 3/4"	16.759	142,781	541	285,563	1081	428,433	1622	571,249	2163	714,048	2703
59'-5"	18.111	166,763	631	333,525	1263	500,392	1894	667,196	2526	833,980	3157
65'-4 5/16"	19.922	202,403	764	404,805	1528	607,334	2292	809,787	3056	1,012,215	3820
72'-9 7/16"	22.186	250,250	947	500,499	1895	750,904	2843	1,001,216	3790	1,251,497	4738
74'-3 1/4"	22.639	260,565	986	521,130	1973	781,857	2960	1,042,487	3947	1,303,084	4933
80'-2 9/16"	24.450	303,933	1151	607,866	2301	911,988	3452	1,215,997	4603		
86'-1 7/8"	26.261	350,630	1327	701,259	2655	1,052,107	3983	1,402,824	5311		
92'-1 3/16"	28.073	400,671	1517	801,341	3034	1,202,261	4551				
95' - 0 3/16"	28.956	426,994	1616	853,988	3233	1,280,981	4849				
103'-11 3/4"	31.676	510,776	1933	1,021,551	3867	1,532,327	5800				
124'-9 5/16"	38.033	735,427	2784	1,470,854	5568	2,206,739	8354				

US Gallons Cubic Meters US Gallons Cubic Meters US Gallons Cubic Meters US Gallons Cubic Meters US Gallons Cubic Meters

Figura B.2. Cuadro de selección del tanque atornillado de Superior Tank Company Inc.

Fuente: <https://superiortank.com/downloads/STCI-Capacities.pdf>

Anexo C. Selección de la bomba contra incendios

FP 2.1
PAGE 126



HORIZONTAL MOTOR DRIVEN FIRE PUMPS
PERFORMANCE RATINGS



OCT 2015

SUPERSEDES ALL PREVIOUS ISSUES

750 GPM

★

RATED PSI	PUMP SIZE	SERIES	RPM	MOTOR HP	MAX HP	UL	FM
170	6x4x10F-M	8100	3550	125	117	x	x
	8x6x18F	8200	1785	125	132	x	x
175	6x4x10F-M	8100	3550	125	120	x	x
	8x6x18F	8200	1785	125	137		x
180	6x4x10F-M	8100	3550	125	135	x	x
	8x6x18F	8200	1785	125	143		x
185	6x4x10F-M	8100	3550	125	138	x	x
	8x6x18F	8200	1785	150	148		x
190	6x4x10F-M	8100	3550	125	143	x	x
	8x6x18F	8200	1785	150	154		x
195	6x4x10F-M	8100	3550	150	149	x	x
	8x6x18F	8200	1785	150	160		x
200	6x4x10F-M	8100	3550	150	158	x	x
	8x6x18F	8200	1785	150	167		x
205	6x4x10F-M	8100	3550	150	158	x	x
	8x6x18F	8200	1785	150	170		x
210	6x4x10F-M	8100	3550	150	162	x	x
	8x6x18F	8200	1785	200	177		x
215	6x4x10F-M	8100	3550	150	165	x	x
	8x6x18F	8200	1785	200	181		x
220	6x4x10F-M	8100	3550	150	168	x	x
	8x6x18F	8200	1785	200	188		x
225	6x4x10F-M	8100	3550	150	171	x	x
	8x6x18F	8200	1785	200	192		x
230	6x4x10F-M	8100	3550	200	174	x	x
	8x6x18F	8200	1785	200	200		x
235	6x4x10F-M	8100	3550	200	178	x	x
	8x6x18F	8200	1785	200	204		x
240	6x4x10F-M	8100	3550	200	181	x	x
	8x6x18F	8200	1785	200	213		x

CONTINUED ON FOLLOWING PAGE

★ WHEN SHUT OFF HEAD PLUS SUCTION PRESSURE EXCEEDS MAXIMUM ALLOWABLE DISCHARGE PRESSURE PLEASE SPECIFY (H) INDICATING DUCTILE IRON CONSTRUCTION AND OR 250# FLANGES WHERE APPLICABLE.

ALL PRICES ARE SUBJECT TO PROVISIONS SET FORTH IN OUR LATEST BUSINESS & PRICE POLICY, FP0.1, PAGES 11 THROUGH 14. PRICES SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE.

Figura C.1. Tabla de selección de la bomba contra incendios de A-C Pumps.

Fuente: <http://documentlibrary.xylemappliedwater.com/wp-content/blogs.dir/22/files/2012/07/selection-tables-2.1-.pdf>

Anexo D. Selección de la bomba jockey

PERFORMANCE RANGE

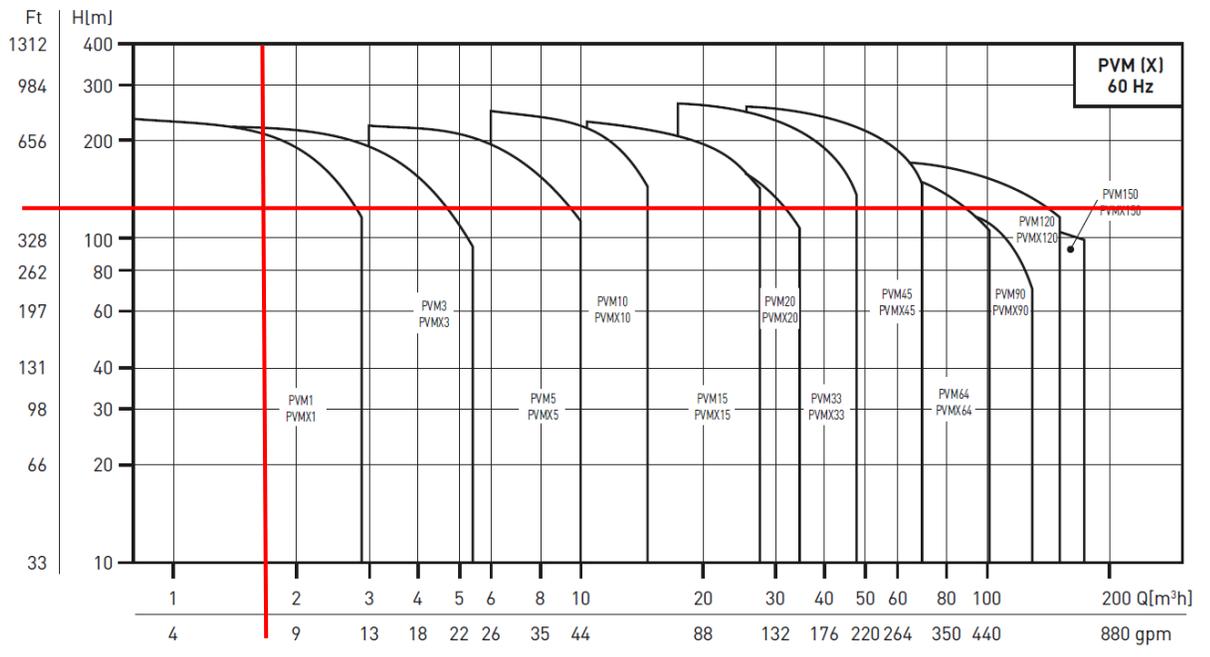


Figura D.1. Gráfica de selección del modelo de la bomba jockey, de Fairbanks Nijhuis.

Fuente: http://files.pentairliterature.com/Fairbanks_Morse/FM-02-1545.pdf

Partiendo de los 7,5 gpm a 200 psi de presión, se busca el modelo de la bomba en la gráfica, donde 200 psi equivalen a 462 pies de cabeza de agua. Se debe seleccionar el modelo que se muestre en la intersección entre las dos líneas, en este caso, el PVM(X) 1, la X es por estar construida con acero inoxidable.

PVM(X) 1 VERTICAL MULTISTAGE CENTRIFUGAL PUMPS

HYDRAULIC PERFORMANCE

Curve: PVM(X) 1
Date: 10/01/14

Nominal rpm: 3500
Based on fresh water @ 68° F
Maximum working pressure: 360 psi

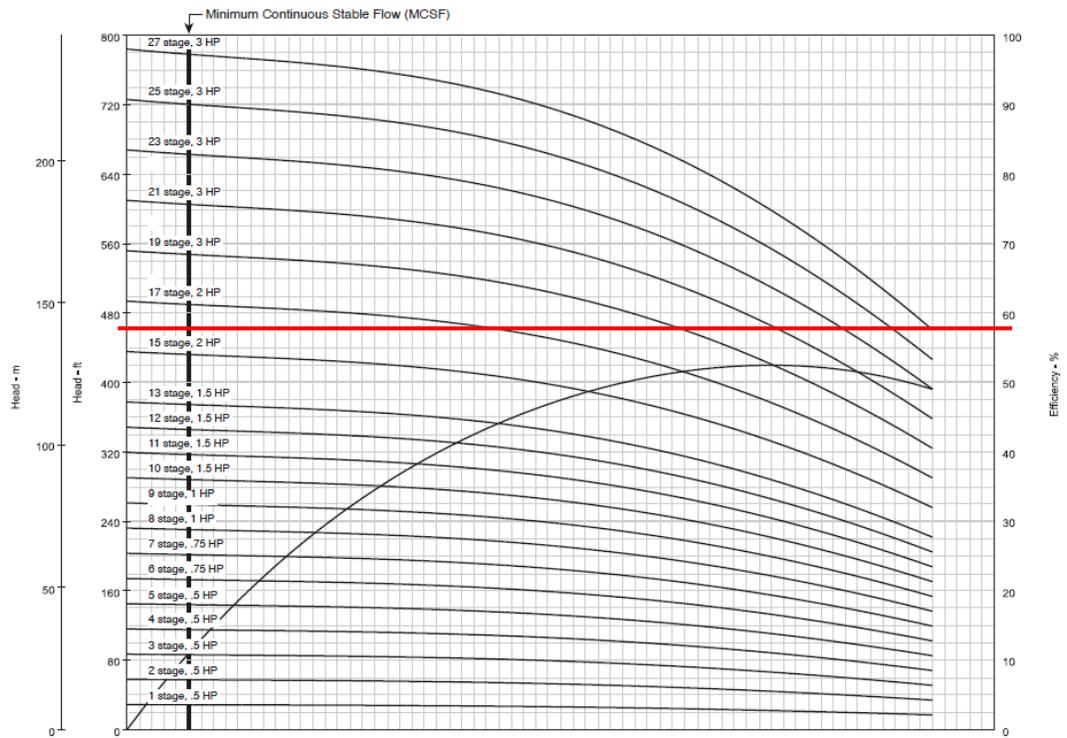


Figura D.2. Gráfica de selección de las etapas, potencia y eficiencia de la bomba jockey, de Fairbanks Nijhuis.

Fuente: http://files.pentairliterature.com/Fairbanks_Morse/FM-02-1545.pdf

Con 462 pies de cabeza de presión, se tiene que la bomba debe ser de 17 etapas y 2 hp, con una eficiencia de un 57,5%.

