



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS EVOLUTIVO DE LOS SISTEMAS AUXILIARES
DE ARRANQUE DIESEL EN SSCI NACIONALES Y SU
COMPARACIÓN CON HOMÓLOGOS REGÍDOS POR
ESPECIFICACIONES NFPA**

T E S I N A

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA SANITARIA

P R E S E N T A :

ING. CÉSAR GERARDO PEÑA TAPIA

DIRECTOR DE TESINA: M.I. GUILLERMO SÁNCHEZ LIÉVANO

MÉXICO, CDMX

AGOSTO 2018

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	4
JUSTIFICACIÓN.....	6
OBJETIVO GENERAL.....	7
OBJETIVO PARTICULAR.....	7
CAPÍTULO 1. MARCO NORMATIVO.....	7
1.1 MARCOS NORMATIVOS NACIONALES E INTERNACIONALES APLICABLES.....	8
1.2 DISCUSIÓN SOBRE LOS ALCANCES PARTICULARES DE LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM) Y LAS NORMAS AMERICANAS NFPA, Y LA IMPLICACIÓN DEL USO DE UNO U OTRO MARCO NORMATIVO.....	9
1.2.1 RELATIVO A LA NORMA TÉCNICA COMPLEMENTARIA PARA EL PROYECTO ARQUITECTÓNICO.....	10
1.2.2 RELATIVO AL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN PARA EL DISTRITO FEDERAL.....	10
1.2.3 COMPARACIÓN ENTRE LOS MARCOS NORMATIVOS NACIONALES E INTERNACIONALES.....	11
CAPÍTULO 2. EVOLUCIÓN HISTÓRICA.....	24
2.1 EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO.....	24
2.2 MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	33
2.2.1 LOS MOTORES A GASOLINA (CICLO OTTO) Y SUS APLICACIONES.....	35
2.2.2 LOS MOTORES DIESEL Y SUS APLICACIONES.....	37
2.2.3 COMPARATIVO ENTRE LOS MOTORES DIESEL Y LOS DE CICLO OTTO.....	40
2.3 EL MOTOR A GASOLINA Y SU USO EN SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO.....	41
2.4 EL MOTOR DIESEL Y SU USO EN SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO.....	42
2.4.1 SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE.....	45
2.4.2 SISTEMA DE LUBRICACIÓN.....	45
2.4.3 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.....	45
2.4.4 SISTEMA DE ADMISIÓN Y ESCAPE DE AIRE.....	46
2.4.5 SISTEMA DE INCREMENTO Y REDUCCIÓN DE VELOCIDAD.....	47
2.5 CERTIFICACIONES TIER EN MOTORES ESTACIONARIOS.....	47
CAPÍTULO 3. ESTUDIO DE CASO.....	50
3.1 DESARROLLO DE UN CASO DE ANÁLISIS DONDE SE DISCUTE LA SELECCIÓN DEL SISTEMA AUXILIAR DE ARRANQUE EN UN SPCI, ASÍ COMO LAS IMPLICACIONES QUE ESTO CONLLEVA.....	50

CAPÍTULO 4. CALIDAD DEL AGUA.....	55
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES.....	56
REFERENCIAS.....	61
ANEXOS.....	64

INTRODUCCIÓN.

Los Sistemas de Protección Contra Incendio son elementos imprescindibles en las edificaciones formando parte de los proyectos arquitectónicos, ya que éstos tienen como finalidad salvaguardar vidas, muebles e inmuebles en donde se encuentren instalados. La prevención es un aliado importante de los Sistemas de Protección Contra Incendio, ya que fomenta la correcta aplicación de procedimientos previos sobre las instalaciones para evitar, en la medida de lo posible, la utilización de los Sistemas de Protección Contra Incendio, que son considerados el último y mejor recurso a emplear para mitigar el siniestro.

No obstante, en América Latina la prevención es un elemento poco común en la base cultural de su sociedad, siendo la reacción la herramienta utilizada para combatir todo tipo de siniestro y desastre natural. Esta situación es muy frecuente en los países en vías de desarrollo y es a base de la experiencia en desastres mayores que se procede a establecer programas preventivos. En dichas sociedades, una vez sucedido algún acontecimiento trágico se procede a emitir y emplear medidas de prevención para evitar futuros escenarios. Pocas son las sociedades y organizaciones que cuentan con una estadística confiable para utilizarla como herramienta de prevención de incendios o ante otro tipo de desastres.

En Latinoamérica donde se han presentado incendios con grandes pérdidas humanas y económicas, la documentación pública de los factores causantes suele ser mínima y aunado al bajo interés gubernamental, se ha impedido crear la regulación adecuada. El incendio de la discoteca *República Cromagnón* en Buenos Aires, Argentina donde hubo 191 pérdidas humanas, el percance de *La Goajira Night Club* en Caracas, Venezuela en el 2002, donde 47 personas murieron, o se tiene también la *Disco Utopía* en Lima, Perú muriendo 29 personas ese mismo año, y no dejar de lado el evento que surgió en la Disco *Lobohombo*, en México donde murieron 20 personas en el 2000, son claros ejemplos de la laxidad en la regulación respecto de la seguridad contra incendio. El bajo nivel de gestión de seguridad en los recintos y la nula supervisión de las autoridades ligada, en muchos casos, a los actos de corrupción de los funcionarios de los gobiernos locales, son frecuentemente factores detrás de los grandes siniestros.

Basta mirar cómo ha reaccionado Estados Unidos contra este tipo de incidentes, gracias a bancos estadísticos e iniciativa de organismos procuradores de la seguridad industrial se ha fomentado una cultura de la prevención mediante la implementación de marcos regulatorios (normas) que son de carácter obligatorio en la ejecución de una obra o proyecto arquitectónico, permitiendo ofrecer los recursos necesarios para evitar un siniestro mediante la prevención en adición a los Sistemas de Protección Contra Incendio. Tomando en cuenta que, debido a la importancia y respaldo que tienen, estas normas abordan aspectos técnicos particulares, cuyo resultado directo es la regulación de los componentes que conforman los sistemas de protección, maximizando así el grado de seguridad, fiabilidad y confiabilidad del sistema en conjunto.

