



Trabajo Final de la Carrera Especialista en Higiene y Seguridad en el Trabajo
Departamento de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Mar del Plata

***“Rediseño de un Sistema Fijo de
Protección Contra Incendio en un
Establecimiento de Producción de
Soluciones Parenterales”***

Ing. Matías Eduardo Ferrari

Mar del Plata, 15 de octubre del 2021



RINFI se desarrolla en forma conjunta entre el INTEMA y la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



Trabajo Final de la Carrera Especialista en Higiene y Seguridad en el Trabajo
Departamento de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Mar del Plata

***“Rediseño de un Sistema Fijo de
Protección Contra Incendio en un
Establecimiento de Producción de
Soluciones Parenterales”***

Ing. Matías Eduardo Ferrari

Mar del Plata, 15 de octubre del 2021



RINFI se desarrolla en forma conjunta entre el INTEMA y la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



Trabajo Final de la Carrera Especialista en Higiene y Seguridad en el Trabajo
Departamento de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Mar del Plata

***“Rediseño de un Sistema Fijo de
Protección Contra Incendio en un
Establecimiento de Producción de
Soluciones Parenterales”***

Ing. Matías Eduardo Ferrari

Mar del Plata, 15 de octubre del 2021



***“Rediseño de un Sistema Fijo de
Protección Contra Incendio en un
Establecimiento de Producción de
Soluciones Parenterales”***

Alumno: Ingeniero Matías Eduardo Ferrari

Director: Ingeniero Especialista Guillermo Valotto

Comisión evaluadora: A definir.

ÍNDICE

ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xi
TABLA DE SIGLAS	xii
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
1. INTRODUCCIÓN	16
2. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1 El fuego.....	19
2.2 Reacción de combustión	19
2.3 Clases de fuegos.....	20
2.4 Agentes extintores.....	20
2.5 Extintores portátiles	22
2.6 Potencial extintor	22
2.7 Combustibles y riesgo de incendio	22
2.8 Carga de fuego.....	24
2.9 Sistemas fijos de protección contra incendios	24
2.9.1 Sistemas de hidrantes y bocas de incendio.....	25
3. DESARROLLO.....	26
3.1 Análisis de carga de fuego	26
3.1.1 Características constructivas.....	26
3.1.2 Sectorización del establecimiento.....	27
3.1.3 Materiales almacenados en los sectores de incendio	35
3.1.4 Cálculo de carga de fuego.....	53

3.1.5 Nivel de riesgo.....	56
3.2 Requerimientos de protección contra incendios	57
3.2.1 Resistencia al fuego de los elementos constitutivos de los sectores de incendio	58
3.2.2 Condiciones de situación, construcción y extinción por nivel de riesgo de cada sector de incendio.....	60
3.2.3 Condiciones de situación.....	61
3.2.4 Condiciones de construcción.....	62
3.2.5 Condiciones de extinción.....	65
3.2.6 Potencial extintor.....	67
3.3 Extintores manuales.....	69
3.4 Rediseño del sistema de protección fijo contra incendio.....	71
3.4.1 Criterios de diseño IRAM 3597/13.....	71
3.4.2 Criterios de diseño NFPA 14	74
3.4.3 Criterios de diseño conforme FM Global.....	75
3.4.4 Criterios de diseño conforme Ordenanza Municipal 6997/87	75
3.4.5 Comparación de los criterios de diseño	76
3.4.6 Cantidad y distribución de bocas de incendio	77
3.4.7 Relevamiento de la red de incendio actual	77
3.4.8 Simulación hidráulica.....	78
3.4.9 Verificación del sistema de impulsión	84
3.4.10 Línea de alimentación.....	86
3.4.11 Línea de descarga.....	86
3.4.12 Elementos adicionales.....	86
3.4.13 Alimentación eléctrica.....	86
3.4.14 Bocas de incendio equipadas	86
3.5 Estimación de la inversión del rediseño del sistema de protección fijo contra incendio ..	87
4. CONCLUSIONES.....	89

5. BIBLIOGRAFÍA	90
6. ANEXOS	91
6.1 Anexo I: Plano del establecimiento.....	91
6.2 Anexo II: Tabla de condiciones de situación, construcción y extinción del Decreto Reglamentario 351/79	91
6.3 Anexo III: Plano con ubicación de extintores manuales	91
6.4 Anexo IV: Especificaciones de los extintores manuales seleccionados	92
6.4.1 Extintor de polvo químico ABC – Yukón	92
6.4.2 Extintor de polvo químico ABC y ABC 90 – Georgia.....	92
6.4.3 Extintor de polvo químico ABC – Fadesa	93
6.4.4 Extintor de polvo químico ABC – Melisam	94
6.4.5 Extintor de agua – Yukón	94
6.4.6 Extintor de agua – Georgia.....	94
6.4.7 Extintor de agua – Fadesa.....	95
6.4.8 Extintor de agua – Melisam	95
6.4.9 Extintor a base de espuma – Yukón	96
6.4.10 Extintor a base de espuma – Georgia.....	96
6.4.11 Extintor Halogenado – Yukón	97
6.4.12 Extintor Halogenado – Georgia.....	97
6.5 Anexo V: Unidades utilizadas en el programa Epanet 2.0	98
6.6 Anexo VI: Plano de la red de protección fija contra incendio rediseñada	98
6.7 Anexo VII: Resultados de la simulación hidráulica en Epanet 2.0.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Elementos y materiales almacenados en el sector de incendio A	36
Tabla 2: Elementos y materiales almacenados en el Pañol (Sector de incendio B)	37
Tabla 3: Elementos y materiales almacenados en el Depósito de producto terminado listo para despacho (Sector de incendio B).....	40
Tabla 4: Elementos y materiales almacenados en el Depósito de producto terminado bajo control (Sector de incendio B)	41
Tabla 5: Elementos y materiales almacenados en el Depósito de polietileno y tapas externas (Sector de incendio B).....	42
Tabla 6: Elementos y materiales almacenados en el Depósito de productos químicos para limpieza (Sector de incendio B)	43
Tabla 7: Elementos y materiales almacenados en el Depósito de productos para pintura (Sector de incendio B).....	44
Tabla 8: Elementos y materiales almacenados en el Depósito de materia prima (Sector de incendio B)	45
Tabla 9: Elementos y materiales almacenados en el Depósito de acondicionamiento y embalaje (Sector de incendio B).....	47
Tabla 10: Elementos y materiales almacenados en el Sector de incendio B	49
Tabla 11: Elementos y materiales almacenados en el Sector de incendio C	50
Tabla 12: Elementos y materiales almacenados en el Sector de incendio D	50
Tabla 13: Elementos y materiales almacenados en el Sector de incendio E	51
Tabla 14: Elementos y materiales almacenados en el Sector de incendio F.....	51
Tabla 15: Elementos y materiales almacenados en el Sector de incendio G	52
Tabla 16: Resultados del cálculo de la carga de fuego.....	55
Tabla 17: Clasificación de riesgo de incendio según Decreto 351/79	56
Tabla 18: Nivel de riesgo predominante por sector de incendio.....	57
Tabla 19: Nivel de riesgo de cada sector de incendio según Decreto 351/79	57

Tabla 20: Resistencia al fuego (en minutos) según nivel de riesgo y carga de fuego, para sectores sin ventilación	59
Tabla 21: Resistencia al fuego (en minutos) según nivel de riesgo y carga de fuego, para sectores con ventilación	59
Tabla 22: Resistencia al fuego requerida en cada sector de incendio	60
Tabla 23: Condiciones de situación, construcción y extinción a cumplir en cada sector	61
Tabla 24: Resistencia al fuego de mampostería de ladrillos y bloques cerámicos y recubrimientos superiores.	63
Tabla 25: Potencial extintor mínimo para fuegos clase A	67
Tabla 26: Potencial extintor mínimo para fuegos clase B	67
Tabla 27: Potencial extintor mínimo para cada sector de incendio	68
Tabla 28: Extracto de la Tabla 16 para el cálculo de la carga de fuego (discriminando tipo de fuego) en el sector G	68
Tabla 29: Cantidad de extintores requeridos por sector	69
Tabla 30: Nivel de riesgo de incendio, carga de fuego y superficie de piso por sector	72
Tabla 31: Caudal mínimo del sistema de protección fijo según IRAM 3597/13	73
Tabla 32: Caudal mínimo por boca de incendio según IRAM 3597/13	73
Tabla 33: Volumen de reserva de agua exclusiva según IRAM 3597/13	73
Tabla 34: Comparación de criterios de diseño conforme las normas analizadas	76
Tabla 35: Coeficiente de pérdidas de diferentes accesorios	80
Tabla 36: Resultados del cálculo de las bocas más desfavorables hidráulicamente	81
Tabla 37: Resultados de la simulación hidráulica de la red de protección fija contra incendio en Epanet 2.0	83
Tabla 38: Características del sistema de impulsión rediseñado	84
Tabla 39: Cálculo estimado de la inversión del rediseño del sistema	88
Tabla XL: Tabla de condiciones de situación, construcción y extinción del Decreto Reglamentario 351/79	91

Tabla XLI: Extintor de polvo químico ABC – Yukón	92
Tabla XLII: Extintor de polvo químico ABC – Georgia	92
Tabla XLIII: Extintor de polvo químico ABC 90 – Georgia.....	93
Tabla XLIV: Extintor de polvo químico ABC – Fadesa	93
Tabla XLV: Extintor de polvo químico ABC – Melisam	94
Tabla XLVI: Extintor de agua – Yukón.....	94
Tabla XLVII: Extintor de agua – Georgia	94
Tabla XLVIII: Extintor de agua – Fadesa	95
Tabla XLIX: Extintor de agua – Melisam.....	95
Tabla L: Espuma – Yukón	96
Tabla LI: Extintor a base de espuma – Georgia.....	96
Tabla LII: Extintor halogenado – Yukón.....	97
Tabla LIII: Extintor Halogenado – Georgia.....	97
Tabla LIV: Unidades americanas empleadas en el software Epanet 2.0	98
Tabla LV: Resultados de la simulación hidráulica del sistema rediseñado en Epanet 2.0...100	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tetraedro del fuego	19
Figura 2: Boca de incendio equipada	25
Figura 3: Ubicación del sector de incendio A en el establecimiento.....	28
Figura 4: Detalle del sector de incendio A	29
Figura 5: Ubicación del sector de incendio B en el establecimiento.....	29
Figura 6: Detalle del sector de incendio B	30
Figura 7: Ubicación del sector de incendio C en el establecimiento.....	30
Figura 8: Detalle del sector de incendio C	31
Figura 9: Ubicación del sector de incendio D en el establecimiento.....	31
Figura 10: Detalle del sector de incendio D	32
Figura 11: Ubicación del sector de incendio E en el establecimiento.....	32
Figura 12: Detalle del sector de incendio E	33
Figura 13: Ubicación del sector de incendio F en el establecimiento	33
Figura 14: Detalle del sector de incendio F.....	34
Figura 15: Ubicación del sector de incendio G en el establecimiento	34
Figura 16: Detalle del sector de incendio G	35
Figura 17: Elementos y materiales almacenados en el pañol (1) (Sector de incendio B)	38
Figura 18: Elementos y materiales almacenados en el pañol (2) (Sector de incendio B)	38
Figura 19: Elementos y materiales almacenados en el pañol (3) (Sector de incendio B)	38
Figura 20: Pallets de producto terminado	39
Figura 21: Cajas que conforman al pallet de producto terminado	39
Figura 22: Tapa externa (izq.), tapa interna (centro) y botella de polietileno (der.)	40
Figura 23: Bolsas de polietileno en pellets.....	42
Figura 24: Cajas de tapas externas (izq.) y bolsas de tapas externas (der.).....	42
Figura 25: Dextrosa en bolsa de papel madera	45
Figura 26: Cloruro de sodio en bolsa de papel madera	45

Figura 27: Pallet de cajas para embalaje.....	46
Figura 28: Rollo de etiquetas.....	46
Figura 29: Pallet de rollos de film para embalaje	47
Figura 30: Muro cortafuego propuesto para cumplimiento de condición C4.....	65
Figura 31: Esquema de la red contra incendio cargada en Epanet.....	79
Figura 32: Zona de simulación hidráulica	81
Figura 33: Arriba: Zona de simulación hidráulica (Ver plano completo en Anexo VI). Abajo: Isométrico de los nodos involucrados en la simulación hidráulica.	82
Figura 34: Cuarto de bombas del establecimiento.....	84
Figura 35: Curvas de altura - caudal para distintos modelos de bombas Grundfos	85
Figura 36: Estado actual de las bocas de incendio equipadas.....	87

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Carga de fuego	24
----------------------------------	----

TABLA DE SIGLAS

BIE: Boca de incendio equipada.

CF: Carga de fuego.

CIR: Circulo de Ingenieros de Riesgo.

GPM: Galón por minuto.

IRAM: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

OM: Ordenanza municipal.

PCI: Protección contra incendios.

PSI: Libra por pulgada cuadrada.

PVC: Policloruro de vinilo.

NFPA: Asociación Nacional de Protección contra Fuego (National Fire Protection Association).

RF: Resistencia al fuego.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

AGENTE EXTINTOR: Sustancia (agua, polvo químico, gases) capaz de extinguir un incendio.

BOCA DE INCENDIO EQUIPADA: Instalación de extinción constituida por una serie de elementos acoplados entre sí y conectados a la red de abastecimiento de agua que cumple las condiciones de presión y caudal necesarios.

CARGA DE FUEGO: Poder calorífico total de las sustancias combustibles por unidad de superficie del sector de incendio considerado.

EXTINTOR: Aparato utilizado para apagar incendios de limitada extensión. Hay extintores de diversos tipos y dimensiones. Su acción se basa siempre en un mismo principio, crear una capa inerte e incombustible entre la superficie de las llamas y el aire atmosférico con el fin de que tanto el enfriamiento provocado y la absorción de oxígeno detenga el proceso de la combustión.

FUEGO: Reacción química en cadena con desprendimiento de luz y calor producidos por la combustión de una sustancia.

HIDRANTE: Toma de agua compuesta al menos de una boca para conexión de mangueras que proporciona el caudal de agua suficiente para luchar contra un incendio.

INCENDIO: Fuego no controlado que causa daños a personas, edificios, mercancías, bosques, etc.

PROTECCIÓN ACTIVA: Sistemas y equipos diseñados e instalados que entre sí cumplen la tarea de alertar, detectar, extinguir y/o controlar la propagación de incendios.

PROTECCIÓN PASIVA: Sistemas, metodologías, técnicas y materiales diseñados para prevenir y/o retrasar la propagación de incendios a lo largo de una infraestructura.

RESISTENCIA AL FUEGO: Capacidad de un producto o elemento para mantener sus propiedades en presencia de un fuego, por un tiempo determinado.

SECTOR DE INCENDIO: Local o conjunto de locales, delimitados por muros y entrepisos de resistencia al fuego acorde con el riesgo y la carga de fuego que contiene, comunicado con un medio de escape.

SISTEMA DE EXTINCIÓN: Conjunto de elementos y medidas adoptadas para proteger una infraestructura de la acción del fuego. Pueden ocuparse o bien de prevenir, retrasar, controlar, y/o extinguir incendios.

RESUMEN

Los incendios son situaciones de emergencia que pueden causar pérdidas de vidas y de la propiedad, por lo que deben adoptarse las medidas de prevención y de control para evitar este tipo de riesgo.

Toda construcción debe reunir condiciones de seguridad que permitan, en caso de emergencia, una fácil evacuación de las personas, el correcto manejo de la contingencia y la minimización de las pérdidas materiales.

En el presente trabajo se evalúa el riesgo de incendio de un establecimiento fabril ubicado en el Parque Industrial General Savio del partido de General Pueyrredón en donde se desarrollan y se almacenan soluciones parenterales. Se lleva a cabo el análisis de carga de fuego y se determina el nivel de riesgo de la instalación. Se determinan los requerimientos de protección contra incendio del establecimiento de acuerdo con el Decreto Reglamentario 351/79. Se determina la cantidad, potencial extintor, tipo y ubicación de los extintores manuales. Conforme la norma IRAM 3597/13 se rediseña el sistema de protección fijo contra incendio del establecimiento, contemplando la determinación y reubicación de bocas de incendio equipadas, especificaciones del sistema de impulsión y de la reserva de agua contra incendio. Para ello se relevan y se comparan los criterios de diseño de diferentes normas Nacionales e Internacionales. Se realiza la evaluación hidráulica del sistema redefinido utilizando el software Epanet 2.0 vE, perteneciente a la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Por último, se realiza una estimación de la inversión para llevar a cabo el rediseño del sistema de protección fijo contra incendio.

PALABRAS CLAVES: Incendio, Sistema Fijo de Protección Contra Incendio, Decreto Reglamentario 351/79, IRAM 3597/13, Simulación hidráulica, Inversión.

ABSTRACT

Fires are emergency situations that can cause loss of life and property, so prevention and control measures must be taken to avoid this type of risk.

All construction must meet safety conditions that allow, in case of emergency, an easy evacuation of people, the correct management of the contingency and the minimization of material losses.

In the present work, the fire risk of a manufacturing establishment located in the General Savio Industrial Park of the General Pueyrredón district, where parenteral solutions are developed and stored, is evaluated. The fire load analysis is carried out and the risk level of the installation is determined. The fire protection requirements of the establishment are determined in accordance with Regulatory Decree 351/79. The quantity, extinguishing potential, type and location of the manual extinguishers are determined. In accordance with the IRAM 3597/13 standard, the establishment's fixed fire protection system is redesigned, contemplating the determination and relocation of equipped fire hydrants, specifications of the impulsion system and the fire-fighting water reserve. For this, the design criteria of different National and International standards are surveyed and compared. The hydraulic evaluation of the redefined system is carried out using the Epanet 2.0 vE software, belonging to the United States Environmental Protection Agency. Finally, an estimate of the investment is made to carry out the redesign of the fixed fire protection system.

KEY WORDS: Fire, Fire Fixed Protection System, Regulatory Decree 351/79, IRAM 3597/13, Hydraulic Simulation, Investment.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar las medidas protección contra incendios en establecimientos industriales. Este tema debe ser considerado como prioridad para las empresas, ya que los incendios representan un riesgo para la salud y la vida de los trabajadores como así también grandes pérdidas materiales.

El caso en estudio se lleva a cabo en un establecimiento industrial en el cual se fabrican soluciones parenterales ubicado en el Parque Industrial General Savio del partido de General Pueyrredón. Durante el año 2019 se instaló una nueva línea de producción (Línea B) totalmente independiente a la ya existente (Línea A) quedando esta última obsoleta y en desuso. Se rediseñaron los espacios físicos de la Línea A de modo de ampliar los depósitos de insumos, de productos terminados, las oficinas, los sanitarios y el comedor para el personal.

Como datos y características más relevantes de la empresa se destacan:

- Superficie total cubierta (Línea A + Línea B): 7800 metros cuadrados.
- Superficie cubierta Línea A: 5300 metros cuadrados.
- Producción: soluciones parenterales en envases plásticos de 100 y 500 mililitros. La planta opera en 3 turnos por día de 8 horas de lunes a viernes.
- La producción promedio por turno es de 35000 unidades para el formato de 500 mililitros (equivalentes a 25 pallets de 94cm de ancho X 120cm de largo X 182cm de alto con 1400 botellas distribuidas en 70 cajas por pallet) y 38400 unidades para el formato de 100 mililitros (equivalentes a 8 pallets de 105cm de ancho X 120cm de largo X 182cm de alto con 4800 botellas distribuidas en 96 cajas por pallet).
- Maquinaria destinada a producción: se encuentra en su totalidad en la Línea B. En la línea A solamente están las destinadas a los servicios de vapor y aire comprimido para talleres.
- El personal está compuesto por:
 - Turno mañana: 50 personas.
 - Turno tarde: 25 personas.
 - Turno noche: 25 personas.
- La línea A abarca: talleres de electricidad, herrería, trabajos en acero inoxidable y de pintura, oficinas, pañol, dos depósitos (de producto terminado y de insumos), comedor, sanitarios, sala de calderas, sala de compresores y dos laboratorios de ensayos químicos y fisicoquímicos.

- Los insumos principalmente son: cartones para conformación de cajas, pallets de madera, polietileno virgen (pellets) en bolsones, cloruro de sodio y dextrosa en bolsones (del tamaño de una bolsa de cartón de cemento).

La ingeniería de la nueva línea (Línea B) incluyó un sistema de protección automático contra incendio mediante rociadores, independiente en su totalidad del sistema fijo de hidrantes de la antigua línea A. Se decide analizar y en consecuencia rediseñar el sistema fijo de protección contra incendio conforme las nuevas funcionalidades y dimensiones de los espacios teniendo en cuenta las exigencias de la normativa vigente.

A nivel nacional, en el Decreto Reglamentario 351/79 de la Ley 19587, en su capítulo 18 y Anexo VII, se establecen los requerimientos para la protección contra incendios. Dicha normativa establece lineamientos generales y especificaciones técnicas para sistemas de extinción portátiles, sistemas de extinción fijos y sistemas de detección. En lo que respecta a los fijos, no define criterios de diseño, por lo cual, se realiza un relevamiento de normas de diferentes organismos nacionales e internacionales.

Para llevar a cabo la verificación del sistema de protección fijo rediseñado se decide adoptar como norma base la IRAM 3597/13 y simular hidráulicamente el rediseño utilizando el software libre Epanet 2.0.

A continuación, se especifican los objetivos del presente trabajo:

Objetivos Generales:

- Determinar los requerimientos de protección contra incendio que aplican al establecimiento de acuerdo con el Decreto Reglamentario 351/79.
- Rediseñar el sistema de protección fijo contra incendios del establecimiento conforme a la nueva configuración espacial y de uso de los espacios.

Objetivos Específicos:

- Llevar a cabo el análisis de carga de fuego y determinar el nivel de riesgo de la instalación.
- Determinar el cumplimiento de los requerimientos mínimos de Situación, Construcción y Extinción de acuerdo con el Decreto Reglamentario 351/79.
- Relevar y comparar especificaciones de diseño de los sistemas de protección contra incendios conforme normativas municipales, nacionales e internacionales.
- Rediseñar el sistema de protección fijo contra incendios del establecimiento, contemplando la determinación y reubicación de bocas de incendio equipadas, especificaciones del sistema de impulsión y de la reserva de agua contra incendio conforme la Norma IRAM 3597/13.

- Simular hidráulicamente el sistema redefinido utilizando el software Epanet 2.0 vE, perteneciente a la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.
- Estimar la inversión para llevar a cabo el rediseño del sistema de protección fijo contra incendio.

El trabajo consta de 6 partes principales, las cuales se describen a continuación.

1- Introducción: en donde se pretende dar una perspectiva de la situación actual de la empresa y de los objetivos planteados del presente trabajo.

2- Marco teórico: en donde se pone de manifiesto los fundamentos teóricos que hacen al desarrollo del trabajo final relacionado con la protección y prevención contra incendios.

3- Desarrollo: en donde se detalla cómo se abordaron los distintos objetivos planteados. Se abarca el análisis de carga de fuego y la determinación del nivel de riesgo de la instalación. Se determinan los requerimientos de protección contra incendio del establecimiento de acuerdo con el Decreto Reglamentario 351/79. Se determina la cantidad, potencial extintor, tipo y ubicación de los extintores manuales. Se rediseña el sistema de protección fijo contra incendio del establecimiento, contemplando la determinación y reubicación de bocas de incendio equipadas, especificaciones del sistema de impulsión y de la reserva de agua contra incendio. Se realiza la evaluación hidráulica del sistema redefinido. Y por último se realiza una estimación de la inversión para llevar a cabo el rediseño del sistema de protección fijo contra incendio.

4- Conclusiones: en donde se presentan los resultados y recomendaciones paliativas y de mejora que resultaron de la evaluación de los requerimientos de las normas empleadas.

5- Bibliografía: en donde se detalla la bibliografía consultada para la realización del trabajo.

6- Anexos: en donde se encuentran los planos del establecimiento con la ubicación de los extintores y bocas de incendio equipadas, datos de cálculo de la simulación hidráulica, hojas de catálogos de extintores empleados y tablas de las normativas consultadas.

2. MARCO TEÓRICO

En la presente sección se pone de manifiesto los fundamentos teóricos que hacen al desarrollo del trabajo final relacionado con la protección y prevención contra incendios.

2.1 El fuego

El fuego se define como la manifestación de una reacción química de oxidación rápida con incremento de temperatura y emisión de luz. Para una eficaz y eficiente prevención y protección de las instalaciones industriales ante incendios es necesario conocer las propiedades del fuego y de su propagación como así también los tipos de combustibles que pueden alimentarlo.

2.2 Reacción de combustión

La combustión es la combinación química de un cuerpo con oxígeno cuando se produce con desprendimiento de calor. Los componentes esenciales de los combustibles sólidos, líquidos y gaseosos son el carbono y el hidrógeno que se combinan con el oxígeno del aire denominado comburente.

Toda combustión puede auto mantenerse, como una reacción en cadena, mientras haya oxígeno y combustible en cantidades suficientes.

Para que pueda producirse o iniciarse la combustión es necesario que exista una temperatura suficientemente elevada denominada temperatura de ignición, que depende de la sustancia combustible. Si por cualquier causa la temperatura desciende por debajo de la de ignición, la combustión se extingue. Para los líquidos inflamables, se la denomina temperatura de inflamación momentánea siendo esta la temperatura mínima a la cual emiten suficiente cantidad de vapor para formar con el aire una mezcla capaz de arder cuando se aplica una fuente de calor suficiente y adecuada.

La forma convencional de representar un proceso de combustión es mediante el denominado tetraedro del fuego (ver Figura 1).

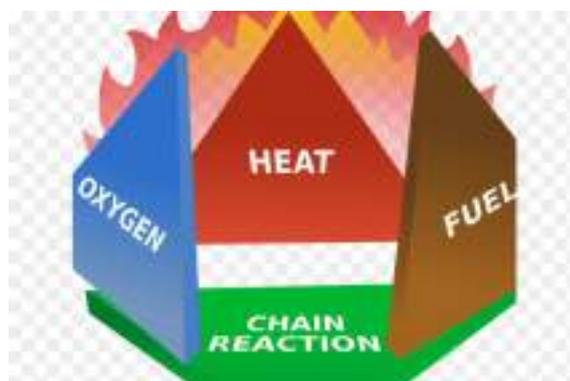


Figura 1: Tetraedro del fuego

Cada una de las caras del tetraedro del fuego representa un componente necesario para que la combustión ocurra y continúe en el tiempo. Al eliminar al menos una de las caras, el fuego se extingue, resultando los siguientes métodos de extinción de incendios:

- Separación física de la sustancia combustible.
- Eliminación o reducción del componente oxidante.
- Reducción de la temperatura del combustible y/o de la llama.
- Aplicación de productos químicos que modifiquen la química de la combustión.

2.3 Clases de fuegos

La forma más habitual de clasificar los tipos de fuegos es aquella que toma como criterio de diferenciación el tipo de combustible que participa en la reacción. En este sentido se distinguen cinco clases principales:

- CLASE A. Se conoce como fuego clase A, a toda reacción de combustión que se origina a partir de un combustible sólido y a menudo de tipo orgánico. En general producen brasas y a modo de ejemplo se pueden citar el papel, la madera, el cartón, el plástico entre otros.
- CLASE B. Se conoce como fuego clase B, a aquellos que se originan a partir de la combustión de gases, materiales líquidos con capacidad inflamable o de sólidos con capacidad de licuarse. Se trata del tipo de fuego que se produce ante la combustión de metano, gas natural, alcohol, gasolina, cera o pintura, entre otros.
- CLASE C. Se consideran como fuegos de clase C a aquellos promovidos en aparatos eléctricos. Esta clasificación está asociada al riesgo adicional vinculado con la circulación de corriente eléctrica.
- CLASE D. La clase D corresponde a aquellas reacciones de combustión en las que el combustible es algún tipo de metal o polvo de metal inflamable. A modo de ejemplo se puede citar el provocado por el magnesio.
- CLASE K. El tipo de fuego clase K hace referencia a aquel iniciado ante un combustible en forma de aceite o grasa como los empleados en los equipos de cocina. Si bien técnicamente podría corresponderse con los de clase B, se diferencian de este último en el comportamiento de las llamas y los tipos de elementos que pueden utilizarse para apagarlos.