PVM(X) 1

VERTICAL MULTISTAGE CENTRIFUGAL PUMPS

PUMP DIMENSIONS - METRIC

Model Number	Motor HP	Motor Service Factor	Phase	Voltage	Motor Frame	PVM Cast Iron							PVMX Stainless Steel								
						Dimensions in mm						Weight in kgs		Dimensions in mm						Weight in kgs	
						A	B	C	D	E	F	Pump End Only	Pump & Motor	A	B	C	D	E	F	Pump End Only	Pump & Motor
PVM(X)1-2	0.5	1.25	1	115W/208-230V	56C	279	236	153	52	568	153	17	27	282	236	153	52	570	153	15	24
PVM(X)1-2	0.5	1.25	3	208-230W/460V	56C	279	258	168	52	590	168	17	33	282	258	168	52	593	168	15	30
PVM(X)1-3	0.5	1.25	1	115W/208-230V	56C	279	236	153	52	568	153	18	27	282	236	153	52	570	153	15	25
PVM(X)1-3	0.5	1.25	3	208-230W/460V	56C	279	258	168	52	590	168	18	34	282	258	168	52	593	168	15	31
PVM(X)1-4	0.5	1.25	1	115W/208-230V	56C	297	236	153	52	586	153	18	28	300	236	153	52	588	153	16	25
PVM(X)1-4	0.5	1.25	3	208-230W/460V	56C	297	258	168	52	608	168	18	34	300	258	168	52	610	168	16	32
PVM(X)1-5	0.5	1.25	1	115W/208-230V	56C	315	236	153	52	603	153	19	28	318	236	153	52	606	153	16	26
PVM(X)1-5	0.5	1.25	3	208-230W/460V	56C	315	258	168	52	626	168	19	35	318	258	168	52	628	168	16	32
PVM(X)1-6	0.75	1.25	1	115W/208-230V	56C	333	252	153	52	637	153	19	33	335	252	153	52	639	153	17	30
PVM(X)1-6	0.75	1.25	3	208-230W/460V	56C	333	258	168	52	643	168	19	33	335	258	168	52	646	168	17	30
PVM(X)1-7	0.75	1.25	1	115W/208-230V	56C	358	252	153	52	662	153	20	33	361	252	153	52	665	153	17	31
PVM(X)1-7	0.75	1.25	3	208-230W/460V	56C	358	258	168	52	669	168	20	34	361	258	168	52	671	168	17	31
PVM(X)1-8	1	1.25	1	115W/208-230V	56C	376	258	168	52	686	168	21	37	378	258	168	52	689	168	18	34
PVM(X)1-8	1	1.25	3	208-230W/460V	56C	376	264	183	52	693	183	21	45	378	264	183	52	695	183	18	42
PVM(X)1-9	1	1.25	1	115W/208-230V	56C	394	258	168	52	704	168	21	37	396	258	168	52	707	168	19	35
PVM(X)1-9	1	1.25	3	208-230W/460V	56C	394	264	183	52	711	183	21	45	396	264	183	52	713	183	19	43
PVM(X)1-10	1.5	1.15	1	115W/208-230V	56C	411	283	182	52	747	182	22	43	414	283	182	52	750	182	19	40
PVM(X)1-10	1.5	1.15	3	208-230W/460V	56C	411	284	183	52	748	183	22	41	414	284	183	52	750	183	19	38
PVM(X)1-11	1.5	1.15	1	115W/208-230V	56C	429	283	182	52	765	182	22	43	432	283	182	52	768	182	20	41
PVM(X)1-11	1.5	1.15	3	208-230W/460V	56C	429	284	183	52	765	183	22	41	432	284	183	52	768	183	20	39
PVM(X)1-12	1.5	1.15	1	115W/208-230V	56C	447	283	182	52	783	182	23	44	450	283	182	52	785	182	20	41
PVM(X)1-12	1.5	1.15	3	208-230W/460V	56C	447	284	183	52	783	183	23	42	450	284	183	52	786	183	20	39
PVM(X)1-13	1.5	1.15	1	115W/208-230V	56C	465	283	182	52	801	182	24	44	467	283	182	52	803	182	21	42
PVM(X)1-13	1.5	1.15	3	208-230W/460V	56C	465	284	183	52	801	183	24	43	467	284	183	52	803	183	21	40
PVM(X)1-15	2	1.15	1	115W/208-230V	56C	518	306	182	52	877	182	25	49	521	306	182	52	879	182	22	46
PVM(X)1-15	2	1.15	3	208-230W/460V	56C	518	306	183	52	877	183	25	47	521	306	183	52	879	183	22	44
PVM(X)1-17	2	1.15	1	115W/208-230V	56C	554	306	182	52	912	182	26	50	556	306	182	52	915	182	23	47
PVM(X)1-17	2	1.15	3	208-230W/460V	56C	554	306	183	52	912	183	26	48	556	306	183	52	915	183	23	46
PVM(X)1-19	3	1.15	1	115W/208-230V	182TC	602	392	225	67	1060	225	28	68	592	392	225	67	1050	225	25	65
PVM(X)1-19	3	1.15	3	208-230W/460V	182TC	602	354	225	67	1022	225	28	59	592	354	225	67	1012	225	25	56
PVM(X)1-21	3	1.15	1	115W/208-230V	182TC	638	392	225	67	1096	225	29	69	627	392	225	67	1086	225	26	66
PVM(X)1-21	3	1.15	3	208-230W/460V	182TC	638	354	225	67	1058	225	29	60	627	354	225	67	1048	225	26	57
PVM(X)1-23	3	1.15	1	115W/208-230V	182TC	693	392	225	67	1152	225	30	70	663	392	225	67	1121	225	28	68
PVM(X)1-23	3	1.15	3	208-230W/460V	182TC	693	354	225	67	1114	225	30	61	663	354	220	67	1083	220	28	59
PVM(X)1-25	3	1.15	1	115W/208-230V	182TC	729	392	225	67	1187	225	31	71	701	392	220	67	1159	220	29	69
PVM(X)1-25	3	1.15	3	208-230W/460V	182TC	729	354	225	67	1149	225	31	62	701	354	220	67	1122	220	29	60
PVM(X)1-27	3	1.15	3	208-230W/460V	182TC	749	354	225	67	1170	225	33	63	742	354	220	67	1162	220	30	61
PVM(X)1-27	3	1.15	1	115W/208-230V	182TC	749	392	225	67	1208	225	33	73	742	392	220	67	1200	220	30	70

Figura D.3. Cuadro de especificaciones de las bombas jockey, modelo PVM(X) 1, de Fairbanks Nijhuis.

Fuente: http://files.pentairliterature.com/Fairbanks_Morse/FM-02-1545.pdf

Así, se selecciona la bomba PVM(X) 1 - 17 con las características encerradas en el cuadro.

Anexo E. Distribución de nodos, datos de entrada y resultados del software de cálculo hidráulico THE Sprinkler Program.

"THE" Sprinkler Program 2001 - Cálculo piso 1.the
 File Edit Calculate Print Generators Setup Units Calculator Help

Pipe Row	Begin Node	End Node	Length (feet)	Diameter (inches)	Type	Fittings	"C" Value	St	Sh	FD
1	1	2	68,901	4	40	2T 3E CV GV	150	-		
2	2	3	1,083	4	40	T	150	-		
3	3	4	4,101	3	40	T E BV	150	-		
4	4	5	9,843	3	40	T 2E	150	-		
5	5	6	60,699	3	40	T E	150	-		
6	6	7	28,151	2	40	T	150	-		
7	7	8	9,843	2	40	T	150	-		
8	8	9	9,843	2	40	T	150	-		
9	9	10	9,843	2	40	T	150	-		
10	10	11	9,843	2	40	T	150	-		
11	11	12	9,843	2	40	T	150	-		
12	12	13	9,843	2	40	T	150	-		
13	13	14	9,843	2	40	T	150	-		
14	14	15	9,843	2	40	T	150	-		

Node Row	Node	Elevation (feet)	K-factor (gpm/(psi) ^{1/2})	Area (sqft)	Hose (gpm)
1	1	0,000	0,00	0,00	0,00
2	2	9,843	0,00	0,00	0,00
3	3	9,843	0,39	96,90	0,00
4	4	9,843	0,39	96,90	0,00
5	5	9,843	0,00	0,00	0,00
6	6	9,843	0,00	0,00	0,00
7	7	9,843	0,00	0,00	0,00
8	8	9,843	0,00	0,00	0,00
9	9	9,843	0,00	0,00	0,00
10	10	9,843	0,00	0,00	0,00
11	11	9,843	0,00	0,00	0,00
12	12	9,843	0,00	0,00	0,00
13	13	9,843	0,00	0,00	0,00

Pump #	Suction Node	Discharge Node
1		
2		
3		
4		
5		

FDPLD #	In Node	Out Node
1		
2		
3		
4		
5		

Source Row	Node	Static (psi)	Residual (psi)	Flow (gpm)	HSA (gpm)
1	1	195,00	190,00	670,00	0,00

Figura E.1. Datos ingresados al software THE Sprinkler Program para el piso 1.

Fuente: THE Sprinkler Program.

"THE" Sprinkler Program 2001 - Cálculo piso 1.the
 File Edit Calculate Print Generators Setup Units Calculator Help

Pipe Row	Begin Node	St	End Node	Total Length (feet)	Actual Diam (inches)	Total Flow (gpm)	Ttl Fric Loss (psi)	Velocity (ft/sec)
1	1	>>>	2	210,94	4,026	665,57	17,01	16,77
2	2	>>>	3	31,30	4,026	665,57	2,52	16,77
3	3	>>>	4	52,46	3,068	334,63	4,45	14,52
4	4	>>>	5	53,66	3,068	329,78	4,43	14,31
5	5	>>>	6	93,94	3,068	329,78	7,76	14,31
6	6	>>>	7	43,26	2,067	178,72	7,88	17,09
7	7	>>>	8	24,95	2,067	160,19	3,71	15,32
8	8	>>>	9	24,95	2,067	142,55	2,99	13,63
9	9	>>>	10	24,95	2,067	125,71	2,37	12,02
10	10	>>>	11	24,95	2,067	109,48	1,83	10,47
11	11	>>>	12	24,95	2,067	93,74	1,38	8,96
12	12	>>>	13	24,95	2,067	78,39	0,99	7,50
13	13	>>>	14	24,95	2,067	63,34	0,67	6,06

Node Row	Node	Elevation (feet)	K-factor (gpm/(psi) ^{1/2})	Pressure (psi)	Flow (gpm)	Min Flow (gpm)	Excess (gpm)	Density (gpm/sqft)
1	1	0,00	0,00	183,02	665,57	0,00	0,00	0,0000
2	2	9,84	0,00	161,75	0,00	0,00	0,00	0,0000
3	3	9,84	0,39	159,22	4,92	4,07	0,85	0,0508
4	4	9,84	0,39	154,77	4,85	4,07	0,78	0,0501
5	5	9,84	0,00	150,33	0,00	0,00	0,00	0,0000
6	6	9,84	0,00	142,57	0,00	0,00	0,00	0,0000
7	7	9,84	0,00	134,70	0,00	0,00	0,00	0,0000
8	8	9,84	0,00	130,99	0,00	0,00	0,00	0,0000
9	9	9,84	0,00	128,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
10	10	9,84	0,00	125,63	0,00	0,00	0,00	0,0000
11	11	9,84	0,00	123,80	0,00	0,00	0,00	0,0000
12	12	9,84	0,00	122,42	0,00	0,00	0,00	0,0000
13	13	9,84	0,00	121,43	0,00	0,00	0,00	0,0000

Source Row	Node	Req Flow (gpm)	Req Pres (psi)	Avail Pres (psi)	Safety (psi)	Shift	Req Flow (gpm)	Req Pres (psi)
1	1	665,57	183,02	190,06	7,04	Left	0,00	0,00
						Right	0,00	0,00

Figura E.2. Pestaña de resultados del software THE Sprinkler Program para el piso 1.

Fuente: THE Sprinkler Program.