Se están haciendo esfuerzos por fomentar en América Latina la protección contra incendios mediante congresos, foros, conferencias, de tal forma que se divulguen los trabajos y experiencias de uno de los organismos en el ramo de prevención de incendios, como lo es la *NFPA (National Fire Protection Association)*. Latinoamérica trabaja en conjunto con este organismo para tratar de homologar las normas locales de cada país a fin de ofrecer la seguridad que muchas veces no ostentan dichos marcos regulatorios. Si bien no se pretende crear una copia de lo que ofrece el organismo estadounidense, lo que se quiere lograr es crear la consciencia suficiente para la actualización de normas y en su caso, la creación de normas locales, con las cuales se pueda brindar la mayor seguridad posible en la implementación de un sistema de protección contra incendio. [1], [2]

Ante la globalización de nuestro país, éste ha acogido con buenos ojos inversionistas, firmas así como empresas internacionales que al arribar a nuestro país demandan el cumplimiento con los más rigurosos estándares internacionales en cuanto a protección integral de un inmueble y por ende todo aquello relacionado contra incendio se refiere y que muchas veces no se está del todo acostumbrado a emplear y que decir de mostrar un interés en llevarlos a cabo en proyectos nacionales.

El enfoque que tiene un sistema de protección contra incendios es la reducción de potenciales pérdidas que se pueden presentar ante conato de incendio. Asimismo, este sistema deberá permitir la continuidad de las operaciones de las brigadas de protección civil, aun cuando de forma extraordinaria se presentase un siniestro. El anterior argumento se encuentra basado en la aseveración de que es más efectivo y con un costo menor para el bolsillo contar con un programa de prevención y control de incendio, que enfrentarse al impacto de una pérdida provocada por un siniestro.

Lamentablemente algunos responsables de obra asumen que el uso de programas de prevención de incendio y cumplir con todas las regulaciones pertinentes es un obstáculo administrativo, en tanto que otros lo identifican como un requisito para justificar en parte la cobertura del seguro. Y una gran mayoría encuentran a los programas de control y prevención contra incendios como un costo más que como un beneficio.

Muchos profesionales crean la excusa que tener un programa de control y prevención contra incendios es bastante costoso, otros tantos aseguran que el tiempo invertido en su instalación no lo vale, argumentando que es un desperdicio que no vale la pena justificar razón por la cual estos sistemas quedan reducidos a lo más precario que se puede tener en un inmueble para cumplir con el requisito mínimo para su aprobación.

Educación y capacitación forman parte de la llave que permitirá que los programas de control y prevención contra incendio tengan el éxito que se debe en nuevas edificaciones, cumpliendo con los más altos estándares.

Un programa de prevención no solamente está destinado para una edificación, sino también para áreas residenciales. Simplemente el hecho de adquirir un extintor, instalar un sistema de detección de humos, o procurar almacenar de una forma segura el combustible, son claros ejemplos de prevención que llevan a la seguridad del recinto a otro nivel.

Hay que entender que este tipo de programas representan un costo, una inversión de tiempo en su instalación, así como un esfuerzo para su operación. No obstante, lo anterior no se debe ver como una pérdida global, por el contrario, un programa de control y prevención contra incendios siempre representará menos costos, tiempo y esfuerzo que cuando se habla de pérdidas materiales y aún lo más valioso, pérdidas humanas.

No importa cuál sea el tamaño de la organización, qué sea lo que produzca, o el tipo de servicio que ofrezca, ni en dónde esté localizada, o cualquiera otro factor influyente, elegir un programa de control y prevención es esencial. El tamaño, alcance y complejidad del programa variará según lo que se desee proteger, pero la necesidad del uso de un programa siempre deberá estar presente y no se deberá de prescindir de él.

Gracias a la llegada de inversionistas extranjeros se está difundiendo el uso de estándares internacionales que son un requisito indispensable para ser competitivos en este mundo global. Cada vez más edificaciones se están comprometiendo a cumplir con normativas internacionales para asegurar que la operación y seguridad que una edificación ofrece no solamente operan bajo los lineamientos nacionales sino también por los internacionales.

JUSTIFICACIÓN.

Este trabajo pretende analizar las implicaciones que tiene la toma de decisiones en la elección de las normas oficiales mexicanas o las expedidas por entidades estadounidenses, y cómo cada una de ellas tiene un impacto directo en las características y prestaciones que ofrecen los sistemas auxiliares con motores Diesel en Sistemas de Protección Contra Incendio. Siendo así, lo que pretende esta investigación es ubicar dentro del universo existente de los Sistemas de Protección Contra Incendio, el grado de desarrollo que tienen éstos en México de acuerdo con el conocimiento y tecnología disponibles en contraste con lo que se emplea a nivel mundial pudiendo así determinar posibles mejoras en las instalaciones y las mejores prácticas de operación de los sistemas.

Con base en lo anterior, se pretende enfatizar la importancia que tiene emplear y dar seguimiento a normas o códigos internacionales, tales como las expedidas por la *NFPA*, organismo que cuenta con una vasta experiencia. Sin embargo, este argumento no es indicativo de la omisión de la normatividad nacional, pero busca emplear como un complemento eficiente los códigos internacionales aplicables a fin de incrementar el grado de seguridad que ofrecen los Sistemas de Protección Contra Incendio bajo especificaciones nacionales.

OBJETIVO GENERAL.

Dar a conocer el proceso evolutivo que han tenido los equipos auxiliares como elemento imprescindible en los Sistemas de Protección Contra Incendio, evidenciando las mejoras en confiabilidad, eficiencia y seguridad de operación en los bienes inmuebles.

OBJETIVO PARTICULAR.

Analizar las opciones tecnológicas de los sistemas de bombeo auxiliares de protección contra incendio, las implicaciones que conlleva a nivel de confiabilidad, eficiencia y seguridad que éstos puedan ofrecer en algún siniestro comparándoles con sistemas de última generación.

CAPÍTULO 1. MARCO NORMATIVO.

La ingeniería se caracteriza por ser una disciplina que estipula una secuencia de pasos a ejecutar cuando se requiere llegar a la solución de un problema. De forma análoga, en un proceso (cualquiera que fuese éste) se sigue una metodología que es respaldada por una justificación técnica la cual asegura que de seguir los pasos acordados el riesgo al error queda minimizado. Pero cuando se necesita avalar y verificar dicha metodología se emplean organismos externos reconocidos que funjan como autoridades competentes, las cuales evalúan los procedimientos a seguir para el correcto funcionamiento que se ve involucrado en el proceso. Este tipo de organismos están conformados por un extenso grupo multidisciplinario de profesionales que aprueban el documento por consenso, el cual proveerá el conjunto de reglas aplicables a un procedimiento, producto y/o servicio para que éste a fin de que tenga un alto desempeño según el rubro de aplicación. Es pues, que al conjunto de profesionales se les referencia a sociedades ejecutoras y reguladoras que son capaces de crear y formalizar normas que tienen por bien regular los procedimientos de ejecución, evaluación y certificación de un proceso y/o producto.

Los marcos normativos analizados en esta investigación si bien en esencia hacen referencia a los Sistemas de Protección Contra Incendios, vinculan a éstos con equipos auxiliares de arranque como lo son los motores de combustión interna. Razón por la cual cada una de las normas y documentos expuestos solamente enfatizan en aquellos postulados que tengan injerencia en las medidas de prevención, así como en los equipos auxiliares de arranque como lo son los motores de combustión interna, en específico los motores Diesel.