2.4 Agentes extintores

Los agentes extintores son aquellas sustancias que a causa de sus propiedades físicas y/o químicas provocan la extinción del fuego al ser proyectadas hacia él. Entre los agentes más comunes se encuentran:

- Agua (a chorro o pulverizada). Este agente actúa por enfriamiento aprovechando el calor específico y el elevado calor latente de vaporización que tiene el agua. Si se la emplea en forma pulverizada también puede actuar por sofocación al impedir el contacto del combustible con el oxígeno y además se consigue mayor eficacia ya que se evapora más rápido. Se la suele emplear para fuegos clase A, pero no para fuegos de combustibles líquidos con puntos de encendido por debajo de 37,8°C (a no ser que esté bien pulverizada) ya que al ser más densa la mayoría de los combustibles flotan sobre ella y siguen emitiendo vapores inflamables. El agua tiene limitaciones debido a sus propiedades físicas como por ejemplo la conductividad eléctrica a causa de las sales e impurezas que en general contiene.

- Espuma. Este agente actúa por enfriamiento y por sofocación aislando el combustible del oxígeno del aire. Es generada al introducir aire en una mezcla de espumógeno con agua formando la mezcla espumante.

- Anhídrido carbónico (CO₂). Es un gas inerte que se almacena a una elevada presión en estado líquido y que al momento de la descarga se solidifica parcialmente. Permite extinguir el fuego por sofocación desplazando el oxígeno del aire además de producir un cierto enfriamiento. No es conductor de la electricidad y al reducir el contenido de oxígeno de la atmósfera se debe garantizar la evacuación de los espacios ocupados por personas antes de que se produzca la descarga. No se lo considera un agente eficaz ante incendios producidos por productos químicos con suministro propio de oxígeno ni en aquellos donde existan materiales reactivos. Se debe tener en cuenta que tanto los metales como los hidruros descomponen el dióxido de carbono.

- Polvos químicos. Comprenden a los agentes formados por sales químicas de diferente composición que, al combinarse con los elementos de la combustión, paraliza la reacción en cadena. Se los clasifican en tipo BC (eficaz para fuegos clase B y C) y en ABC (eficaz para fuegos clase A, B y C). Su aplicación más usual es para la extinción de fuegos de líquidos inflamables. No son conductores de la electricidad, pero hay que tener en cuenta que no deben ser aplicados en instalaciones o equipos eléctricos delicados ya que las propiedades de los polvos pueden deteriorarlos.

- Agentes halogenados. Comprenden los productos químicos derivados de la halogenación de hidrocarburos. Actúan interrumpiendo la reacción química del tetraedro del fuego. Poseen la ventaja de ser agentes limpios ya que no dejan residuos luego de la extinción y no son conductores de la corriente eléctrica. No es necesaria la evacuación previa del recinto ya que las concentraciones de diseño no ocasionan daños a las personas. Se los pueden emplear para extinguir fuegos Clase A, B y C.

2.5 Extintores portátiles

Los extintores portátiles son aparatos de accionamiento manual que permiten proyectar y dirigir un agente extintor sobre un fuego. Se diferencian unos de otros en cuanto a una serie de características como el agente extintor contenido, sistemas de funcionamiento, eficacia, tiempo de descarga y alcance. La vida útil de un extintor no debe sobrepasar los 20 años a partir de la fecha de la primera prueba de presión. Deben someterse a mantenimiento y pruebas hidráulicas cada cinco años. Se situarán en la proximidad de los puestos de trabajo con mayor riesgo de incendio colocados en lugares visibles en las vías de tránsito en sentido de la salida y de ser posible la parte superior del extintor debe estar a 1,70 metros sobre el nivel del suelo.

2.6 Potencial extintor

Los extintores manuales constituyen el equipamiento de extinción más difundido y utilizado en todo tipo de actividades. Para su selección es importante conocer la efectividad del agente extintor a fin de poder comparar entre los diversos tipos disponibles en el mercado. Para ello se han desarrollado diversos estándares a fin de poder medir la capacidad de un agente extintor para extinguir fuegos de una clase determinada bajo ciertas condiciones. A esta capacidad del agente se la denomina potencial extintor.

El potencial extintor cuenta con una clasificación del tipo alfanumérica, por ejemplo, 2A o 10 B. La clasificación numérica refleja la cantidad relativa del incendio que puede ser extinguido por un determinado agente. Para los fuegos clase A hay tres tipos de incendios que deben ser extinguidos para recibir una clasificación numérica A: incendio en encofrado, en panel de madera y de viruta de madera. Los ensayos deben ser realizados por personal capacitado y entrenado a tal fin. Para los fuegos clase B la clasificación numérica refleja la cantidad relativa del control de un incendio de un líquido inflamable, n heptano, en un tanque cuadrado, que puede ser extinguido. La clasificación toma el 40 % del área que un operador experto puede extinguir. Por ejemplo, la extinción de 14 m² es 60B con un operador experto.

No existe prueba específica de incendio para fuegos de la Clase C, el agente extintor se prueba únicamente para verificar la no conductividad de la electricidad.

2.7 Combustibles y riesgo de incendio

Se entiende por riesgo de incendio un número adimensional que permite considerar diversas categorías en virtud de los materiales empleados en relación con su comportamiento ante el fuego. Así pueden establecerse siete tipos de riesgos de acuerdo con la clasificación siguiente:

- Riesgo 1: Materiales explosivos.
- Riesgo 2: Materiales inflamables.

- Riesgo 3: Materiales muy combustibles.
- Riesgo 4: Materiales combustibles.
- Riesgo 5: Materiales poco combustibles.
- Riesgo 6: Materiales incombustibles.
- Riesgo 7: Materiales refractarios.

El Decreto 351/79 en su Anexo VII, define las siguientes categorías para los combustibles a los efectos de su comportamiento ante el calor u otra forma de energía, como así también las materias y los productos que con ellos se elaboren, transformen, manipulen o almacenen:

- Explosivos (Riesgo 1): Sustancia o mezcla de sustancias susceptibles de producir en forma súbita, reacción exotérmica con generación de grandes cantidades de gases. Por ejemplo: versos nitroderivados orgánicos, pólvoras y determinados ésteres nítricos.

- Inflamables de 1º categoría (Riesgo 2): Líquidos que pueden emitir vapores que, mezclados en proporciones adecuadas con el aire, originan mezclas combustibles. Su punto de inflamación momentáneo es igual o inferior a 40°C. Por ejemplo: alcohol, éter, nafta, benzol y acetona.

- Inflamables de 2º categoría (Riesgo 2): Líquidos que pueden emitir vapores que, mezclados en proporciones adecuadas con el aire, originan mezclas combustibles. Su punto de inflamación momentáneo está comprendido entre 41 y 120° C. Por ejemplo: kerosene, aguarrás y ácido acético.

- Muy Combustibles (Riesgo 3): Materiales que expuestos al aire pueden ser encendidos y continúan ardiendo una vez retirada la fuente de ignición. Por ejemplo: hidrocarburos pesados, madera, papel y tejidos de algodón.

- Combustibles (Riesgo 4): Materiales que pueden mantener la combustión aún después de suprimida la fuente externa de calor. Por lo general necesitan un abundante aflujo de aire y en particular se aplica a aquellos materiales que pueden arder en hornos diseñados para ensayos de incendios y a los que están integrados por hasta un 30 % de su peso por materiales muy combustibles. Por ejemplo, determinados plásticos, cueros, lanas, madera y tejidos de algodón tratados con retardadores.

- Poco combustibles (Riesgo 5): materiales que se encienden al ser sometidos a altas temperaturas, pero cuya combustión cesa al ser apartada la fuente de calor. Por ejemplo: celulosas artificiales.

- Incombustibles (Riesgo 6): materiales que al ser sometidos al calor o a la llama directa pueden sufrir cambios en su estado físico, acompañados o no por reacciones

químicas endotérmicas, sin formación de materia combustible alguna. Por ejemplo: hierro y plomo.

- Refractarios (Riesgo 7): materiales que, al ser sometidos a altas temperaturas, hasta 1.500°C, aún durante períodos muy prolongados, no alteran ninguna de sus características físicas o químicas. Por ejemplo: amianto y ladrillos refractarios.

2.8 Carga de fuego

La carga de fuego es el peso en madera por unidad de superficie (kg/m²) capaz de desarrollar una cantidad de calor equivalente a la de los materiales contenidos en el sector de incendio.

El poder calorífico de un material es la cantidad de energía que la unidad de masa de materia puede desprender al producirse una reacción química de oxidación.

Como patrón de referencia se considera a la madera con un poder calorífico de 4.400 Kcal/kg.

La carga de fuego se calcula mediante la siguiente expresión:

$$CF = \frac{\sum(P_i \times P_{C_i})}{4400 \frac{kcal}{kg} \times A} \quad (1)$$

En donde:

CF: Carga de fuego en kg/m²

P_i: Cantidad de material en kg contenido en el sector de incendio

P_{C_i}: Poder calorífico en kcal/kg del material

A: Área del sector de incendio en m²

Cte.: 4400 kcal/kg: poder calorífico de la madera

2.9 Sistemas fijos de protección contra incendios

La posible propagación de un incendio, en donde no resulte eficaz ni seguro su extinción mediante extintores portátiles, o la posibilidad de iniciación de un incendio en el transcurso del día o sitio en donde no haya presencia de personas, son algunas de las razones que determinan la necesidad de instalaciones con mayor capacidad de extinción e independientes en su actuación del factor humano.

Los sistemas de extinción pueden clasificarse en sistemas fijos, semifijos o móviles. Los sistemas de protección contra incendios mediante instalaciones fijas, en donde el agua es transportada por conducciones e impulsada sobre el fuego, básicamente comprenden 3 tipos:

- Proyección de agua en forma manual mediante mangueras a través de una toma fija de agua (hidrantes y bocas de incendio).

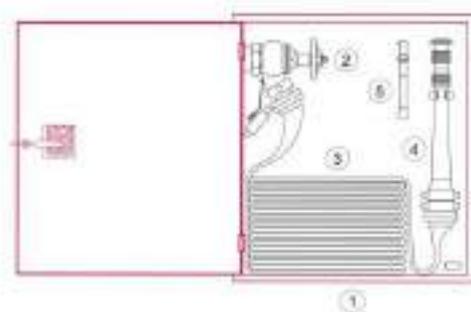
- Proyección de agua mediante rociadores automáticos o sprinklers.
- Combinación de los dos tipos anteriores.

2.9.1 Sistemas de hidrantes y bocas de incendio

Estos sistemas están formados por una fuente de agua (en general un tanque), un sistema de presurización (en general bombas, aunque con menor frecuencia podría ser el mismo tanque elevado) y una red de cañerías de distribución que se vinculan con los hidrantes o las bocas de incendio de tal forma que el agua pueda aplicarse en forma eficaz para el control o la extinción del incendio. En el caso particular de los sistemas húmedos, la cañería se mantiene llena de agua y bajo presión en todo momento.

Los hidrantes son los dispositivos de suministro de agua de la red para la lucha contra incendios, que cuentan con una o más bocas de incendio.

Las bocas de incendio, por su parte, son las válvulas ubicadas en un hidrante que se conectan con la manguera. Las bocas de incendio equipada (BIE) conforman el conjunto de boca de incendio, manguera, lanza, gabinete y accesorios. Ver Figura 2.



Referencias:

DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES	
5	Llave de ajuste	
4	Lanza tipo chorro plegable	Diámetro 1 3/4 pulgadas
3	Manguera sintética 20 m (RAM)	Diámetro 1 3/4 pulgadas
2	Válvula incendio tipo Tejero	Ø2" con reducción a 1/2"
1	Gabinete metálico	Puerta de chapa

Figura 2: Boca de incendio equipada

3. DESARROLLO

En el presente trabajo se evalúa el riesgo de incendio del sector Línea A del establecimiento ubicado en el Parque Industrial General Savio del partido de General Pueyrredón en donde se desarrollan y se almacenan soluciones parenterales. El establecimiento en cuestión abarca una superficie cubierta total de 7800 m², dividida en dos sectores principales:

- Línea B: espacio de 2500 m², el cual comprende a la línea de producción continua.
- Línea A: espacio de 5300 m², el cual comprende depósitos, oficinas, talleres, sanitarios y comedor de planta.

En el Anexo I se encuentra el plano del establecimiento.

En la sección 4.1 se lleva a cabo el análisis de carga de fuego y se determina el nivel de riesgo de la instalación.

En la sección 4.2 se determinan los requerimientos de protección contra incendio del establecimiento de acuerdo con el Decreto Reglamentario 351/79.

En la sección 4.3 se determina la cantidad, potencial extintor, tipo y ubicación de los extintores manuales.

En la sección 4.4 se rediseña el sistema de protección fijo contra incendio del establecimiento, contemplando la determinación y reubicación de bocas de incendio equipadas, especificaciones del sistema de impulsión y de la reserva de agua contra incendio. Para ello se relevan y se comparan los criterios de diseño de diferentes normas Nacionales e Internacionales. Se realiza la evaluación hidráulica del sistema redefinido utilizando el software Epanet 2.0 vE, perteneciente a la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

Por último, en la sección 4.5 se realiza una estimación de la inversión para llevar a cabo el rediseño del sistema de protección fijo contra incendio.

3.1 Análisis de carga de fuego

Para llevar a cabo el análisis de carga de fuego del establecimiento se relevan las características constructivas del edificio, se determinan los sectores de incendio y se estima el material almacenado en cada uno de ellos.

3.1.1 Características constructivas

El establecimiento a analizar se divide en los siguientes sectores para los cuales se detallan las características constructivas:

A: Oficinas, delimitado por paredes de mampostería (interiores de 20 centímetros de ancho y exteriores de 30 centímetros de ancho). El piso es de cemento liso revestido con cerámicos y el techo es parabólico con estructura reticulada de hierro redondo y cubierta de chapa. Posee tabiques divisorios interiores y cielorraso de Durlock.

B: Pañol y depósitos, delimitado por paredes de mampostería (interiores de 20 centímetros de ancho y exteriores de 30 centímetros de ancho). El piso es de cemento liso y el techo es parabólico con estructura reticulada de hierro redondo y cubierta de chapa revestida con aislante térmico de espuma de polietileno.

C: Talleres, ídem sector pañol y depósitos.

D: Laboratorios, delimitado por paredes de mampostería (interiores de 20 centímetros de ancho y exteriores de 30 centímetros de ancho) revestidas con goma sanitaria. El piso es de cemento liso revestido con goma sanitaria y el techo es parabólico con estructura reticulada de hierro redondo y cubierta de chapa. Posee cielorraso de Durlock a 2.4 metros sobre nivel de piso.

E: Sanitarios y vestuarios, delimitado por paredes de mampostería (interiores de 20 centímetros de ancho y exteriores de 30 centímetros de ancho). Cuenta con tabiques divisorios internos de Durlock, piso de cemento liso revestido con cerámico y techo parabólico con estructura reticulada de hierro redondo y cubierta de chapa. Posee cielorraso de Durlock a 2.4 metros sobre nivel de piso.

F: Comedor y cocina, delimitado por paredes de mampostería (interiores de 20 centímetros de ancho y exteriores de 30 centímetros de ancho), piso de cemento liso y techo parabólico con estructura reticulada de hierro redondo y cubierta de chapa. Posee cielorraso de PVC a 3 metros sobre nivel de piso.

G: Carga de baterías, subestación transformadora y grupo electrógeno. Los recintos para la carga de baterías y el grupo electrógeno tienen paredes y techos de chapa sin aislante de ningún tipo. Los pisos son de cemento liso. La subestación transformadora cuenta con paredes de mampostería de 30 centímetros de ancho, el techo lo compone una losa de hormigón armado y el piso es de cemento liso.

3.1.2 Sectorización del establecimiento

Conforme al Artículo 171 del Capítulo 18 del Decreto Reglamentario 351/79, los sectores de incendio deben cumplir:

“...excepto en garajes o en casos especiales debidamente justificados a juicio de la autoridad competente, podrán abarcar como máximo una planta del establecimiento y cumplimentarán lo siguiente:

1. *Control de propagación vertical, diseñando todas las conexiones verticales tales como conductos, escaleras, cajas de ascensores y otras, en forma tal que impidan el paso del fuego, gases o humo de un piso a otro mediante el uso de cerramientos o dispositivos adecuados. Esta disposición será aplicable también en el diseño de fachadas, en el sentido de que se eviten conexiones verticales entre los pisos.*

2. *Control de propagación horizontal, dividiendo el sector de incendio, de acuerdo al riesgo y la magnitud del área en secciones, en las que cada parte deberá estar aislada de las restantes mediante muros cortafuegos cuyas aberturas de paso se cerrarán con puertas dobles de seguridad contra incendio y cierre automático.*

3. *Los sectores de incendio se separarán entre sí por pisos, techos y paredes resistentes al fuego y en los muros exteriores de edificios, provistos de ventanas, deberá garantizarse la eficacia del control de propagación vertical.*

4. *Todo sector de incendio deberá comunicarse en forma directa con un medio de escape, quedando prohibida la evacuación de un sector de incendio a través de otro sector de incendio...”*

A continuación, se muestran los recintos de los sectores de incendio definidos. Todos cumplen con el punto 4 del artículo citado. Además, se indican con una línea de trazo grueso rojo los muros que se comparten entre dos sectores. El cumplimiento del punto 3 de estos elementos señalados se analiza en la sección 4.2.1. Con respecto al punto 1, no aplica al caso en estudio.

Sector de incendio A: Oficinas.

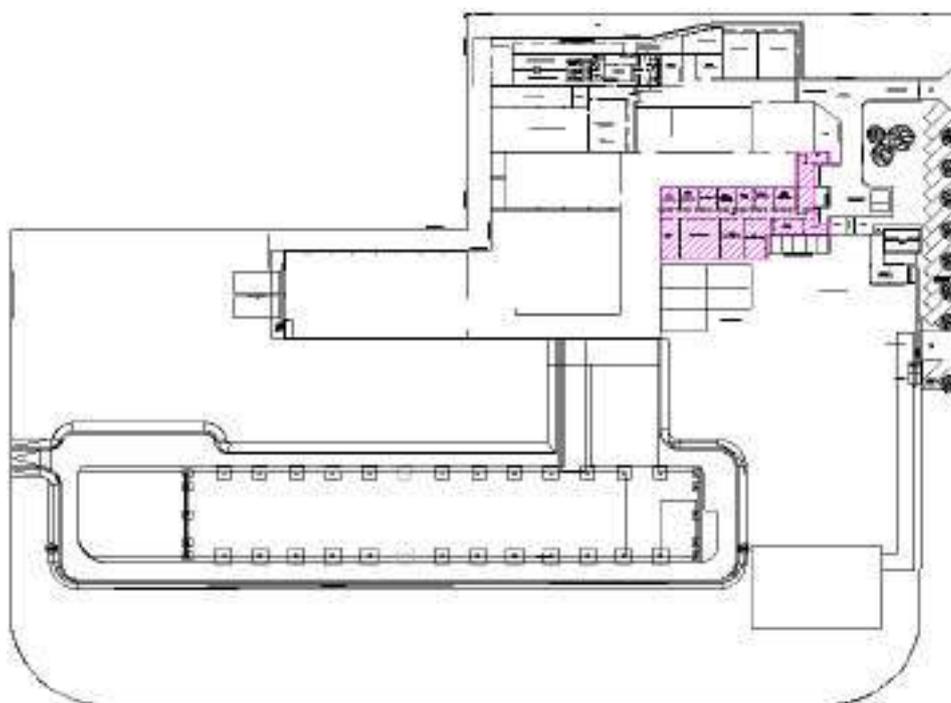


Figura 3: Ubicación del sector de incendio A en el establecimiento

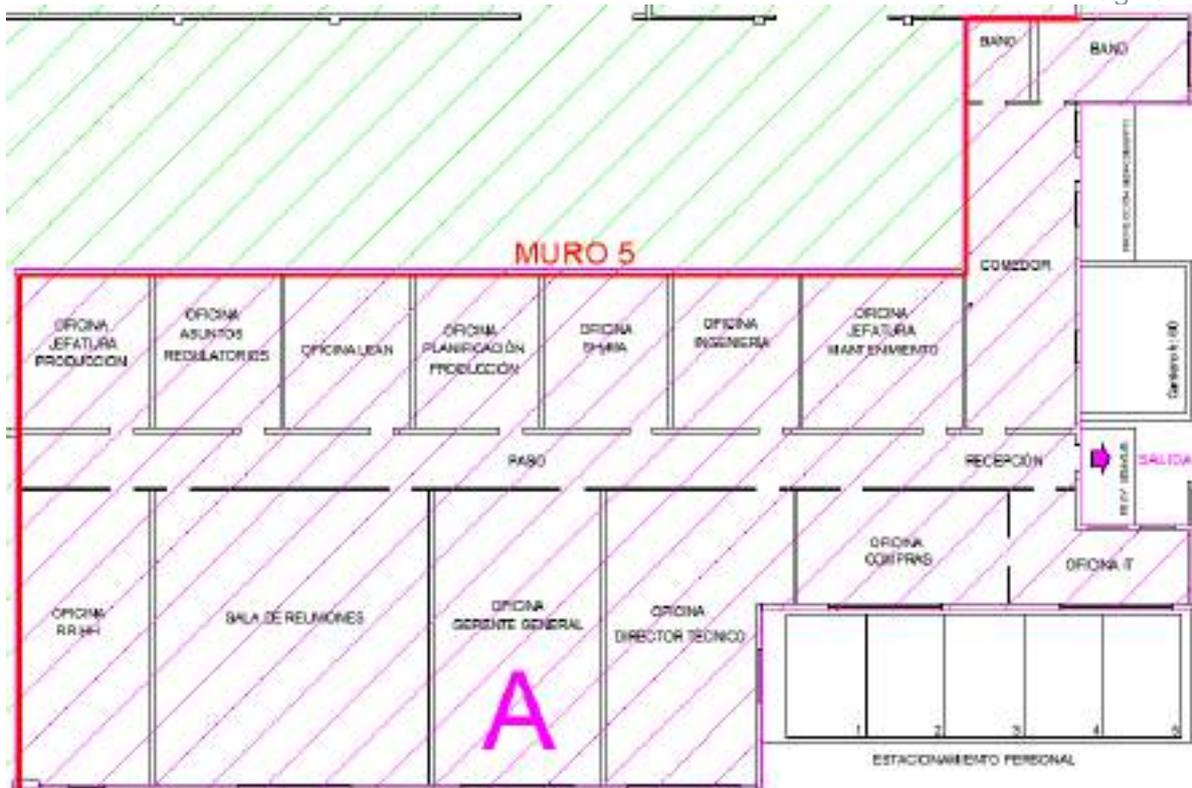


Figura 4: Detalle del sector de incendio A

Sector de incendio B: Pañol y depósitos.

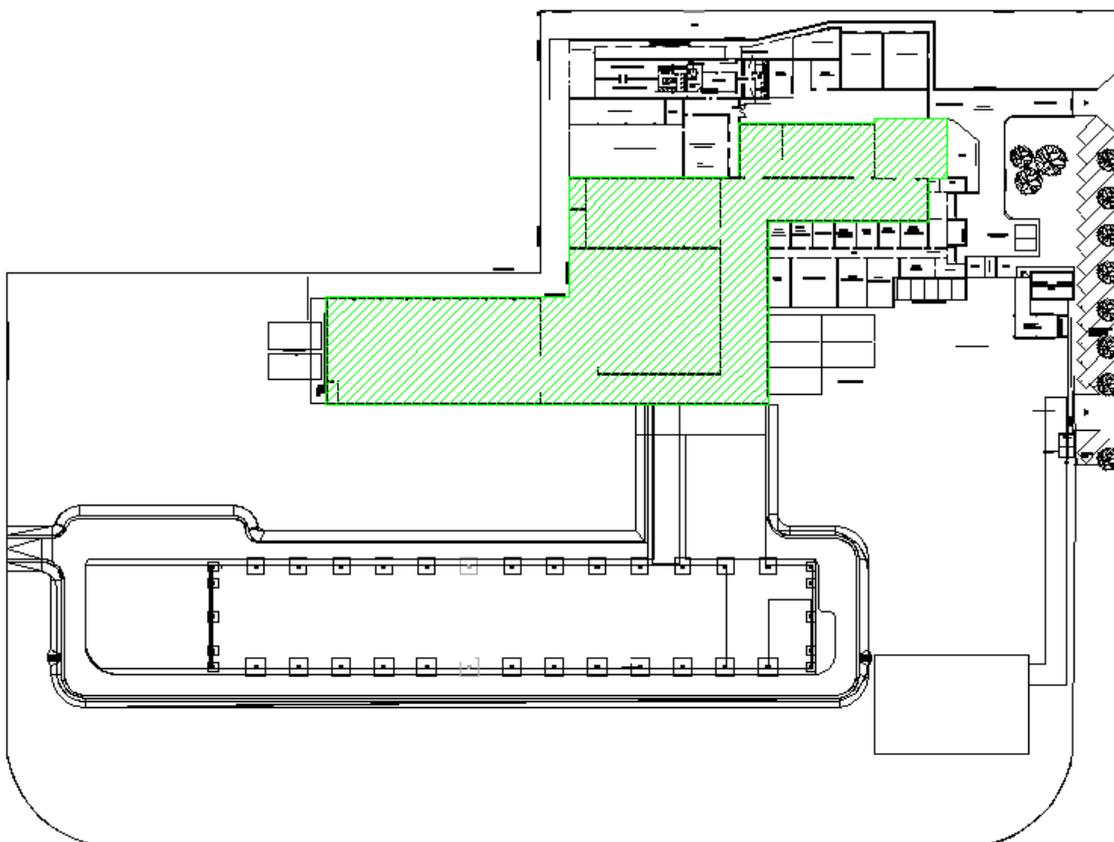


Figura 5: Ubicación del sector de incendio B en el establecimiento

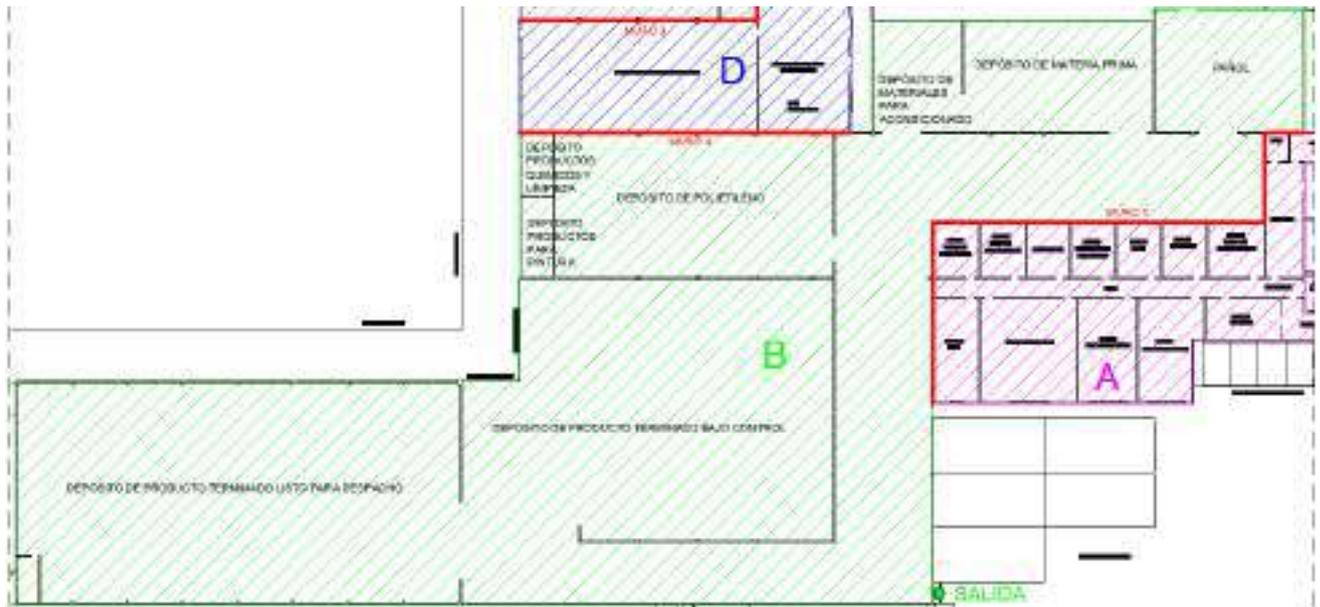


Figura 6: Detalle del sector de incendio B

Sector de incendio C: Talleres.