THE Sprinkler Program 2001 - Cálculo piso 3.the
 File Edit Calculate Print Generators Setup Units Calculator Help

Pipe Row	Begin Node	End Node	Length (feet)	Diameter (inches)	Type	Fittings	"C" Value	St	Sh	FD
1	2	3	4,856	3	40	2E BV	150	-	-	-
2	3	4	8,203	3	40	T	150	-	-	-
3	4	5	9,843	3	40	T	150	-	-	-
4	5	6	8,793	3	40	T	150	-	-	-
5	6	7	71,920	2	40	T E	150	-	-	-
6	7	8	9,843	2	40	T	150	-	-	-
7	8	9	9,843	2	40	T	150	-	-	-
8	9	10	9,843	2	40	T	150	-	-	-
9	10	11	9,843	2	40	T	150	-	-	-
10	11	12	9,843	2	40	T	150	-	-	-
11	12	13	9,843	2	40	T	150	-	-	-
12	13	14	9,843	2	40	T	150	-	-	-
13	14	15	13,780	2	40	T 2E	150	-	-	-
14	15	16	9,843	2	40	T	150	-	-	-

Node Row	Node	Elevation (feet)	K-factor (gpm/(psi) ^{1/2})	Area (sqft)	Hose (gpm)
1	2	29,529	0,00	0,00	0,00
2	3	29,529	0,39	96,90	0,00
3	4	29,529	0,39	96,90	0,00
4	5	29,529	0,39	96,90	0,00
5	6	29,529	0,00	0,00	0,00
6	7	29,529	0,00	0,00	0,00
7	8	29,529	0,00	0,00	0,00
8	9	29,529	0,00	0,00	0,00
9	10	29,529	0,00	0,00	0,00
10	11	29,529	0,00	0,00	0,00
11	12	29,529	0,00	0,00	0,00
12	13	29,529	0,00	0,00	0,00
13	14	29,529	0,00	0,00	0,00

Pump #	Suction Node	Discharge Node
1		
2		
3		
4		
5		

FDPLD #	In Node	Out Node
1		
2		
3		
4		
5		

Source Row	Node	Static (psi)	Residual (psi)	Flow (gpm)	HSA (gpm)
1	2	170,00	160,00	360,00	0,00

Figura E.3. Datos ingresados al software THE Sprinkler Program para el piso 3.

Fuente: THE Sprinkler Program.

"THE" Sprinkler Program 2001 - Cálculo piso 3.the
 File Edit Calculate Print Generators Setup Units Calculator Help

Pipe Row	Begin Node	St	End Node	Total Length (feet)	Actual Diam (inches)	Total Flow (gpm)	Ttl Fric Loss (psi)	Velocity (ft/sec)
1	2	>>>	3	41,12	3,068	352,23	3,84	15,29
2	3	>>>	4	30,87	3,068	347,48	2,81	15,08
3	4	>>>	5	32,51	3,068	342,77	2,89	14,88
4	5	>>>	6	31,46	3,068	338,12	2,72	14,67
5	6	>>>	7	94,59	2,067	152,36	12,82	14,57
6	7	>>>	8	24,95	2,067	132,68	2,62	12,69
7	8	>>>	9	24,95	2,067	112,77	1,94	10,78
8	9	>>>	10	24,95	2,067	92,65	1,35	8,86
9	10	>>>	11	24,95	2,067	72,35	0,85	6,92
10	11	>>>	12	24,95	2,067	52,15	0,47	4,99
11	12	>>>	13	24,95	2,067	31,55	0,18	3,02
12	13	>>>	14	24,95	2,067	24,97	0,12	2,39
13	14	>>>	15	44,00	2,067	19,56	0,13	1,87

Node Row	Node	Elevation (feet)	K-factor (gpm/(psi) ^{1/2})	Pressure (psi)	Flow (gpm)	Min Flow (gpm)	Excess (gpm)	Density (gpm/sqft)
1	2	29,53	0,00	152,23	352,23	0,00	0,00	0,0000
2	3	29,53	0,39	148,39	4,75	4,07	0,68	0,0490
3	4	29,53	0,39	145,58	4,70	4,07	0,64	0,0486
4	5	29,53	0,39	142,70	4,66	4,07	0,59	0,0481
5	6	29,53	0,00	139,98	0,00	0,00	0,00	0,0000
6	7	29,53	0,00	127,16	0,00	0,00	0,00	0,0000
7	8	29,53	0,00	124,54	0,00	0,00	0,00	0,0000
8	9	29,53	0,00	122,60	0,00	0,00	0,00	0,0000
9	10	29,53	0,00	121,26	0,00	0,00	0,00	0,0000
10	11	29,53	0,00	120,40	0,00	0,00	0,00	0,0000
11	12	29,53	0,00	119,94	0,00	0,00	0,00	0,0000
12	13	29,53	0,00	119,75	0,00	0,00	0,00	0,0000
13	14	29,53	0,00	119,64	0,00	0,00	0,00	0,0000

Source Row	Node	Req Flow (gpm)	Req Pres (psi)	Avail Pres (psi)	Safety (psi)	Shift	Req Flow (gpm)	Req Pres (psi)
1	2	352,23	152,23	160,40	8,16	Left	0,00	0,00
						Right	0,00	0,00

Figura E.4. Pestaña de resultados del software THE Sprinkler Program para el piso 3.

Fuente: THE Sprinkler Program.

"THE" Sprinkler Program 2001 - Cálculo piso 7.the
 File Edit Calculate Print Generators Setup Units Calculator Help

Pipe Row	Begin Node	End Node	Length (feet)	Diameter (inches)	Type	Fittings	"C" Value	St	Sh	FD
1	2	3	13,124	3	40	2E BV	150	-	-	-
2	3	4	9,843	3	40	T	150	-	-	-
3	4	5	8,793	3	40	T	150	-	-	-
4	5	6	71,821	2	40	T E	150	-	-	-
5	6	7	9,843	2	40	T	150	-	-	-
6	7	8	9,843	2	40	T	150	-	-	-
7	8	9	9,843	2	40	T	150	-	-	-
8	9	10	9,843	2	40	T	150	-	-	-
9	10	11	9,843	2	40	T	150	-	-	-
10	11	12	9,843	2	40	T	150	-	-	-
11	12	13	9,843	2	40	T	150	-	-	-
12	13	14	29,529	2	40	T 2E	150	-	-	-
13	14	15	9,843	2	40	T	150	-	-	-
14	15	16	33,237	2	40	T E	150	-	-	-

Node Row	Node	Elevation (feet)	K-factor (gpm/(psi) ^{1/2})	Area (sqft)	Hose (gpm)
1	2	68,901	0,00	0,00	0,00
2	3	68,901	0,39	96,90	0,00
3	4	68,901	0,39	96,90	0,00
4	5	68,901	0,00	0,00	0,00
5	6	68,901	0,00	0,00	0,00
6	7	68,901	0,00	0,00	0,00
7	8	68,901	0,00	0,00	0,00
8	9	68,901	0,00	0,00	0,00
9	10	68,901	0,00	0,00	0,00
10	11	68,901	0,00	0,00	0,00
11	12	68,901	0,00	0,00	0,00
12	13	68,901	0,00	0,00	0,00
13	14	68,901	0,00	0,00	0,00

Pump #	Suction Node	Discharge Node
1		
2		
3		
4		
5		

FDPLD #	In Node	Out Node
1		
2		
3		
4		
5		

Source Row	Node	Static (psi)	Residual (psi)	Flow (gpm)	HSA (gpm)
1	2	170,00	160,00	330,00	0,00

Figura E.5. Datos ingresados al software THE Sprinkler Program para el piso 7.

Fuente: THE Sprinkler Program.

"THE" Sprinkler Program 2001 - Cálculo piso 7.the

File Edit Calculate Print Generators Setup Units Calculator Help

Pipe Row	Begin Node	St	End Node	Total Length (feet)	Actual Diam (inches)	Total Flow (gpm)	Ttl Fric Loss (psi)	Velocity (ft/sec)
1	2	>>>	3	49,39	3,068	325,17	3,98	14,11
2	3	>>>	4	32,51	3,068	320,41	2,55	13,91
3	4	>>>	5	31,46	3,068	315,70	2,40	13,70
4	5	>>>	6	94,49	2,067	136,15	10,40	13,02
5	6	>>>	7	24,95	2,067	120,18	2,18	11,49
6	7	>>>	8	24,95	2,067	104,10	1,67	9,95
7	8	>>>	9	24,95	2,067	87,91	1,22	8,41
8	9	>>>	10	24,95	2,067	71,63	0,84	6,85
9	10	>>>	11	24,95	2,067	55,26	0,52	5,28
10	11	>>>	12	24,95	2,067	38,79	0,27	3,71
11	12	>>>	13	24,95	2,067	22,25	0,10	2,13
12	13	>>>	14	59,75	2,067	5,64	0,02	0,54
13	14	<<<	15	24,95	2,067	2,87	0,00	0,27

Node Row	Node	Elevation (feet)	K-factor (gpm/(psi) ^{1/2})	Pressure (psi)	Flow (gpm)	Min Flow (gpm)	Excess (gpm)	Density (gpm/sqft)
1	2	68,90	0,00	152,59	325,17	0,00	0,00	0,0000
2	3	68,90	0,39	148,61	4,75	4,07	0,68	0,0491
3	4	68,90	0,39	146,06	4,71	4,07	0,64	0,0486
4	5	68,90	0,00	143,67	0,00	0,00	0,00	0,0000
5	6	68,90	0,00	133,27	0,00	0,00	0,00	0,0000
6	7	68,90	0,00	131,09	0,00	0,00	0,00	0,0000
7	8	68,90	0,00	129,42	0,00	0,00	0,00	0,0000
8	9	68,90	0,00	128,19	0,00	0,00	0,00	0,0000
9	10	68,90	0,00	127,36	0,00	0,00	0,00	0,0000
10	11	68,90	0,00	126,84	0,00	0,00	0,00	0,0000
11	12	68,90	0,00	126,57	0,00	0,00	0,00	0,0000
12	13	68,90	0,00	126,47	0,00	0,00	0,00	0,0000
13	14	68,90	0,00	126,46	0,00	0,00	0,00	0,0000

Source Row	Node	Req Flow (gpm)	Req Pres (psi)	Avail Pres (psi)	Safety (psi)	Shift	Req Flow (gpm)	Req Pres (psi)
1	2	325,17	152,59	160,27	7,68	Left	0,00	0,00
						Right	0,00	0,00

Figura E.6. Pestaña de resultados del software THE Sprinkler Program para el piso 7.

Fuente: THE Sprinkler Program.

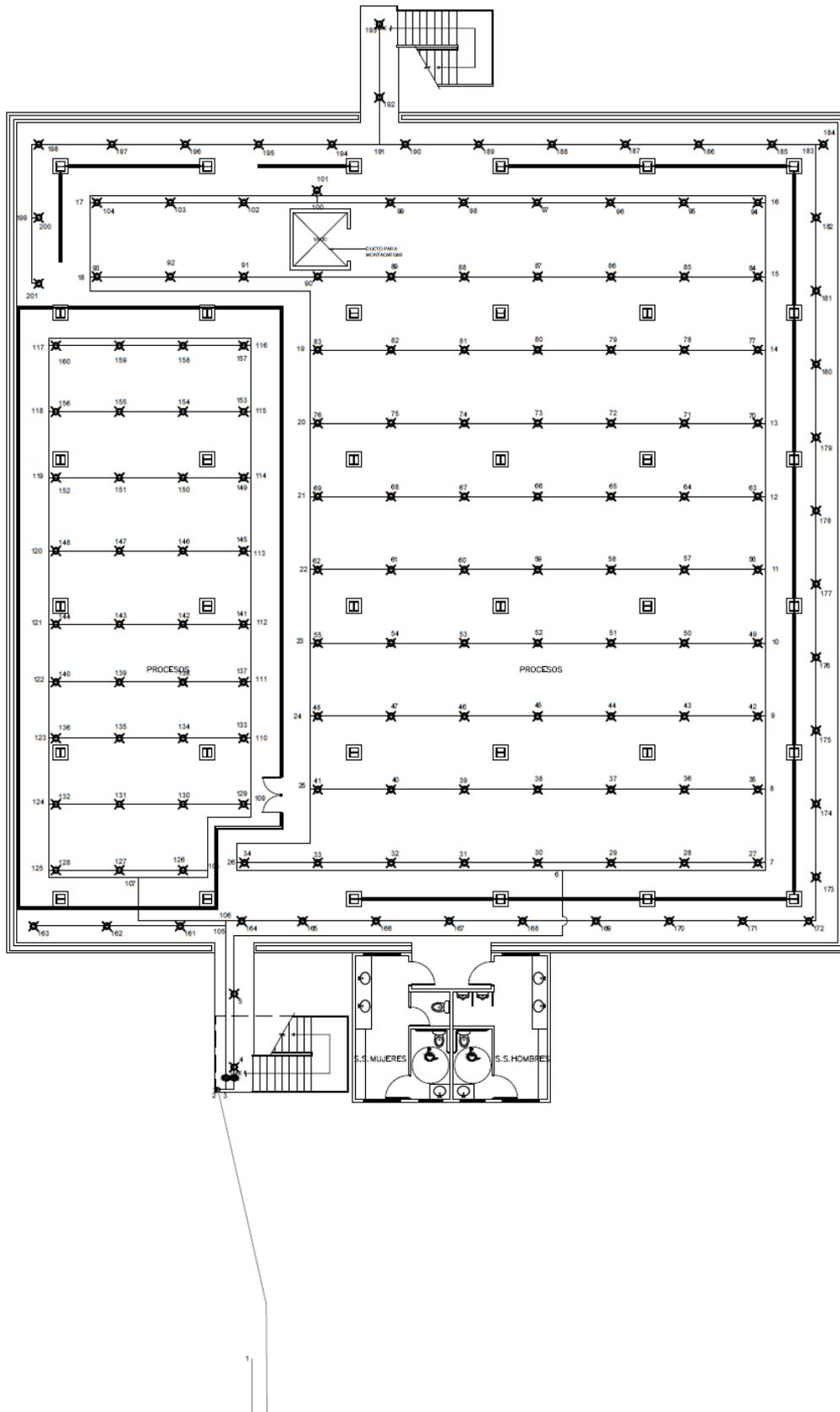


Figura E.7. Distribución de nodos para cálculo hidráulico para el piso 1.