1.1 MARCOS NORMATIVOS NACIONALES E INTERNACIONALES APLICABLES.

Una norma puede ser de finida como todo aquel documento que establece las especificaciones, características, atributos, objetivos y métodos a seguir en la evaluación de un espécimen, material, proceso, servicio y/o producto de una forma repetitiva, misma que pueda ser replicada advirtiendo homogeneidad en los resultados.

El uso de una norma permite asegurar que un procedimiento, producto y/o servicio tengan un grado de confiabilidad y calidad deseado con lo cual se posibilita la minimización de errores en la ejecución de un procedimiento o en la funcionalidad de un producto asegurando así un claro incremento en la productividad de los diferentes sectores normalizados. [3], [4], [5]

En territorio nacional contamos con marcos normativos oficiales (por sus siglas *NOM*) y regionales (por sus siglas *NMX*), así como las de referencia (*NRF*) donde la gran mayoría de estos documentos son expedidos por la Dirección General de Normas (*DGN*), la cual es una dependencia de la Subsecretaría de Competitividad y Normatividad de la Secretaría de Economía, algunas otras son expedidas por diferentes secretarías de estado de acuerdo con su marco de aplicación. Las normas oficiales mexicanas (*NOM*) son de carácter obligatorio en todo el territorio nacional y establecen los requerimientos mínimos de calidad en la prestación de servicios y/o productos que se ofrecen al consumidor. Adicionalmente a las normas establecidas, existen reglamentos avalados por entidades competentes en la materia afín, que sirviendo como complemento a los marcos normativos permiten fortalecer los mecanismos mediante los cuales es evaluado un procedimiento, producto y/o servicio. No obstante, que se cuenta con este tipo de mecanismos para asegurar que lo que se está ofreciendo o realizando se encuentra dentro de los parámetros mínimos de calidad que establece el órgano regulador, algunos marcos normativos carecen de una revisión y actualización continua advirtiendo un rezago respecto a estándares internacionales. En lo que se refiere a la procuración de la prevención y seguridad contra incendios si bien se cuenta con normas alusivas al tema, así como reglamentos de construcción, el alcance que se está teniendo con este tipo de marcos normativos no termina por cubrir todos los requerimientos necesarios para que se ofrezca la seguridad, confiabilidad y eficiencia de un sistema de protección contra incendios implicando que el costo no sólo monetario sino social que se paga después de un siniestro de esta índole sea elevado y perjudicial para una nación en desarrollo.[6]

Organismos como *AFNOR* (*Association Française de Normalisation*), *ASHRAE* (*American Society for Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*), *ASTM* (*American Society for Testing and Materials*), *DIN* (*Deutsches Institut für Normung*), *ISO* (*International Organization for Standardisation*), *NFPA* (*National Fire Protection Association*), sólo por mencionar algunos, se encargan de efectuar y dar a conocer las normas pertinentes en sus respectivas áreas. En materia de prevención y protección contra incendios existen organismos internacionales que han creado marcos normativos lo suficientemente robustos, siendo capaces de ser

contemplados como parte esencial en la ejecución de un proyecto de ingeniería, mismos que han sido la base para otras entidades tratando de homologar sus marcos normativos o tomando como base las ya existentes para crear las propias. La *NFPA* ha establecido procedimientos de revisión y mejora de sus códigos con la finalidad de incorporar la experiencia de sus agremiados en materia de seguridad contra incendio en muy diversas ramas de la construcción. Esto deriva en códigos robustos, con alcances muy específicos para el diseño e instalación de sistemas de protección contra incendio.

Este estudio toma como base de discusión la oferta normativa estadounidense comparada con su homóloga nacional y sus reglamentos aplicables en cuanto a sistemas de protección contra incendios se refiere y que brindará un punto de partida para conocer cuánto han evolucionado las normas aplicables al tema y por ende cuánto y cómo han evolucionado los Sistemas de Protección Contra Incendio y cómo es que hoy en día éstos son una parte esencial en la protección de un bien inmueble ya que brindan la seguridad y confiabilidad que todo usuario necesita.

Para tales efectos quedarán bajo discusión lo que presentan las siguientes publicaciones tanto nacionales como internacionales:

- NOM-002-STPS-2010 Condiciones de Seguridad-Prevención y Protección Contra Incendios en los Centros de Trabajo.
- Norma Técnica Complementaria para el Proyecto Arquitectónico.
- Reglamento de Construcción para el Distrito Federal.
- NFPA-20 Standard for the Installation and Use of Stationary Pumps for Fire Protection.
- NFPA-37 Standard for the Installation and Use of Stationary Combustion Engines and Gas-Turbines.

Estos cinco elementos serán expuestos a discusión para conocer los alcances que tienen cada uno de ellos y cómo es que influye la elección de un marco normativo respecto de otro en cuanto a nivel de seguridad, confiabilidad y fiabilidad de un sistema de esta índole.

1.2 DISCUSIÓN SOBRE LOS ALCANCES PARTICULARES DE LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS (*NOM*) Y LAS NORMAS AMERICANAS *NFPA*, Y LA IMPLICACIÓN DEL USO DE UNO U OTRO MARCO NORMATIVO.

Se dice que el desarrollo de una nación puede ser medido por la calidad que tiene sus marcos normativos ya que éstos determinan las condiciones básicas que permitan mejorar y mantener la calidad de vida lo que conlleva establecer los requerimientos necesarios para lograr su máximo desarrollo. Adicionalmente, las normas son empleadas para el avance y posicionamiento de una nación como un referente a nivel global¹. Es así que comparar diferentes marcos normativos

¹ Redacción de idea propia sobre el desarrollo de una nación y sus marcos normativos bajo la consulta del artículo electrónico publicado por FORBES, ¿Qué determina el progreso de un país? 18 de Junio del 2013
<https://www.forbes.com.mx/que-determina-el-progreso-de-un-pais/>

existentes a nivel nacional con respecto a homólogos internacionales, permite establecer parámetros de similitud así como puntos a fortalecer, ya que las normas internacionales gracias a su respaldo en bancos estadísticos les confieren cierta robustez y experiencia en cómo prevenir ciertas eventualidades mediante medidas cautelares, promoviendo así una cultura de la prevención y seguridad. Situación que bien puede ser adoptada por naciones en desarrollo ya que esto permitirá un crecimiento institucional permitiendo su proyección a nivel global.