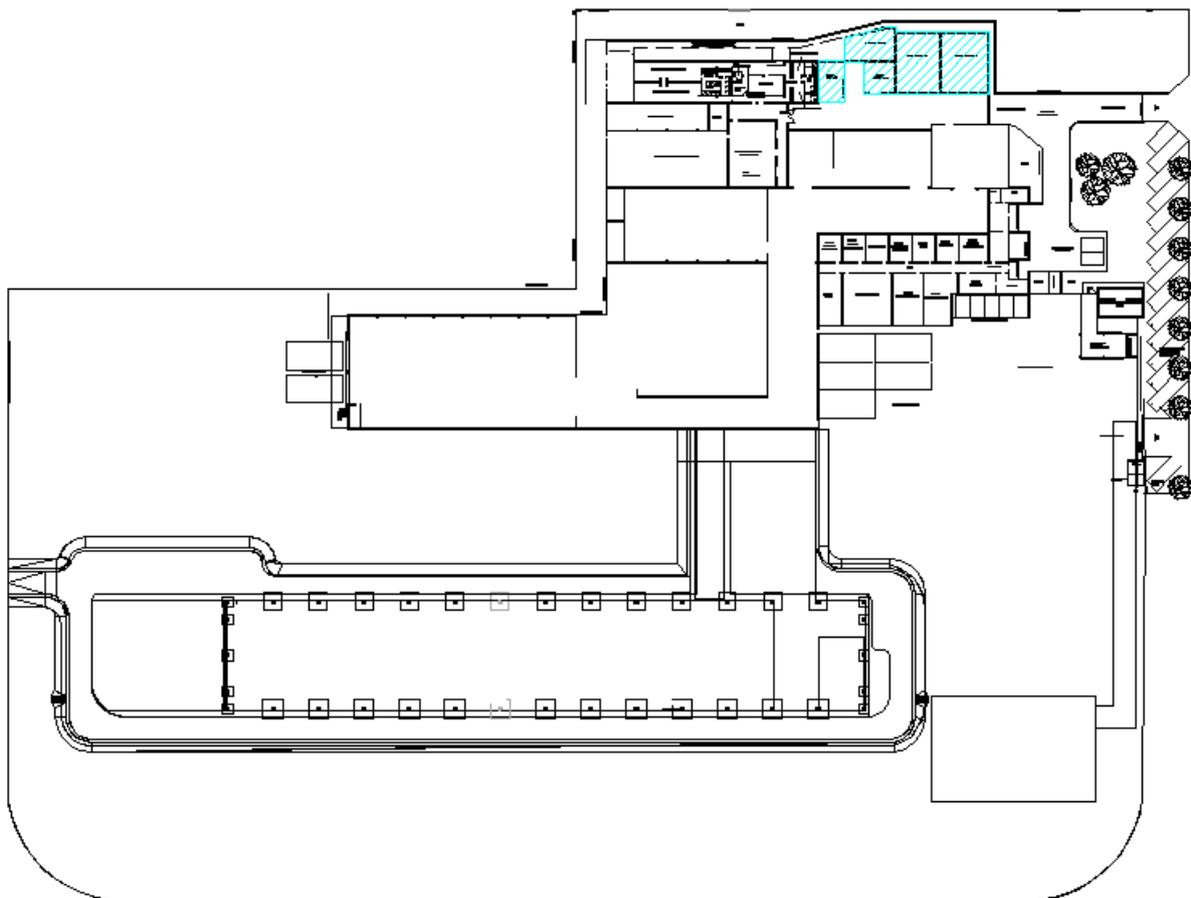


Figura 7: Ubicación del sector de incendio C en el establecimiento



Figura 8: Detalle del sector de incendio C

Sector de incendio D: Laboratorios.

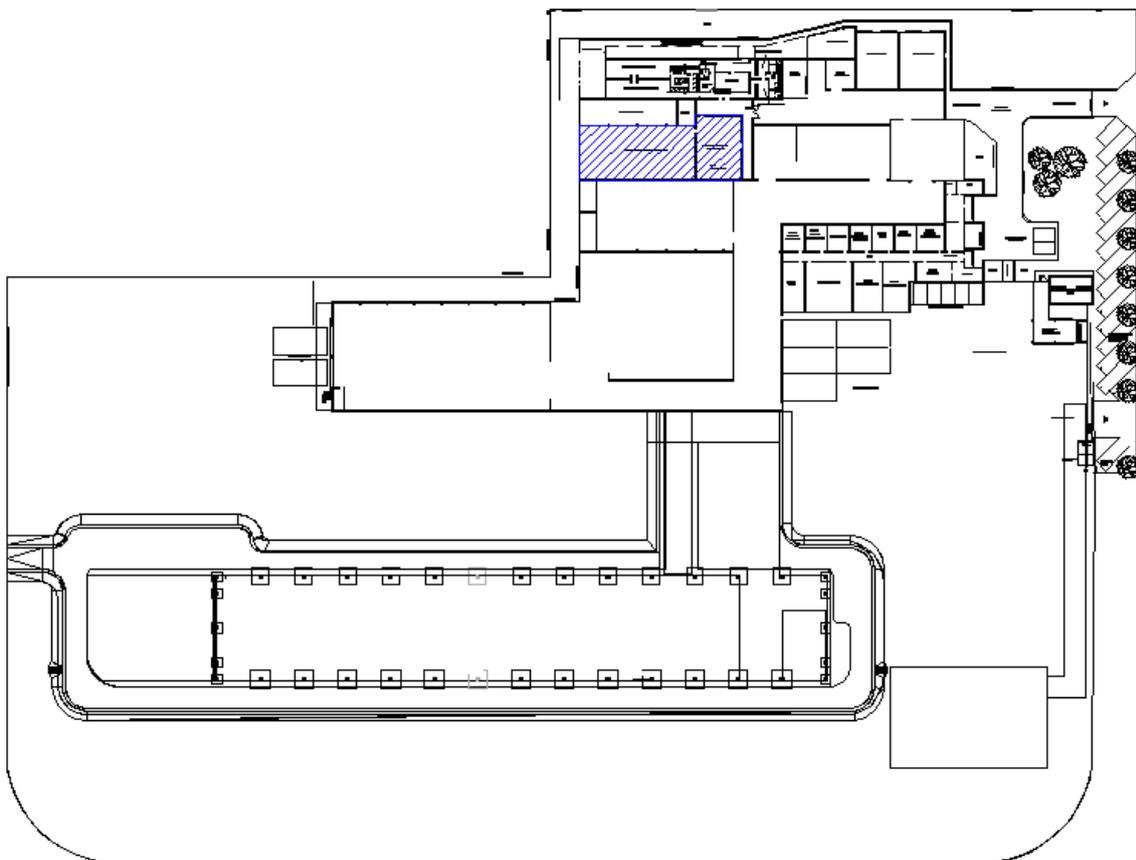


Figura 9: Ubicación del sector de incendio D en el establecimiento

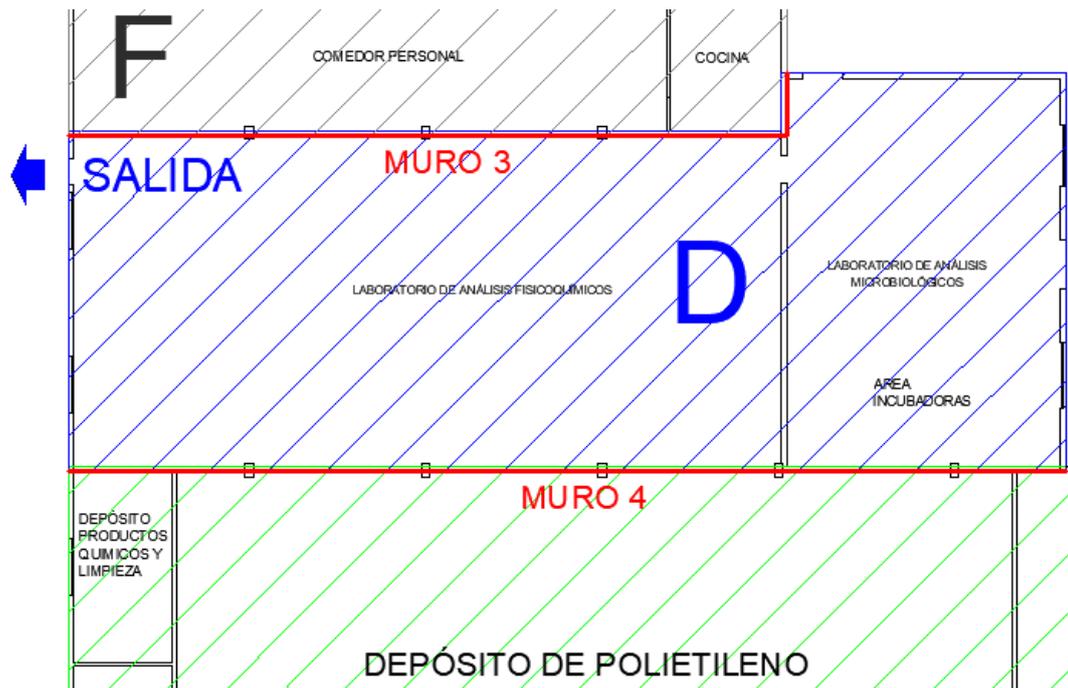


Figura 10: Detalle del sector de incendio D

Sector de incendio E: Sanitarios y vestuarios.

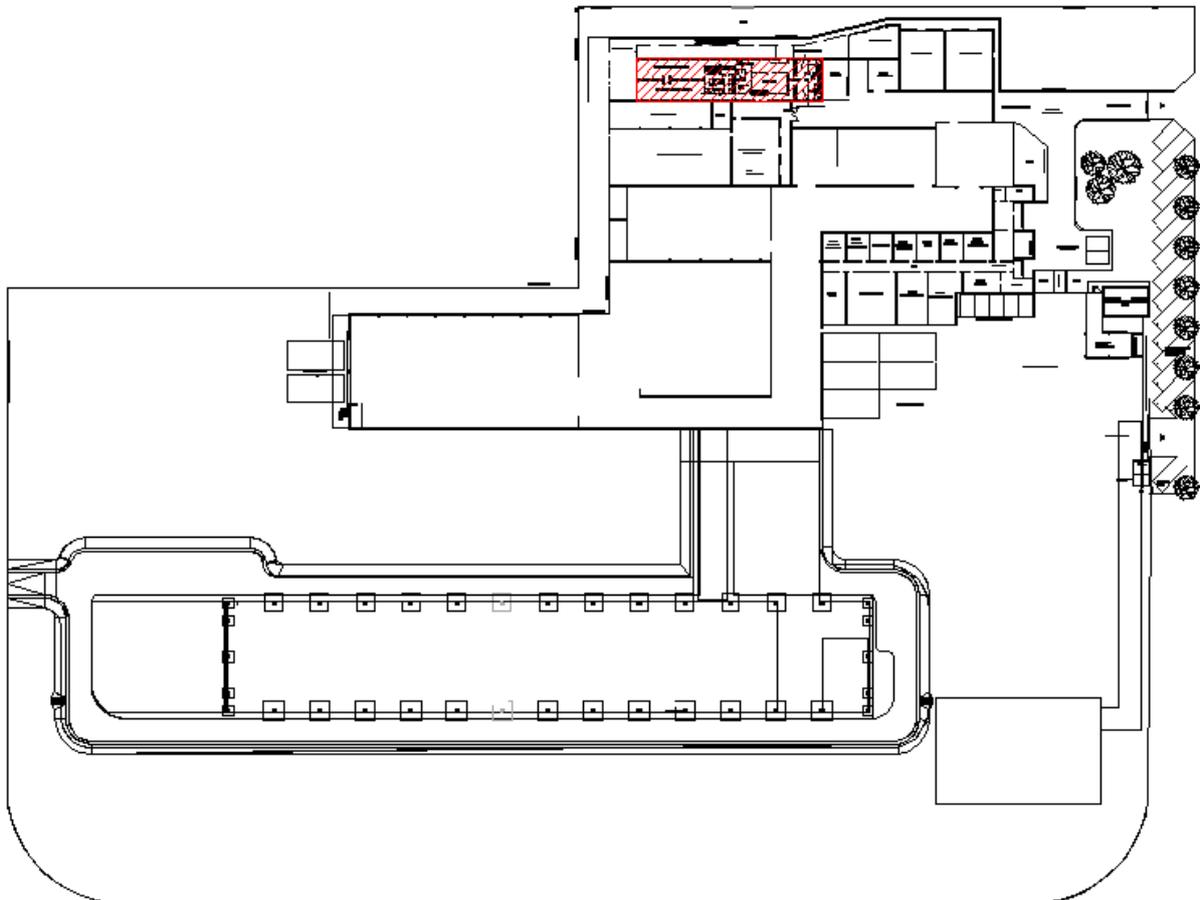


Figura 11: Ubicación del sector de incendio E en el establecimiento

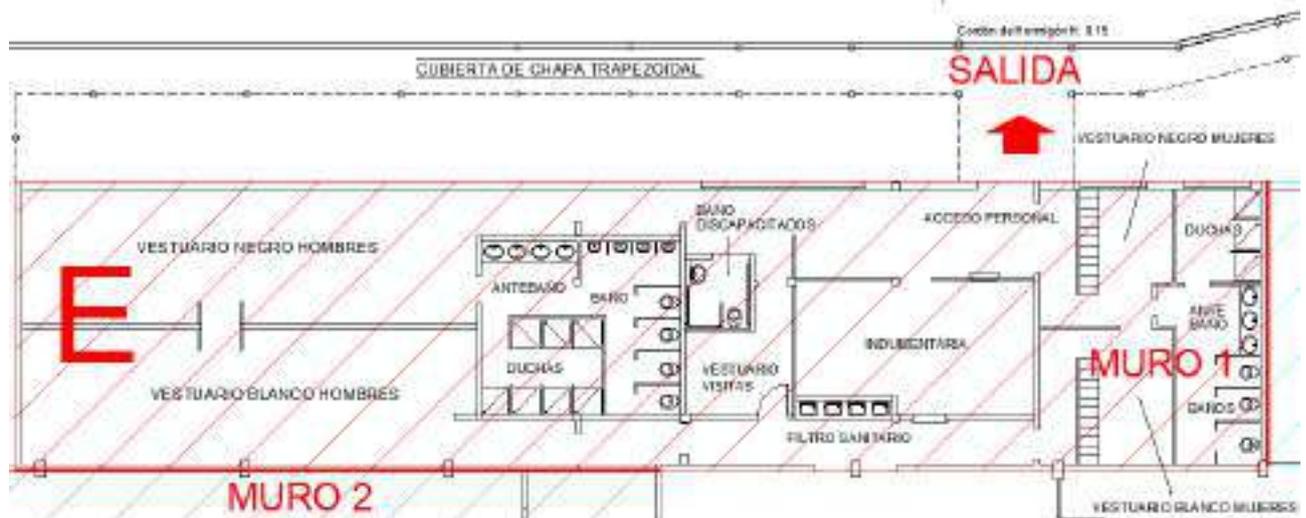


Figura 12: Detalle del sector de incendio E

Sector de incendio F: comedor y cocina.

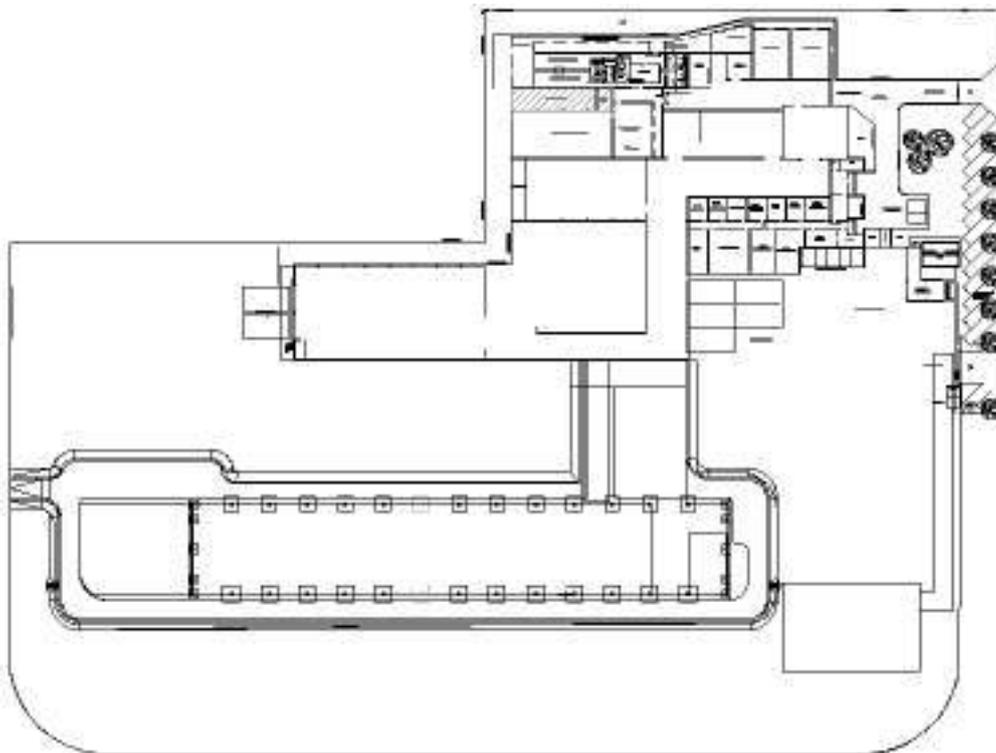


Figura 13: Ubicación del sector de incendio F en el establecimiento

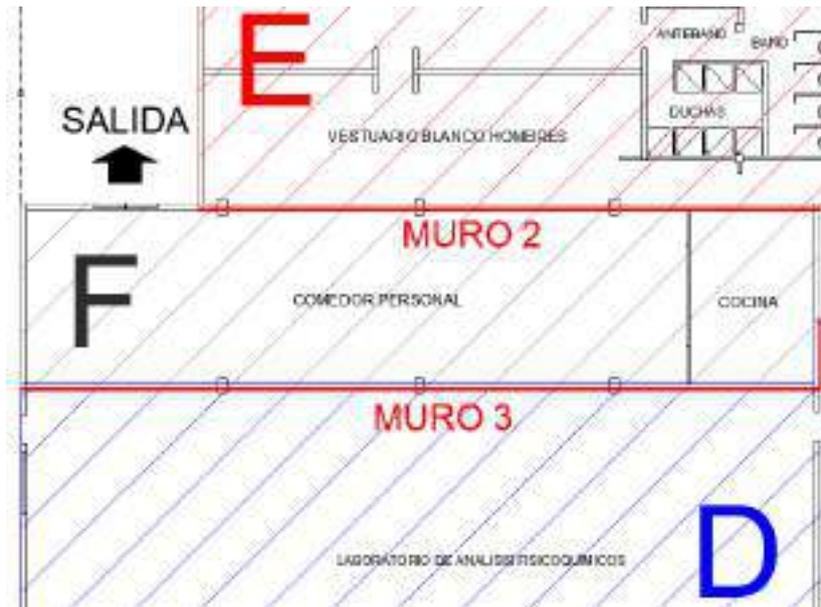


Figura 14: Detalle del sector de incendio F

Sector de incendio G: Carga de baterías, subestación transformadora y grupo electrógeno.

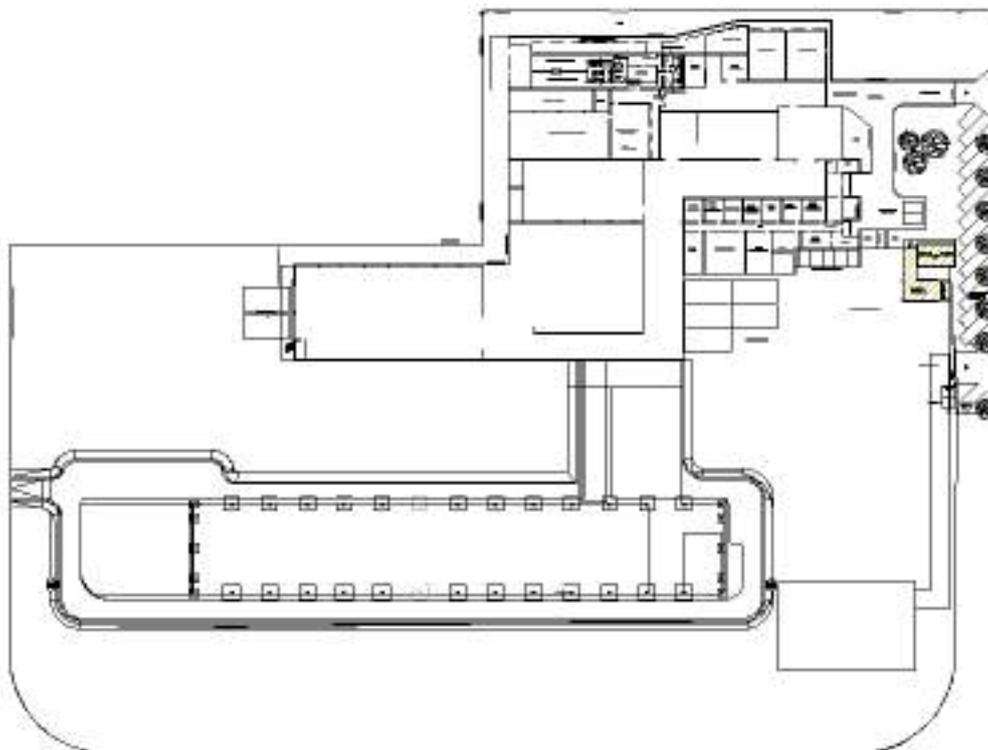


Figura 15: Ubicación del sector de incendio G en el establecimiento



Figura 16: Detalle del sector de incendio G

3.1.3 Materiales almacenados en los sectores de incendio

Se realiza un relevamiento de los materiales existentes en cada uno de los sectores de incendio definidos:

Sector de incendio A: Oficinas.

Superficie de piso: 452 m². No se considera la superficie de los sanitarios ni la del pasillo conforme al punto 1.12 del Capítulo 18 del Anexo VII del Decreto 351/79.

Se considera que las 12 oficinas que componen el sector de incendio poseen tipos y cantidades similares de materiales por lo que solo se analiza una de ellas (Oficina IT) y se extrapola para el resto. Se consideran despreciables, para evaluar la carga de fuego, a los materiales contenidos en los baños respecto a los contenidos en los restantes recintos.

Sector de incendio A: Oficinas				
Recinto	Elemento/Material	Nivel de riesgo del material	Cantidad estimada	Peso estimado total [Kg]
Oficina IT	Escritorio (madera)	3	2 unidades	60
	Armario (madera)	3	1 unidad	60
	Silla (plástico)	4	4 unidades	8
	Papel	3	10 resmas	30
Total oficinas (12 oficinas)	Escritorio (madera)	3	24 unidades	720

	Armario (madera)	3	12 unidades	720
	Silla (plástico)	4	48 unidades	96
	Papel	3	120 resmas	360
Sala de Reuniones	Mesa (madera)	3	1 unidades	240
	Silla (plástico)	4	12 unidades	24
Comedor	Mesa (madera)	3	4 unidades	160
	Silla (plástico)	4	16 unidades	32

Tabla 1: Elementos y materiales almacenados en el sector de incendio A

Sector de incendio B: Pañol y depósitos.

Superficie de piso: 2245 m². El sector de incendio B está conformado por los siguientes recintos (no se considera la superficie de los pasillos para la circulación de personas y auto elevadores conforme al punto 1.12 del Capítulo 18 del Anexo VII del decreto 351/79):

Pañol: Superficie de piso: 156 m². Dentro del pañol se encuentran repuestos de maquinarias (sensores, válvulas, motores, correas, etc.), elementos de higiene y limpieza (escobas, trapos de piso, papel higiénico, papel para manos, guantes, bolsas de consorcio, etc.), herramientas y repuestos (herramientas manuales y eléctricas, mechas, discos de corte, pegamentos, tornillería, etc.), repuestos eléctricos (rollos de cables, luminarias, protecciones eléctricas, etc.) y artículos de librería (resmas de hojas, tintas para impresoras, cuadernillos etc.). Debido a la gran diversidad de elementos y componentes presentes en este sector se evalúan los más preponderantes (en cuanto a unidades/volumen y nivel de riesgo) y se adiciona un porcentaje de estos para incluir a los no evaluados. El porcentaje es variable para cada material y se estima su valor conforme a lo que se puede observar dentro del recinto.

Papel:

Resmas de hojas: 20 cajas X 10 resmas/caja X 2.5 Kg/resma = 203 Kg de papel.

Papel higiénico: 160 rollos X 0.1 Kg/rollo = 16 Kg de papel.

Papel para manos: 48 rollos X 0.33 Kg/rollo = 15.9 Kg de papel.

Peso total de papel (se considera un 20% adicional para elementos no evaluados):
(203 Kg + 16 Kg + 15.9 Kg) X 1.2 = 282 Kg de papel.

Madera:

Escritorios: 2 escritorios X 30 Kg/escritorio = 60 Kg de madera

Estanterías (MDF 18 mm): 32 estantes X 68 Kg/estante = 2150 Kg de madera

Peso total de madera (se considera un 10% adicional para elementos no evaluados): $(60 \text{ Kg} + 2150 \text{ Kg}) \times 1.1 = 2431 \text{ Kg}$ de madera.

Polietileno:

Contenedores (bins) de repuestos: $600 \text{ contenedores} \times 0.2 \text{ Kg/contenedor} = 120 \text{ Kg}$ de polietileno

Peso total de polietileno (se considera un 50% adicional para elementos no evaluados): $120 \text{ Kg} \times 1.5 = 180 \text{ Kg}$ de polietileno.

PVC:

Aislante en cables (al haber rollos de cables de distintas secciones, se considera para el cálculo rollos de 100 metros de 4 mm^2): $10 \text{ rollos} \times 5.5 \text{ Kg/rollo} = 55 \text{ Kg}$ de PVC.

PC: 10 Kg de PVC.

Peso total de PVC (se considera un 20% adicional para elementos no evaluados): $(55 \text{ Kg} + 10 \text{ Kg}) \times 1.2 = 78 \text{ Kg}$ de PVC.

Cartón:

Cajas: $80 \text{ cajas} \times 1.2 \text{ Kg/caja} = 96 \text{ Kg}$ de cartón.

Peso total de cartón (se considera un 10% adicional para elementos no evaluados): $96 \text{ Kg} \times 1.1 = 105.6 \text{ Kg}$ de cartón.

Sector de incendio B: Pañol y depósitos				
Recinto	Elemento/Material	Nivel de riesgo del material	Cantidad estimada	Peso estimado total [Kg]
Pañol	Papel	3	-	282
	Madera	3	-	2431
	Polietileno	4	-	180
	PVC	4	-	78
	Cartón	3	-	105.6

Tabla 2: Elementos y materiales almacenados en el Pañol (Sector de incendio B)
A modo orientativo, se muestran algunas fotografías del sector analizado.



Figura 17: Elementos y materiales almacenados en el pañol (1) (Sector de incendio B)



Figura 18: Elementos y materiales almacenados en el pañol (2) (Sector de incendio B)



Figura 19: Elementos y materiales almacenados en el pañol (3) (Sector de incendio B)

Depósito de producto terminado listo para despacho: Superficie de piso: 800 m². El depósito cuenta con una estructura metálica que permite almacenar los pallets en 3 posiciones verticales, resultando una capacidad máxima de almacenamiento de 400 pallets de producto terminado.



Figura 20: Pallets de producto terminado



Figura 21: Cajas que conforman al pallet de producto terminado

Los 400 pallets de producto terminado se descomponen en los siguientes materiales:

Pallet de madera de pino seco: 400 pallets X 25 Kg/pallet =10000 Kg de madera de pino seco.

Cajas de cartón: 0.53 Kg/caja X 70 cajas/pallet X 400 pallets = 14840 Kg de cartón.

Botella de polietileno (32.3 gr): compuesta por el cuerpo de la botella (26 gr), la tapa interna (1.3 gr), la tapa externa (3.8 gr) y el anillo de unión de la tapa interna con la externa (1.2 gr).