Fuente: AutoCAD.

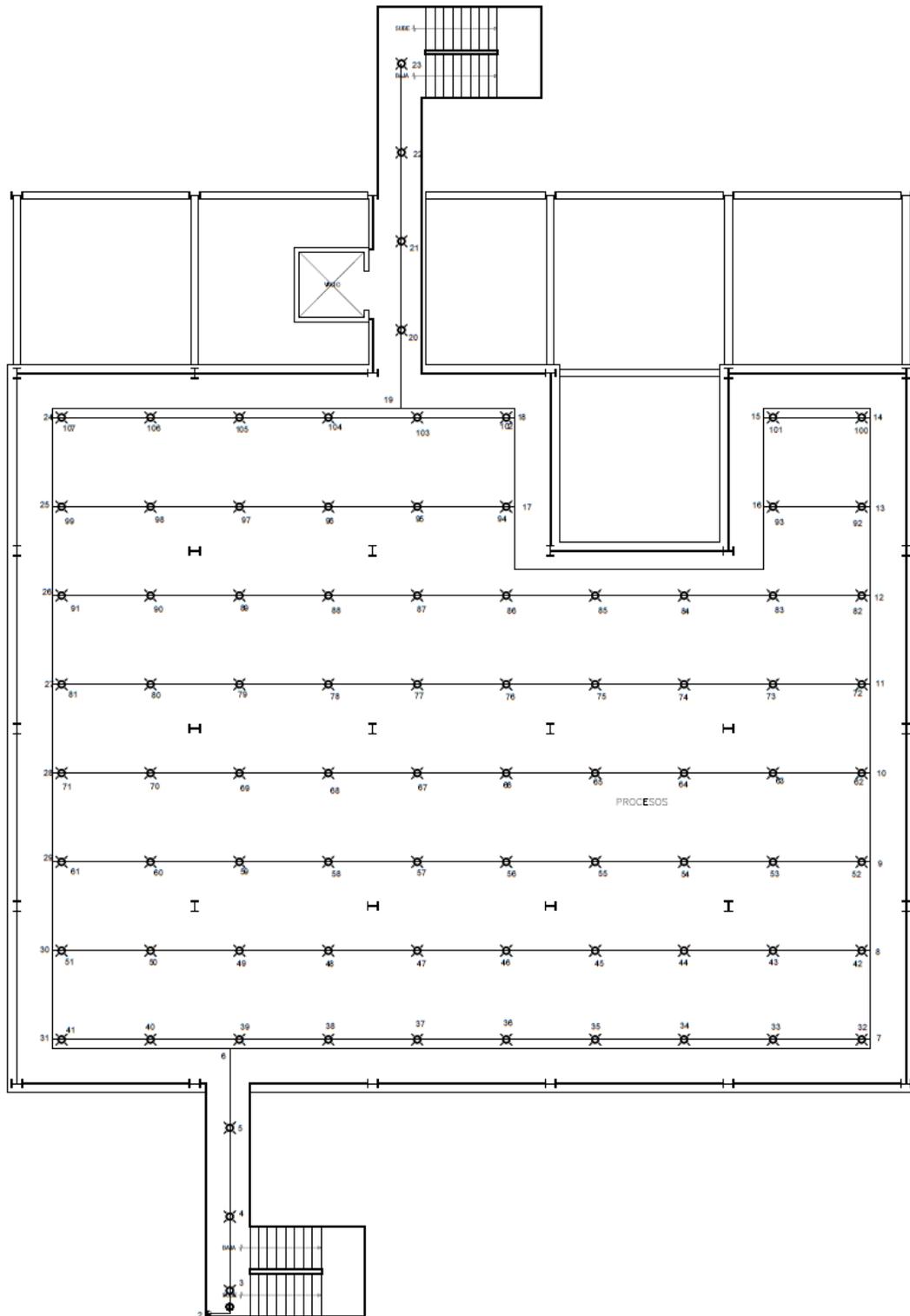


Figura E.8. Distribución de nodos para cálculo hidráulico para el piso 3.

Fuente: AutoCAD.

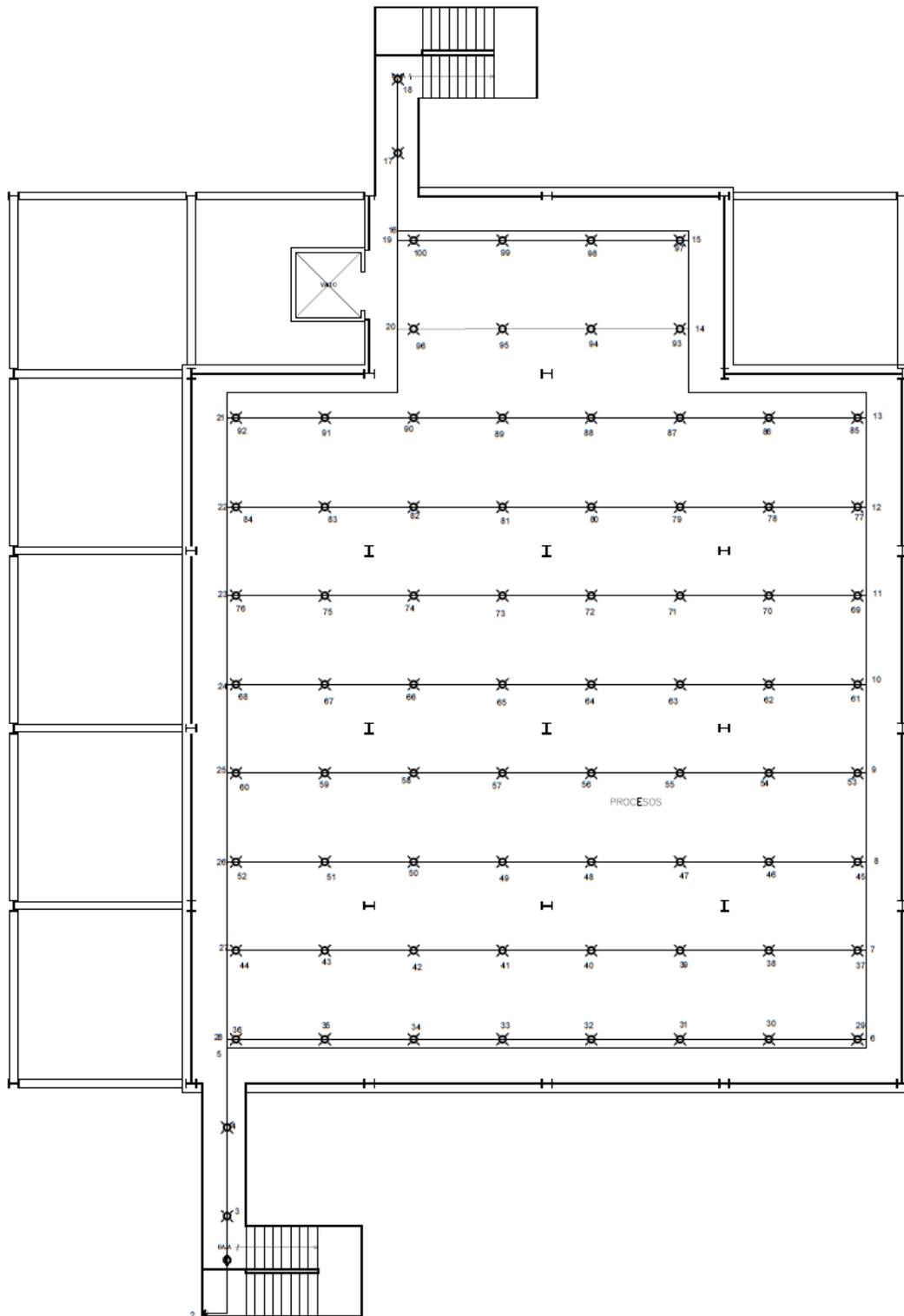


Figura E.9. Distribución de nodos para cálculo hidráulico para el piso 7.

Fuente: AutoCAD.