1.2.1 RELATIVO A LA NORMA TÉCNICA COMPLEMENTARIA PARA EL PROYECTO ARQUITECTÓNICO.

Proporcionando datos técnicos y referencias concisas y bajo el respaldo de un compendio de normas oficiales, la *Norma Técnica Complementaria para el Proyecto Arquitectónico* en su *sección segunda, capítulo 4* titulado *comunicación, evacuación y prevención de emergencias*, en donde en dicho apartado se realiza una compilación de aquellas normas oficiales referentes a la prevención y seguridad contra incendio, permitiendo contar con la información técnica necesaria para abordar de una forma eficiente y concisa un proyecto arquitectónico.

Desde los indicadores que determinan el grado de riesgo que presenta un inmueble, pasando por las características que deben poseer los materiales para proveer un retardo al fuego; la configuración que deben tener las construcciones para evitar la propagación del siniestro y a su vez su contención; los diferentes dispositivos y sistemas para la prevención y combate de incendios como: extintores, sistemas de detección, sistemas de combate así como las características particulares de cada uno de estos elementos. Son rubros que este documento detalla a razón de proporcionar la mayor cantidad de elementos que proporcionen el suficiente sustento para que un inmueble cuente con los requerimientos mínimos para ofrecer seguridad a los usuarios.

En síntesis este documento en su conjunto es una herramienta que si bien está basada en marcos normativos oficiales, debido a propósitos de accesibilidad puede centrarse en aspectos técnicos que son relevantes en la ejecución de un proyecto arquitectónico. [8]

1.2.2 RELATIVO AL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN PARA EL DISTRITO FEDERAL.

Este documento proporciona una serie de lineamientos que deben ser ejecutados previo, durante y después de la realización de un proyecto arquitectónico, teniendo por objetivo entregar un inmueble que esté dentro de los lineamientos que estipulen los diferentes marcos normativos aplicables. Es así que este reglamento es un complemento de las normas y no un sustituto de ellas.

El *Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal* en su *capítulo IV* titulado *de la comunicación, evacuación y prevención de emergencias*, en su *sección segunda* titulada *de las prevenciones contra incendio*, destina cinco artículos que

van desde la mención de que durante la ejecución de la obra negra se deberá contar en todo momento y de manera accesible y visible para todo el personal involucrado en la misma equipos de mitigación de incendios, y que una vez terminada la misma, el inmueble y las instalaciones contra incendio quedarán sujetas a los lineamientos que estipulen las normas aplicables, además de cumplir con las revisiones periódicas de ejecución y revisión del sistema contra incendios para evaluar su funcionamiento.

Por otra parte este documento en su conformación hace mención sobre la protección contra incendios en diferentes secciones como lo son: en la *sección tercera* del reglamento titulada *de los dispositivos de seguridad y protección* en su *artículo 166* el cual referencia todo aquel establecimiento destinado al depósito o venta de material explosivo, deberá quedar sujeto a lo que estipulen las normas correspondientes aplicables y la *Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos*. En su *título séptimo* titulado *de la construcción*, en su *capítulo segundo* titulado *de la seguridad e higiene en las obras* en su *artículo 196* se hace mención que durante las diferentes etapas de construcción se deberán contar con las medidas de seguridad idóneas en la prevención de incendios.

Si bien este documento proporciona información referente a la prevención y protección contra incendios, ésta suele carecer de una dirección concisa debido a que refiere la sugerencia de la consulta de documentación aplicable en la mayoría de las ocasiones, provocando que la información en cuestión sea limitada en el reglamento. [9]

1.2.3 COMPARACIÓN ENTRE LOS MARCOS NORMATIVOS NACIONALES E INTERNACIONALES.

El siguiente apartado tiene por bien resaltar aquellos puntos relevantes de los marcos normativos tanto nacionales como internacionales que tiene aplicación en los Sistemas de Protección Contra Incendio y en específico a todos aquellos que hagan referencia a los sistemas de arranque auxiliares, como lo son los motores Diesel.

Tabla 1.1 Extracto de artículos tomados de normas nacionales y estadounidenses, referenciados a Sistemas de Protección Contra Incendio, así como sistemas auxiliares de arranque (motores Diesel).

NOM-002-STPS-2010 Condiciones de Seguridad-Prevención y Protección Contra Incendios en los Centros de Trabajo.		
Tema de evaluación de la norma	Objeto sobre el cual aplica la regulación	Observaciones
Obligaciones de patrón.	Todo aquel recinto de trabajo donde se efectúe una actividad que involucre la prevención contra incendios.	Queda por obligado e patrón instalar de forma visible dentro del lugar de trabajo un plano o planos donde se señalen las zonas de riesgo. Asimismo, se obliga a contar con un programa de contingencias mediante brigadas debidamente capacitadas. Queda por asentado que la infraestructura deberá contar con detección y combate contra incendios. Se queda sujeto a establecer simulacros, según el grado de riesgo del incendio, contemplando un simulacro al año como mínimo en recintos catalogados de grado ordinario y dos simulacros al año cuando del grado sea alto.
Obligaciones de los trabajadores.	Todo aquel recinto de trabajo donde se efectúe una actividad que involucre la prevención contra incendios.	Los trabajadores deberán seguir los controles de seguridad indicados por el patrón en caso de una contingencia. Asimismo, el personal apto deberá contar con capacitación en materia de protección civil, así como formar parte de las brigadas contra incendio. También se hace de conocimiento que los trabajadores deberán cumplir con los programas de simulacro.
Prevención y protección contra incendios en sitios de trabajo.	Todo aquel extintor dispuesto dentro del lugar de trabajo. También se estipula a toda aquella instalación de gas LP o natural así eléctrica. Así como todos aquellos	Todos los extintores deberán cumplir satisfactoriamente las revisiones mensuales que avalen su correcto desempeño, asimismo se deberá cumplir con las distancias mínimas requeridas para la ubicación de los extintores, según el grado de riesgo.

	almacenes de materiales y residuos peligrosos, inflamables y/o explosivos.	Las instalaciones de carácter especial deberán ser inspeccionadas anualmente verificando su correcto desempeño. Queda estrictamente prohibido la introducción de objetos incandescentes, dispositivos de radiocomunicación, aparatos que generen chispa o cualquier otro que así estipule la norma vigente en uso en recintos que almacenen materiales inflamables.
Plan de acción de emergencia contra incendio.	Todo aquel centro de trabajo.	Se estipularán los procedimientos de identificación de zonas de riesgo, así como las instrucciones involucradas en la identificación y operación de equipo de combate contra incendio. Adicionalmente, quedarán conformadas las brigadas, acciones de emergencia y planes de ayuda mutua con otros centros de trabajo.
Brigadas contra incendio.	Todo aquel centro de trabajo.	Éstas quedarán conformadas por trabajadores que cuenten con las capacidades físicas y mentales, así como la disposición de ejecutar dicha acción. Es obligación del patrón proporcionar la capacitación idónea al personal de brigada para la correcta ejecución de los planes de contingencia.
Simulacros contra incendio.	Todo aquel centro de trabajo.	Todo simulacro deberá ser registrado en una bitácora para mantener un registro histórico y donde la cual contendrá datos relevantes como: lugar, fecha, tipos de escenarios, criterios a evaluar, personal involucrado, etc.
Capacitación.	Todo aquel centro de trabajo.	Las brigadas deberán recibir capacitación teórico-práctica en el uso de herramientas y sistemas de combate contra incendio. Adicionalmente, el personal recibirá capacitación especial para