Figura 22: Tapa externa (izq.), tapa interna (centro) y botella de polietileno (der.)

Botellas de polietileno: 0.0323 Kg/botella X 20 botellas/caja X 70 cajas/pallets X 400 pallets = 18088 Kg de polietileno.

Se desprecia la etiqueta de cada botella, la etiqueta de cada caja y el film que recubre a cada pallet frente a los materiales analizados para dicho depósito.

En la tabla siguiente se resumen los materiales presentes en el sector considerado.

Sector de incendio B: Pañol y depósitos				
Recinto	Elemento/Material	Nivel de riesgo del material	Cantidad estimada	Peso estimado total [Kg]
Depósito de producto terminado listo para despacho	Madera de pino seca	3	400 pallets	10000
	Cartón	3	28000 cajas	1480
	Polietileno	4	560000 botellas	18088

Tabla 3: Elementos y materiales almacenados en el Depósito de producto terminado listo para despacho (Sector de incendio B)

Depósito de producto terminado bajo control (área cuarentena): Superficie de piso: 672 m². En el presente depósito se almacenan racks idénticos a los del depósito de producto terminado listo para despacho con la diferencia que solo se ocupa una única posición vertical sobre el piso (no se cuenta con una estructura metálica que permita almacenar los pallets en más de una posición vertical), por lo que resulta una capacidad máxima de almacenamiento de 252 pallets de producto terminado.

Los 252 pallets de producto terminado se descomponen en los siguientes materiales:

Pallet de madera de pino seco: $252 \text{ pallets} \times 25 \text{ Kg/pallet} = 6300 \text{ Kg}$ de madera de pino seco.

Cajas de cartón: $0.53 \text{ Kg/caja} \times 70 \text{ cajas/pallet} \times 252 \text{ pallets} = 9350 \text{ Kg}$ de cartón.

Botellas de polietileno: $0.0323 \text{ Kg/botella} \times 20 \text{ botellas/caja} \times 70 \text{ cajas/pallets} \times 252 \text{ pallets} = 11396 \text{ Kg}$ de polietileno.

Se desprecia la etiqueta de cada botella, la etiqueta de cada caja y el film que recubre a cada pallet frente a los materiales analizados para dicho depósito.

Sector de incendio B: Pañol y depósitos				
Recinto	Producto/Material	Nivel de riesgo del material	Cantidad estimada	Peso estimado total [Kg]
Depósito de producto terminado bajo control (área cuarentena)	Madera de pino seca	3	252 pallets	6300
	Cartón	3	17640 cajas	9350
	Polietileno	4	352800 botellas	11396

Tabla 4: Elementos y materiales almacenados en el Depósito de producto terminado bajo control (Sector de incendio B)

Depósito de polietileno y de tapas externas: Superficie de piso: 325 m^2 . En el depósito en cuestión se almacenan pallets de bolsas de polietileno de 25 Kg cada una (se destinan 165 m^2 resultando una capacidad máxima de 68 pallets de polietileno) y pallets de cajas de tapas externas (se destinan 160 m^2 resultando una capacidad máxima de 66 pallets de tapas externas). Esta configuración da como resultado los siguientes materiales almacenados:

Pallets de madera de pino seco: $(68 \text{ pallets} + 66 \text{ pallets}) \times 25 \text{ Kg/pallet} = 3350 \text{ Kg}$ de madera de pino seco.

Polietileno (en bolsas): $68 \text{ pallets} \times 40 \text{ bolsas/pallet} \times 25 \text{ Kg de polietileno/bolsa} = 68000 \text{ Kg}$ de polietileno.

Polietileno (en tapas externas): $66 \text{ pallets} \times 20 \text{ cajas/pallets} \times 2200 \text{ tapas externas/caja} \times 3.8 \text{ gr/tapa externa} = 11036 \text{ Kg}$ de polietileno.

Polietileno total en depósito: $68000 \text{ Kg} + 11036 \text{ Kg} = 79036 \text{ Kg}$ de polietileno.

Cajas de cartón de tapas externas: $1.3 \text{ Kg/caja} \times 20 \text{ cajas/pallet} \times 66 \text{ pallets} = 1716 \text{ Kg}$ de cartón.

Se desprecian las bolsas plásticas que contienen al polietileno y el film que recubre a cada pallet frente a los materiales analizados para dicho depósito.

Sector de incendio B: Pañol y depósitos				
Recinto	Elemento/Material	Nivel de riesgo del material	Cantidad estimada	Peso estimado total [Kg]
Depósito de polietileno y tapas externas	Madera de pino seca	3	134 pallets	3350
	Cartón	3	1320 cajas	1716
	Polietileno	4	2720 bolsas y 2904000 tapas externas	79036

Tabla 5: Elementos y materiales almacenados en el Depósito de polietileno y tapas externas (Sector de incendio B)

A modo orientativo, se muestran algunas fotografías de los materiales analizados.



Figura 23: Bolsas de polietileno en pellets



Figura 24: Cajas de tapas externas (izq.) y bolsas de tapas externas (der.)

Depósito de productos químicos para limpieza: Superficie de piso: 19.6 m². En el depósito en cuestión se almacenan:

Jabón líquido para manos: 40 bidones X 5 lt/bidón X 1.05 Kg/lt = 210 Kg de jabón líquido para manos.

Detergente desengrasante: 40 bidones X 5 lt/bidón X 1.03 Kg/lt = 206 Kg de detergente desengrasante.

Perfume para pisos: 40 bidones X 5 lt/bidón X 1 Kg/lt = 200 Kg de perfume para pisos.

Alcohol: 120 botellas X 1lt/botella X 0.8Kg/lt = 96 Kg de alcohol.

Ácido peracético: 15 bidones X 5 lt/bidón X 1.04 Kg/lt = 78 Kg de ácido peracético.

Agua lavandina: 15 bidones X 5 lt/bidón X 1.11 Kg/lt = 84 Kg de agua lavandina.

Polietileno: 150 bidones X 0.36 Kg/bidón + 120 botellas X 0.032 Kg/botella = 58 Kg de polietileno.

Sector de incendio B: Pañol y depósitos				
Recinto	Elemento/Material	Nivel de riesgo del material	Cantidad estimada	Peso estimado total [Kg]
Depósito de productos químicos para limpieza	Jabón líquido para manos	3	40 bidones	210
	Detergente desengrasante	3	40 bidones	206
	Perfume para pisos	6	40 bidones	200
	Alcohol	2	120 botellas	96
	Ácido peracético	2	15 bidones	78
	Agua lavandina	6	15 bidones	84
	Polietileno	4	150 bidones y 120 botellas	58

Tabla 6: Elementos y materiales almacenados en el Depósito de productos químicos para limpieza (Sector de incendio B)

Depósito de productos para pintura: Superficie de piso: 21.6 m². En el depósito en cuestión se almacenan:

Thinner: 6 latas X 18 lt/lata X 0.8 Kg/lt = 86.4 Kg de thinner.

Aguarrás: 6 latas X 18 lt/lata X 0.8 Kg/lt = 86.4 Kg de aguarrás.

Pinturas varias: 35 latas X 4 lt/lata X 1.4 Kg/lt = 196 Kg de pinturas varias.

Sector de incendio B: Pañol y depósitos				
Recinto	Elemento/Material	Nivel de riesgo del material	Cantidad estimada	Peso estimado total [Kg]
Depósito de productos para pintura	Thinner	2	6 latas	86.4
	Aguarrás	2	6 latas	86.4
	Pinturas varias	3	20 latas	196

Tabla 7: Elementos y materiales almacenados en el Depósito de productos para pintura (Sector de incendio B)

Depósito de materia prima (droga): Superficie de piso: 170 m². En el depósito en cuestión se almacenan pallets de bolsas de cloruro de sodio NaCl (bolsa plástica) y de dextrosa (bolsa de papel). La capacidad máxima en el depósito es de 70 pallets (50 de cloruro de sodio y 20 de dextrosa). Esta disposición da como resultado los siguientes materiales almacenados:

Pallets de madera de pino seco: 70 pallets X 25 Kg/pallet = 1750 Kg de madera de pino seco.

Cloruro de sodio: 50 pallets X 49 bolsas/pallet X 25 Kg de NaCl/bolsa = 61250 Kg de cloruro de sodio

Bolsa plástica que contiene al NaCl: 50 pallets X 49 bolsas/pallet X 0.105 Kg de plástico/bolsa = 258 Kg de polietileno.

Dextrosa: 20 pallets X 40 bolsas/pallet X 25 Kg de dextrosa/bolsa = 20000 Kg de dextrosa

Bolsa de papel que contiene a la dextrosa: 20 pallets X 49 bolsas/pallet X 0.1 Kg de papel/bolsa = 98 Kg de papel.

A modo orientativo, se muestran algunas fotografías de los materiales analizados.



Figura 25: Dextrosa en bolsa de papel madera



Figura 26: Cloruro de sodio en bolsa de papel madera

Sector de incendio B: Pañol y depósitos				
Recinto	Elemento/Material	Nivel de riesgo del material	Cantidad estimada	Peso estimado total [Kg]
Depósito de materia prima (droga)	Madera de pino seca	3	70 pallets	1750
	Cloruro de sodio	6	2450 bolsas	61250
	Polietileno	4	2450 bolsas	258
	Dextrosa	6	800 bolsas	20000
	Papel	3	800 bolsas	98

Tabla 8: Elementos y materiales almacenados en el Depósito de materia prima (Sector de incendio B)

Depósito de materiales de acondicionamiento y embalaje: Superficie de piso: 81 m².

En el depósito en cuestión se almacenan:

Cajas para embalaje: 12 pallets X 480 cajas/pallet X 0.32 Kg/caja = 1844 Kg de cartón.

Pallets de madera: 527 pallets X 25 Kg/pallet = 13175 Kg de madera.

Los 527 pallets corresponden a 510 unidades para empaque de producto, 12 unidades para las cajas de cartón y 5 unidades para los rollos de papel film.

Rollo de etiquetas: 12 Rollos X 5Kg/rollo = 60 Kg de papel.

Film para embalaje: 5 pallets X 20 rollos de film/pallet X 3 Kg/rollo de film = 300 Kg de polietileno.

A modo orientativo, a continuación, se muestran algunas fotografías de los materiales analizados.



Figura 27: Pallet de cajas para embalaje



Figura 28: Rollo de etiquetas



Figura 29: Pallet de rollos de film para embalaje

Sector de incendio B: Pañol y depósitos				
Recinto	Elementos/Material	Nivel de riesgo del material	Cantidad estimada	Peso estimado total [Kg]
Depósito de materiales de acondicionamiento y embalaje	Caja de cartón	3	12 pallets	1848
	Pallet de madera	3	527 pallets	13175
	Rollo de etiqueta (papel)	4	12 rollos	60
	Rollo de papel film (polietileno)	4	5 pallets	300

Tabla 9: Elementos y materiales almacenados en el Depósito de acondicionamiento y embalaje (Sector de incendio B)

A continuación, se muestra una tabla que resume todos los recintos que conforman al sector de incendio B junto con los materiales presentes en ellos:

Sector de incendio B: Pañol y depósitos				
Recinto	Elemento/Material	Nivel de riesgo del material	Cantidad estimada	Peso estimado total [Kg]
Pañol	Papel	3	-	282
	Madera	3	-	2431
	Polietileno	4	-	180
	PVC	4	-	78
	Cartón	3	-	105.6

Depósito de producto terminado listo para despacho	Madera de pino seca	3	400 pallets	10000
	Cartón	3	28000 cajas	1480
	Polietileno	4	560000 botellas	18088
Depósito de producto terminado bajo control (área cuarentena)	Madera de pino seca	3	252 pallets	6300
	Cartón	3	17640 cajas	9350
	Polietileno	4	352800 botellas	11396
Depósito de polietileno y tapas externas	Madera de pino seca	3	134 pallets	3350
	Cartón	3	1320 cajas	700
	Polietileno	4	2720 bolsas y 2904000 tapas externas	79036
Depósito de productos químicos para limpieza	Jabón líquido para manos	3	40 bidones	210
	Detergente desengrasante	3	40 bidones	206
	Perfume para pisos	6	40 bidones	200
	Alcohol	2	120 botellas	96
	Ácido peracético	2	15 bidones	78
	Agua lavandina	6	15 bidones	84
	Polietileno	4	150 bidones y 120 botellas	58
Depósito de	Thinner	2	6 latas	86.4

productos para pintura	Aguarrás	2	6 latas	86.4
	Pinturas varias	3	20 latas	196
Depósito de materia prima (droga)	Madera de pino seca	3	70 pallets	1750
	Cloruro de sodio	3	2450 bolsas	61250
	Polietileno	4	2450 bolsas	258
	Dextrosa	3	800 bolsas	20000
	Papel	3	800 bolsas	98
Depósito de materiales de acondicionamiento y embalaje	Caja de cartón	3	12 pallets	1848
	Pallet de madera	3	527 pallets	13175
	Rollo de etiqueta (papel)	4	12 rollos	60
	Rollo de papel film (polietileno)	4	5 pallets	300

Tabla 10: Elementos y materiales almacenados en el Sector de incendio B
Sector de incendio C: Talleres.

Superficie de piso: 265 m². No se considera la superficie del pasillo para entrada de vehículos y circulación de personal conforme al punto 1.12 del Capítulo 18 del Anexo VII del Decreto 351/79.

Los materiales presentes en el sector en cuestión pueden clasificarse en:

Madera (tabla de mesas de trabajo, escritorios, tableros porta herramientas): 660 Kg de madera.

Polietileno (gavetas plásticas, sillas, dispensers, cajones de herramientas, carcasas de herramientas): 270 Kg de polietileno.

Papel (manuales, archivos, formularios): 150 Kg de papel.

Cartón (cajas, cartón corrugado): 65 Kg de cartón.

Pintura: 49 Kg de pintura.

Diluyente: 28.8 Kg de diluyente.

PVC (cables, en el taller de electricidad): 8 Kg de PVC.

Sector de incendio C: Talleres

Recinto	Elemento/Material	Nivel de riesgo del material	Cantidad estimada	Peso estimado total [Kg]
Talleres	Madera	3	-	660
	Polietileno	4	-	270
	Papel	3	-	150
	Cartón	3	-	65
	Pintura	3	-	49
	Diluyente	2	-	28.8
	PVC	4	-	8

Tabla 11: Elementos y materiales almacenados en el Sector de incendio C

Sector de incendio D: Laboratorios.

Superficie de piso: 310.5 m². Los materiales presentes en el sector en cuestión pueden clasificarse en:

Madera (escritorios, armarios y estantes): 210 Kg de madera.

Polietileno (gavetas plásticas, sillas, dispensers, recipientes, carcasas de instrumental): 190 Kg de polietileno.

Papel (manuales, archivos, formularios): 110 Kg de papel.

Cartón (cajas): 15 Kg de cartón.

Sector de incendio D: Laboratorios				
Recinto	Elementos/Material	Nivel de riesgo del material	Cantidad estimada	Peso estimado total [Kg]
Laboratorios	Madera	3	-	210
	Polietileno	4	-	190
	Papel	3	-	110
	Cartón	3	-	15

Tabla 12: Elementos y materiales almacenados en el Sector de incendio D

Sector de incendio E: Sanitarios y vestuarios.

Superficie de piso: 244 m². En la tabla siguiente se resume los materiales presentes en el sector en cuestión:

Sector de incendio E: Sanitarios y vestuarios				
Recinto	Elementos/Material	Nivel de riesgo	Cantidad	Peso estimado

		del material	estimada	total [Kg]
Sanitarios	Mamparas divisorias de melamina (madera)	3	2 placas de 18 mm	116
Vestuarios	Bancos (madera)	3	-	90
	Vestimenta (telas)	3	1.5 Kg de ropa por persona	45
Indumentaria	Trajes sanitarios (telas)	3	100 trajes para trabajos en áreas limpias	200

Tabla 13: Elementos y materiales almacenados en el Sector de incendio E

Sector de incendio F: Comedor y cocina.

Superficie de piso: 105 m². En la tabla siguiente se resume los materiales presentes en el sector en cuestión:

Sector de incendio F: Comedor y cocina				
Recinto	Elemento/Material	Nivel de riesgo del material	Cantidad estimada	Peso estimado total [Kg]
Comedor	Mesa de madera	3	8 unidades	120
	Silla de plástico	4	48 unidades	96
	Techo de PVC	4	1.68 Kg/m ²	353
Cocina	Alacena y bajo mesada de madera	3	-	76
	Techo de PVC	4	1.68 Kg/m ²	168

Tabla 14: Elementos y materiales almacenados en el Sector de incendio F

Sector de incendio G: Carga de baterías, subestación transformadora y grupo electrógeno.

Superficie de piso: 84 m². En la tabla siguiente se resume los materiales presentes en el sector en cuestión:

Sector de incendio G: Carga de baterías, subestación transformadora y grupo electrógeno				
Recinto	Elemento/material	Nivel de riesgo del material	Cantidad estimada	Peso estimado total [Kg]
Carga de baterías	Baterías de back up de zorras eléctricas	4	2 unidades	370
	Cargadores de baterías	4	4 unidades	160
	Auto elevadores eléctricos	4	2 unidades	4200
Subestación transformadora	Transformador 500kVA (aceite mineral aislante en cuba de aceite)	3	619 litros	554
	Tablero Principal General (carcaza termoplástica elementos de protección)	4	26 elementos de protección	8
	Cableado de BT (PVC)	4	10 metros X 25 cables (4x50/25 mm ²)	2
Grupo electrógeno	Gasoil contenido en el tanque de almacenamiento	3	1200 litros	1020
	Conjunto motor-generator (aceite en cárter del motor)	3	25 litros	23.75

Tabla 15: Elementos y materiales almacenados en el Sector de incendio G

3.1.4 Cálculo de carga de fuego.

Se calcula la carga de fuego para cada uno de los sectores de incendio definidos. Tal lo indicado en el marco teórico, la carga de fuego es el peso en madera por unidad de superficie (Kg/m^2) capaz de desarrollar una cantidad de calor equivalente a la de los materiales contenidos en el sector de incendio analizado. Cabe aclarar que como patrón de referencia se considera 4000 Kcal/Kg al poder calorífico inferior de la madera.

La expresión matemática de la carga de fuego se detalla en la Ecuación 1 (Ver marco teórico)

A continuación, se listan los valores del poder calorífico de los elementos y materiales encontrados en los distintos sectores de incendio, justificando en los que amerita el valor estimado:

Madera: 4 Mcal/Kg.

Polietileno: 10 Mcal/Kg.

Papel: 4 Mcal/Kg.

Cartón: 3.7 Mcal/Kg.

Telas: se considera el poder calorífico estimado para trapos: 4 Mcal/Kg.

Pintura: 1.8 Mcal/Kg.

Diluyente: se considera el poder calorífico del aguarrás: 10 Mcal/Kg.

Thinner: se considera el poder calorífico del aguarrás: 10 Mcal/Kg.

Detergente: 0.5 Mcal/Kg.

Jabón líquido para manos: se considera el poder calorífico del detergente: 0.5 Mcal/Kg.

Alcohol etílico: 6.5 Mcal/Kg.

Perfume para pisos: se considera incombustible por estar compuesto en mayor proporción por agua.

Agua lavandina: se considera incombustible por estar compuesto en mayor proporción por agua.

Ácido peracético: se considera el poder calorífico del ácido acético: 4 Mcal/Kg.

Cloruro de sodio: se considera el poder calorífico del sodio: 1 Mcal/Kg.

Dextrosa: se considera el poder calorífico del sodio: 1 Mcal/Kg.

Baterías de zorras eléctricas: 10 Mcal/Kg.

Cargadores de baterías: Se considera el poder calorífico de un aparato de radio por su similitud en cuanto a la presencia de componentes electrónicos: 20 Mcal/unidad.

Considerando un peso promedio de 4.5 Kg por aparato de radio resulta un poder calorífico de 4.4 Mcal/Kg.

Auto elevador: Se considera el poder calorífico estimado para un automóvil: 1200 Mcal/automóvil. Considerando un peso promedio de 1200 kg por automóvil resulta un poder calorífico de 1 Mcal/Kg.

Aceite mineral aislante: 10 Mcal/Kg.

Termoplásticos: 1.2 Mcal/Kg.

PVC: 5 Mcal/Kg.

Gasoil: 10 Mcal/Kg.

Todos los valores estimados se obtuvieron de tablas del Instituto de Estudios de la Seguridad (IDES)¹.

Para una mejor interpretación, los cálculos desarrollados y los valores obtenidos se organizan en la siguiente tabla:

¹ Instituto de Estudios de la Seguridad (IDES), “Búsqueda y validación de parámetros de la carga de fuego en establecimientos industriales”, febrero 2010, Tabla 3, 4 y 5.

Sector de incendio	Recinto	Superficie de piso [m ²]	Elementos y materiales	Riesgo	Cantidad [Kg]	PC [Mcal/Kg]	CF (material) [Kg/m ²]	CF (recinto) [Kg/m ²]	CF (sector) [Kg/m ²]
A: oficinas	Oficinas (12 recintos)	332	madera	3	1440	4	3.9	5.6	5.2
			plástico	4	96	10	0.7		
			papel	3	360	4	1.0		
	Sala de reuniones	80	madera	3	240	4	2.7		
			plástico	4	24	10	0.7		
			madera	3	160	4	3.6		
Comedor	40	plástico	4	32	10	1.8	5.5		
B: pañol y depósitos	Pañol	156	papel	3	454	4	2.6	20.6	
			madera	3	2431	4	14.2		
			polietileno	4	180	10	2.6		
			PVC	4	78	5	0.6		
			cartón	3	105.6	3.7	0.6		
	Depósito de producto terminado listo para despacho	800	madera	3	10000	4	11.4	64.3	
			cartón	3	1480	3.7	1.6		
	Depósito de producto terminado bajo control (área)	672	polietileno	4	18088	10	51.4	58.8	
			madera	3	6300	4	8.5		
	Depósito de polietileno y tapas externas	325	cartón	3	9350	3.7	11.7	566.5	
			polietileno	4	11396	10	38.5		
			madera	3	3350	4	9.4		
	Depósito de productos químicos para limpieza	19.6	cartón	3	1716	3.7	4.4	20.0	
			polietileno	4	79036	10	552.7		
			jabón líquido para manos	3	210	0.5	1.2		
			detergente desengrasante	3	206	0.5	1.2		
			alcohol	2	96	6.5	7.2		
			ácido peracético	2	78	4	3.6		
	Depósito de productos para pintura	21.6	polietileno	4	58	10	6.7	21.9	
			thinner	2	86.4	10	9.1		
			aguarrás	2	86.4	10	9.1		
	Depósito de materia prima (droga)	170	pintura varias	3	196	1.8	3.7	13.3	
			madera	3	1750	4	9.4		
	Depósito de materiales de acondicionamiento y embalaje	81	polietileno	4	258	10	3.4	176.1	
papel			3	98	4	0.5			
cartón			3	1848	3.7	19.2			
madera			3	13175	4	147.9			
papel			3	60	4	0.7			
C: talleres	-	265	polietileno	4	300	10	8.4	5.7	
			madera	3	660	4	2.3		
			polietileno	4	270	10	2.3		
			papel	3	150	4	0.5		
			cartón	3	65	3.7	0.2		
			pintura varias	3	49	1.8	0.1		
			diluyente	2	28.8	10	0.2		
			PVC	4	8	5	0.0		
D: laboratorios	-	310.5	madera	3	210	4	0.6	2.4	
			polietileno	4	190	10	1.4		
			papel	3	110	4	0.3		
			cartón	3	15	3.7	0.0		
E: sanitarios y vestuarios	Sanitarios	44	madera	3	116	4	2.4	1.7	
	Vestuarios	178	madera	3	90	4	0.5		
	Indumentaria	22	telas	3	45	4	0.2		
F: comedor y cocina	Comedor	89	telas	3	200	4	8.3	9.4	
			madera	3	120	4	1.2		
	Cocina	16	plástico	4	96	10	2.5		
			PVC	4	353	5	4.5		
G: carga de baterías, subestación transformadora y grupo electrógeno	Carga de baterías	34	madera	3	76	4	4.3	16.3	
			plástico	4	96	10	2.5		
			PVC	4	168	5	11.9		
	Subestación transformadora	42	baterías	4	370	10	24.7	57.5	
			cargadores de baterías	4	160	4.4	4.7		
			autoelevadores	4	4200	1	28.1		
			aceite mineral	3	554	10	30.0		
Grupo electrógeno	8	termoplásticos	4	8	1.2	0.1	30.1		
		PVC	4	2	5	0.1			
			gasoil	3	1020	10	289.8	296.5	
			aceite mineral	3	23.75	10	6.7		

Tabla 16: Resultados del cálculo de la carga de fuego

Con el fin de aclarar la metodología adoptada para el cálculo se detalla cómo se obtuvieron los valores de algunas de las celdas de la tabla anterior:

Celda (columna 8; fila 2):

$$CF (material) \left[\frac{Kg}{m^2} \right] = \frac{1440 [Kg] \times 4000 \left[\frac{Kcal}{Kg} \right]}{4400 \left[\frac{Kcal}{Kg} \right] \times 332 [m^2]} = 3.9 \left[\frac{Kg}{m^2} \right]$$

Celda (columna 9; fila 2):

$$CF (recinto) \left[\frac{Kg}{m^2} \right] = 3.9 \left[\frac{Kg}{m^2} \right] + 0.7 \left[\frac{Kg}{m^2} \right] + 1 \left[\frac{Kg}{m^2} \right] = 5.6 \left[\frac{Kg}{m^2} \right]$$

Celda (columna 10; fila 2):

$$CF \text{ (sector)} \left[\frac{Kg}{m^2} \right] = \frac{5.6 \left[\frac{Kg}{m^2} \right] \times 332 [m^2] + 3.4 \left[\frac{Kg}{m^2} \right] \times 80 [m^2] + 5.5 \left[\frac{Kg}{m^2} \right] \times 40 [m^2]}{332 [m^2] + 80[m^2] + 40[m^2]}$$

$$= 5.2 \left[\frac{Kg}{m^2} \right]$$

3.1.5 Nivel de riesgo

El nivel de riesgo de cada sector de incendio se determina de acuerdo con los materiales presentes y a las actividades predominantes. El Decreto 351/79, en el Capítulo 18, presenta la siguiente tabla para la determinación del nivel de riesgo:

Actividad predominante	Riesgo						
	1	2	3	4	5	6	7
Residencial Administrativo	NP	NP	R3	R4	-	-	-
Comercial 1 Industrial Depósito	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Espectáculos Cultura	NP	NP	R3	R4	-	-	-
Referencias: Clasificación de los materiales según su combustibilidad Riesgo 1: Explosivo; Riesgo 2: Inflamable; Riesgo 3: Muy Combustible; Riesgo 4: Combustible; Riesgo 5: Poco Combustible; Riesgo 6: Incombustible; Riesgo 7: Refractarios; NP: No permitido							

Tabla 17: Clasificación de riesgo de incendio según Decreto 351/79

La clasificación de los materiales conforme su combustibilidad en la tabla anterior es la que se utilizó en la sección 4.1.3 para clasificar los distintos materiales presentes en los sectores de incendio y que a su vez se encuentra definida en el punto 3.7 del marco teórico.