Node Node	Node Flow Node Flow Pipe Flow	K-factor K-factor	Elevation Elevation	Pressure Pressure	Diameter HWC Velocity	Fittings	Length Eqv Length Ttl Length	Fric Loss Elev Loss Ttl FL	Node Node	Node Flow Node Flow Pipe Flow	K-factor K-factor	Elevation Elevation	Pressure Pressure	Diameter HWC Velocity	Fittings	Length Eqv Length Ttl Length	Fric Loss Elev Loss Ttl FL
1	665.57	Source	0.00	183.02	4.026		68.901	0.081	13	0.00		9.84	121.43	2.067		9.843	0.027
2	0.00		9.84	161.75	150	2T 3E CV GV	142.040	4.26	14	0.00		9.84	120.76	150	T	15.111	0.00
	665.57				16.77		210.940	17.01		63.34				6.06		24.950	0.67
2	0.00		9.84	161.75	4.026		1.083	0.081	14	0.00		9.84	120.76	2.067		9.843	0.016
3	4.92	0.39	9.84	159.22	150	T	30.221	0.00	15	0.00		9.84	120.36	150	T	15.111	0.00
	665.57				16.77		31.300	2.52		48.53				4.64		24.950	0.41
3	4.92	0.39	9.84	159.22	3.068		4.101	0.085	15	0.00		9.84	120.36	2.067		9.941	0.006
4	4.85	0.39	9.84	154.77	150	T E BV	48.354	0.00	16	0.00		9.84	120.21	150	T	15.111	0.00
	334.63				14.52		52.460	4.45		27.63				2.64		25.050	0.14
4	4.85	0.39	9.84	154.77	3.068		9.843	0.083	16	0.00		9.84	120.21	2.067		92.623	0.000
5	0.00		9.84	150.33	150	T 2E	43.821	0.00	17	0.00		9.84	120.16	150	T 2E	30.221	0.00
	329.78				14.31		53.660	4.43		6.78				0.65		122.840	0.05
5	0.00		9.84	150.33	3.068		60.699	0.083	18	0.00		9.84	120.20	2.067		9.941	0.002
6	0.00		9.84	142.57	150	T E	33.243	0.00	17	0.00		9.84	120.16	150	T	15.111	0.00
	329.78				14.31		93.940	7.76		14.02				1.34		25.050	0.04
6	0.00		9.84	142.57	2.067		28.151	0.182	19	0.00		9.84	120.82	2.067		39.470	0.009
7	0.00		9.84	134.70	150	T	15.111	0.00	18	0.00		9.84	120.20	150	T 2E	30.221	0.00
	178.72				17.09		43.260	7.88		34.78				3.33		69.690	0.61
7	0.00		9.84	134.70	2.067		9.843	0.149	20	0.00		9.84	121.24	2.067		9.843	0.017
8	0.00		9.84	130.99	150	T	15.111	0.00	19	0.00		9.84	120.82	150	T	15.111	0.00
	160.19				15.32		24.950	3.71		49.68				4.75		24.950	0.43
8	0.00		9.84	130.99	2.067		9.843	0.120	21	0.00		9.84	121.93	2.067		9.843	0.028
9	0.00		9.84	128.00	150	T	15.111	0.00	20	0.00		9.84	121.24	150	T	15.111	0.00
	142.55				13.63		24.950	2.99		64.41				6.16		24.950	0.69
9	0.00		9.84	128.00	2.067		9.843	0.095	22	0.00		9.84	122.93	2.067		9.843	0.040
10	0.00		9.84	125.63	150	T	15.111	0.00	21	0.00		9.84	121.93	150	T	15.111	0.00
	125.71				12.02		24.950	2.37		78.94				7.55		24.950	1.00
10	0.00		9.84	125.63	2.067		9.843	0.074	23	0.00		9.84	124.29	2.067		9.843	0.055
11	0.00		9.84	123.80	150	T	15.111	0.00	22	0.00		9.84	122.93	150	T	15.111	0.00
	109.48				10.47		24.950	1.83		93.22				8.91		24.950	1.36
11	0.00		9.84	123.80	2.067		9.843	0.055	24	0.00		9.84	126.06	2.067		9.843	0.071
12	0.00		9.84	122.42	150	T	15.111	0.00	23	0.00		9.84	124.29	150	T	15.111	0.00
	93.74				8.96		24.950	1.38		107.21				10.25		24.950	1.76
12	0.00		9.84	122.42	2.067		9.843	0.040	25	0.00		9.84	128.26	2.067		9.843	0.088
13	0.00		9.84	121.43	150	T	15.111	0.00	24	0.00		9.84	126.06	150	T	15.111	0.00
	78.39				7.50		24.950	0.99		120.83				11.55		24.950	2.20

Figura E.10. Reporte de resultados del cálculo hidráulico de THE Sprinkler Program para el piso 1, páginas 1 y 2, de 19.

Fuente: THE Sprinkler Program.

Node Node	Node Flow Node Flow Pipe Flow	K-factor K-factor	Elevation Elevation	Pressure Pressure	Diameter HWC Velocity	Fittings	Length Eqv Length Ttl Length	Fric Loss Elev Loss Ttl FL	Node Node	Node Flow Node Flow Pipe Flow	K-factor K-factor	Elevation Elevation	Pressure Pressure	Diameter HWC Velocity	Fittings	Length Eqv Length Ttl Length	Fric Loss Elev Loss Ttl FL
26	0.00		9.84	133.59	2.067		19.686	0.107	35	4.44	0.39	9.84	129.43	0.824		9.843	0.129
25	0.00		9.84	128.26	150	T 2E	30.221	0.00	36	4.40	0.39	9.84	127.38	150	T	6.044	0.00
	133.97				12.81		49.910	5.33		13.20				7.94		15.890	2.06
6	0.00		9.84	142.57	2.067		44.687	0.133	36	4.40	0.39	9.84	127.38	0.824		9.843	0.061
26	0.00		9.84	133.59	150	T E	22.666	0.00	37	4.38	0.39	9.84	126.41	150	T	6.044	0.00
	151.06				14.44		67.350	8.98		8.80				5.29		15.890	0.97
7	0.00		9.84	134.70	0.824		0.984	0.242	37	4.38	0.39	9.84	126.41	0.824		9.843	0.017
27	4.50	0.39	9.84	132.99	150	T	6.044	0.00	38	4.38	0.39	9.84	126.14	150	T	6.044	0.00
	18.53				11.15		7.030	1.70		4.41				2.65		15.890	0.27
27	4.50	0.39	9.84	132.99	0.824		9.843	0.145	38	4.38	0.39	9.84	126.14	0.824		9.843	0.000
28	4.46	0.39	9.84	130.69	150	T	6.044	0.00	39	4.38	0.39	9.84	126.14	150	T	6.044	0.00
	14.03				8.44		15.890	2.30		0.03				0.02		15.890	0.00
28	4.46	0.39	9.84	130.69	0.824		9.843	0.071	40	4.38	0.39	9.84	126.40	0.824		9.843	0.017
29	4.44	0.39	9.84	129.56	150	T	6.044	0.00	39	4.38	0.39	9.84	126.14	150	T	6.044	0.00
	9.58				5.76		15.890	1.14		4.35				2.62		15.890	0.26
29	4.44	0.39	9.84	129.56	0.824		9.843	0.023	41	4.40	0.39	9.84	127.36	0.824		9.843	0.060
30	4.43	0.39	9.84	129.20	150	T	6.044	0.00	40	4.38	0.39	9.84	126.40	150	T	6.044	0.00
	5.14				3.09		15.890	0.36		8.73				5.25		15.890	0.96
30	4.43	0.39	9.84	129.20	0.824		9.843	0.001	25	0.00		9.84	128.26	0.824		0.984	0.128
31	4.43	0.39	9.84	129.19	150	T	6.044	0.00	41	4.40	0.39	9.84	127.36	150	T	6.044	0.00
	0.70				0.42		15.890	0.01		13.13				7.90		7.030	0.90
32	4.44	0.39	9.84	129.39	0.824		9.843	0.012	9	0.00		9.84	128.00	0.824		0.984	0.203
31	4.43	0.39	9.84	129.19	150	T	6.044	0.00	42	4.39	0.39	9.84	126.57	150	T	6.044	0.00
	3.73				2.24		15.890	0.20		16.84				10.13		7.030	1.43
33	4.45	0.39	9.84	130.23	0.824		9.843	0.053	42	4.39	0.39	9.84	126.57	0.824		9.843	0.116
32	4.44	0.39	9.84	129.39	150	T	6.044	0.00	43	4.36	0.39	9.84	124.72	150	T	6.044	0.00
	8.16				4.91		15.890	0.85		12.46				7.49		15.890	1.85
34	4.48	0.39	9.84	132.12	0.824		9.843	0.119	43	4.36	0.39	9.84	124.72	0.824		9.843	0.052
33	4.45	0.39	9.84	130.23	150	T	6.044	0.00	44	4.34	0.39	9.84	123.89	150	T	6.044	0.00
	12.61				7.59		15.890	1.89		8.10				4.87		15.890	0.83
26	0.00		9.84	133.59	0.824		0.984	0.209	44	4.34	0.39	9.84	123.89	0.824		9.843	0.013
34	4.48	0.39	9.84	132.12	150	T	6.044	0.00	45	4.34	0.39	9.84	123.69	150	T	6.044	0.00
	17.10				10.29		7.030	1.47		3.76				2.26		15.890	0.20
8	0.00		9.84	130.99	0.824		0.984	0.221	46	4.34	0.39	9.84	123.70	0.824		9.843	0.000
35	4.44	0.39	9.84	129.43	150	T	6.044	0.00	45	4.34	0.39	9.84	123.69	150	T	6.044	0.00
	17.64				10.61		7.030	1.55		0.58				0.35		15.890	0.01

Figura E.11. Reporte de resultados del cálculo hidráulico de THE Sprinkler Program para el piso 1, página 3 y 4, de 19.

Fuente: THE Sprinkler Program.

Node Node	Node Flow Node Flow Pipe Flow	K-factor K-factor	Elevation Elevation	Pressure Pressure	Diameter HWC Velocity	Fittings	Length Eqv Length Ttl Length	Fric Loss Elev Loss Ttl FL	Node Node	Node Flow Node Flow Pipe Flow	K-factor K-factor	Elevation Elevation	Pressure Pressure	Diameter HWC Velocity	Fittings	Length Eqv Length Ttl Length	Fric Loss Elev Loss Ttl FL
47	4.34	0.39	9.84	124.03	0.824		9.843	0.021	56	4.32	0.39	9.84	122.54	0.824		9.843	0.099
46	4.34 4.91	0.39	9.84	123.70	150 2.96	T	6.044 15.890	0.00 0.33	57	4.29 11.42	0.39	9.84	120.96	150 6.87	T	6.044 15.890	0.00 1.57
48	4.36	0.39	9.84	125.09	0.824		9.843	0.067	57	4.29	0.39	9.84	120.96	0.824		9.843	0.041
47	4.34 9.26	0.39	9.84	124.03	150 5.57	T	6.044 15.890	0.00 1.07	58	4.28 7.13	0.39	9.84	120.31	150 4.29	T	6.044 15.890	0.00 0.66
24	0.00		9.84	126.06	0.824		0.984	0.137	58	4.28	0.39	9.84	120.31	0.824		9.843	0.008
48	4.36 13.62	0.39	9.84	125.09	150 8.19	T	6.044 7.030	0.00 0.96	59	4.28 2.86	0.39	9.84	120.18	150 1.72	T	6.044 15.890	0.00 0.12
10	0.00		9.84	125.63	0.824		0.984	0.190	60	4.28	0.39	9.84	120.22	0.824		9.843	0.002
49	4.35 16.23	0.39	9.84	124.30	150 9.76	T	6.044 7.030	0.00 1.33	59	4.28 1.42	0.39	9.84	120.18	150 0.85	T	6.044 15.890	0.00 0.03
49	4.35	0.39	9.84	124.30	0.824		9.843	0.106	61	4.28	0.39	9.84	120.65	0.824		9.843	0.027
50	4.32 11.88	0.39	9.84	122.61	150 7.15	T	6.044 15.890	0.00 1.69	60	4.28 5.70	0.39	9.84	120.22	150 3.43	T	6.044 15.890	0.00 0.43
50	4.32	0.39	9.84	122.61	0.824		9.843	0.046	62	4.31	0.39	9.84	121.88	0.824		9.843	0.077
51	4.31 7.56	0.39	9.84	121.87	150 4.55	T	6.044 15.890	0.00 0.73	61	4.28 9.98	0.39	9.84	120.65	150 6.00	T	6.044 15.890	0.00 1.23
51	4.31	0.39	9.84	121.87	0.824		9.843	0.010	22	0.00		9.84	122.93	0.824		0.984	0.150
52	4.30 3.25	0.39	9.84	121.72	150 1.96	T	6.044 15.890	0.00 0.15	62	4.31 14.29	0.39	9.84	121.88	150 8.59	T	6.044 7.030	0.00 1.05
53	4.30	0.39	9.84	121.74	0.824		9.843	0.001	12	0.00		9.84	122.42	0.824		0.984	0.171
52	4.30 1.05	0.39	9.84	121.72	150 0.63	T	6.044 15.890	0.00 0.02	63	4.29 15.35	0.39	9.84	121.22	150 9.24	T	6.044 7.030	0.00 1.20
54	4.31	0.39	9.84	122.13	0.824		9.843	0.024	63	4.29	0.39	9.84	121.22	0.824		9.843	0.093
53	4.30 5.35	0.39	9.84	121.74	150 3.22	T	6.044 15.890	0.00 0.39	64	4.27 11.06	0.39	9.84	119.73	150 6.65	T	6.044 15.890	0.00 1.48
55	4.33	0.39	9.84	123.28	0.824		9.843	0.073	64	4.27	0.39	9.84	119.73	0.824		9.843	0.038
54	4.31 9.66	0.39	9.84	122.13	150 5.81	T	6.044 15.890	0.00 1.15	65	4.26 6.79	0.39	9.84	119.13	150 4.09	T	6.044 15.890	0.00 0.60
23	0.00		9.84	124.29	0.824		0.984	0.144	65	4.26	0.39	9.84	119.13	0.824		9.843	0.006
55	4.33 13.99	0.39	9.84	123.28	150 8.42	T	6.044 7.030	0.00 1.01	66	4.25 2.54	0.39	9.84	119.04	150 1.53	T	6.044 15.890	0.00 0.10
11	0.00		9.84	123.80	0.824		0.984	0.179	67	4.26	0.39	9.84	119.08	0.824		9.843	0.003
56	4.32 15.74	0.39	9.84	122.54	150 9.47	T	6.044 7.030	0.00 1.26	66	4.25 1.72	0.39	9.84	119.04	150 1.03	T	6.044 15.890	0.00 0.05

Figura E.12. Reporte de resultados del cálculo hidráulico de THE Sprinkler Program para el piso 1, página 5 y 6, de 19.