		afrontar eventualidades en áreas que involucren instalaciones eléctricas, de gas LP o natural, así como sitios donde se almacenen materiales y residuos peligrosos.
NFPA-20 Standard for the Installation and Use of Stationary Pumps for Fire Protection.		
Tema de evaluación de la norma.	Objeto sobre el cual aplica la regulación.	Observaciones.
Validación de la autoridad competente.	Motores eléctricos, motores Diesel, turbinas de gas o cualquier otro motor aplicable.	La autoridad competente según la definición de la NFPA es aquella organización, institución o persona autorizada para validar los SSCI en la localidad donde estén ubicados.
Prevención de riesgos en los SSCI.	Todo aquel elemento que forme parte de los SSCI.	Para asegurar y minimizar el riesgo de que el SSCI deje de operar, éste deberá estar protegido contra percances del tipo: explosiones, incendios, inundaciones, fauna nociva, entre otros.
Protección del cuarto de máquinas contra incendio y su planificación.	Muros, pisos y techos del cuarto de máquinas.	El cuarto de máquinas deberá contar con un recubrimiento que permita retardar el fuego con una duración de al menos dos horas. También se puede contar con sistemas de aspersion. Adicionalmente, la ubicación y acceso del cuarto de máquinas deberá estar planificado y en conformidad con el departamento de bomberos local.
Protección del cuarto de máquinas contra sismo y su planificación.	Cimientos donde reposa el equipo como: bomba, motor eléctrico y Diesel, controladores y tanques de combustible.	Los diseños que contemplen zonas altamente sísmicas deberán ofrecer cimientos con material que posea la resistencia suficiente para soportar las fuerzas laterales iguales a la mitad del peso del equipamiento.
Equipo auxiliar de arranque.	Motores de combustión interna a gasolina.	Bajo ninguna circunstancia se deberán emplear motores de combustión interna a gasolina como sistemas auxiliares de arranque debido a la peligrosidad

		de combustible y por la presencia de chispa.
Potencia mínima en equipos auxiliares de arranque.	Motor Diesel acoplado a bomba contra incendio.	Por ningún motivo la potencia entregada por el motor no deberá estar por debajo del 10% de lo que indique la placa informativa del fabricante.
Potencia mínima otorgada sujeta a cambios por ubicación del equipo.	Motor Diesel acoplado a bomba contra incendio.	Deberán efectuarse correcciones en la potencia entregada por cambios de altitud y temperatura, de tal manera que se tenga un correcto desempeño del motor en el recinto donde esté ubicado.
Protecciones contra exceso de velocidad.	Motor Diesel acoplado a bombas contra incendio.	Será obligatorio que el motor cuente con un dispositivo capaz de suspender el funcionamiento del motor por exceso de velocidad. Adicionalmente, se deberá contar con un controlador que disminuya la velocidad nominal en un 20% para luego suspender su operación y donde su reconfiguración tenga que efectuarse de forma manual.
Protecciones contra variaciones de presión de aceite y temperatura.	Motor Diesel acoplado a bombas contra incendio.	Los motores deberán estar dotados con instrumentación que permita el monitoreo de la presión del aceite y la temperatura del refrigerante.
Sistema alternativo de arranque del motor.	Encendido (marcha) del motor Diesel.	Los motores deberán contar con un sistema de marcha doble con cableado independiente para su correcta operación en caso de falla en el sistema primario. El control automático del motor deberá ser capaz de enviar una señal de alerta cuando se presenten anomalías en el sistema primario.
Velocidad nominal del motor.	Sistemas de arranque del motor.	Los motores deberán contar con sistemas de arranque confiable que permitan que el motor alcance su velocidad nominal en los primeros 20 segundos.
Suministro de energía eléctrica.	Bancos de baterías.	Los motores deberán contar con dos unidades de bancos de

		baterías de almacenamiento para el arranque del motor.
Enfriamiento del motor.	Sistemas de enfriamiento.	El motor deberá incluir un intercambiador de calor que incluya una bomba impulsada por el motor, un dispositivo de regulación de temperatura de la camisa del motor y un ventilador impulsado por el motor.
Métodos de enfriamiento del motor.	Sistemas de enfriamiento por agua en ciclo abierto.	El sistema de refrigeración deberá contar con una línea de desagüe que permita el desalojo de agua que provenga del interior del intercambiador de calor. Asimismo, la línea deberá ser lo más corta posible, dirigida a un cono visible y no deberá tener válvulas.
Drenado de agua acumulada.	Cuarto de máquinas.	El piso del cuarto de máquinas deberá contar con un declive de tal manera que se permita el correcto drenado del agua que pudiese acumularse.
Correcto desempeño del motor a razón de circulación de aire.	Ventilación del cuarto de máquinas.	El cuarto de máquinas deberá contar con una correcta ventilación a razón de: <ul style="list-style-type: none"> a) Controlar la máxima temperatura del aire de admisión en el motor en marcha 49 °C (120 °F). b) Proveer aire fresco para la combustión del motor. c) Eliminación de vapores peligrosos. d) Suministro y desalojo de aire necesario para la refrigeración del motor.
Uso del agua para el enfriamiento del motor.	Sistemas de enfriamiento del motor.	Los motores que sean enfriados por agua, deberán desalojar la misma evitando su recirculación del circuito.
Validación de la autoridad competente.	Líneas de combustible.	Queda de conformidad que previo a la instalación de cualquier línea de combustible, la autoridad competente, deberá dar el visto bueno y satisfactorio para el diseño de las líneas.