Para determinar finalmente el nivel de riesgo de cada sector de incendio según la combustibilidad de los materiales presentes en él, se calcula la masa equivalente de madera patrón que representa cada uno de los materiales y elementos almacenados por nivel de riesgo. Dicho cálculo se resume en la tabla siguiente:

Sector de incendio	Nivel de riesgo	Cantidad de combustible (en Kg de madera)	Nivel de riesgo predominante
A: oficinas	3 (muy combustible)	2000	3
	4 (combustible)	345	
B: pañol y depósitos	2 (inflamable)	605	4
	3 (muy combustible)	46518	
	4 (combustible)	248534	
C: talleres	2 (inflamable)	65	3
	3 (muy combustible)	811	
	4 (combustible)	623	
D: laboratorios	3 (muy combustible)	304	4
	4 (combustible)	432	
E: sanitarios y vestuarios	3 (muy combustible)	410	3
F: comedor y cocina	3 (muy combustible)	178	4
	4 (combustible)	810	
G: carga de baterías, subestación transformadora y	3 (muy combustible)	3631	3
	4 (combustible)	1960	

Tabla 18: Nivel de riesgo predominante por sector de incendio

Con el fin de aclarar la metodología adoptada para el cálculo se detalla cómo se obtuvieron los valores de algunas de las celdas de la tabla anterior:

Celda (columna 3; fila 12): Cantidad de combustible en Kg de madera para el sector de incendio F y materiales tipo 3 (muy combustibles):

$$Cant. de comb. en Kg de madera = \frac{120 [Kg] \times 4 \left[\frac{Mcal}{Kg} \right] + 76 [Kg] \times 4 \left[\frac{Mcal}{Kg} \right]}{4400 \left[\frac{Kcal}{Kg} \right]} = 178 [Kg]$$

Combinando la información de las tablas 17 y 18 se determina el nivel de riesgo de incendio de cada sector, dando como resultado la tabla 19:

Sector de incendio	Actividad predominante	Combustibilidad de los materiales almacenados	Nivel de riesgo de incendio
A: oficinas	Administrativo	3 (muy combustible)	R3
B: pañol y depósitos	Depósitos	4 (combustible)	R4
C: talleres	Industrial	3 (muy combustible)	R3
D: laboratorios	Industrial	4 (combustible)	R4
E: sanitarios y vestuarios	Residencial	3 (muy combustible)	R3
F: comedor y cocina	Residencial	4 (combustible)	R4
G: carga de baterías, subestación transformadora y	Industrial	3 (muy combustible)	R3

Tabla 19: Nivel de riesgo de cada sector de incendio según Decreto 351/79

3.2 Requerimientos de protección contra incendios

En la presente sección se analizan los requerimientos de protección contra incendio del establecimiento de acuerdo con el Decreto 351/79, Capítulo 18, Anexo VII.

Conforme al Artículo 160 del Capítulo 18 del Decreto 351/79:

Art 160 - *La protección contra incendios comprende el conjunto de condiciones de construcción, instalación y equipamiento que se deben observar tanto para los ambientes como para los edificios, aun para trabajos fuera de éstos y en la medida en que las tareas los requieran (...).*

Art 160 (...) *Cuando se utilice un edificio para usos diversos, se aplicará a cada parte y uso las protecciones que correspondan y cuando un edificio o parte del mismo cambie de uso, se cumplirán los requisitos para el nuevo uso. (...).*

En base al Artículo 160, se analizará a cada sector de incendio definido de forma independiente.

3.2.1 Resistencia al fuego de los elementos constitutivos de los sectores de incendio

El Decreto 351/79, en su Capítulo 18 indica:

Art. 160 (...) *En la ejecución de estructuras portantes y muros en general se emplearán materiales incombustibles, cuya resistencia al fuego se determinará conforme a las tablas obrantes en el Anexo VII (...).*

Art. 170 - *Los materiales con que se construyan los establecimientos serán resistentes al fuego y deberán soportar sin derrumbarse la combustión de los elementos que contengan, de manera de permitir la evacuación de las personas.*

En establecimientos existentes, cuando sea necesario, se introducirán las mejoras correspondientes.

Para determinar los materiales a utilizar deberá considerarse el destino que se dará a los edificios y los riesgos que se establecen en el Anexo VII, teniendo en cuenta también la carga de fuego.

A continuación, se presentan las tablas del Anexo VII de la legislación (Tablas 20 y 21). Junto con la carga de fuego y el nivel de riesgo calculados para cada sector de incendio (Ver puntos 4.1.4 y 4.1.5) se determina la resistencia al fuego mínima de los elementos constitutivos del edificio. Para los sectores A, B, D, E, F y G se utiliza la Tabla 20, por no poseer ventilación mecánica, mientras que para el sector C se utiliza la Tabla 21. Los valores obtenidos se resumen en la Tabla 22.

CUADRO 2.2.1.					
Carga de fuego	Riesgo				
	1	2	3	4	5
hasta 15 kg/m ²	--	F 60	F 30	F 30	--
desde 16 hasta 30 kg/m ²	--	F 90	F 60	F 30	F 30

desde 31 hasta 60 kg/m ²	--	F 120	F 90	F 60	F 30
desde 61 hasta 100 kg/m ²	--	F 180	F 120	F 90	F 60
más de 100 kg/m ²	--	F 180	F 180	F 120	F 90

Tabla 20: Resistencia al fuego (en minutos) según nivel de riesgo y carga de fuego, para sectores sin ventilación²

CUADRO 2.2.2.					
Carga de fuego	Riesgo				
	1	2	3	4	5
hasta 15 kg/m ²	--	NP	F 60	F 60	F 30
desde 16 hasta 30 kg/m ²	--	NP	F 90	F 60	F 60
desde 31 hasta 60 kg/m ²	--	NP	F 120	F 90	F 60
desde 61 hasta 100 kg/m ²	--	NP	F 180	F 120	F 90
más de 100 kg/m ²	--	NP	NP	F 180	F 120

NOTA:
NP = No permitido

Tabla 21: Resistencia al fuego (en minutos) según nivel de riesgo y carga de fuego, para sectores con ventilación³

² Decreto Reglamentario 351/79, Anexo VII, punto 2.

³ Decreto Reglamentario 351/79, Anexo VII, punto 2.

Sector de incendio	Nivel de riesgo de incendio	Carga de fuego [Kg/m ²]	Resistencia al fuego requerida [min]
A: oficinas	R3	5.2	F30
B: pañol y depósitos	R4	131.7	F120
C: talleres	R3	5.7	F60
D: laboratorios	R4	2.4	F30
E: sanitarios y vestuarios	R3	1.7	F30
F: comedor y cocina	R4	9.4	F30
G: carga de baterías, subestación transformadora y	R3	66.6	F120

Tabla 22: Resistencia al fuego requerida en cada sector de incendio

Del análisis anterior se desprende que la resistencia al fuego mínima de los elementos constitutivos del edificio deberá ser F30 para los sectores A, D, E y F, F60 para el sector C, F120 para el sector B y G.

En el caso de los muros de subdivisión entre los distintos sectores se deberá tener una resistencia al fuego mínima correspondiente al más restrictivo de los dos sectores (Ver punto 4.1.2 para la denominación de los muros de subdivisión):

MURO 1 (Sector E – Sector C): F60

MURO 2 (Sector E – Sector F): F30

MURO 3 (Sector F – Sector D): F30

MURO 4 (Sector D – Sector B): F120

MURO 5 (Sector B – Sector A): F120

3.2.2 Condiciones de situación, construcción y extinción por nivel de riesgo de cada sector de incendio

El Decreto 351/79, en su Capítulo 18 indica:

Art. 173 - Las condiciones de situación, que constituyen requerimientos específicos de emplazamiento y acceso a los edificios, conforme a las características del riesgo de los mismos, se cumplimentarán según lo establecido en el Anexo VII.

Art. 174 - Las condiciones de construcción, que constituyen requerimientos constructivos que se relacionan con las características del riesgo de los sectores de incendio, se cumplimentará según lo establecido en el Anexo VII.

Art 175 - Las condiciones de extinción, que constituyen el conjunto de exigencias destinadas a suministrar los medios que faciliten la extinción de un incendio en sus distintas

etapas, se cumplimentarán según lo establecido en el Anexo VII.

El análisis del cumplimiento de las condiciones mencionadas en la normativa de referencia se realiza considerando:

Los sectores de incendio A, B, C, D, E y F le corresponde un Uso: Industria, por pertenecer a un establecimiento industrial. Con respecto al Riesgo se considera el calculado en la sección 4.1.5 para cada sector de incendio.

El sector G le corresponde las condiciones de Uso: Aire libre – Industria, debido a que se encuentra junto a la playa de estacionamiento, distante de los restantes sectores. En cuanto al Riesgo, el calculado en 4.1.5.

Para determinar las condiciones específicas aplicables conforme al uso y al nivel de riesgo asignado, se emplea el Cuadro de Protección Contra Incendio (condiciones específicas) del Decreto 351/79 (Ver Anexo II del presente trabajo).

En la tabla 22 se resumen las condiciones aplicables a cada sector de incendio:

Sector de incendio	Nivel de riesgo	Uso	Condiciones de situación	Condiciones de construcción	Condiciones de extinción
A: oficinas	R3	Industria	S2	C1, C3	E3, E11, E12, E13
B: pañol y depósitos	R4	Industria	S2	C1, C4	E4, E11, E13
C: talleres	R3	Industria	S2	C1, C3	E3, E11, E12, E13
D: laboratorios	R4	Industria	S2	C1, C4	E4, E11, E13
E: sanitarios y vestuarios	R3	Industria	S2	C1, C3	E3, E11, E12, E13
F: comedor y cocina	R4	Industria	S2	C1, C4	E4, E11, E13
G: carga de baterías, subestación transformadora y	R3	Aire Libre: Industria	S2	C1	E1, E9

Tabla 23: Condiciones de situación, construcción y extinción a cumplir en cada sector

3.2.3 Condiciones de situación

Conforme lo indicado en la Tabla 23, todos los sectores de incendio deben cumplir la condición de situación S2. La misma se detalla a continuación:

Condición S2:

Cualquiera sea la ubicación del edificio, estando éste en zona urbana o densamente poblada, el predio deberá cercarse preferentemente (salvo las aberturas exteriores de comunicación), con un muro de 3,00 m de altura mínima y 0,30 m de espesor de albañilería de ladrillos macizos o 0,08 m. de hormigón.

La condición S2 se cumple en el establecimiento bajo estudio ya que los muros exteriores son de mampostería portante de 30 cm de espesor y abarcan desde el piso al techo (altura mayor a 3 metros).

3.2.4 Condiciones de construcción

Condiciones generales

En el punto 6.1 de la normativa de referencia se detallan las condiciones generales de construcción. Se extraen los requerimientos aplicables al caso de estudio y se determina si los mismos se cumplen.

6.1.1. Todo elemento constructivo que constituya el límite físico de un sector de incendio deberá tener una resistencia al fuego, conforme a lo indicado en el respectivo cuadro de "Resistencia al Fuego" (F), que corresponda de acuerdo a la naturaleza de la ventilación del local, natural o mecánica.

La resistencia al fuego mínima requerida para cada sector de incendio se determinó en el punto 4.2.1. Si bien no se cuenta con los ensayos de resistencia al fuego del edificio, podemos estimar conforme a (4) que los muros interiores (de 20 centímetros de ancho) y los exteriores (de 30 centímetros de ancho) de mampostería que delimitan a los sectores de incendio A, B, C, D, E y F le corresponde una resistencia al fuego FR180 y FR240 respectivamente. Teniendo en cuenta que la resistencia al fuego mínima más exigente estimada les corresponde a los muros del sector B (FR120) y que la resistencia al fuego mínima de los muros existentes se supone FR 180 (muro de mampostería de 20 cm de ancho) se puede afirmar que los muros cumplen la condición 6.1.1 de la normativa vigente para los sectores A, B, C, D, E y F.

En cuanto a las cubiertas superiores de los sectores A, B, C, D, E y F se puede afirmar:

- Los sectores A, D y E no cumplen con los requerimientos mínimos de la condición 6.1.1 ya que el Durlock empleado para el cielo raso no posee el espesor adecuado conforme a la resistencia al fuego mínima requerida (ver Tabla 24). Se recomienda reemplazar las placas existentes (7 mm de espesor) por otras de espesor mayor o igual a 20 cm o reemplazarlas por morteros de yeso sobre malla metálica de espesor mayor o igual a 20 cm conforme la Tabla 24.
- Si bien no se cuenta con los ensayos de resistencia al fuego de la cubierta de chapa de los sectores B y C, para cumplir la condición 6.1.1 se recomienda ensayar dicha estructura para conocer su resistencia al fuego o implementar un mortero ignífugo inyectado sobre la cubierta que garantice la resistencia al fuego mínima de los sectores en cuestión.
- En cuanto a la cubierta del sector F, se recomienda ensayar el cielo raso de machimbre de PVC para conocer su resistencia al fuego o reemplazarlo por placas de yeso de espesor mayor o igual a 20 cm o por morteros de yeso sobre malla metálica de espesor mayor o igual a 20 cm conforme la Tabla 24.

En conclusión, si bien los muros cumplen con los requerimientos del punto 6.1.1, las cubiertas superiores no lo satisfacen para los sectores A, D y E y no se puede garantizar su cumplimiento para los sectores B, C y F a menos que se realicen los ensayos pertinentes.

Muestra Nº	CONSTITUCIÓN MURO	REVOQUE CARA EXPUESTA AL FUEGO	REVOQUE CARA NO EXPUESTA AL FUEGO	RESISTENCIA AL FUEGO
1	Ladrillo macizo común	Graso + fino	Graso + fino	FR 180
2	Ladrillo cerámico no portante 12 cm. espesor	Sin revocar	Sin revocar	FR 60
3	Ladrillo cerámico no portante 12 cm. espesor	Graso + fino	Graso + fino	FR 120
4	Ladrillo cerámico no portante 12 cm. espesor	Engrosado de yeso + incluido de yeso	Engrosado de yeso + incluido de yeso	FR 120
5	Ladrillo cerámico no portante 18 cm. espesor	Sin revocar	Sin revocar	FR 180
6	Ladrillo cerámico no portante 18 cm. espesor	Graso + fino	Graso + fino	FR 180
7	Ladrillo cerámico no portante 18 cm. espesor	Engrosado de yeso + incluido de yeso	Engrosado de yeso + incluido de yeso	FR 240
8	Ladrillo cerámico portante 12 cm. espesor	Sin revocar	Sin revocar	FR 120
9	Ladrillo cerámico portante 12 cm. espesor	Engrosado de yeso + incluido de yeso	Graso + fino	FR 180
9	Ladrillo cerámico portante 12 cm. espesor	Engrosado de yeso + incluido de yeso	Graso + fino	FR 180
10	Ladrillo cerámico portante 18 cm. espesor	Sin revocar	Sin revocar	FR 180
11	Ladrillo cerámico portante 18 cm. espesor	Engrosado de yeso + incluido de yeso	Graso + fino	FR 240
12	Ladrillo cerámico portante 27 cm. de espesor	Graso + fino	Graso + fino	>FR 240

NOTA: Los ensayos se realizaron de acuerdo a la Norma IRAM 11950 (Resistencia al Fuego de los Elementos de la Construcción - Método de Ensayo). La clasificación se realizó de acuerdo a las indicaciones de la Norma IRAM 11949 (Resistencia al Fuego de los Elementos de la Construcción - Criterios de Clasificación)

Esesor en cm	7	6	5	4	3	2	1
Tipo de recubrimiento							
Mortero de yeso o cemento sobre malla metálica	RF-120	RF-120	RF-90	RF-90	RF-60	RF-30	
Mortero de yeso y vermiculita o perlita	RF-180	RF-180	RF-120	RF-120	RF-90	RF-60	RF-30
Mortero de arcilla	RF-240	RF-240	RF-180	RF-120	RF-120	RF-90	RF-60
Resistencia al fuego, en minutos:							
Los tiempos de resistencia ante el fuego aportado por cada tipo de recubrimiento se podrán sumar a los aportados por el elemento constructivo sin recubrir.							

Tabla 24: Resistencia al fuego de mampostería de ladrillos y bloques cerámicos⁴ y recubrimientos superiores⁵.

Respecto al sector de incendio G (resistencia al fuego mínima estimada F120), no se puede afirmar el cumplimiento del punto 6.1.1 de la normativa, ya que si bien la subestación transformadora cumple los requisitos mínimos no los garantiza el sector del grupo electrógeno y de carga de baterías:

- La subestación transformadora posee paredes de mampostería de 30 cm de ancho (FR > 240, ver Tabla 24) y la cubierta superior está conformada por losa

⁴ Ficha Técnica N°3, Resistencia al fuego de mampostería realizada con ladrillos y bloques cerámicos nacionales, Cámara industrial de la cerámica roja, marzo 2002.

⁵ NTP 39: Resistencia ante el fuego de elementos constructivos, Ministerio de obras públicas y urbanismo de España.

de hormigón armado (se estima $FR > 240$ conforme comparación con valores de la Tabla 24).

- El sector del grupo electrógeno y carga de baterías posee paredes y techo de chapa acanalada. Al no poseer los ensayos de resistencia al fuego de esta estructura no se puede garantizar el cumplimiento de la normativa. No obstante, se recomienda, para cumplir la condición 6.1.1 la realización de los ensayos pertinentes o la implementación de un mortero ignífugo inyectado sobre las paredes y la cubierta que garantice la resistencia al fuego mínima del sector en cuestión.

Condiciones específicas

En la Tabla 22 se indicaron las condiciones específicas de construcción a cumplir en cada sector.

Condición C1: Las cajas de ascensores y montacargas, estarán limitadas por muros de resistencia al fuego, del mismo rango que el exigido para los muros, y serán de doble contacto y estarán provistas de cierre automático.

No aplica, no hay ascensores ni montacargas.

Condición C3: Los sectores de incendio deberán tener una superficie de piso no mayor de 1.000 m^2 . Si la superficie es superior a 1.000 m^2 , deben efectuarse subdivisiones con muros cortafuego de modo tal que los nuevos ambientes no excedan el área antedicha.

En lugar de la interposición de muros cortafuego, podrá protegerse toda el área con rociadores automáticos para superficies de piso cubiertas que no superen los 2.000 m^2 .

Los sectores a los cuales le corresponde dicha condición son el A: Oficinas (452 m^2), el C: Talleres (265 m^2) y el E: Sanitarios y vestuarios (244 m^2) por lo que se cumple la condición citada.

Condición C4: Los sectores de incendio deberán tener una superficie cubierta no mayor de 1.500 m^2 . En caso contrario, se colocará muro cortafuego.

En lugar de la interposición de muros cortafuego, podrá protegerse toda el área con rociadores automáticos para superficies de piso cubiertas que no superen los 3.000 m^2 .

El sector de incendio B: Pañol y Depósitos tiene una superficie total de 2245 m^2 , por lo que no cumple la condición C4. Para el cumplimiento de este punto se puede subdividir a dicho sector con un muro cortafuego independizando el Depósito de producto terminado listo para despacho (800 m^2) del resto de los recintos (1445 m^2). Ver Figura 23.

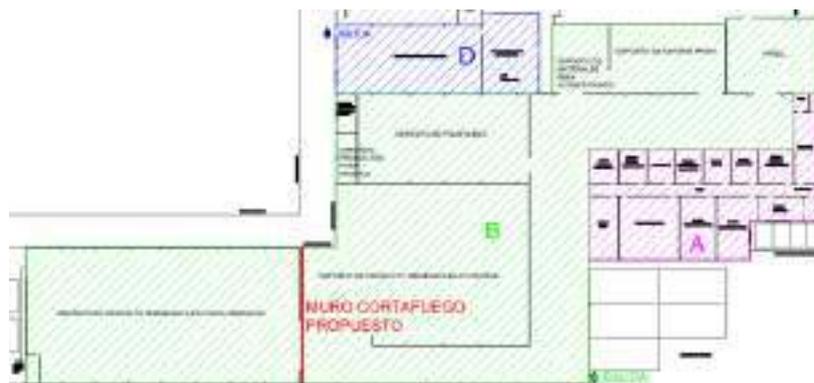


Figura 30: Muro cortafuego propuesto para cumplimiento de condición C4

El sector de incendio D: Laboratorios (311m²) y F: Comedor y cocina (105m²) cumplen con la condición citada.

3.2.5 Condiciones de extinción

Condiciones generales

En el punto 7.1 de la normativa de referencia se detallan las condiciones generales de extinción. A continuación, se extraen los requerimientos aplicables al caso de estudio.

7.1.1. Todo edificio deberá poseer matafuegos con un potencial mínimo de extinción equivalente a 1A y 5BC, en cada piso, en lugares accesibles y prácticos, distribuidos a razón de 1 cada 200 m² de superficie cubierta o fracción. La clase de estos elementos se corresponderá con la clase de fuego probable.

Adicionalmente, el Art. 176 de la normativa de referencia indica que la máxima distancia a recorrer hasta el matafuego será de 20 metros para fuegos de clase A y 15 metros para fuegos de clase B.

Por lo tanto, es requerimiento la instalación de extintores manuales. La cantidad y tipo se determina en la sección 4.3. Dicha cantidad será independiente de los medios de extinción adicionales, es decir que la presencia de un sistema de protección fijo no exime ni reduce la cantidad de extintores manuales requeridos.

Condiciones específicas

En la Tabla 22 se indicaron las condiciones específicas de extinción a cumplir en cada sector. A continuación, se citan las mismas y se analiza su cumplimiento en cada sector que corresponda.

Condición E1: Se instalará un servicio de agua, cuya fuente de alimentación será determinada por la autoridad de bomberos de la jurisdicción correspondiente. En actividades predominantes o secundarias, cuando se demuestre la inconveniencia de este medio de extinción, la autoridad competente exigirá su sustitución por otro distinto de eficacia adecuada.

Para dar cumplimiento a este requerimiento se deberá instalar un sistema de protección fijo contra incendio, puntualmente una red de hidrantes. La misma se diseña en la sección 4.4.

Condición E3: Cada sector de incendio con superficie de piso mayor que 600 m² deberá cumplir la Condición 1; la superficie citada, se reducirá a 300 m² en subsuelos.

No es necesario que los sectores A (452 m²), C (265 m²) y E (244 m²) cumplan con esta condición.

Condición E4: Cada sector de incendio con superficie de piso mayor que 1.000 m² deberá cumplir la Condición 1; la superficie citada, se reducirá a 500 m² en subsuelos.

No es necesario que los sectores D (310.5 m²) y F (105 m²) cumplan con esta condición. No obstante, el sector B (2245 m²) si la debe cumplir para lo cual se deberá instalar un sistema de protección fijo contra incendio, puntualmente una red de hidrantes. La misma se diseña en la sección 4.4.

Condición E9: Los depósitos e industrias de riesgo 2, 3 y 4 que se desarrollen al aire libre cumplirán la condición E1 cuando posean más de 600, 1000 y 1500 m² de superficie de predios sobre los cuales funcionan, respectivamente.

No es necesario que el sector de incendio G (84 m²) cumpla con esta condición.

Condición E11: Cuando el edificio consiste de piso bajo y más de 2 pisos altos y además tenga una superficie de piso que sumada exceda los 900 m² contará con avisadores automáticos y/o detectores de incendio.

No aplica, el establecimiento no tiene pisos altos.

Condición E12: Cuando el edificio conste de piso bajo y más de dos pisos altos y además tenga una superficie de piso que acumulada exceda los 900 m², contará con rociadores automáticos.

No aplica, el establecimiento no tiene pisos altos.

Condición E13: En los locales que requieran esta condición, con superficie mayor de 100 m² la estiba distará 1 m de ejes divisorios. Cuando la superficie exceda de 250 m², habrá camino de ronda, a lo largo de todos los muros y entre estiba. Ninguna estiba ocupará más de 200 m² del solado y su altura máxima permitirá una separación respecto del artefacto lumínico ubicado en la perpendicular de la estiba no inferior a 0,25 m.

Esta condición solo es aplicable al sector B: Pañol y depósitos. Se observa que en los distintos recintos que conforman al sector no se cumple con dicha condición y por lo tanto debe replantearse la distribución de los pallets de producto terminado y de materiales en ellos.

3.2.6 Potencial extintor

Para determinar el potencial extintor mínimo de los matafuegos en función del nivel de riesgo y de la carga de fuego de cada sector de incendio, el Decreto 351/79 proporciona las siguientes tablas:

CARGA DE FUEGO	RIESGO				
	1	2	3	4	5
Hasta 15 kg/m ²			1 A	1 A	1 A
16 a 30 kg/m ²	-	-	2 A	1 A	1 A
31 a 60 kg/m ²	-	-	3 A	2 A	1 A
61 a 100 kg/m ²	-	-	6 A	4 A	3 A
> 100 kg /m ²	A determinar en cada caso				

Tabla 25: Potencial extintor mínimo para fuegos clase A

CARGA DE FUEGO	RIESGO				
	1	2	3	4	5
Hasta 15 kg/m ²		6 B	4 B	-	-
16 a 30 kg/m ²	-	8 B	6 B	-	-
31 a 60 kg/m ²	-	10 B	8 B	-	-
61 a 100 kg/m ²	-	20 B	10 B	-	-
> 100 kg /m ²	A determinar en cada caso				

Tabla 26: Potencial extintor mínimo para fuegos clase B

Se consideran los tipos de fuego posibles y la carga de fuego de cada material en los sectores de incendio (Ver Tabla 16, sección 4.1.4) y junto a las tablas 25 y 26 se determina el potencial extintor mínimo. En la tabla siguiente se resumen los resultados. La última columna surge de aplicar el potencial mínimo de 1A 5BC mencionado anteriormente (Ver punto 4.2.5).

Sector de incendio	Nivel de riesgo	Tipo de fuego	Carga de fuego [Kg/m ²]	Potencial extintor mínimo (Tablas)	Potencial extintor mínimo (Condiciones generales de extinción)
A: oficinas	R3	A	5.2	1 A	1 A - 5 BC
B: pañol y depósitos	R4	A	131.4	Mayor a 4 A	Mayor a 4 A - 5 BC
		B	0.33	-	
C: talleres	R3	A	5.3	1 A	1 A - 5 BC
		B	0.3	4 B	
D: laboratorios	R4	A	2	1 A	1 A - 5 BC
E: sanitarios y vestuarios	R3	A	1.7	1 A	1 A - 5 BC
F: comedor y cocina	R4	A	9.4	1 A	1 A - 5 BC
G: carga de baterías, subestación transformadora y grupo electrógeno	R3	A	23.3	2 A	2 A - 8 BC
		B	43.2	8 B	

Tabla 27: Potencial extintor mínimo para cada sector de incendio

Cabe destacar que para el caso particular del sector de incendio B: Pañol y depósitos, la autoridad competente deberá determinar el potencial extintor a utilizar que será superior a 4A 5BC.

Con el fin de aclarar la metodología adoptada para el cálculo del potencial extintor se detalla cómo se obtuvieron los valores de algunas de las celdas de la columna 4 de la tabla anterior:

G: carga de baterías, subestación transformadora y grupo electrógeno	Carga de baterías	34	Baterías	4	375	15	34.7	57.5	66.8
			transformadores de baterías	4	568	4.4	4.1		
			alcali-baterías	4	4280	1	18.1		
	Subestación transformadora	42	acero inoxidable	1	304	19	39.0	29.1	
			termoplásticos	4	1	1.2	0.1		
			PVC	4	7	3	0.3		
	Grupo electrógeno	8	gasoil	1	1000	18	209.8	296.5	
			acero inoxidable	1	12.75	18	6.7		

Tabla 28: Extracto de la Tabla 16 para el cálculo de la carga de fuego (discriminando tipo de fuego) en el sector G

Celda (columna 4; fila 9): Carga de fuego en Kg/m² para tipo de fuego clase A en el sector de incendio G:

$$CF(A) \left[\frac{Kg}{m^2} \right] = \frac{57.5 \left[\frac{Kg}{m^2} \right] \times 34 [m^2] + (0.1 \left[\frac{Kg}{m^2} \right] + 0.1 \left[\frac{Kg}{m^2} \right]) \times 42 [m^2]}{34 [m^2] + 42 [m^2] + 8 [m^2]} = 23.3 \left[\frac{Kg}{m^2} \right]$$

Celda (columna 4; fila 10): Carga de fuego en Kg/m² para tipo de fuego clase B en el sector de incendio G:

$$CF(B) \left[\frac{Kg}{m^2} \right] = \frac{30 \left[\frac{Kg}{m^2} \right] \times 42 [m^2] + 296.5 \left[\frac{Kg}{m^2} \right] \times 8 [m^2]}{34 [m^2] + 42 [m^2] + 8 [m^2]} = 43.2 \left[\frac{Kg}{m^2} \right]$$

3.3 Extintores manuales

Conforme lo establecido en el punto 4.2.5, se deberán instalar extintores a razón de uno por cada 200 m² de superficie cubierta o fracción. La máxima distancia a recorrer hasta el matafuego será de 20 metros para fuegos de clase A y 15 metros para fuegos de clase B.

El potencial extintor mínimo debe ser acorde al calculado en la Tabla 27, en el punto 4.2.6.