Fuente: THE Sprinkler Program.

Node Node	Node Flow Node Flow Pipe Flow	K-factor K-factor	Elevation Elevation	Pressure Pressure	Diameter HWC Velocity	Fittings	Length Eqv Length Ttl Length	Fric Loss Elev Loss Ttl FL	Node Node	Node Flow Node Flow Pipe Flow	K-factor K-factor	Elevation Elevation	Pressure Pressure	Diameter HWC Velocity	Fittings	Length Eqv Length Ttl Length	Fric Loss Elev Loss Ttl FL
68	4.26	0.39	9.84	119.56	0.824		9.843	0.030	77	4.27	0.39	9.84	119.64	0.824		9.843	0.085
67	4.26	0.39	9.84	119.08	150	T	6.044	0.00	78	4.24	0.39	9.84	118.28	150	T	6.044	0.00
	5.97				3.59		15.890	0.47		10.55				6.34		15.890	1.36
69	4.29	0.39	9.84	120.84	0.824		9.843	0.081	78	4.24	0.39	9.84	118.28	0.824		9.843	0.033
68	4.26	0.39	9.84	119.56	150	T	6.044	0.00	79	4.23	0.39	9.84	117.76	150	T	6.044	0.00
	10.24				6.16		15.890	1.29		6.30				3.79		15.890	0.52
21	0.00		9.84	121.93	0.824		0.984	0.154	79	4.23	0.39	9.84	117.76	0.824		9.843	0.004
69	4.29	0.39	9.84	120.84	150	T	6.044	0.00	80	4.23	0.39	9.84	117.69	150	T	6.044	0.00
	14.53				8.74		7.030	1.09		2.07				1.25		15.890	0.07
13	0.00		9.84	121.43	0.824		0.984	0.165	81	4.23	0.39	9.84	117.76	0.824		9.843	0.005
70	4.28	0.39	9.84	120.27	150	T	6.044	0.00	80	4.23	0.39	9.84	117.69	150	T	6.044	0.00
	15.05				9.05		7.030	1.16		2.16				1.30		15.890	0.07
70	4.28	0.39	9.84	120.27	0.824		9.843	0.089	82	4.24	0.39	9.84	118.30	0.824		9.843	0.034
71	4.25	0.39	9.84	118.86	150	T	6.044	0.00	81	4.23	0.39	9.84	117.76	150	T	6.044	0.00
	10.77				6.48		15.890	1.41		6.39				3.84		15.890	0.54
71	4.25	0.39	9.84	118.86	0.824		9.843	0.035	83	4.27	0.39	9.84	119.68	0.824		9.843	0.087
72	4.24	0.39	9.84	118.30	150	T	6.044	0.00	82	4.24	0.39	9.84	118.30	150	T	6.044	0.00
	6.52				3.92		15.890	0.56		10.63				6.40		15.890	1.38
72	4.24	0.39	9.84	118.30	0.824		9.843	0.005	19	0.00		9.84	120.82	0.824		0.984	0.162
73	4.24	0.39	9.84	118.22	150	T	6.044	0.00	83	4.27	0.39	9.84	119.68	150	T	6.044	0.00
	2.28				1.37		15.890	0.08		14.90				8.96		7.030	1.14
74	4.24	0.39	9.84	118.28	0.824		9.843	0.004	15	0.00		9.84	120.36	0.824		0.984	0.303
73	4.24	0.39	9.84	118.22	150	T	6.044	0.00	84	4.24	0.39	9.84	118.23	150	T	6.044	0.00
	1.96				1.18		15.890	0.06		20.90				12.58		7.030	2.13
75	4.25	0.39	9.84	118.79	0.824		9.843	0.032	84	4.24	0.39	9.84	118.23	0.824		9.843	0.199
74	4.24	0.39	9.84	118.28	150	T	6.044	0.00	85	4.18	0.39	9.84	115.06	150	T	6.044	0.00
	6.20				3.73		15.890	0.51		16.66				10.03		15.890	3.16
76	4.27	0.39	9.84	120.13	0.824		9.843	0.084	85	4.18	0.39	9.84	115.06	0.824		9.843	0.117
75	4.25	0.39	9.84	118.79	150	T	6.044	0.00	86	4.15	0.39	9.84	113.21	150	T	6.044	0.00
	10.45				6.29		15.890	1.34		12.48				7.51		15.890	1.85
20	0.00		9.84	121.24	0.824		0.984	0.158	86	4.15	0.39	9.84	113.21	0.824		9.843	0.055
76	4.27	0.39	9.84	120.13	150	T	6.044	0.00	87	4.13	0.39	9.84	112.33	150	T	6.044	0.00
	14.73				8.86		7.030	1.11		8.33				5.01		15.890	0.88
14	0.00		9.84	120.76	0.824		0.984	0.160	87	4.13	0.39	9.84	112.33	0.824		9.843	0.016
77	4.27	0.39	9.84	119.64	150	T	6.044	0.00	88	4.13	0.39	9.84	112.09	150	T	6.044	0.00
	14.81				8.91		7.030	1.13		4.20				2.53		15.890	0.25

Figura E.13. Reporte de resultados del cálculo hidráulico de THE Sprinkler Program para el piso 1, página 7 y 8, de 19.

Fuente: THE Sprinkler Program.

Node Node	Node Flow Node Flow Pipe Flow	K-factor K-factor	Elevation Elevation	Pressure Pressure	Diameter HWC Velocity	Fittings	Length Eqv Length Ttl Length	Fric Loss Elev Loss Ttl FL	Node Node	Node Flow Node Flow Pipe Flow	K-factor K-factor	Elevation Elevation	Pressure Pressure	Diameter HWC Velocity	Fittings	Length Eqv Length Ttl Length	Fric Loss Elev Loss Ttl FL
88	4.13	0.39	9.84	112.09	0.824		9.843	0.000	100	0.00		9.84	112.24	0.824		9.843	0.015
89	4.13 0.07	0.39	9.84	112.09	150 0.04	T	6.044 15.890	0.00 0.00	99	4.13 4.10	0.39	9.84	112.00	150 2.47	T	6.044 15.890	0.00 0.24
90	4.13	0.39	9.84	112.32	0.824		9.843	0.015	100	0.00		9.84	112.24	0.824		1.640	0.015
89	4.13 4.06	0.39	9.84	112.09	150 2.44	T	6.044 15.890	0.00 0.23	101	4.13 4.13	0.39	9.84	112.12	150 2.48	T	6.044 7.680	0.00 0.12
91	4.15	0.39	9.84	113.17	0.824		9.843	0.054	102	4.15	0.39	9.84	113.10	0.824		9.843	0.054
90	4.13 8.19	0.39	9.84	112.32	150 4.93	T	6.044 15.890	0.00 0.85	100	0.00 8.23		9.84	112.24	150 4.95	T	6.044 15.890	0.00 0.86
92	4.18	0.39	9.84	114.98	0.824		9.843	0.114	103	4.18	0.39	9.84	114.92	0.824		9.843	0.115
91	4.15 12.34	0.39	9.84	113.17	150 7.43	T	6.044 15.890	0.00 1.82	102	4.15 12.38	0.39	9.84	113.10	150 7.45	T	6.044 15.890	0.00 1.83
93	4.24	0.39	9.84	118.10	0.824		9.843	0.196	104	4.24	0.39	9.84	118.05	0.824		9.843	0.197
92	4.18 16.52	0.39	9.84	114.98	150 9.94	T	6.044 15.890	0.00 3.11	103	4.18 16.56	0.39	9.84	114.92	150 9.96	T	6.044 15.890	0.00 3.13
18	0.00		9.84	120.20	0.824		0.984	0.299	17	0.00		9.84	120.16	0.824		0.984	0.300
93	4.24 20.76	0.39	9.84	118.10	150 12.49	T	6.044 7.030	0.00 2.10	104	4.24 20.80	0.39	9.84	118.05	150 12.51	T	6.044 7.030	0.00 2.11
16	0.00		9.84	120.21	0.824		0.984	0.301	3	4.92	0.39	9.84	159.22	3.068		21.983	0.081
94	4.24 20.85	0.39	9.84	118.09	150 12.54	T	6.044 7.030	0.00 2.12	105	0.00 326.02		9.84	154.39	150 14.15	T BV	37.777 59.760	0.00 4.83
94	4.24	0.39	9.84	118.09	0.824		9.843	0.198	105	0.00		9.84	154.39	3.068		0.689	0.075
95	4.18 16.61	0.39	9.84	114.95	150 9.99	T	6.044 15.890	0.00 3.15	106	0.00 311.92		9.84	152.65	150 13.54	T	22.666 23.350	0.00 1.74
95	4.18	0.39	9.84	114.95	0.824		9.843	0.116	106	0.00		9.84	152.65	3.068		17.586	0.022
96	4.15 12.43	0.39	9.84	113.11	150 7.48	T	6.044 15.890	0.00 1.84	107	0.00 160.79		9.84	151.54	150 6.98	T E	33.243 50.830	0.00 1.11
96	4.15	0.39	9.84	113.11	0.824		9.843	0.055	107	0.00		9.84	151.54	1.610		10.204	0.133
97	4.13 8.28	0.39	9.84	112.24	150 4.98	T	6.044 15.890	0.00 0.87	108	0.00 78.13		9.84	147.77	150 12.31	T E	18.133 28.340	0.00 3.77
97	4.13	0.39	9.84	112.24	0.824		9.843	0.015	108	0.00		9.84	147.77	1.610		14.699	0.110
98	4.13 4.15	0.39	9.84	112.00	150 2.50	T	6.044 15.890	0.00 0.24	109	0.00 70.57		9.84	143.48	150 11.12	T 2E	24.177 38.880	0.00 4.28
98	4.13	0.39	9.84	112.00	0.824		9.843	0.000	109	0.00		9.84	143.48	1.610		8.859	0.086
99	4.13 0.02	0.39	9.84	112.00	150 0.01	T	6.044 15.890	0.00 0.00	110	0.00 61.84		9.84	141.67	150 9.74	T	12.089 20.950	0.00 1.81

Figura E.14. Reporte de resultados del cálculo hidráulico de THE Sprinkler Program para el piso 1, página 9 y 10, de 19.

Fuente: THE Sprinkler Program.