Protección a líneas de combustible.	Líneas de combustible.	Las líneas de combustible expuestas deberán ser protegidas o se utilizarán tuberías de doble pared.
Capacidad de los tanques de combustible.	Tanques de combustible.	Los tanques de combustible deberán tener una capacidad de 5.07 L por cada kW de potencia (1 galón por cada hp). Así como expansión de un 5% de volumen y otro 5% adicional de volumen debido al sumidero.
Ubicación de los tanques de combustible.	Tanques de combustible.	Los tanques de combustible que no se encuentren en el exterior deberán estar avalados por la autoridad competente y no deberán estar enterrados.
Condiciones climáticas sobre los tanques de combustible.	Tanques de combustible.	Para el caso donde se alcancen temperaturas de congelación 0 °C (32 °F), los tanques deberán ser ubicados en el cuarto de máquinas.
Suministro de combustible al motor auxiliar.	Conexiones y líneas de combustible del motor Diesel.	Se emplearán mangueras flexibles reforzadas e ignífugas roscadas para las conexiones del motor.
Material no indicado en las líneas de combustible del motor Diesel.	Líneas de combustible del motor Diesel.	Por ningún motivo las líneas de combustible del motor deberán de ser de acero o cobre galvanizado.
Tipos y usos de combustible.	Combustibles.	El fabricante indicará el grado y tipo de combustible y su uso.
Suministro de combustible al motor.	Válvulas solenoides.	Si existen válvulas de corte en el sistema de inyección de combustible deberán poder operar de forma manual mecánica.
Desalojo de gases producto de la combustión.	Escapes de motores Diesel acoplados a bomba contra incendio.	Queda por enterado que cada motor en uso deberá contar con su escape independiente.
Pruebas de operación a motores.	Motor Diesel acoplado a bomba contra incendio.	Se estipula que los motores de verán ser puestos en marcha el menos una vez a la semana y que el periodo mínimo de operación será de 30 minutos.
Mantenimiento preventivo.	Motor Diesel acoplado a bomba contra incendio.	Los motores deberán recibir un correcto mantenimiento preventivo a razón de garantizar su correcto

		funcionamiento.
Mantenimiento de los bancos de baterías.	Bancos de baterías.	Los bancos de baterías deberán mantener la carga en todo momento. También deben ponerse en prueba de forma frecuente. Por otra parte, sólo se deberá emplear agua destilada en las celdas de las baterías, asimismo, se deberá que las placas queden completamente sumergidas. Se estipula que se deberán realizar inspecciones periódicas tanto al banco de baterías como al cargador.
Nivel mínimo de combustible en tanques.	Tanque de combustible.	Los tanques de combustibles deberán permanecer lo más llenos posibles, pero nunca por debajo del 65% de su capacidad.
Ventilación del cuarto de máquinas.	Cuarto de máquinas.	El cuarto de máquinas deberá asegurar poseer la temperatura mínima recomendada por el fabricante del motor Diesel para su correcto funcionamiento.
Verificación de procedimientos de funcionamiento.	Motor Diesel acoplado a bomba contra incendio.	Se deberá realizar una secuencia paso a paso para detallar la operación del motor Diesel.
Ubicación de los equipos contra incendio.	Control automático.	El control automático del motor Diesel deberá estar lo más cercano a éste.
Protección contra daños.	Control automático.	La ubicación del control automático deberá ser revisada a razón de evitar que éste sufra daños por salpicaduras. Por otra parte, la altura máxima del controlador respecto al piso será de 305 mm (12 in).
Protecciones en tanques de combustible.	Todo aquel tanque de combustible que sea abastecido por bomba.	Tanques bajo estas características deberán contar con: <ul style="list-style-type: none"> a) Límite de sobrellenado. b) Alarma por alto nivel de combustible. c) Corte automático del suministro del combustible debido a alarma de alto nivel.
Protecciones en el	Válvulas de control de	Deberá haber una válvula de

suministro de combustibles.	suministro de combustible.	control de suministro de combustible para cuando el motor esté operando normalmente o cuando no esté funcionando.
Desalojo de gases producto de la combustión (materiales y diseño de escapes del motor Diesel).	Escapes del motor.	Los escapes del motor serán diseñados y manufacturados de tal manera que sean capaces de soportar las temperaturas de los gases de escape.
Acumulación de líquido debido al proceso de combustión.	Escapes del motor.	En los puntos más bajos de los escapes se deberán contar con desagües para evitar la acumulación de agua.
Desalojo de gases producto de la combustión.	Escapes del motor.	Los escapes que descarguen con presión positiva no deberán descargar los gases producto de la combustión en sitios donde existan corrientes de aire natural para instalaciones.
Protecciones del motor.	Motor Diesel con potencia de 7.5 kW (10 hp) o mayores.	Este tipo de motores deberán contar con las siguientes protecciones: <ul style="list-style-type: none"> a) Sensores de alta temperatura en la camisa del cilindro. b) Sensores de baja presión de aceite o bajo nivel. c) Apagado de motor de forma remota. d) Suspensión del motor por exceso de velocidad. e) Apagado automático por alta temperatura del aceite lubricante. f) Cierre de forma remota de las bombas de aceite que no sean impulsadas por el motor.
Ubicación de los motores de combustión interna.	Motor Diesel acoplado a bomba contra incendio.	Queda por enterado que los motores Diesel que se encuentran ubicados en áreas peligrosas deberán tener la capacidad de ser apagados mediante el corte del suministro de combustible así como el aire de admisión.

Manuales de operación y mantenimiento del motor Diesel.	Motor Diesel acoplado a bomba contra incendio.	El manual de operaciones suministrado deberá contar con: a) Explicación a detalle del motor. b) Mantenimiento de rutina. c) Reparación del motor. d) Listado y numeración de piezas. e) Diagramas eléctricos y gráficos de todo el sistema.
Procedimientos de paro de emergencia.	Motor Diesel acoplado a bomba contra incendio.	Deberán quedar debidamente estipulado los procedimientos de paro de emergencia del motor Diesel.
Manuales de procedimientos de emergencia.	Motor Diesel acoplado a bomba contra incendio.	Los manuales de procedimientos de emergencia deberán ser ubicados en una zona visible y de fácil acceso por el personal que opera y brinda mantenimiento al motor.
Capacitación en procedimientos de emergencia.	Motor Diesel acoplado a bomba contra incendio y personal responsable.	Todo personal responsable de la operación y mantenimiento del motor deberá recibir capacitación en dichas áreas, así como en procedimientos de paro de emergencia.
Capacitación en medidas preventivas en cuarto de máquinas.	Motor Diesel acoplado a bomba contra incendio.	Toda persona responsable de la operación y mantenimiento del motor Diesel, deberá recibir capacitación en la operación de extintores.
Suministro de combustible en zona de alarma de incendio.	Válvulas de corte de combustible de emergencia.	Las válvulas de corte de combustible podrán permanecer abiertas aún dentro de áreas de la alarma contra incendio a razón de seguir suministrando combustible.
Suministro y desalojo de aire en zonas de alarma contra incendio.	Sistemas de suministro y desalojo de aire.	Los sistemas de ventilación acoplados a motores Diesel que sean usados en equipos auxiliares de emergencia, se les permitirá seguir en operación.
NFPA-37 Standard for the Installation and Use of Stationary Combustion Engines and Gas-Turbines.		
Tema de evaluación de la norma.	Objeto sobre el cual aplica la regulación.	Observaciones.