De acuerdo con los criterios mencionados, se determina la cantidad de extintores requeridos por sector. Los resultados se resumen en la tabla siguiente:

Sector de incendio	Superficie [m ²]	Cantidad mínima de exteintores requeridos	Potencial extintor mínimo (condiciones generales de extinción)
A: oficinas	452	3	1 A - 5 BC
B: pañol y depósitos	2245	12	Mayor a 4 A - 5 BC
C: talleres	265	3	1 A - 5 BC
D: laboratorios	311	2	1 A - 5 BC
E: sanitarios y vestuarios	244	2	1 A - 5 BC
F: comedor y cocina	105	1	1 A - 5 BC
G: carga de baterías, subestación transformadora y grupo electrógeno	84	2	2 A - 8 BC

Tabla 29: Cantidad de extintores requeridos por sector

Para cumplir con los requerimientos del Decreto 351/79 se seleccionan extintores de polvo químico ABC. La distribución propuesta para los mismos se encuentra en el Anexo III: Plano con ubicación de extintores manuales.

Se realiza un relevamiento en el mercado de los extintores disponibles. En el Anexo IV (puntos 7.4.1 a 7.4.12) se presentan las especificaciones de extintores de diferentes proveedores para distintos agentes extintores.

Para el sector de incendio B: Pañol y depósitos, como se mencionó anteriormente, la autoridad competente deberá determinar el potencial extintor a utilizar, que será superior a 4A 5BC. Sin embargo, de acuerdo con el relevamiento realizado, se observa que el máximo potencial extintor para fuego tipo A disponible en el mercado es 10A, que corresponde a los catálogos del punto 7.4.1 Polvo Químico ABC – Yukón y 7.4.2 Polvo Químico ABC 90 – Georgia.

Se seleccionan entonces para el sector de incendio B: Pañol y depósitos extintores

manuales de 5kg, potencial extintor 10A 40BC (Yukón) o 10A 60BC (Georgia 90). Cabe aclarar que la autoridad competente puede seleccionar los extintores manuales de 5kg de potencial extintor 6A 40BC (Yukón) o 6A 40BC (Georgia) y cumplir de todas formas con la normativa vigente.

Para el caso de los sectores A, C, D, E y F los extintores deberán tener un potencial extintor mínimo de 1A 5BC. Cualquiera de los incluidos en los puntos 7.4.1 a 7.4.4 (mayor o igual de 2.5 Kg) cumple con esta característica. Se seleccionan extintores de polvo ABC de 5 Kg. El potencial extintor, para cualquiera de los proveedores analizados, es de 6A 40BC (Ver puntos 7.4.1 a 7.4.4).

Para el sector de incendio G, también puede seleccionarse cualquier de los extintores analizados siempre y cuando cumplan con una exigencia mayor a 8BC.

Los extintores seleccionados hasta este punto cumplen con lo especificado en la legislación vigente. Sin embargo, se realizan las siguientes recomendaciones complementarias de acuerdo con el tipo de fuego a combatir en cada sector y los bienes a proteger, seleccionando el agente extintor más adecuado para cada material combustible (Ver punto 3.7 del marco teórico).

A excepción de los sectores G, C y los recintos destinados al depósito de productos para pintura y depósito de productos químicos para limpieza del sector B, el tipo de fuego probable es Clase A. Para este caso el agua líquida es el agente extintor más eficaz. Se recomienda, para los depósitos del sector de incendio B, complementar los extintores de Polvo ABC seleccionados con un extintor sobre ruedas a base agua de 70 litros cada 40 metros de distancia. Los catálogos de estos se encuentran en los puntos 7.4.5 a 7.4.8. Se recomienda ubicarlos conforme al plano del Anexo III del presente trabajo.

Nota: el agente extintor agua debe usarse sólo para fuegos Tipo A. El personal debe ser capacitado en esta información y nunca debe aplicar agua sobre tableros o circuitos eléctricos, dado que el agua es conductora de la electricidad.

En los sectores de incendio G, C y los recintos destinados al depósito de productos para pintura y al depósito de productos químicos para limpieza del sector B, los materiales almacenados son de tipo A y B. Para este caso se recomienda la espuma como agente extintor (Tipo AB) por ser eficaz para fuegos Tipo B (combustibles líquidos), evitando además la emisión de vapores combustibles. En los puntos 7.4.9 y 7.4.10 se encuentran las especificaciones de extintores de agua con agente espumante de 10 litros de los proveedores Yukón y Georgia, cuyo potencial extintor es 3A 10B y 2A 10B respectivamente. Se recomienda reemplazar el extintor de polvo del sector C por uno de espuma y adicionar un extintor de este último tipo en las inmediaciones del sector G y otro en las inmediaciones de los recintos de los depósitos de productos para pintura y de productos químicos para

limpieza del sector B.

Nota: Al igual que en el caso anterior, este agente extintor nunca debe aplicarse sobre tableros o circuitos eléctricos por el riesgo de electrocución.

En el sector A y en el G hay computadoras, tableros eléctricos de potencia y otros equipos que se dañarían si se utiliza un agente extintor de polvo químico. Para este caso se recomienda un agente extintor halogenado, que si bien tiene un costo superior al de polvo es de tipo ABC. Su utilización permite preservar los equipos electrónicos y eléctricos que no fueron afectados por el siniestro. En los puntos 7.4.11 y 7.4.12 del Anexo IV se encuentran las especificaciones técnicas de extintores manuales de los proveedores Yukón y Georgia respectivamente, ambos de 5 litros de capacidad y potencial extintor 2A 10BC. Dado que para las oficinas del sector A el potencial extintor mínimo requerido es 1A 5BC, se podrían reemplazar los extintores de polvo por halogenados.

Todos los extintores deberán ubicarse en lugares visibles, colgados a una altura accesible y señalizados correctamente, indicando su clase.

Es de vital importancia capacitar periódicamente a todo el personal en el correcto uso de los extintores manuales. Deberán conocer su forma de uso, ubicación y sobre todo los tipos disponibles y en qué caso utilizar cada uno.

3.4 Rediseño del sistema de protección fijo contra incendio

Como se indicó en el punto 4.2.5, se requiere la presencia de un sistema de protección fijo contra incendio en el edificio. Se estudia si la red actual de agua contra incendios cumple con las exigencias de la normativa adoptada.

En las secciones siguientes se relevan y se comparan los criterios de diseño según diferentes normas nacionales e internacionales. Luego, se determina si tanto la cantidad de bocas de incendio como sus ubicaciones cumplen los lineamientos de la normativa adoptada. Finalmente se calcula hidráulicamente el sistema y se verifica el arreglo de bombas instaladas y los restante elementos de la red actual.

3.4.1 Criterios de diseño IRAM 3597/13

La Norma IRAM 3597/13, en su punto 4.2, clasifica las actividades de acuerdo con su nivel de riesgo en las siguientes categorías:

Actividad de riesgo leve: se incluye en esta categoría a las actividades caracterizadas por la inexistencia de almacenamiento y la ausencia de manufacturas o procesos industriales (...).

Actividad de riesgo moderado, Grupo I: comprende a negocios y depósitos no peligrosos en general, así como también aquellas industrias que por las características de sus procesos y materias primas no revisten una gran peligrosidad y en las que es

relativamente fácil combatir un incendio. Las cargas de fuego son bajas y moderadas. Las posibilidades de fuentes de ignición y riesgos intrínsecos de procesos son bajas y moderadas.

Actividad de riesgo moderado, Grupo II: comprende a los usos, depósitos e industrias que, en función de sus procesos, materias primas y productos elaborados o almacenados, adquieren características de fácil combustibilidad, en los que es relativamente difícil combatir un incendio. En este caso se incluyen las actividades con cargas de fuego moderadas y altas. Las posibles fuentes de ignición y riesgos intrínsecos son moderadas y altas.

Actividad de riesgo alto: aquella en la que se encuadran los depósitos de productos líquidos inflamables y combustibles o sólidos de alta combustibilidad, las industrias cuyos procesos encierran una gran peligrosidad, presentando riesgos de incendio y explosión muy importantes, factores que hacen muy difícil combatir un incendio. Se trata de actividades con cargas de fuego altas y muy altas, que incluyen materiales combustibles e inflamables.

Debido a que dentro del establecimiento estudiado se almacenan materiales de diferentes peligrosidades, para poder encuadrarlo en alguna de las clasificaciones anteriores se consideran a los dos sectores de incendio más predominantes en cuanto a nivel de riesgo de incendio, carga de fuego y superficie de piso:

Sector de incendio	Nivel de riesgo de incendio	Carga de fuego [Kg/m ²]	Superficie [m ²]
A: oficinas	R3	5.2	452
B: pañol y depósitos	R4	131.7	2245
C: talleres	R3	5.7	265
D: laboratorios	R4	2.4	311
E: sanitarios y vestuarios	R3	1.7	244
F: comedor y cocina	R4	9.4	105
G: carga de baterías, subestación transformadora y	R3	66.6	84

Tabla 30: Nivel de riesgo de incendio, carga de fuego y superficie de piso por sector

Se considera al sector de incendio B como el más exigente entre los restantes y es tomado como referencia para elegir un grupo de clasificación para todo el establecimiento en su conjunto. En dicho sector de incendio B la carga de fuego es relativamente elevada y

los materiales almacenados son de fácil combustibilidad, por lo cual la actividad en el establecimiento se considera de Riesgo Moderado Grupo II.

Se detallan a continuación los criterios de diseño solicitados para la red de protección contra incendios.

La superficie total del establecimiento es de 3706 m².

Riesgo	Superficies S (m ²)			Tiempo (min)
	S ≤ 2 500 (l/min)	2 500 < S ≤ 10 000 (l/min)	10 000 < S < 20 000 (l/min)	
Leve	750	1 000	1 500	30
Moderado, grupo I	1 000	1 000	1 500	45
Moderado, grupo II	1 000	1 500	2 000	60
Alto riesgo	1 500	2 000	3 000	60

Tabla 31: Caudal mínimo del sistema de protección fijo según IRAM 3597/13

Riesgo	Superficie S (m ²)		
	S ≤ 2 500	2 500 ≤ S < 10 000	10 000 ≤ S < 20 000
Leve	2 bocas x 375 l/min	2 bocas x 500 l/min	3 bocas x 500 l/min
Moderado, grupo I	2 bocas x 500 l/min	2 bocas x 500 l/min	3 bocas x 500 l/min
Moderado, grupo II	2 bocas x 500 l/min	3 bocas x 500 l/min	4 bocas x 500 l/min
Alto riesgo	3 bocas x 500 l/min	4 bocas x 500 l/min	6 bocas x 500 l/min

NOTA 2. Los caudales indicados en la tabla 2 son los requeridos en las bocas de incendio hidráulicamente más desfavorables del sistema.

Tabla 32: Caudal mínimo por boca de incendio según IRAM 3597/13

Riesgo	Superficie S (m ²)		
	S ≤ 2 500 Litros	2 500 ≤ S < 10 000 Litros	10 000 ≤ S < 20 000 Litros
Leve	22 500	30 000	45 000
Moderado, grupo I	45 000	45 000	68 000
Moderado, grupo II	60 000	90 000	120 000
Alto riesgo	90 000	120 000	180 000

Tabla 33: Volumen de reserva de agua exclusiva según IRAM 3597/13

Adicionalmente, el punto 5.4.2 de la norma fija que la presión residual en las bocas de incendio debe ser de al menos 0.5 MPa. Notar que la presión residual es la que ejerce el líquido cuando hay circulación de caudal en el sistema, por lo que para este caso se aplica a las bocas de incendio abiertas.

En lo que respecta a la cobertura de los hidrantes, el punto 7.1.4 de la norma de

referencia indica un radio de cobertura de 25 metros para los hidrantes externos (equipados con mangueras de 65 mm) y 20 metros para los internos (equipados con mangueras de 45 mm).

Se resumen a continuación todos los parámetros para el diseño y verificación del sistema según la norma IRAM 3597/13:

Caudal de agua requerido: 1500 L/min.

Duración del evento: 60 min.

Demanda de hidrantes: 3 bocas de 500 L/min.

Volumen de reserva de agua exclusiva: 90000 litros.

Presión residual mínima: 0.5 MPa.

Cobertura de los hidrantes: 20 m para hidrantes internos y 25 m para hidrantes externos.

3.4.2 Criterios de diseño NFPA 14

La Norma NFPA 14, Standard for the Installation of standpipe and hose systems, en su Punto 5.3, clasifica los sistemas de hidrantes en tres tipos:

Clase I - Para Hidrantes de 2 ½" (65 mm) para ser utilizados por el departamento de bomberos o personal entrenado para el manejo de estos hidrantes. La Clase I es recomendable en instalaciones consideradas de altos riesgos o extraordinarios.

Clase II - Para hidrantes de 1 ½" (40 mm) para ser utilizados tanto por cuerpo de bomberos como el personal del edificio con o sin entrenamiento. Estos sistemas de hidrantes son los más comunes y se aplican a edificaciones de riesgo ligero y moderado.

Clase III - Para hidrantes con mangueras instaladas de 1 ½" (40 mm) con salidas adicionales para conectar mangueras de 2 ½" (65 mm) para uso exclusivo del cuerpo de bomberos o personal entrenado. Esta categoría es para cubrir edificaciones desde riesgo ligero hasta de un alto riesgo.

En el caso en estudio se encuentran instalados hidrantes tanto externos como internos, de 2 ½" (65 mm) y 1 ½" (40 mm) respectivamente. En consecuencia, el sistema de hidrantes a instalar será Clase III, de acuerdo con esta norma.

Para el análisis se considera el método de "diseño hidráulico" y no el de "Pipe Schedule" debido a que para este último han sido eliminados los requisitos de la norma (*"The requirements for pipe schedule design have been deleted, and all standpipe systems are now required to be hydraulically calculated."*⁶).

Para sistemas de hidrantes Clase III y sistemas diseñados hidráulicamente, la

⁶ NFPA-14: Standard for the Installation of standpipe and hose systems, Edition 2010 (Hoja 14-1).

norma determina los siguientes criterios de diseño:

Presión residual mínima en el hidrante más desfavorable hidráulicamente: 100 psi (6.9 bar) para hidrantes de 2 ½" (65 mm de diámetro) y 65 psi (4.5 bar) para hidrantes de 1 ½" (40mm de diámetro) (Punto 7.8.1).

Caudal mínimo: 250 gpm (946 L/min) en cada uno de los tres hidrantes hidráulicamente más desfavorables⁷, siempre que haya tres o más hidrantes en el mismo piso (Punto 7.10.1.2.2).

Reserva de agua: la reserva de agua debe ser suficiente para un evento de 30 minutos como mínimo (Punto 9.2). Por lo cual para el caso de estudio deberá ser de al menos 86 m³ (volumen que alcanza para cubrir un caudal de 946 L/min en tres hidrantes durante 30 minutos)

Distancia máxima a recorrer hasta el hidrante más próximo: 45.7 metros (Punto 7.3 7.3)

3.4.3 Criterios de diseño conforme FM Global

La Norma FM 4-4N: Standpipe and Hose systems indica, en su punto 2.1, que los sistemas de hidrantes deben diseñarse e instalarse de acuerdo a la norma NFPA 14.

3.4.4 Criterios de diseño conforme Ordenanza Municipal 6997/87

La Ordenanza Municipal 6997/87 del Partido de General Pueyrredón indica en su punto 3.17.8.3: Condiciones generales de extinción, los siguientes requerimientos:

El número de bocas en cada piso será el cociente de la longitud de los muros perimetrales de cada cuerpo de oficio expresados en metros dividido por 45; se consideran enteras las fracciones mayores que 0,5. En ningún caso la distancia entre bocas excederá de 20 metros.

La capacidad del tanque de reserva de agua contra incendios será de 10 litros por cada metro cuadrado de superficie de piso, con un mínimo de 10 m³ y un máximo de 40 m³ por cada 10.000 m² de superficie cubierta.

Para el caso de estudio, la reserva de agua debe verificar que sea mayor a 37.1 m³, dado que la superficie cubierta es de 3706m² y se requieren 10 litros por metro cuadrado.

Por otra parte, en las Condiciones Específicas de Extinción E1, inciso B.2 se especifica que los sistemas hidroneumáticos deben asegurar una presión mínima de 1Kg/cm² descargada por boquillas de 13mm de diámetro interior en la lanza más lejana.

⁷ Los hidrantes más desfavorables hidráulicamente son aquellos para los que existe la mayor pérdida de carga calculada en el sistema.

3.4.5 Comparación de los criterios de diseño

	IRAM 3597/13	NFPA 14 / FM Global	ORDENANZA MUNICIPAL 6997/87
Riesgo según actividad / tipo de sistema	Moderado Grupo II	Clase III	-
Caudal mínimo	1500 L/min (397 gpm)	750 gpm (2834 L/min)	-
Duración del evento	60 minutos	30 minutos	-
Caudal por boca de incendio	3 bocas de 500 L/min (133 gpm) cada una	3 bocas de 250 gpm (946 L/min) cada una	-
Presión residual mínima	0.5 MPa (72.52 psi)	100 psi (0.69 MPa) para Hid. Ext. y 65 psi (0.45 MPa) para Hid. Int.	1 Kgf/cm ² (0.1 MPa) (en la lanza más lejana)
Volumen de reserva de agua exclusiva	90000 litros	86000 litros	37100 litros
Cobertura / Cantidad de bocas de incendio equipadas a instalar	Cobertura de: 20 metros para hidrantes internos y 25 metros para hidrantes externos	45.7 metros de cobertura	Cantidad de bocas equivalente a la longitud de muros perimetrales dividido 45. Distancia entre bocas siempre inferior a 20 m

Tabla 34: Comparación de criterios de diseño conforme las normas analizadas

Comparando los cuatros criterios de diseño relevados, se puede inferir las siguientes conclusiones:

La norma NFPA 14 es la más restrictiva tanto en lo que refiere a presión (en hidrantes exteriores) como caudal mínimo de los hidrantes de la red.

En lo que refiere a volumen de agua de reserva contra incendio, la norma IRAM 3597/13 es más restrictiva.

En lo que respecta a cantidad de bocas de incendio a instalar, la ordenanza municipal es más restrictiva que el resto de las normas analizadas.

Para el rediseño de la red de incendio se decide utilizar la norma IRAM 3597/13.

3.4.6 Cantidad y distribución de bocas de incendio

La cantidad y ubicación de las bocas de incendio equipadas se define de acuerdo con los criterios de diseño indicados por la norma IRAM 3597/13 en su punto 7.1. A continuación se resumen los principales puntos:

7.1.2 Los hidrantes se deben distribuir en toda la zona por proteger y se deben ubicar de manera que sus radios de cobertura cubran todo el establecimiento.

7.1.3 Se deben ubicar preferentemente cerca de las aberturas de acceso a los edificios, sobre las paredes o columnas exteriores. En caso de que no hubiese aberturas se deben instalar sobre la pared perimetral interior.

7.1.4 Para fijar el límite de cobertura de cada boca de incendio se deben tener en cuenta los obstáculos, tales como paredes o tabiques, estanterías o maquinarias que dificulten el acceso a zonas por proteger. El radio de cobertura sin obstáculos debe ser de 25 m para los hidrantes equipados con mangueras de 65 mm. Para los hidrantes equipados con mangueras de 45 mm debe ser 20 m.

Se verifica para los hidrantes externos una conexión de diámetro de 65 mm y para los internos de 45 mm. Por lo tanto, de acuerdo con el punto 7.1.4 de la norma citada, la cobertura de hidrantes internos es de 20 m y la de los externos de 25 m.

Se propone el siguiente arreglo:

Bocas de incendio internas de manera de cubrir el área del establecimiento considerando una cobertura de 20 m sin obstáculos. Para lograrlo hacen falta 7 hidrantes internos y se verifica que la disposición actual satisface este requerimiento.

Bocas de incendio externas en las inmediaciones del establecimiento sobre las paredes exteriores. Se relevan 8 hidrantes exteriores y una toma sobre la línea municipal para uso de las unidades de bomberos.

Se sugiere la modificación de la posición del hidrante BIE 5, llevándolo en línea recta hacia el exterior del edificio con un caño de 2.5 pulgadas (hacia la posición BIE 5", ver plano en el Anexo VI).

En total la red rediseñada involucra 16 bocas de incendio, 7 internas y 9 externas.

En el Anexo VI se muestra el plano con la distribución propuesta para las bocas de incendio, marcando el área de cobertura de cada hidrante con línea de rayas (azules para los exteriores y magenta para los interiores).

3.4.7 Relevamiento de la red de incendio actual

Al no contar con información de la red de incendio actual, se relevan las características en planta con el fin de determinar si el rediseño y los elementos instalados

cumplen con la normativa IRAM 3597/13. En caso de ser necesario se detallarán los cambios correspondientes y se realizará la simulación hidráulica de la nueva configuración.

3.4.7.1 Volumen de reserva de agua exclusiva

Se releva un estanque de cemento enterrado de 56 m³. La norma IRAM 3597/13 establece 90 m³ de volumen de agua, por lo que el estanque debe ampliarse para adicionar al menos 34 m³.

3.4.7.2 Sala de bombas

Se relevan los siguientes elementos:

Bombas de impulsión: Se cuenta con 2 bombas Grundfos CR 90-3 A-F-A-E HQQE cuyas características relevantes son:

Caudal nominal: 90 m³/h

Altura nominal: 65.3 m

Altura máxima: 102.6 m

Presión de trabajo máx.: 16 bar

Bomba Jockey: Se cuenta con una bomba Salmson MULTI-V206-FXV-T/2 cuyas características relevantes son:

Caudal nominal: 20 m³/h

Altura nominal: 58 m

Altura máxima: 70 m

Presión de trabajo máx.: 25 bar

Se verifican las bombas luego de la simulación hidráulica (Punto 4.4.8).

3.4.7.3 Cobertura y dimensiones de cañerías e hidrantes.

Se relevan las longitudes, diámetros, cotas y singularidades presentes en la red actual. En cuanto a los diámetros se cuenta con cañerías de distribución de 4, 3.5 y 3 pulgadas dependiendo de la cantidad de hidrantes que abastecen cada una de ellas. Los tramos de cañerías terminales son de 2.5 y 2 pulgadas para los hidrantes externos e internos respectivamente, por lo tanto, cumplen con la normativa IRAM 3597/13.

En cuanto a la cobertura, la configuración actual cumple con los requerimientos de la normativa IRAM 3597. Se modifica la posición del hidrante interno BIE 5 hacia el exterior en línea recta (BIE 5", ver plano del Anexo VI) para una mejor distribución. En resumen, resultan 8 hidrantes externos, 8 hidrantes internos y una toma sobre la línea municipal para uso del cuerpo de bomberos.

3.4.8 Simulación hidráulica

Con el fin de comprobar si las características de la red existente, incluyendo la

modificación de la ubicación del hidrante BIE 5, satisfacen los requerimientos de la norma IRAM 3597/13, se simula hidráulicamente la red de incendio utilizando el software Epanet 2.0 vE, perteneciente a la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. El mismo es de uso libre. A continuación, se detallan los pasos llevados a cabo.

En principio, se modifican las Opciones Hidráulicas del programa:

1. Se selecciona trabajar con el sistema de unidades americano. El mismo se establece al seleccionar como unidad para el caudal, galones por minuto (GPM). En el Anexo V se adjunta una tabla con los parámetros del programa y las unidades utilizadas.
2. Se selecciona la ecuación de pérdida de carga de Hazen Williams (H-W) ya que es la más utilizada en Estados Unidos y puede ser empleada perfectamente para agua como fluido, según se indica en el manual de usuario de Epanet 2.0 vE.
3. Se indica el peso específico relativo del fluido, que es el cociente entre la densidad del fluido en estudio y la del agua medida a 4°C. Como se trabaja con agua a una temperatura de 25°C se ingresa 0.997.
4. Se indica la viscosidad relativa del fluido, que es el cociente entre la viscosidad cinemática del fluido en estudio y la del agua medida a 20°C. Se completa el parámetro en cuestión con 0.889.

Luego se ingresa en el programa la red de incendio relevada con la modificación del BIE 5. Se insertan los nodos y las cañerías. Para facilitar el dibujo de la red, se carga como fondo de pantalla en Epanet el dibujo del plano del Anexo VI.

A continuación, se presenta un esquema de la red cargada:

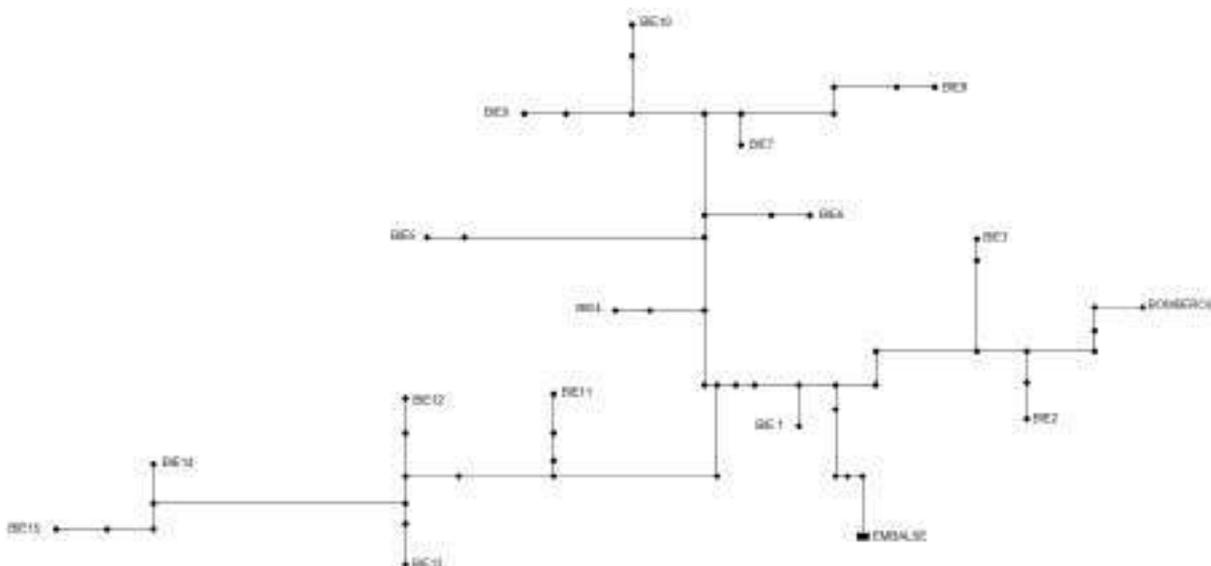


Figura 31: Esquema de la red contra incendio cargada en Epanet

Se incluye un embalse en la ubicación de la sala de bombas para iniciar la simulación.

En cada nodo de la red se ingresa el parámetro cota, es decir, la altura a la que se encuentra respecto al piso, en pies.

En cada tubería se ingresan los siguientes parámetros:

Longitud en pies

Diámetro en pulgadas

Rugosidad del material, adimensional para Hazen Williams. Se considera 110 que pertenece al hierro fundido con 10 años de uso⁸.

Coefficiente de pérdidas, adimensional. El mismo engloba la pérdida de carga de todos los accesorios y singularidades de la línea. A continuación, se presenta la tabla desde donde se extrajeron los diferentes valores.

Tabla 3.3 Coeficientes de Pérdidas Menores para algunos Accesorios

<i>ACCESORIO</i>	<i>COEF. PERDIDAS</i>
Válvula de Globo, todo abierta	10,0
Válvula de Angulo, todo abierta	5,0
Válv. Retenc. Clapeta, todo abierta	2,5
Válvula compuerta, todo abierta	0,2
Codo de radio pequeño	0,9
Codo de radio mediano	0,8
Codo de radio grande	0,6
Codo a 45 grados	0,4
Codo de Retorno (180°)	2,2
Té Estándar – flujo recto	0,6
Té Estándar – flujo desviado	1,8
Entrada brusca	0,5
Salida brusca	1,0

Tabla 35: Coeficiente de pérdidas de diferentes accesorios⁹

Para contemplar las reducciones se estimó el coeficiente de pérdidas en 0.25 (salto de ½ pulgada) y 0.35 (salto mayor de ½ pulgada) conforme la bibliografía¹⁰.

En esta instancia la red ya se encuentra cargada en el programa y pueden iniciarse las simulaciones.