Node Node	Node Flow Node Flow Pipe Flow	K-factor K-factor	Elevation Elevation	Pressure Pressure	Diameter HWC Velocity	Fittings	Length Eqv Length Ttl Length	Fric Loss Elev Loss Ttl FL	Node Node	Node Flow Node Flow Pipe Flow	K-factor K-factor	Elevation Elevation	Pressure Pressure	Diameter HWC Velocity	Fittings	Length Eqv Length Ttl Length	Fric Loss Elev Loss Ttl FL
110	0.00		9.84	141.67	1.610		7.546	0.065	123	0.00		9.84	142.22	1.610		7.546	0.073
111	0.00		9.84	140.40	150	T	12.089	0.00	122	0.00		9.84	140.78	150	T	12.089	0.00
	52.99				8.35		19.630	1.27		56.62				8.92		19.630	1.44
111	0.00		9.84	140.40	1.610		7.776	0.046	124	0.00		9.84	144.27	1.610		8.859	0.098
112	0.00		9.84	139.49	150	T	12.089	0.00	123	0.00		9.84	142.22	150	T	12.089	0.00
	44.06				6.94		19.860	0.92		66.23				10.44		20.950	2.05
112	0.00		9.84	139.49	1.610		9.843	0.030	125	0.00		9.84	146.92	1.610		8.859	0.127
113	0.00		9.84	138.82	150	T	12.089	0.00	124	0.00		9.84	144.27	150	T	12.089	0.00
	35.07				5.53		21.930	0.66		76.07				11.99		20.950	2.65
113	0.00		9.84	138.82	1.610		9.843	0.017	107	0.00		9.84	151.54	1.610		13.124	0.148
114	0.00		9.84	138.44	150	T	12.089	0.00	125	0.00		9.84	146.92	150	T E	18.133	0.00
	26.04				4.10		21.930	0.38		82.66				13.03		31.260	4.61
114	0.00		9.84	138.44	1.610		8.859	0.008	108	0.00		9.84	147.77	0.622		3.248	0.181
115	0.00		9.84	138.28	150	T	12.089	0.00	126	4.72	0.39	9.84	146.35	150	T	4.533	0.00
	16.96				2.67		20.950	0.17		7.56				7.98		7.780	1.41
115	0.00		9.84	138.28	1.610		8.859	0.002	126	4.72	0.39	9.84	146.35	0.622		8.531	0.030
116	0.00		9.84	138.24	150	T	12.089	0.00	127	4.71	0.39	9.84	145.97	150	T	4.533	0.00
	7.85				1.24		20.950	0.04		2.84				3.00		13.060	0.39
117	0.00		9.84	138.24	1.610		29.102	0.000	128	4.71	0.39	9.84	146.15	0.622		8.531	0.014
116	0.00		9.84	138.24	150	T 2E	24.177	0.00	127	4.71	0.39	9.84	145.97	150	T	4.533	0.00
	1.28				0.20		53.280	0.00		1.87				1.97		13.060	0.18
118	0.00		9.84	138.31	1.610		8.859	0.003	125	0.00		9.84	146.92	0.622		0.984	0.141
117	0.00		9.84	138.24	150	T	12.089	0.00	128	4.71	0.39	9.84	146.15	150	T	4.533	0.00
	10.37				1.63		20.950	0.07		6.58				6.95		5.520	0.78
119	0.00		9.84	138.52	1.610		8.859	0.010	109	0.00		9.84	143.48	0.622		0.984	0.237
118	0.00		9.84	138.31	150	T	12.089	0.00	129	4.65	0.39	9.84	142.17	150	T	4.533	0.00
	19.48				3.07		20.950	0.21		8.74				9.23		5.520	1.31
120	0.00		9.84	138.98	1.610		9.843	0.021	129	4.65	0.39	9.84	142.17	0.622		8.104	0.058
119	0.00		9.84	138.52	150	T	12.089	0.00	130	4.64	0.39	9.84	141.44	150	T	4.533	0.00
	28.63				4.51		21.930	0.46		4.09				4.32		12.640	0.74
121	0.00		9.84	139.74	1.610		9.843	0.035	131	4.64	0.39	9.84	141.46	0.622		8.531	0.001
120	0.00		9.84	138.98	150	T	12.089	0.00	130	4.64	0.39	9.84	141.44	150	T	4.533	0.00
	37.86				5.97		21.930	0.76		0.55				0.58		13.060	0.02
122	0.00		9.84	140.78	1.610		7.776	0.052	132	4.66	0.39	9.84	142.64	0.622		8.531	0.090
121	0.00		9.84	139.74	150	T	12.089	0.00	131	4.64	0.39	9.84	141.46	150	T	4.533	0.00
	47.18				7.43		19.860	1.04		5.19				5.48		13.060	1.18

Figura E.15. Reporte de resultados del cálculo hidráulico de THE Sprinkler Program para el piso 1, página 11 y 12, de 19.

Fuente: THE Sprinkler Program.

Node Node	Node Flow Node Flow Pipe Flow	K-factor K-factor	Elevation Elevation	Pressure Pressure	Diameter HWC Velocity	Fittings	Length Eqv Length Ttl Length	Fric Loss Elev Loss Ttl FL	Node Node	Node Flow Node Flow Pipe Flow	K-factor K-factor	Elevation Elevation	Pressure Pressure	Diameter HWC Velocity	Fittings	Length Eqv Length Ttl Length	Fric Loss Elev Loss Ttl FL
124	0.00		9.84	144.27	0.622		0.984	0.296	141	4.58	0.39	9.84	138.11	0.622		8.104	0.067
132	4.66	0.39	9.84	142.64	150	T	4.533	0.00	142	4.57	0.39	9.84	137.26	150	T	4.533	0.00
	9.85				10.40		5.520	1.63		4.40				4.65		12.640	0.84
110	0.00		9.84	141.67	0.622		0.984	0.243	143	4.57	0.39	9.84	137.27	0.622		8.531	0.000
133	4.62	0.39	9.84	140.33	150	T	4.533	0.00	142	4.57	0.39	9.84	137.26	150	T	4.533	0.00
	8.85				9.34		5.520	1.34		0.17				0.18		13.060	0.00
133	4.62	0.39	9.84	140.33	0.622		8.104	0.062	144	4.59	0.39	9.84	138.26	0.622		8.531	0.076
134	4.61	0.39	9.84	139.55	150	T	4.533	0.00	143	4.57	0.39	9.84	137.27	150	T	4.533	0.00
	4.23				4.47		12.640	0.78		4.74				5.00		13.060	1.00
135	4.61	0.39	9.84	139.56	0.622		8.531	0.001	121	0.00		9.84	139.74	0.622		0.984	0.267
134	4.61	0.39	9.84	139.55	150	T	4.533	0.00	144	4.59	0.39	9.84	138.26	150	T	4.533	0.00
	0.38				0.40		13.060	0.01		9.32				9.84		5.520	1.48
136	4.63	0.39	9.84	140.66	0.622		8.531	0.084	113	0.00		9.84	138.82	0.622		0.984	0.253
135	4.61	0.39	9.84	139.56	150	T	4.533	0.00	145	4.57	0.39	9.84	137.43	150	T	4.533	0.00
	4.98				5.26		13.060	1.10		9.04				9.54		5.520	1.39
123	0.00		9.84	142.22	0.622		0.984	0.283	145	4.57	0.39	9.84	137.43	0.622		8.104	0.069
136	4.63	0.39	9.84	140.66	150	T	4.533	0.00	146	4.56	0.39	9.84	136.56	150	T	4.533	0.00
	9.61				10.15		5.520	1.56		4.47				4.72		12.640	0.87
111	0.00		9.84	140.40	0.622		0.984	0.247	147	4.56	0.39	9.84	136.56	0.622		8.531	0.000
137	4.60	0.39	9.84	139.04	150	T	4.533	0.00	146	4.56	0.39	9.84	136.56	150	T	4.533	0.00
	8.93				9.43		5.520	1.36		0.09				0.10		13.060	0.00
137	4.60	0.39	9.84	139.04	0.622		8.104	0.065	148	4.57	0.39	9.84	137.53	0.622		8.531	0.074
138	4.58	0.39	9.84	138.22	150	T	4.533	0.00	147	4.56	0.39	9.84	136.56	150	T	4.533	0.00
	4.33				4.57		12.640	0.82		4.65				4.91		13.060	0.96
139	4.58	0.39	9.84	138.23	0.622		8.531	0.000	120	0.00		9.84	138.98	0.622		0.984	0.262
138	4.58	0.39	9.84	138.22	150	T	4.533	0.00	148	4.57	0.39	9.84	137.53	150	T	4.533	0.00
	0.26				0.27		13.060	0.00		9.22				9.74		5.520	1.45
140	4.60	0.39	9.84	139.27	0.622		8.531	0.080	114	0.00		9.84	138.44	0.622		0.984	0.255
139	4.58	0.39	9.84	138.23	150	T	4.533	0.00	149	4.57	0.39	9.84	137.04	150	T	4.533	0.00
	4.84				5.11		13.060	1.04		9.08				9.59		5.520	1.41
122	0.00		9.84	140.78	0.622		0.984	0.274	149	4.57	0.39	9.84	137.04	0.622		8.104	0.070
140	4.60	0.39	9.84	139.27	150	T	4.533	0.00	150	4.55	0.39	9.84	136.15	150	T	4.533	0.00
	9.44				9.97		5.520	1.51		4.51				4.77		12.640	0.88
112	0.00		9.84	139.49	0.622		0.984	0.250	151	4.55	0.39	9.84	136.15	0.622		8.531	0.000
141	4.58	0.39	9.84	138.11	150	T	4.533	0.00	150	4.55	0.39	9.84	136.15	150	T	4.533	0.00
	8.99				9.49		5.520	1.38		0.04				0.04		13.060	0.00

Figura E.16. Reporte de resultados del cálculo hidráulico de THE Sprinkler Program para el piso 1, página 13 y 14, de 19.

Fuente: THE Sprinkler Program.

Node Node	Node Flow Node Flow Pipe Flow	K-factor K-factor	Elevation Elevation	Pressure Pressure	Diameter HWC Velocity	Fittings	Length Eqv Length Ttl Length	Fric Loss Elev Loss Ttl FL	Node Node	Node Flow Node Flow Pipe Flow	K-factor K-factor	Elevation Elevation	Pressure Pressure	Diameter HWC Velocity	Fittings	Length Eqv Length Ttl Length	Fric Loss Elev Loss Ttl FL
152	4.57	0.39	9.84	137.09	0.622		8.531	0.072	105	0.00		9.84	154.39	0.622		6.168	0.575
151	4.55	0.39	9.84	136.15	150	T	4.533	0.00	161	4.75	0.39	9.84	148.23	150	T	4.533	0.00
	4.59				4.84		13.060	0.94		14.10				14.89		10.700	6.15
119	0.00		9.84	138.52	0.622		0.984	0.259	161	4.75	0.39	9.84	148.23	0.622		9.843	0.269
152	4.57	0.39	9.84	137.09	150	T	4.533	0.00	162	4.69	0.39	9.84	144.36	150	T	4.533	0.00
	9.15				9.66		5.520	1.43		9.35				9.88		14.380	3.87
115	0.00		9.84	138.28	0.622		0.984	0.256	162	4.69	0.39	9.84	144.36	0.622		9.843	0.074
153	4.56	0.39	9.84	136.86	150	T	4.533	0.00	163	4.67	0.39	9.84	143.29	150	T	4.533	0.00
	9.11				9.62		5.520	1.41		4.67				4.93		14.380	1.07
153	4.56	0.39	9.84	136.86	0.622		8.104	0.071	106	0.00		9.84	152.65	2.067		2.067	0.133
154	4.55	0.39	9.84	135.97	150	T	4.533	0.00	164	4.78	0.39	9.84	150.35	150	T	15.111	0.00
	4.55				4.80		12.640	0.90		151.12				14.45		17.180	2.29
155	4.55	0.39	9.84	135.97	0.622		8.531	0.000	164	4.78	0.39	9.84	150.35	2.067		8.203	0.126
154	4.55	0.39	9.84	135.97	150	T	4.533	0.00	165	4.73	0.39	9.84	147.42	150	T	15.111	0.00
	0.00				0.00		13.060	0.00		146.34				13.99		23.310	2.93
156	4.56	0.39	9.84	136.89	0.622		8.531	0.071	165	4.73	0.39	9.84	147.42	2.067		9.843	0.118
155	4.55	0.39	9.84	135.97	150	T	4.533	0.00	166	4.69	0.39	9.84	144.47	150	T	15.111	0.00
	4.55				4.80		13.060	0.93		141.61				13.54		24.950	2.95
118	0.00		9.84	138.31	0.622		0.984	0.256	166	4.69	0.39	9.84	144.47	2.067		9.843	0.111
156	4.56	0.39	9.84	136.89	150	T	4.533	0.00	167	4.64	0.39	9.84	141.69	150	T	15.111	0.00
	9.11				9.62		5.520	1.41		136.92				13.09		24.950	2.77
116	0.00		9.84	138.24	0.622		0.984	0.257	167	4.64	0.39	9.84	141.69	2.067		9.843	0.104
157	4.56	0.39	9.84	136.82	150	T	4.533	0.00	168	4.60	0.39	9.84	139.09	150	T	15.111	0.00
	9.13				9.64		5.520	1.42		132.28				12.65		24.950	2.60
157	4.56	0.39	9.84	136.82	0.622		8.104	0.071	168	4.60	0.39	9.84	139.09	2.067		9.843	0.098
158	4.55	0.39	9.84	135.91	150	T	4.533	0.00	169	4.56	0.39	9.84	136.65	150	T	15.111	0.00
	4.57				4.82		12.640	0.90		127.68				12.21		24.950	2.44
158	4.55	0.39	9.84	135.91	0.622		8.531	0.000	169	4.56	0.39	9.84	136.65	2.067		9.843	0.091
159	4.55	0.39	9.84	135.91	150	T	4.533	0.00	170	4.52	0.39	9.84	134.37	150	T	15.111	0.00
	0.02				0.02		13.060	0.00		123.12				11.77		24.950	2.28
160	4.56	0.39	9.84	136.83	0.622		8.531	0.070	170	4.52	0.39	9.84	134.37	2.067		9.843	0.085
159	4.55	0.39	9.84	135.91	150	T	4.533	0.00	171	4.48	0.39	9.84	132.25	150	T	15.111	0.00
	4.53				4.78		13.060	0.92		118.60				11.34		24.950	2.13
117	0.00		9.84	138.24	0.622		0.984	0.255	171	4.48	0.39	9.84	132.25	2.067		8.859	0.079
160	4.56	0.39	9.84	136.83	150	T	4.533	0.00	172	4.45	0.39	9.84	130.34	150	T	15.111	0.00
	9.09				9.60		5.520	1.41		114.11				10.91		23.970	1.90