Campo de aplicación.	Motor Diesel y turbinas de gas.	Esta norma aplica para todos aquellas máquinas móviles que permanezcan en una misma locación por un periodo mayor de una semana.
Sistemas de suministro y desalojo de aire.	Motor Diesel y turbinas de gas instaladas en un recinto.	El diseño de suministro y desalojo de aire, deberá cumplir con los requisitos mínimos tanto de operatividad como seguridad.
Almacenamiento de materiales inflamables y combustibles.	Cuarto de máquinas o todo aquel recinto que sea potencialmente propenso a incendiarse.	Queda estrictamente prohibido almacenar materiales inflamables en el interior del cuarto de máquinas. Aquellos materiales propios para la operación del motor o turbina, deberán ser almacenados correctamente.
Materiales resistentes al fuego.	Filtro de aire para motor Diesel acoplado a bomba contra incendio.	Los filtros deberán estar manufacturados con materiales ignífugos.
Protección al cuarto de máquinas y su protección.	Muros, pisos, y techo. Así como ventilación de éste.	El cuarto de máquinas deberá contar con un recubrimiento para retardar el fuego con una duración de al menos 2 horas. El recubrimiento en techos puede ser omitido siempre y cuando se empleen sistemas de rociadores. El cuarto de máquinas deberá contar con una correcta ventilación a razón de evitar la acumulación de gases y vapores inflamables, tanto para cuando el motor esté en operación o no.
Diseño de accesos del cuarto de máquinas.	Puertas de comunicación.	Toda aquella puerta que comunique al cuarto de máquinas con otro recinto, deberá ser diseñada bajo cierre automático.
Sistemas auxiliares de arranque confinados en techos.	Motor Diesel y su estructura de protección.	Los motores ubicados fuera de un cuarto de máquinas deberán contar con una estructura resistente a la intemperie. La ubicación del motor deberá ser al menos de 1.5 m (5 ft) de distancia respecto a puertas y muros ignífugos.
Protección de los	Material de	Los motores deberán estar

sistemas auxiliares de arranque.	cimentación.	cimentados en materiales que no sean inflamables.
Sistema eléctrico del motor.	Cableado propio del motor Diesel acoplado a bomba contra incendio.	El cableado deberá cumplir con las siguientes condiciones: a) Deberá mantenerse flexible a temperaturas típicas de operación. b) Absorción mínima de aceite, combustibles u otros fluidos. c) El cable debe ser de uso rudo y continuo en el máximo rango de temperatura de operación del motor.
Protecciones el sistema eléctrico del motor.	Cableado propio del motor Diesel acoplado a bomba contra incendio.	El cableado deberá estar protegido por fusibles de acuerdo al amperaje.
Protección del sistema eléctrico del motor.	Cableado propio del motor Diesel acoplado a bomba contra incendio, bancos de baterías y cualquier otro dispositivo eléctrico.	El sistema eléctrico en conjunto deberá estar protegido contra arcos eléctricos y cortos circuitos.
Capacidad máxima de tanques de combustible.	Tanques montados en el motor Diesel.	La capacidad máxima de los tanques montados en los motores será de 95 L (25 gal). Asimismo, un solo tanque será el que suministrará a un solo motor.
Seguridad en los tanques de combustible.	Tanques de combustible que se encuentren dentro de estructuras. Y materiales de cimentación.	Todo aquel tanque de combustible montado en una estructura independiente del motor, deberá estar cimentado en estructuras no combustibles.
Máxima capacidad de tanques de combustible no acoplados directamente en motores.	Tanques de combustible instalados dentro de cuartos de máquinas.	Los tanques instalados en el interior del cuarto de máquinas, no deberán exceder los 2500 L (660 gal). Todo tanque de mayor capacidad deberá estar encerrados y sólo un tanque suministrará combustible a un solo motor.
Ventilación de los tanques de	Tanques de combustible.	Se deberá asegurar que la ventilación que tengan los tanques

combustible y sus alrededores.		de combustible permita que la acumulación de vapores quede por debajo del 25% del límite inferior del combustible en uso.
Protección del recinto donde se aloja el tanque de combustible.	Muros, piso, puertas y techo.	El recinto donde se encuentren los tanques de combustible deberá contar con recubrimientos que resistan el fuego al menos 3 horas. Las puertas deberán contar con sistema de cierre automático.
Condiciones de trabajo.	Control automático.	Todo controlador automático deberá tener la capacidad de operar bajo condiciones de humedad moderada.
Condiciones de trabajo.	Control automático.	El funcionamiento del controlador automático no deberá verse comprometido por condiciones normales de polvo.
Manuales de instrucciones.	Controlador automático.	El controlador automático deberá contar con un manual de instrucciones y donde éste deberá estar en un área visible.
Advertencias visibles en tableros de control.	Controlador automático.	El controlador automático deberá contar con indicadores visibles que indiquen que se está realizando una operación en modo automático.
Advertencias visibles y sonoras en tableros de control.	Controlador automático.	Todo control automático deberá contar con indicadores visibles, además de contar con una alarma incendio audible capaz de ser percibida aún con el motor en marcha, la cual estará encendida bajo las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> a) Baja presión de aceite. b) Elevada temperatura del refrigerante. c) Falla del motor por arranque automático. d) Apagado por exceso de velocidad.

Como se ha podido apreciar en este primer capítulo se ha logrado establecer la relación que tiene la normativa nacional con la estadounidense así como el nivel de alcance que tiene cada una de ellas. También ha sido posible identificar que en particular la normativa Mexicana carece de regulación específica sobre los

sistemas de arranque auxiliares que debiesen ser empleados en un Sistema de Protección Contra Incendio. En contraparte, la normativa estadounidense enfatiza y detalla los requerimientos específicos que se deben tener para que un motor de combustión interna tenga la capacidad de fungir como un sistema de arranque auxiliar y a su vez las especificaciones entorno a las instalaciones que éstos conllevan. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que existen normas de referencia de diferentes dependencias y que en conjunto con los reglamentos locales de cada estado, la normativa mexicana se ve fortalecida logrando que los Sistemas de Protección Contra Incendio muestren un mayor nivel de seguridad. Así pues, queda como reflexión tomar en cuenta marcos normativos internacionales y nacionales en la ejecución de un proyecto arquitectónico en cuanto a seguridad se refiere ya que de esta manera se estará asegurando que el proyecto esté dentro de los parámetros de seguridad que se requieren para su uso.

Esta investigación realiza un énfasis en los motores Diesel de los sistemas de bombeo para protección contra incendio. Donde lo que se quiere demostrar es la importancia de la evolución que tiene los marcos normativos y el cómo esta evolución involucra cambios en sistemas indispensables en la protección contra incendios, permitiendo también su evolución. La constante revisión y discusión de los marcos normativos ha permitido que se puedan implementar notorias mejoras tecnológicas en los sistemas de arranque auxiliar Diesel haciéndolos hoy en día cada vez a prueba de fallas, promoviendo ante todo la seguridad de operación.