De acuerdo con lo indicado en el punto 4.4.5, los requerimientos para llevar a cabo la verificación de la red serán los de la norma IRAM 3597/13. La misma indica que el escenario de incendio a simular incluye la apertura de los tres hidrantes más desfavorables

⁸ http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382019000300041

⁹ Epanet 2 Users Manual, U.S. Environmental Protection Agency.

¹⁰ <https://www.hidraulicafacil.com/2017/07/perdida-de-carga-localizada-o-en.html>

hidráulicamente, considerando un caudal de 500 litros por minuto (132.3 gpm) en cada uno de ellos.

Como el software Epanet trata la emisión de flujo como una propiedad del nodo y no como un componente separado de la red, para simular un escenario de incendio se debe asignar un caudal a los nodos abiertos mediante la propiedad Demanda Base (Base Demand). Al resto de los nodos se los considera cerrados por lo que se le asigna un valor de Demanda Base de cero.

Se debe encontrar cuáles son los tres hidrantes hidráulicamente más desfavorables y así determinar el área de simulación del incendio. Para esto se realizan simulaciones considerando diferentes zonas de incendio en el establecimiento. Para cada una se seleccionan tres hidrantes cercanos asignándoles un caudal de 132.3 gpm e ingresando la misma altura en el embalse para luego así comparar los resultados. Como los valores de presión residual obtenidos son menores cuando se activan las bocas BIE13, BIE14 y BIE15 (Ver tabla 36), se determina que la zona de simulación hidráulica es la que se identifica en la siguiente figura:

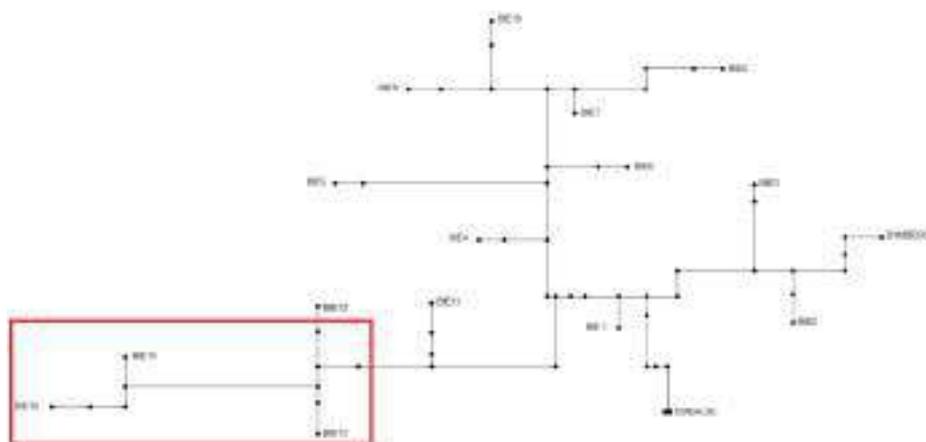


Figura 32: Zona de simulación hidráulica

Cálculo de bocas más desfavorables hidráulicamente. Altura total embalse: 328 pies		
Área de simulación de incendio	Nodo abierto	Presión residual [psi]
Depósito de producto terminado listo para despacho Situación A	BIE 12	73.58
	BIE 14	56.7
	BIE 15	59.27
Depósito de producto terminado listo para despacho Situación B	BIE 13	71.83
	BIE 14	52.57
	BIE 15	55.13
Vestuarios e indumentaria	BIE 7	87.86
	BIE 9	80.94
	BIE 10	84.99
Talleres	BIE 7	85.21
	BIE 8	82
	BIE 10	88.84
Sub estación transformadora y grupo electrógeno	BIE 1	121.33
	BIE 2	107.25
	BIE 3	104.57

Tabla 36: Resultados del cálculo de las bocas más desfavorables hidráulicamente

Determinados los hidrantes abiertos, mediante simulaciones sucesivas se busca la altura de la bomba necesaria para cumplir los requerimientos mencionados anteriormente (5 bares (72.51 psi) de presión residual y 500 litros por minuto (132.3 gpm) en el hidrante más desfavorable hidráulicamente). Para llevar a cabo esto, en el software Epanet 2.0 se modifica el parámetro Altura total (en pies) del embalse y se observan los resultados de presión obtenidos en la zona de simulación hidráulica hasta encontrar la altura mínima que permite cumplir con los requerimientos de la norma.

Se determina que la mínima altura de la bomba debe ser de 374.2 pies de columna de agua (114 metros de columna de agua) para un caudal de 397 gpm (1500 litros por minuto o 90 metros cúbicos por hora). A continuación, se muestra un isométrico de los nodos involucrados en el cálculo con sus correspondientes cotas:

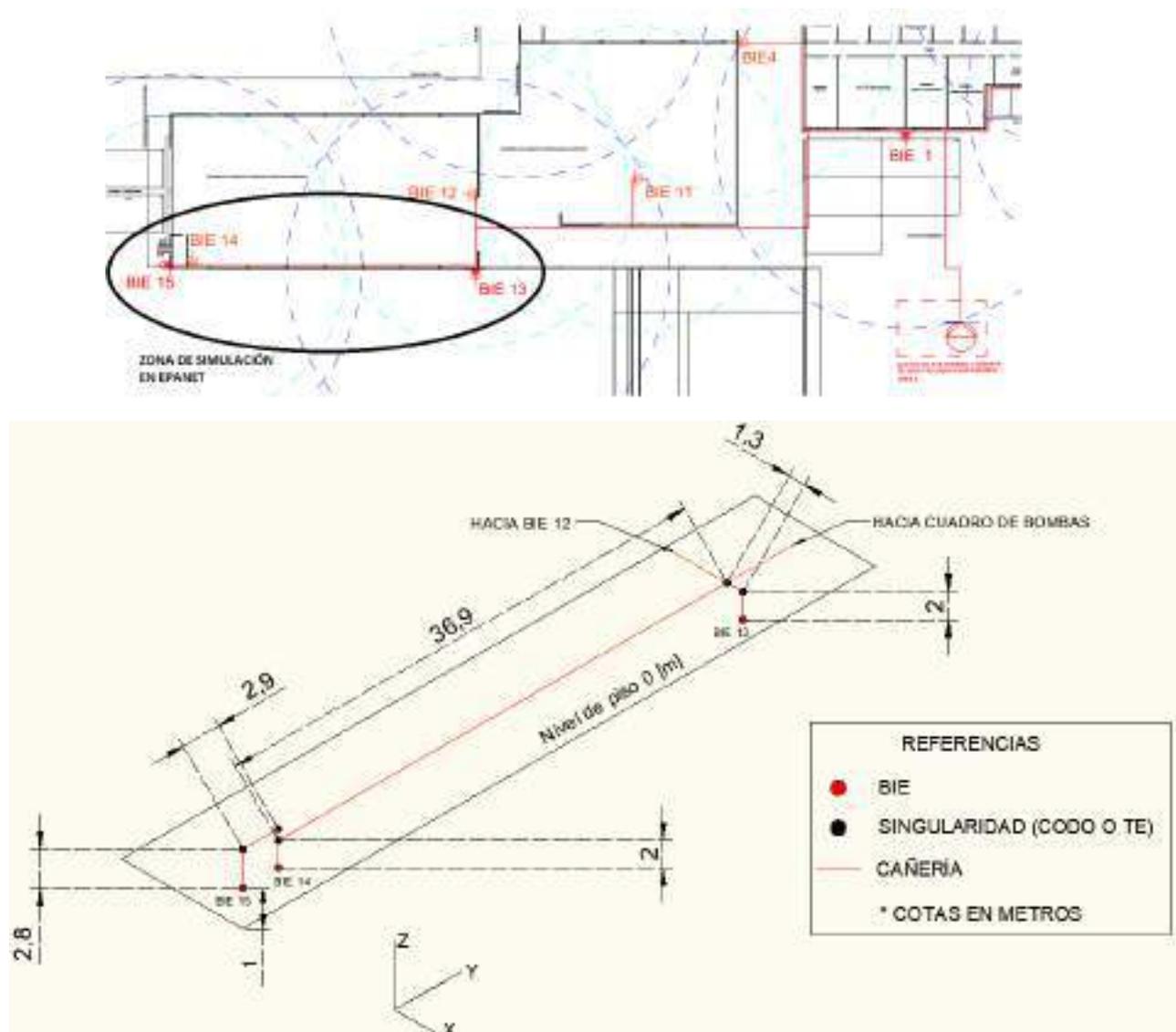


Figura 33: Arriba: Zona de simulación hidráulica (Ver plano completo en Anexo VI). Abajo: Isométrico de los nodos involucrados en la simulación hidráulica.

En la tabla siguiente se resumen los resultados de la simulación:

NODO	DEMANDA BASE [gpm]	PRESIÓN [psi]
1	0	141.44
2	0	143.66
3	0	143.66
4	0	137.41
5	0	137.41
6	0	137.41
7	0	137.41
8	0	137.41
9	0	137.41
10	0	137.41
11	0	121.38
12	0	101.59
13	132.3	91.79
14	132.3	72.53
15	132.3	75.09
16	0	143.66
17	0	150.75
18	0	149.82
19	0	150.01
20	0	146.12
21	0	140.83
22	0	140.83
23	0	140.83
24	0	140.83
25	0	140.83
26	0	140.83
27	0	140.83
28	0	140.83
29	0	140.83
30	0	142.25
31	0	138.61
32	0	135.82
33	0	133.99
34	0	133.45
35	0	125.56
36	0	117.41
37	0	118.55
38	0	118.55
39	0	98.22
40	0	98.75
41	0	91.13
42	0	89.99
43	0	76.2
44	0	73.45
45	0	72.35
46	0	133.45
47	0	133.45
48	0	133.45
49	0	133.45
50	0	133.45
51	0	133.45
52	0	133.45
53	0	133.45
54	0	133.45
55	0	133.45
56	0	133.45
57	0	133.45
58	0	133.45
59	0	133.45
60	0	133.45
62	0	98.75
Demanda total [gpm]	396.9	

Tabla 37: Resultados de la simulación hidráulica de la red de protección fija contra incendio en Epanet 2.0

Se puede observar que con la altura seleccionada del embalse se cumplen los requerimientos de presión residual de la normativa. Para los tres nodos abiertos la presión supera los 72.5 psi (5 bares).

En el Anexo VII se encuentra el informe de simulación del programa Epanet 2.0.

3.4.9 Verificación del sistema de impulsión

La presurización de la red depende de un sistema de bombas, ubicado en la sala de bombeo. A continuación, se muestra una foto de la sala actual.



Figura 34: Cuarto de bombas del establecimiento

Conforme el punto 4.4.7.2, el sistema de impulsión está compuesto por dos electrobombas principales centrífugas. Las mismas no garantizan los requerimientos de operación obtenidos en la simulación hidráulica del sistema rediseñado, los cuales se detallan en la tabla siguiente:

CONDICIONES DE OPERACIÓN		
Caudal de rediseño	90	m ³ /h
Altura de rediseño	114	mca
Condiciones de arranque	Automático	-
Condiciones de parada	Manual	-

Tabla 38: Características del sistema de impulsión rediseñado

Al momento de seleccionar las bombas acordes al sistema rediseñado, se debe contar con la curva Altura - Caudal y analizar que cumplan con los siguientes requerimientos de la norma IRAM 3597/13:

El caudal de diseño del sistema (90 m³/h) no debe exceder el 140% del caudal

nominal de la bomba. Por lo tanto, la bomba debe tener un caudal nominal superior a $64.3 \text{ m}^3/\text{h}$ por lo que se cumple la condición mencionada ($106 \text{ m}^3/\text{h}^{11}$, ver punto rojo en la figura 34).

La bomba debe suministrar el 150% del caudal nominal ($1.5 \times 106 \text{ m}^3/\text{h} = 159 \text{ m}^3/\text{h}$), como mínimo al 65% de su presión nominal ($0.65 \times 114 \text{ mca} = 74.1 \text{ mca}$). Se cumple la condición mencionada (a $159 \text{ m}^3/\text{h}$ la bomba suministra 94 mca , ver punto celeste en la figura 34).

La presión a caudal cero no debe superar el 140% de la presión nominal ($1.4 \times 114 \text{ mca} = 159.6 \text{ mca}$). Se cumple la condición mencionada (a $0 \text{ m}^3/\text{h}$ la bomba suministra 145 mca , ver punto verde en la figura 34).

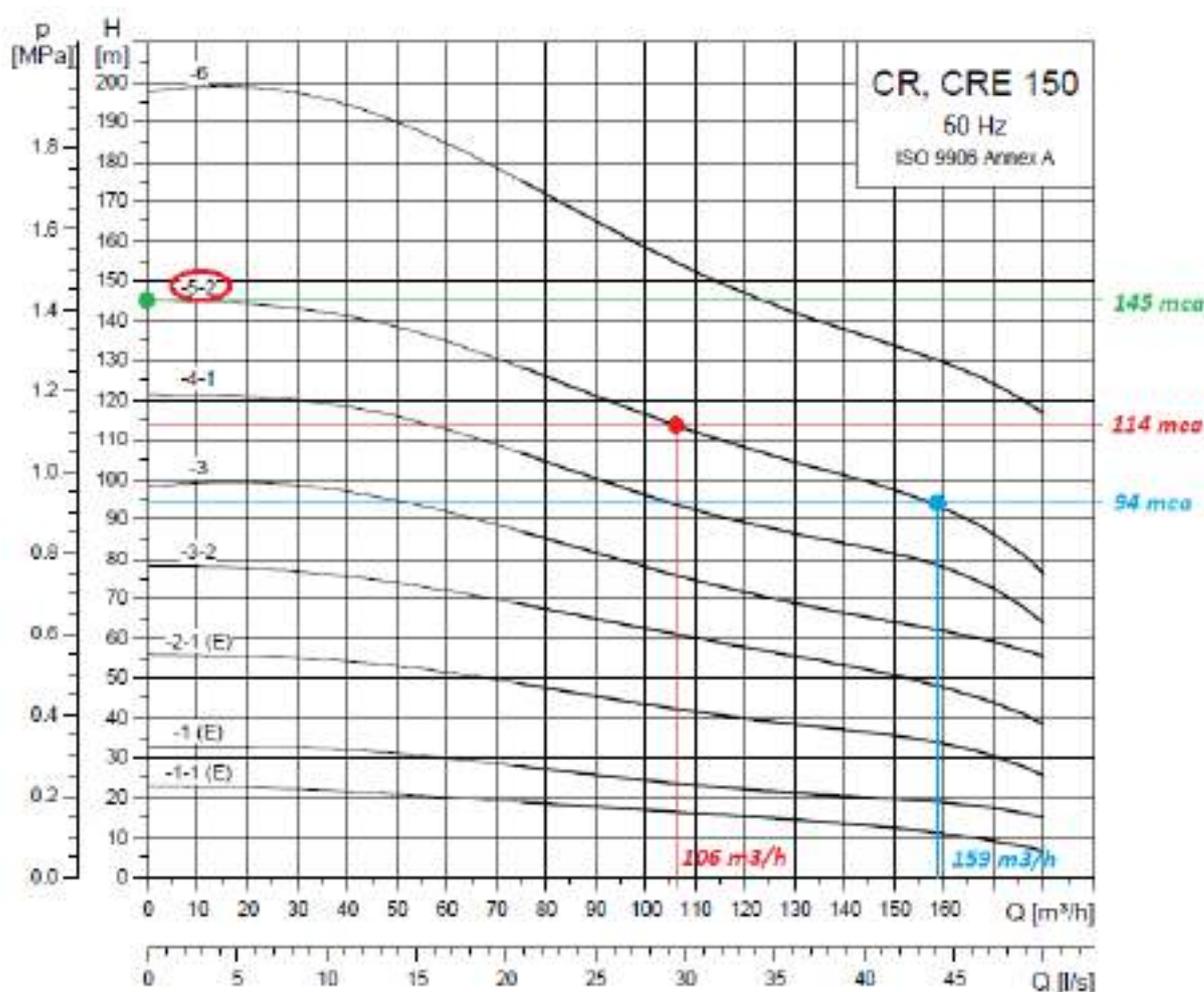


Figura 35: Curvas de altura - caudal para distintos modelos de bombas Grundfos¹¹

Conforme a los requisitos anteriores, se recomienda el reemplazo por dos bombas Grundfos CR 150-5-2 A-F-A-E HQQE. Cabe aclarar que las bridas de dichas bombas son de 5 pulgadas.

¹¹ Catálogo Grundfos, Bombas Centrífugas Multicelulares Verticales para 50 Hz, pág. 75.

3.4.10 Línea de alimentación

En la línea de alimentación de cada electrobomba se encuentra instalada una válvula globo. Se recomienda cambiarla por una de tipo exclusiva o mariposa.

Se debe ampliar la sección del colector de 5 a 6 pulgadas por el incremento en las bridas de las nuevas bombas.

También se recomienda la instalación de una reducción cónica excéntrica en la conexión de la línea de aspiración con las bombas, para evitar la formación de bolsas de aire.

Se recomienda garantizar una distancia mínima de 2 m entre el último codo de la línea de alimentación y la electrobomba.

3.4.11 Línea de descarga

En la línea de descarga de cada electrobomba se encuentra instalado un amortiguador, una válvula de retención y una válvula globo. Será necesario instalar reducciones de 5 a 4 pulgadas a la salida de la bomba y se recomienda cambiar las válvulas globo por válvulas de tipo exclusiva o mariposa.

Se recomienda también realizar un by pass para retorno a tanque, con su correspondiente válvula de cierre.

3.4.12 Elementos adicionales

Se recomienda considerar la instalación de un caudalímetro para realizar pruebas de eficiencia de las bombas en la línea de retorno al tanque. Para la instalación de este instrumento se deberá considerar la instalación de una válvula adicional aguas abajo del mismo.

3.4.13 Alimentación eléctrica

El cuadro de bombas es alimentado por un suministro eléctrico independiente al del resto del establecimiento. Se recomienda canalizar de forma adecuada la alimentación eléctrica hacia tablero dentro de la sala de bombas.

3.4.14 Bocas de incendio equipadas

Las lanzas interiores son de tipo estándar con boquillas de chorro pleno. Se recomienda cambiarlas por lanzas del tipo Viper de caudal variable o bien lanzas estándar con boquillas de chorro/niebla de caudal fijo. Las lanzas exteriores son también de tipo estándar con boquillas de chorro pleno. Se recomienda cambiarlas por lanzas estándar con boquillas de chorro/niebla de caudal fijo.

Cada hidrante debe estar compuesto por:

- 1 válvula teatro tipo Storz.
- 1 tramo de manguera de 25 m de longitud, con sello IRAM.
- 1 lanza con boquilla regulable chorro/niebla.
- 1 llave para ajustar uniones.
- 1 gabinete metálico para manguera, lanza, válvula y llave.

Los gabinetes son de chapa BWG N°20, de 555 x 515 x 165 mm. Se recomienda el repintado y acondicionamiento de los mismos (ver figura adjunta).



Figura 36: Estado actual de las bocas de incendio equipadas

3.5 Estimación de la inversión del rediseño del sistema de protección fijo contra incendio

Se pretende obtener la inversión estimada para llevar a cabo el rediseño del sistema de protección fijo contra incendio.

A continuación, se presenta una tabla que resume los materiales, elementos y todo aquello que represente un costo de ejecución para materializar el rediseño del sistema fijo de protección contra incendio. Se solicita a proveedores nacionales cotizaciones de lo detallado en la tabla adjunta. Cabe destacar que se incluyen costos de instalación y montaje de acuerdo con planos, supervisión y dirección de obra, puesta en marcha, pruebas de funcionamiento y cualquier otro gasto asociado a la implementación del rediseño.

Elemento/Tarea	Cantidad	Precio unitario [USD]	Precio cantidad [USD]
Reubicación BIE 5			
40 metros de caño de 2.5 pulgadas	40	31,40	1.256,00
Reducción de 3.5 a 2.5 pulgadas	1	26,30	26,30
Codo de 2.5 pulgadas (radio mediano)	1	21,00	21,00
Codo de 2.5 pulgadas (radio pequeño)	1	19,00	19,00
BIE para exterior (65 mm y lanza chorro/niebla)	1	776,00	776,00
Adicionales (soportes, bulonería, pintura)	NA	NA	133,00
Mano de obra	NA	NA	510,00
Reserva de agua exclusiva			
Ampliación del estanque de reserva de agua exclusiva en 34 m ³	NA	NA	3.382,00
Sistema de impulsión			
Repintado sala de bombas	NA	NA	58,00
2 bombas Grundfos CR 150-5-2 A-F-A-E HQQE	2	8.224,00	16.448,00
Desmontaje bombas actuales y montaje bombas nuevas	2	1.028,00	2.056,00
Línea de alimentación			
Válvula exclusiva (o mariposa) 5"	2	147,00	294,00
Reducción cónica excéntrica de 6" a 5"	2	25,00	50,00
Aumento de la sección del colector de 5 a 6"	NA	NA	291,00
Línea de descarga			
Reducción cónica de 5" a 4"	2	14,00	28,00
Válvula exclusiva (o mariposa) de 4"	2	147,00	294,00
By pass de retorno al tanque de reserva de agua exclusiva	NA	NA	582,00
Adicionales			
Caudalímetro para pruebas de eficiencia	NA	NA	504,00
Alimentación eléctrica			
Canalización alimentación del tablero eléctrico	NA	NA	59,00
Bocas de incendio equipadas			
Boquillas de chorro/niebla de caudal fijo	15	39,00	585,00
Llave para ajustar uniones	8	7,50	60,00
Repintado y acondicionamiento cajas de hidrantes	NA	NA	233,00
Cañerías red de incendio			
Repintado de cañerías y singularidades	NA	NA	610,00
Cálculo del rediseño y supervisión de contratistas. Puesta en marcha y verificaciones del sistema			
Se estiman 5 días para la realización del rediseño en oficina	NA	NA	2.560,00
Se estiman 28 días para la realización del rediseño en planta	NA	NA	
TOTAL [USD]			30.835,30
TOTAL + IVA [USD]			37.310,00

Tabla 39: Cálculo estimado de la inversión del rediseño del sistema

El costo estimado para la materialización del rediseño resulta en 37.310,00 USD.

4. CONCLUSIONES

Durante el desarrollo del presente trabajo se pudo evaluar los requerimientos para los sistemas de protección contra incendios para un establecimiento industrial según lo dispuesto por el Decreto Reglamentario 351/79.

Las siguientes recomendaciones constituyen medidas de protección que permiten adecuar el establecimiento bajo estudio a lo dispuesto por la normativa vigente como así también mejorar la eficacia en la intervención ante un eventual siniestro de incendio.

- Subdividir el sector de incendio B: Pañol y Depósitos con un muro y portón cortafuego independizando el Depósito de producto terminado listo para despacho del resto de los recintos y así lograr que el sector B no exceda los 1500 m². La resistencia al fuego tanto del muro como del portón debe ser F120 como mínimo. Como alternativa se puede proteger toda el área con rociadores automáticos.

- Garantizar la disponibilidad de los 30 extintores manuales, teniendo en cuenta las características y ubicaciones definidas en el punto 4.3.

- Reubicar el hidrante interno BIE 5 hacia el exterior en línea recta (BIE 5", ver plano del Anexo VI) para una mejor distribución y cobertura de las bocas de incendio.

- Ampliar el estanque de reserva de agua exclusiva para adicionar al menos 34 m³.

- Reemplazar el sistema de impulsión conforme a las especificaciones del punto 4.4.9

Por último, se concluye también que, a la hora de diseñar y verificar los sistemas fijos de extinción, los criterios a adoptar varían según la norma de aplicación.

5. BIBLIOGRAFÍA

- BOTTA, N. A. (2010). Cálculo de la Necesidad de Extintores Portátiles. Rosario. Ed Red Proteger.
- BOTTA, N. A. (2011). Diseño de Sistemas de Protección por Hidrantes. Rosario. Ed Red Proteger.
- BOVI, J. A. (2015). Prevención y análisis de riesgo de una fábrica textil en el área terminación. Trabajo Final. Facultad Regional Tucumán. Universidad Tecnológica Nacional, 102p.
- Decreto Reglamentario 351/79 de la Ley 19587. Anexo VII: Protección contra incendios (1979).
- Instituto de Estudios de la Seguridad (IDES). Búsqueda y validación de parámetros de la carga de fuego en establecimientos industriales. (2010).
- NOBLECILLA, L. V. (2012). Diagnóstico Situacional de Protección contra Incendios en una empresa de Plásticos. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería. Universidad de Guayaquil, 143p.
- Normativa FM Global, FMDS 4 4N Standpipe and hose systems (2011).
- Norma IRAM 3597/2013. Instalaciones fijas contra incendio, sistemas de hidrantes y bocas de incendio (2013).
- Norma NFPA 14, Standard for the Installation of Stand Pipe, Private Hydrants and Hose Systems (2003).
- Ordenanza Municipal 6997/87 del Partido de General Pueyrredón (1987).
- ROSSMAN, L. (2001). Epanet 2.0 Users Manual.

6. ANEXOS

6.1 Anexo I: Plano del establecimiento

6.2 Anexo II: Tabla de condiciones de situación, construcción y extinción del Decreto Reglamentario 351/79

USOS	CANTIDAD	CONDICIONES																	
		S1	S2	Construcción C							Extinción E								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
Usos de Residencia colectiva	2		1																
Comercios	Barrio - Hotel (restaurantes, bares)	2	2	1							11			6			11		
	Actividades Administrativas	3	2	1										6			11	13	
	Locales comerciales	2	2	1					8					Cumple lo indicado en dep. de inflamables					
	Góndolas comerciales	3	2	1	2			7					4				11	12	13
Industria	Góndolas comerciales	4	2	1		4		7						6			11	13	
	Garajes y Estacionamiento	4	2	1						6				6			11		
Depositos de gasoil		2	2	1				8	7	8				Cumple lo indicado en dep. de inflamables					
		3	2	1	3								2				11	12	13
Depositos		4	2	1		4		7					4				11	13	
		4	2	1		4		7					4				11	13	
Educación	4		1													8		11	
Espectáculos y Recreación	Cine (1000 loc) Cineclub - Teatro	3		1			5				10	11	1	2					
	Teatro	3	2	1	3							11		3			11	12	13
	Estadio	4	2	1								11		3					
	Otros rubros	4	2	1								11		4					
Servicios	4		1																
Actividades culturales	4		1								11					6		11	
Autoservicios	Estacionamiento - Garaje	3	2	1						8						7		10	
	Industria - Taller mecánico - Petrolero	3	2	1	3											7			
	Comercio - Deposito	4	2	1		4								4					
	Guarda mecanizada	3	2	1												6			
Alojamiento	2	2																9	
Industria - Oficinas de estacionamiento	3	2																8	
Industria - Oficinas	4	2																9	

Tabla XL: Tabla de condiciones de situación, construcción y extinción del Decreto Reglamentario 351/79

6.3 Anexo III: Plano con ubicación de extintores manuales

6.4 Anexo IV: Especificaciones de los extintores manuales seleccionados

6.4.1 Extintor de polvo químico ABC – Yukón¹²



Especificaciones técnicas:

Capacidad nominal	1 kg	1 kg	2,5 kg	5 kg	10 kg
Altura (mm)	345	233	440	510	570
Ancho (mm)	50	110	220	230	260
Pesadidad/Diámetro (mm)	76,2	101,6	125	150	188
Peso Cargado (kg)	2	2	5	8,5	16,3
Longitud de manguera (m)	No	No	0,36	0,45	0,51
Alcance mínimo (m)	1,5	1,5	2	3	3
Presión de servicio (MPa)	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Presión de prueba (MPa)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Potencial extintor	1A-3B	1A-3B	3A-20B	6A-40B	6A-60B
Soporte estándar	No	No	Pared	Pared	Pared
Norma IRAM nro	3523	3523	3523	3523	3523

Tabla XLI: Extintor de polvo químico ABC – Yukón

6.4.2 Extintor de polvo químico ABC¹³ y ABC 90¹⁴ – Georgia

Polvo químico ABC



Tabla XLII: Extintor de polvo químico ABC – Georgia

¹² <http://www.yukonargentina.com.ar/extintores-yukon/extintores-manuales-a-base-de-polvo-quimico-seco-abc-bajo-presion/>

¹³ <http://www.georgia.com.ar/prodcat/02-polvo-quimico-seco/>

¹⁴ <http://www.georgia.com.ar/prodcat/03-2abc-90/>

Polvo químico ABC 90



Tabla XLIII: Extintor de polvo químico ABC 90 – Georgia

6.4.3 Extintor de polvo químico ABC – Fadesa¹⁵



Tabla XLIV: Extintor de polvo químico ABC – Fadesa

¹⁵ http://www.extintoresfadesa.com.ar/es/polvos_quimicos_secos_abc

6.4.4 Extintor de polvo químico ABC – Melisam¹⁶

Especificaciones			
Modelo ABC - Manual - 2,5 Kg - 5 Kg - 10 Kg			
Capacidad	2,5 kg	5 kg	10 kg
Peso bruto	3.180 kg	3.400 kg	3.500 kg
Altura	435 mm	486 mm	538 mm
Ancho	327 mm	305 mm	338 mm
Profundidad	125 mm	158 mm	178 mm
Temperatura máxima	34 30B-C	34 40B-C	34 40B-C
Norma IRAM del agente extintor	3000	3000	3000
Norma IRAM del Efectivo	3025	3025	3025
Presión de trabajo	100	100	100
Presión de arranque	3,3 Mpa	3,3 Mpa	3,3 Mpa
Presión de servicio	1,8 Mpa	1,8 Mpa	1,8 Mpa
Rango de temperatura de operación	-30°C a +60°C	-30°C a +60°C	-30°C a +60°C
Tiempo de descarga mínimo	10 seg.	10 seg.	10 seg.