Figura E.17. Reporte de resultados del cálculo hidráulico de THE Sprinkler Program para el piso 1, página 15 y 16, de 19.

Fuente: THE Sprinkler Program.

Node Node	Node Flow Node Flow Pipe Flow	K-factor K-factor	Elevation Elevation	Pressure Pressure	Diameter HWC Velocity	Fittings	Length Eqv Length Ttl Length	Fric Loss Elev Loss Ttl FL	Node Node	Node Flow Node Flow Pipe Flow	K-factor K-factor	Elevation Elevation	Pressure Pressure	Diameter HWC Velocity	Fittings	Length Eqv Length Ttl Length	Fric Loss Elev Loss Ttl FL
172	4.45	0.39	9.84	130.34	2.067		5.906	0.074	183	0.00		9.84	116.36	2.067		0.984	0.000
173	4.42	0.39	9.84	128.24	150	T E	22.666	0.00	184	4.21	0.39	9.84	116.36	150	T	15.111	0.00
	109.66				10.49		28.570	2.11		4.21				0.40		16.090	0.00
173	4.42	0.39	9.84	128.24	2.067		9.843	0.068	183	0.00		9.84	116.36	2.067		5.906	0.026
174	4.39	0.39	9.84	126.53	150	T	15.111	0.00	185	4.20	0.39	9.84	115.82	150	T	15.111	0.00
	105.25				10.06		24.950	1.71		62.39				5.96		21.020	0.55
174	4.39	0.39	9.84	126.53	2.067		9.843	0.063	185	4.20	0.39	9.84	115.82	2.067		9.843	0.023
175	4.36	0.39	9.84	124.96	150	T	15.111	0.00	186	4.19	0.39	9.84	115.25	150	T	15.111	0.00
	100.86				9.64		24.950	1.58		58.19				5.56		24.950	0.57
175	4.36	0.39	9.84	124.96	2.067		9.843	0.058	186	4.19	0.39	9.84	115.25	2.067		9.843	0.020
176	4.33	0.39	9.84	123.50	150	T	15.111	0.00	187	4.18	0.39	9.84	114.75	150	T	15.111	0.00
	96.50				9.23		24.950	1.45		54.00				5.16		24.950	0.50
176	4.33	0.39	9.84	123.50	2.067		9.843	0.053	187	4.18	0.39	9.84	114.75	2.067		9.843	0.017
177	4.31	0.39	9.84	122.17	150	T	15.111	0.00	188	4.17	0.39	9.84	114.32	150	T	15.111	0.00
	92.17				8.81		24.950	1.33		49.82				4.76		24.950	0.43
177	4.31	0.39	9.84	122.17	2.067		9.843	0.049	188	4.17	0.39	9.84	114.32	2.067		9.843	0.015
178	4.29	0.39	9.84	120.95	150	T	15.111	0.00	189	4.16	0.39	9.84	113.96	150	T	15.111	0.00
	87.86				8.40		24.950	1.22		45.65				4.37		24.950	0.36
178	4.29	0.39	9.84	120.95	2.067		9.843	0.045	189	4.16	0.39	9.84	113.96	2.067		9.843	0.012
179	4.27	0.39	9.84	119.83	150	T	15.111	0.00	190	4.16	0.39	9.84	113.65	150	T	15.111	0.00
	83.57				7.99		24.950	1.11		41.49				3.97		24.950	0.30
179	4.27	0.39	9.84	119.83	2.067		9.843	0.040	190	4.16	0.39	9.84	113.65	2.067		3.478	0.010
180	4.25	0.39	9.84	118.82	150	T	15.111	0.00	191	0.00		9.84	113.47	150	T	15.111	0.00
	79.30				7.58		24.950	1.01		37.33				3.57		18.590	0.19
180	4.25	0.39	9.84	118.82	2.067		9.843	0.037	191	0.00		9.84	113.47	1.049		6.300	0.017
181	4.23	0.39	9.84	117.91	150	T	15.111	0.00	192	4.15	0.39	9.84	113.23	150	T	7.555	0.00
	75.05				7.18		24.950	0.91		8.30				3.08		13.860	0.23
181	4.23	0.39	9.84	117.91	2.067		9.843	0.033	192	4.15	0.39	9.84	113.23	1.049		9.843	0.005
182	4.22	0.39	9.84	117.09	150	T	15.111	0.00	193	4.15	0.39	9.84	113.15	150	T	7.555	0.00
	70.81				6.77		24.950	0.82		4.15				1.54		17.400	0.08
182	4.22	0.39	9.84	117.09	2.067		9.843	0.029	191	0.00		9.84	113.47	2.067		6.365	0.006
183	0.00	0.39	9.84	116.36	150	T	15.111	0.00	194	4.15	0.39	9.84	113.33	150	T	15.111	0.00
	66.59				6.37		24.950	0.73		29.03				2.78		21.480	0.14
									194	4.15	0.39	9.84	113.33	2.067		9.843	0.005
									195	4.15	0.39	9.84	113.21	150	T	15.111	0.00
										24.88				2.38		24.950	0.12

Figura E.18. Reporte de resultados del cálculo hidráulico de THE Sprinkler Program para el piso 1, página 17 y 18, de 19.

Fuente: THE Sprinkler Program.

Node Node	Node Flow Node Flow Pipe Flow	K-factor K-factor	Elevation Elevation	Pressure Pressure	Diameter HWC Velocity	Fittings	Length Eqv Length Ttl Length	Fric Loss Elev Loss Ttl FL
195	4.15	0.39	9.84	113.21	2.067		9.843	0.003
196	4.15	0.39	9.84	113.13	150	T	15.111	0.00
	20.73				1.98		24.950	0.08
196	4.15	0.39	9.84	113.13	2.067		9.843	0.002
197	4.15	0.39	9.84	113.07	150	T	15.111	0.00
	16.59				1.59		24.950	0.06
197	4.15	0.39	9.84	113.07	2.067		9.843	0.001
198	4.15	0.39	9.84	113.04	150	T	15.111	0.00
	12.44				1.19		24.950	0.03
198	4.15	0.39	9.84	113.04	2.067		10.827	0.001
199	0.00		9.84	113.02	150	T E	22.666	0.00
	8.29				0.79		33.490	0.02
199	0.00		9.84	113.02	2.067		0.984	0.000
200	4.15	0.39	9.84	113.02	150	T	15.111	0.00
	4.15				0.40		16.090	0.00
199	0.00		9.84	113.02	2.067		9.843	0.000
201	4.15	0.39	9.84	113.02	150	T	15.111	0.00
	4.15				0.40		24.950	0.00

Units Legend

Flow = gpm
Elevation = feet
Pressure = psi
Diameter = inches

Velocity = ft/sec
Length,
Eqv Length,
Ttl Length = feet

Fric Loss = psi/ft
Elev Loss,
Ttl FL = psi

Figura E.19. Reporte de resultados del cálculo hidráulico de THE Sprinkler Program para el piso 1, página 19 de 19.

Fuente: THE Sprinkler Program.

Hydraulic Summary

WATER SUPPLY INFORMATION:

Static (psi):	195.00
Residual (psi):	190.00
@ (gpm):	670.00
Hose (gpm):	0.00
System req. (gpm):	665.57
@ (psi):	183.02
Supply available:	190.06 psi
Safety margin:	7.04 psi

Maximum velocity in the system is: 17.09 ft/sec in the pipe between Nodes: 6 and 7

Continuity at all nodes satisfied to: 0.01 gpm

Pipe Type Legend

40 = Schedule 40

Fitting Type Legend

T = Tee (flow turned 90 degrees)
 E = 90 degree standard elbow
 CV = Swing check valve
 GV = Gate valve
 BV = Butterfly valve

NOTES:

Figura E.20. Resumen de resultados del cálculo hidráulico de THE Sprinkler Program para el piso 1.

Fuente: THE Sprinkler Program.

Hydraulic Summary

WATER SUPPLY INFORMATION:

Static (psi):	170.00
Residual (psi):	160.00
@ (gpm):	360.00
Hose (gpm):	0.00
System req. (gpm):	352.23
@ (psi):	152.23
Supply available:	160.40 psi
Safety margin:	8.16 psi

Maximum velocity in the system is: 17.76 ft/sec in the pipe between Nodes: 31 and 6

Continuity at all nodes satisfied to: 0.01 gpm

Pipe Type Legend

40 = Schedule 40
10 = Schedule 10

Fitting Type Legend

E = 90 degree standard elbow
BV = Butterfly valve
T = Tee (flow turned 90 degrees)

NOTES:

05/12/17

"THE" Sprinkler Program 2001

Figura E.21. Resumen de resultados del cálculo hidráulico de THE Sprinkler Program para el piso 3.

Fuente: THE Sprinkler Program.

Hydraulic Summary

WATER SUPPLY INFORMATION:

Static (psi):	170.00
Residual (psi):	160.00
@ (gpm):	330.00
Hose (gpm):	0.00
System req. (gpm):	325.17
@ (psi):	152.59
Supply available:	160.27 psi
Safety margin:	7.68 psi

Maximum velocity in the system is: 19.95 ft/sec in the pipe between Nodes: 28 and 36

Continuity at all nodes satisfied to: 0.01 gpm

Pipe Type Legend

40 = Schedule 40

Fitting Type Legend

E = 90 degree standard elbow
BV = Butterfly valve
T = Tee (flow turned 90 degrees)

NOTES:

05/12/17

"THE" Sprinkler Program 2001

Figura E.22. Resumen de resultados del cálculo hidráulico de THE Sprinkler Program para el piso 7.

Fuente: THE Sprinkler Program.