Tabla XLV: Extintor de polvo químico ABC – Melisam

6.4.5 Extintor de agua – Yukón¹⁷

Agente Extintor:
- Agua, 100 bar (operación a 100 bar) (100 bar)
- Recarga: 100 bar (100 bar)



Especificaciones técnicas				
Capacidad nominal	30 L	50 L	70 L	100 L
Altura (mm)	1000	1100	1150	1200
Profundidad (mm)	400	400	400	400
Profundidad (mm)	400	400	400	400
Peso (kg) (incl. P.V.)	30	40	50	60
Longitud del mango (mm)	0	0	0	0
Área de trabajo (m²)	0	0	0	0
Presión de trabajo (bar)	100	100	100	100
Presión de servicio (bar)	1,2	1,2	1,2	1,2
Presión de prueba (bar)	0	0	0	0

Tabla XLVI: Extintor de agua – Yukón

6.4.6 Extintor de agua – Georgia¹⁸



70 LITS

Carbificaciónes

opds

Firex técnica

Característica	Valor	Unidad	Normativa	Comentarios
Capacidad nominal	70	L	IRAM 3000	
Altura	1150	mm	IRAM 3000	
Ancho	400	mm	IRAM 3000	
Profundidad	400	mm	IRAM 3000	
Peso bruto	50	kg	IRAM 3000	
Presión de trabajo	100	bar	IRAM 3000	
Presión de servicio	1,2	bar	IRAM 3000	
Presión de prueba	1,8	bar	IRAM 3000	

Tabla XLVII: Extintor de agua – Georgia

¹⁶ <https://melisam.com/producto/extintor-manual-abc-5-kg/>

¹⁷ <http://www.yukonargentina.com.ar/extintores-yukon/extintor-sobre-ruedas-a-base-de-agua-bajo-presion/>

¹⁸ <http://www.georgia.com.ar/prodcat/10-agua/>

6.4.7 Extintor de agua – Fadesa¹⁹

Rodante

Características:

- Recipiente de chapa de acero soldado por sistema MIG.
- Ensayado hidrostáticamente a 100%.
- Tratamiento superficial y de mayor resistencia a la corrosión: decapado mecánico, fosfatizado, pintado y pintado con pintura en polvo poliéster.
- Válvula de latón forjado con manómetro indicador de presión.
- Mango de caucho sintético.
- Pico de chapa plana.

Descargar ficha técnica

Especificaciones							
Capacidad nominal (litros)	25 dm ³	50 dm ³	90 dm ³ (200)	10 dm ³	70 dm ³ (200)	100 dm ³	100 dm ³ (200)
Peso cargado (kg)	25	50	110	140	177	185	210
Alura (mm)	1.140	1.210	1.020	1.280	1.400	1.400	1.030
Ancho (mm)	400	400	330	370	730	630	700
Profundidad (mm)	300	370	300	730	300	340	300
Diámetro de rueda (mm)	300	300	300	300	300	400	300
Longitud de manguera (m)	5	5	5	5	5	10	10
Alcance (m)	9,6	10,7	10,7	13,8	17,2	19,4	23,0
Norma IRAM exterior	3537	3537	3537	3537	3537	3537	3537
Tiempo de descarga (s)	100	100	100	100	100	100	100
Rango temperatura (°C)	0 a 20	0 a 30	0 a 30	0 a 30	0 a 30	0 a 30	0 a 30
Presión de servicio (Mpa)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Presión de ensayo (Mpa)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Modelos							
Código	6001	6100	6500	6509	6900	6916	6100

Tabla XLVIII: Extintor de agua – Fadesa

6.4.8 Extintor de agua – Melisam²⁰

Extintores rodantes presurizados a base de Agua			
Especificaciones			
25 Kg - 50 Kg - 100 Kg			
Capacidad	25 Lts	50 Lts	100 Lts
Peso bruto	52 Kg	93 Kg	177 Kg
Altura	1070 mm	1200 mm	1495 mm
Ancho	440 mm	585 mm	590 mm
Profundidad	600 mm	630 mm	780 mm
Potencial extintor	Consultar	Consultar	Consultar
Norma IRAM de extintor	Según 3537	Según 3537	3537
Rosca de la válvula	M 30	BSP 3" x 12 h	BSP 3" x 12 h
o exterior de ruedas	300 mm	350 mm	400 mm
o de buje de ruedas	20 mm	20 mm	20 mm
Largo de manguera	5 Mts	5 Mts	10 / 15 Mts
Manga exterior	32 mm	25 mm	25 mm
Manga interior	13 mm	19 mm	19 mm
Presión de ensayo	4,0 Mpa	4,0 Mpa	4,0 Mpa
Presión de servicio	1,4 Mpa	1,4 Mpa	1,4 Mpa
Rango de temperatura de operación	+5° C a +60° C	+5° C a +60° C	+5° C a +60° C

Tabla XLIX: Extintor de agua – Melisam

¹⁹ <http://www.extintoresfadesa.com.ar/es/agua>

²⁰ https://melisam.com/wp-content/uploads/2020/07/Agua-rodantes_.pdf

6.4.9 Extintor a base de espuma – Yukón²¹



Especificaciones técnicas	
Capacidad nominal	10 L
Altura (mm)	610
Ancho (mm)	200
Profundidad (diámetro) (mm)	105
Peso cargado (kg)	16,5
Longitud de manguera (m)	0,01
Alcance máximo (m)	9
Presión de servicio (MPa)	1,4
Presión de prueba (MPa)	5,5
Potencial extintor	3A-10B
Soporte standard	Pared
Norma IRAM No.	3557

Tabla L: Espuma – Yukón

6.4.10 Extintor a base de espuma – Georgia²²



Certificaciones



Ficha técnica

CAPACIDAD NOMINAL	10 L	ACTUAL	100 mm	TIEMPO DE DESCARGA	20 seg
PESO CON CARGA	16,5 kg	ANCHO	200 mm	NORMA IRAM	3557
AGENTE EXTINTOR	AFFF	POTENCIAL EXTINTOR	3A-10B	TIPO DE FLUJO	AB
PROPUNDEDAD	100 mm	ALCANCE	10-0 m		

Tabla LI: Extintor a base de espuma – Georgia

²¹ <http://www.yukonargentina.com.ar/extintores-yukon/extintor-manual-a-base-de-agua-afff-bajo-presion/>

²² <http://www.georgia.com.ar/prodcat/09-espuma-quimica/>

6.4.11 Extintor Halogenado – Yukón²³



Especificaciones técnicas					
Capacidad nominal	1 kg	1 kg	2,5 kg	5 kg	10 kg
Altura (mm)	340	230	440	610	970
Ancho (mm)	30	40	200	200	200
Profundidad (diámetro) (mm)	70,2	100,0	120	100	100
Peso Cargado (kg)	1	1	3	6	10
Longitud de manguera (m)	No	No	0,30	0,40	0,50
Alcance máximo (m)	1,5	1,5	2	3	3
Peso de servicio (kg)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Peso de presión (kg)	2	2	2	2	2
Patrola de Carga	-	-	1A-2B	1A-10B	2A-10B
Sistema estándar	Panel	Panel	Panel	Panel	Panel
Norma IRAM etc.	-	-	2004	2004	2004

Tabla LII: Extintor halogenado – Yukón

6.4.12 Extintor Halogenado – Georgia²⁴



Capacidad nominal: 5 KG

Certificaciones: opds, IRAM, El Leoncillo Argentino

Ficha técnica:

CAPACIDAD NOMINAL	5 kg	ALTURA	430 mm	TIEMPO DE DESCARGA	50 seg.
PESO CON CARGA	7,5 kg	ANCHO	100 mm	RESERVA IRAM	2004
AGENTE EXTINTOR	HCFE (kg)	POTENCIAL EXTINTOR	> 100°C	TIPO DE FUEGO	A-B-C
PROFUNDIDAD	100 mm	ALCANCE	2 m		

Tabla LIII: Extintor Halogenado – Georgia

²³ <http://www.yukonargentina.com.ar/extintores-yukon/extintor-manual-a-base-de-hcfc-123-bajo-presion/>

²⁴ <http://www.georgia.com.ar/prodcat/07-hcfc123/>

6.5 Anexo V: Unidades utilizadas en el programa Epanet 2.0²⁵

Parámetro	Unidades
Concentración	-- mg/L o mg/L
Demanda	-- (ver unidades de Caudal)
Diámetro (Tuberías)	-- Pulgadas
Diámetro (Tanques)	-- Pies
Rendimiento	-- %
Altura geométrica	-- Pies
Coefficiente Emisor	-- Unidades de caudal
	-- (psi) ^{1/2}
Energía	-- kilovatio - hora
Caudal	-- CFS (pies cúbicos / s)
	-- GPM (galones / min)
	-- MGD (millón galones / día)
	-- IMGD (Imperial MGD)
	-- AFD (acre-pie / día)
Factor de Fricción	-- Adimensional
Altura hidráulica	-- Pies
Longitud	-- Pies
Coef. Pérdidas Menores	-- Adimensional
Potencia	-- Caballos de Vapor
Presión	-- Libras por pulgada cuadrada
Coef. Reacción (Seno)	-- 1/día (primer orden)
Coef. Reacción (Pared)	-- Masa / L / día (orden 0)
	-- Pies / día (primer orden)
Coefficiente de Rugosidad	-- 10 ⁻³ pies (Darcy-Weisbach), adimensional demás casos
Fuente Inyección Másica	-- Masa / minuto
Velocidad	-- Pies / s
Volumen	-- Pies Cúbicos
Edad del Agua	-- Horas

Tabla LIV: Unidades americanas empleadas en el software Epanet 2.0

6.6 Anexo VI: Plano de la red de protección fija contra incendio rediseñada

²⁵ Epanet 2 Users Manual, U.S. Environmental Protection Agency

6.7 Anexo VII: Resultados de la simulación hidráulica en Epanet 2.0

Página 1 16/06/2021 17:00:13 *

E P & H E T
 Análisis Hidráulico y de Colisión
 de Redes Hidráulicas a Presión
 Versión 3.0.0a

Trasladado por:
 Grupo Multidisciplinar de Modelado de Fluidos
 Universidad Politécnica de Valencia

Archivo de entrada: STD INCENDIO EPANet.net

Tabla Línea - Nudo:

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud -ft	Diámetro -in
1	01	17	13.3	4
2	17	18	0.56	4
3	18	19	1.99	4
4	19	20	58.7	4
5	20	11	10.02	4
6	21	22	18.09	3
7	22	23	18.4	3
8	23	24	47.1	2
9	24	25	55.14	2.5
10	25	3	6.56	2.5
11	24	10	20.8	3
12	26	27	3.9	2.5
13	27	2	6.58	2.5
14	26	26	10.3	2.5
15	28	25	11.4	2.5
16	29	30	6.56	2.5
17	30	10	3.2	2.5
18	21	31	17.25	4
19	31	1	6.58	2.5
20	31	32	52.15	4
21	32	33	1.62	4
22	33	34	0.51	4
23	34	35	41.67	3.5
24	35	36	70.8	3.5
25	36	37	1.02	2
26	37	36	21.14	2
27	38	11	6.56	2
28	38	39	67.1	3
29	39	40	1.62	3
31	40	41	16.07	3
33	42	13	6.58	2.5
34	41	43	121.08	3
35	43	14	6.56	2

Página 2
 Tabla Línea - Nudo: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud -ft	Diámetro -in
36	43	44	2.02	2.5
37	44	45	0.51	2.5
38	45	15	0.18	2.5
39	34	46	4.26	4
40	40	47	50.05	4
41	47	48	27	2
42	48	4	0.18	2
43	47	49	24.1	3.5
44	49	50	120.9	2.5
45	50	5	5.10	2.5
46	49	51	20.54	3.5
47	51	52	46.6	2
48	52	6	0.18	2
49	51	63	47.25	2
50	53	64	17.1	2
51	54	7	0.18	2
52	54	55	45.4	2.5
53	55	56	6.5	2.5
54	56	57	50	2.5
55	57	8	0.18	2.5
56	55	58	52.3	3
57	58	59	14.27	2
59	60	60	25.76	2.5
60	60	10	0.18	2.5
61	41	47	4.26	2.5
58	9	59	5.10	2
58	40	62	14.4	2
52	62	12	6.56	2

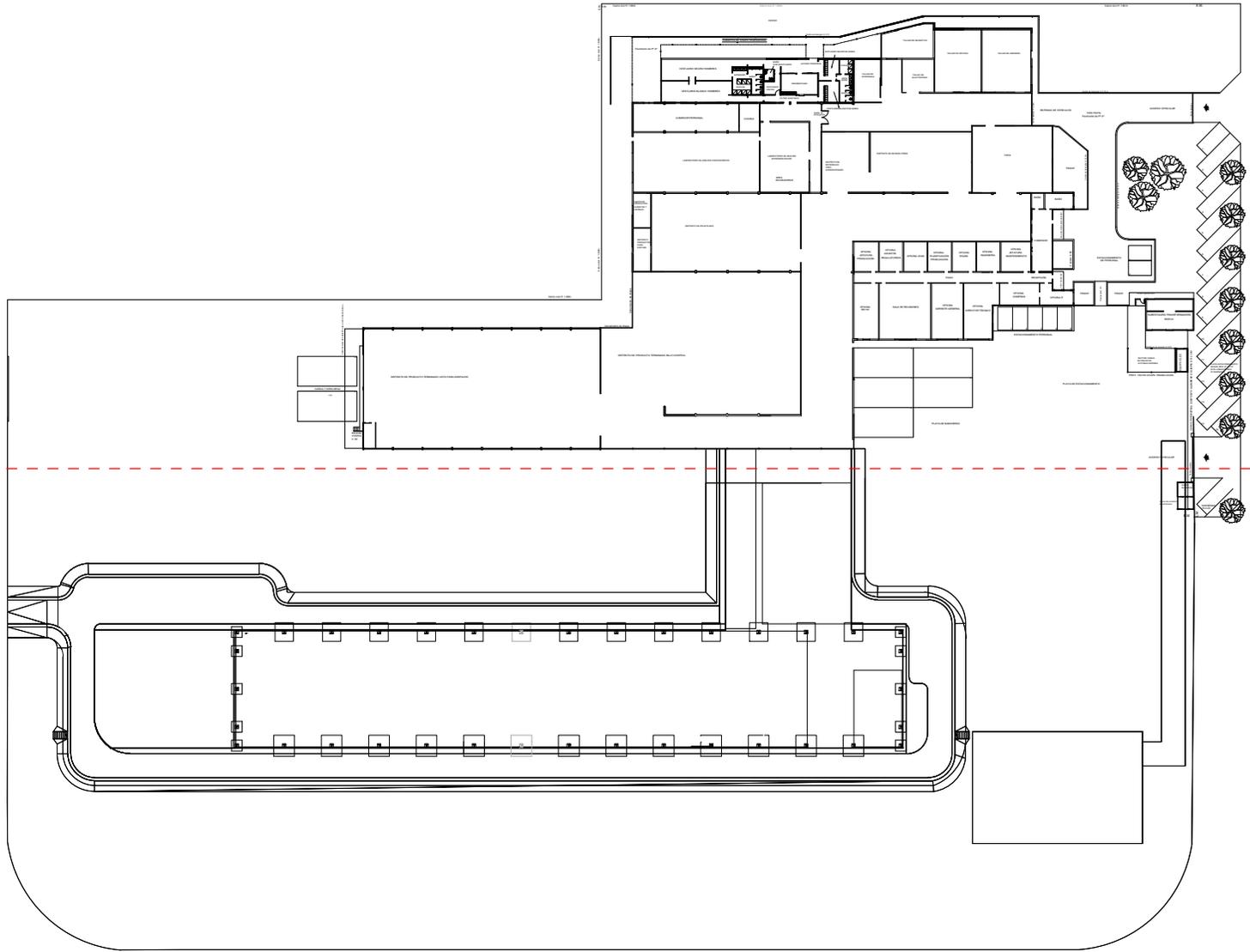
Resultados de Nudo:

ID Nudo	Demanda -gpm	Altura -ft	Presión -psi	Calidad
1	0.00	239.70	141.44	0.00
2	0.00	335.04	145.00	0.00
3	0.00	335.04	145.00	0.00
4	0.00	321.37	137.41	0.00
5	0.00	321.37	137.41	0.00
6	0.00	321.37	137.41	0.00
7	0.00	321.37	137.41	0.00
8	0.00	321.37	137.41	0.00
9	0.00	321.37	137.41	0.00
10	0.00	321.37	137.41	0.00
11	0.00	304.25	131.50	0.00
12	0.00	239.43	101.59	0.00
13	111.36	215.75	91.79	0.00

Página 3 Resultados de Nodo: (continuación)					Página 4 Resultados de Nodo: (continuación)				
ID Nodo	Demanda GPM	Altura ft	Presión psi	Calidad	ID Nodo	Demanda GPM	Altura ft	Presión psi	Calidad
14	133.36	171.17	72.53	0.00	62	0.00	128.61	98.75	0.00
15	133.36	177.59	75.99	0.00	61	399.51	574.20	0.00	0.00 ENOALBE
16	0.00	335.04	140.03	0.00	Resultados de Línea:				
ID Línea	Caudal GPM	Velocidad fps	Pérd. Unit. ft/Kft	Estado					
17	0.00	349.95	150.73	0.00	1	399.51	10.13	1041.62	Abierto
18	0.00	347.75	149.01	0.00	2	399.51	10.13	325.98	Abierto
19	0.00	346.25	150.01	0.00	3	399.51	10.13	782.19	Abierto
20	0.00	357.26	140.11	0.00	4	399.51	10.13	155.18	Abierto
21	0.00	335.04	140.03	0.00	5	399.51	10.13	131.55	Abierto
22	0.00	335.04	140.03	0.00	6	0.00	0.00	0.00	Abierto
23	0.00	335.04	140.03	0.00	7	0.00	0.00	0.00	Abierto
24	0.00	335.04	140.03	0.00	8	0.00	0.00	0.00	Abierto
25	0.00	335.04	140.03	0.00	9	0.00	0.00	0.00	Abierto
26	0.00	335.04	140.03	0.00	10	0.00	0.00	0.00	Abierto
27	0.00	335.04	140.03	0.00	11	0.00	0.00	0.00	Abierto
28	0.00	335.04	140.03	0.00	12	0.00	0.00	0.00	Abierto
29	0.00	335.04	140.03	0.00	13	0.00	0.00	0.00	Abierto
30	0.00	335.04	140.03	0.00	14	0.00	0.00	0.00	Abierto
31	0.00	335.04	140.03	0.00	15	0.00	0.00	0.00	Abierto
32	0.00	335.04	140.03	0.00	16	0.00	0.00	0.00	Abierto
33	0.00	335.04	140.03	0.00	17	0.00	0.00	0.00	Abierto
34	0.00	335.04	140.03	0.00	18	399.51	10.13	267.91	Abierto
35	0.00	335.04	140.03	0.00	19	0.00	0.00	0.00	Abierto
36	0.00	335.04	140.03	0.00	20	399.51	10.13	200.58	Abierto
37	0.00	335.04	140.03	0.00	21	399.51	10.13	638.57	Abierto
38	0.00	335.04	140.03	0.00	22	399.51	10.13	131.55	Abierto
39	0.00	335.04	140.03	0.00	23	399.51	13.24	450.11	Abierto
40	0.00	335.04	140.03	0.00	24	399.51	13.24	252.09	Abierto
41	0.00	335.04	140.03	0.00	25	0.00	0.00	0.00	Abierto
42	0.00	335.04	140.03	0.00	26	0.00	0.00	0.00	Abierto
43	0.00	335.04	140.03	0.00	27	0.00	0.00	0.00	Abierto
44	0.00	335.04	140.03	0.00	28	399.51	18.01	657.15	Abierto
45	0.00	335.04	140.03	0.00	29	399.51	18.01	534.14	Abierto
46	0.00	335.04	140.03	0.00	30	399.51	18.01	389.53	Abierto
47	0.00	335.04	140.03	0.00	31	132.30	8.65	364.50	Abierto
48	0.00	335.04	140.03	0.00	32	204.60	12.01	185.50	Abierto
49	0.00	335.04	140.03	0.00	33	132.30	13.01	236.20	Abierto
50	0.00	335.04	140.03	0.00	34	132.30	8.65	143.50	Abierto
51	0.00	335.04	140.03	0.00	35	132.30	8.65	267.38	Abierto
52	0.00	335.04	140.03	0.00	36	132.30	8.65	308.81	Abierto
53	0.00	335.04	140.03	0.00	37	0.00	0.00	0.00	Abierto
54	0.00	335.04	140.03	0.00	38	0.00	0.00	0.00	Abierto
55	0.00	335.04	140.03	0.00	39	0.00	0.00	0.00	Abierto
56	0.00	335.04	140.03	0.00	40	0.00	0.00	0.00	Abierto
57	0.00	335.04	140.03	0.00	41	0.00	0.00	0.00	Abierto
58	0.00	335.04	140.03	0.00					
59	0.00	335.04	140.03	0.00					
60	0.00	335.04	140.03	0.00					

Página 5 Resultados de Línea: (continuación)				
ID Línea	Caudal GPM	Velocidad fps	Pérd. Unit. ft/Kft	Estado
42	0.00	0.00	0.00	Abierto
43	0.00	0.00	0.00	Abierto
44	0.00	0.00	0.00	Abierto
45	0.00	0.00	0.00	Abierto
46	0.00	0.00	0.00	Abierto
47	0.00	0.00	0.00	Abierto
48	0.00	0.00	0.00	Abierto
49	0.00	0.00	0.00	Abierto
50	0.00	0.00	0.00	Abierto
51	0.00	0.00	0.00	Abierto
52	0.00	0.00	0.00	Abierto
53	0.00	0.00	0.00	Abierto
54	0.00	0.00	0.00	Abierto
55	0.00	0.00	0.00	Abierto
56	0.00	0.00	0.00	Abierto
57	0.00	0.00	0.00	Abierto
59	0.00	0.00	0.00	Abierto
60	0.00	0.00	0.00	Abierto
61	132.30	8.65	619.37	Abierto
58	0.00	0.00	0.00	Abierto
30	0.00	0.00	0.00	Abierto
32	0.00	0.00	0.00	Abierto

Tabla LV: Resultados de la simulación hidráulica del sistema rediseñado en Epanet 2.0



LÍNEA A

LÍNEA B

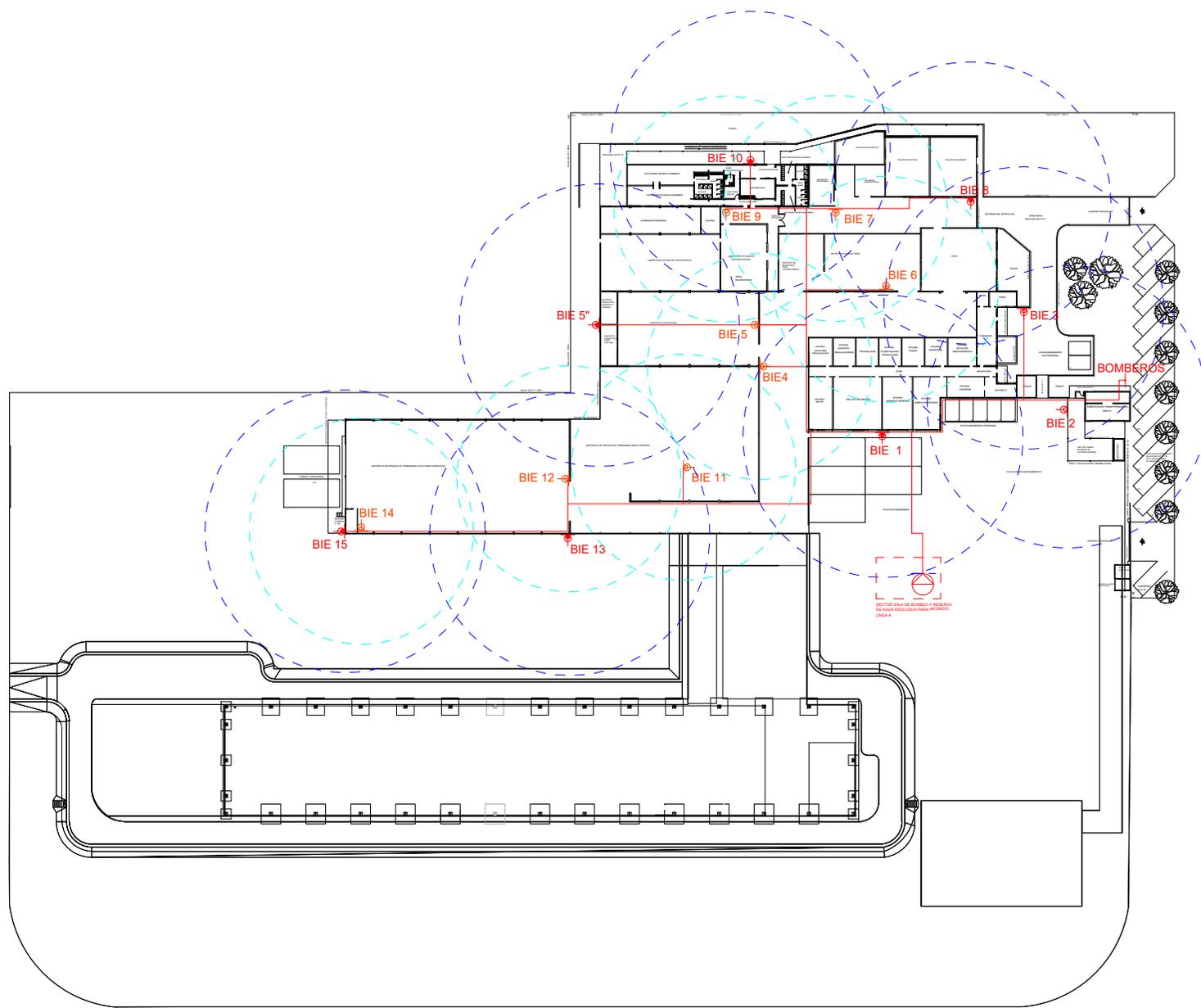


MINISTERIO DE SALUD
BBRAUN MEDICAL S.A.

PROYECTO DE PLAN DE EMERGENCIAS

ESTADO DE PLAN DE EMERGENCIAS

ELABORADO POR:	FECHA:
REVISADO POR:	FECHA:
APROBADO POR:	FECHA:



SECTOR SALA DE EMERGENCIAS Y RESERVAS DE SALA OPERATORIA PARA PRONOSCO UNDA A

BOMBEROS

REFERENCIAS	
	Extintores
	Alarma

MINISTERIO DE SALUD
BBRALIN MEDICAL S.A.
INFORMACIÓN DE CONTACTO Y DIRECCIÓN

	PROYECTO DE PLAN DE EMERGENCIAS
<small>PROYECTO DE PLAN DE EMERGENCIAS</small>	<small>PROYECTO DE PLAN DE EMERGENCIAS</small>