CAPÍTULO 2. EVOLUCIÓN HISTÓRICA.

El contar con anales referidos a siniestros permite mantener un registro que va más allá del sólo uso histórico, sino que además permiten contar con una base de datos que ofrecen reseñas relevantes de las acciones o eventos que conllevaron que el siniestro tuviese cierto impacto. Mantener un registro histórico de una serie de sucesos catastróficos brinda la oportunidad de mejorar en la cultura de la prevención ya que en ellos se encuentra muchas respuestas a cómo es la manera correcta que se debe actuar para evitar o en su caso minimizar dicha eventualidad.

2.1 EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO.

La protección contra incendios es primordial en la prevención de daños a los inmuebles, aquello que lo ocupa (muebles, equipos e instalaciones) y lo más importante, salvaguardar la integridad de cualquier ser vivo en su interior y áreas circundantes inmediatas. Hoy en día no se concibe un inmueble sin un Sistema de Protección Contra Incendio, debido al impacto económico que representa ya que los daños ocasionados por un incendio resultan cuantiosos, tomando en cuenta

que no sólo implica la completa remodelación donde ocurrió el percance, sino que conlleva el riesgo de lesiones o incapacidad para los ocupantes.

La gestión de un sistema de protección y su implementación en las edificaciones e instalaciones permite prevenir, mitigar, combatir y/o extinguir incendios. Con estos objetivos en mente y habiendo conocido las propiedades mitigantes del agua, se despertó la creatividad de inventores que tuvieron por bien crear las primeras máquinas de bombeo que permitieron hacer frente a incendios originados en épocas antiguas.

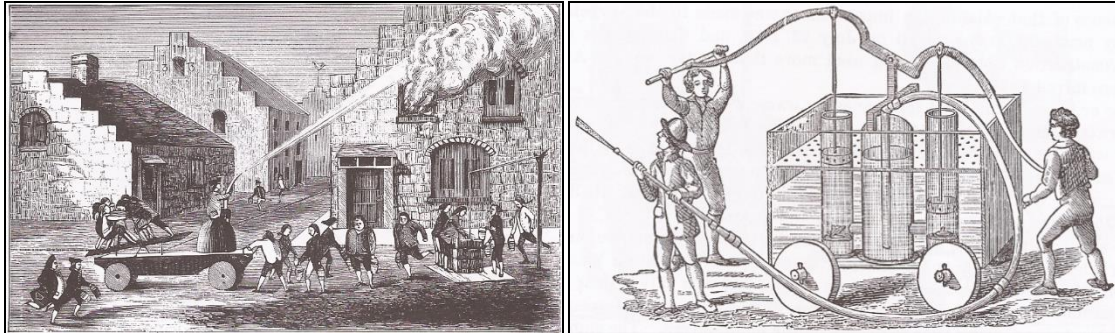


Figura 2.1 A la izquierda se aprecia un grabado que data del año 1733 donde se muestra los primeros sistemas de mitigación contra incendios. En la imagen de la derecha se muestra el principio de funcionamiento de un sistema de bombeo empleado en los primeros diseños para el combate contra incendios, grabado de 1763 que muestra a bomberos de Londres combatiendo un incendio. [12]

Los primeros dispositivos manufacturados por el hombre para el combate contra incendio fueron sistemas de bombeo de accionamiento manual que aunque cumplían su objetivo, pronto fue evidente que problemas como la cantidad de masa de agua a bombear iba relacionada con la fuerza humana empleada, por tanto se tuvieron que idear sistemas de bombeo cada vez más modernos y redes de abastecimiento de agua específicamente contra incendio para así proveer un sistema robusto de protección. [12]



Figura 2.2 Auto tanque bomba contra incendios. Unidad de perteneciente al cuerpo de bomberos en Santiago de Chile. Este país latinoamericano cuenta con uno de los sistemas motrices más modernos de América Latina.

Al hablar de protección contra incendio resulta inherente el estudio y conocimiento del fuego, efecto inicial de los incendios y causa de los daños en los inmuebles. Para muchas culturas ancestrales, éste fue considerado como un elemento referenciado a la divinidad debido a su capacidad destructora al arrasar todo aquello que esté a su paso, pero también se le idolatraba por la protección y seguridad que ofrece, gracias a la emisión de calor y luz. A veces, se le relacionaba con el astro Sol y se le ofrendaba en solicitud de abundancia y fertilidad.

En la evolución del ser humano, ha sido un elemento de vital importancia desde quizá sus primeras interacciones naturales con el hombre primitivo en forma de brasas que llegaba a incendiar pastizales secos debido a erupciones volcánicas, o incluso con aquella imagen bien conocida de la caída estrepitosa de un relámpago sobre un árbol quedando envuelto en llamas, ya que gracias a estos eventos el hombre fue capaz de utilizarle para su beneficio como una herramienta primordial.

El fuego permitió en gran medida que el sedentarismo se estableciera ya que al descubrir cómo generar fuego, el humano primitivo pudo controlarlo para usarlo en su beneficio como herramienta invaluable, ya que con él adquirió protección ante los depredadores, asimismo, aprendió que con la ayuda del fuego podía cocinar alimentos permitiendo ampliar sus posibilidades en cuanto a cantidad y calidad. Es sin duda que este elemento dio paso a la adquisición de ciertos colorantes minerales y fue un incentivador en el arribo de la era de los metales, promoviendo un gran salto en la evolución del ser humano. [13]

Por sus efectos físicos bajo control, el fuego ha formado parte de la revolución industrial al tomar parte activa de máquinas de combustión interna y en la fabricación de acero, y actualmente se utiliza en un sinnúmero de aplicaciones, desde los quemadores en nuestras casas hasta en procesos industriales, es así como este elemento forma parte de la vida cotidiana actual. Desde el punto de vista científico se conoce que el fuego es una reacción química de oxidación, que sigue siendo objeto de respeto por su potencial destructivo pero principalmente por su aporte energético en los procesos productivos químicos e industriales. Si bien el fuego ha formado parte en el devenir de la humanidad, también éste ha sido la causa de importantes cantidades de decesos asociados a siniestros. Hechos de esta índole y de gran magnitud histórica han sido registrados pero no sólo con el fin de cumplir con un asiento histórico, sino para servir como acervo documental y estadístico el cual tiene por bien justificar las posibles causas que llevaron a la catástrofe y así poder evolucionar en cuestión de seguridad evitando en la medida de lo posible sucesos futuros.

Es así que para poder establecer una relación evolutiva de los Sistemas de Protección Contra Incendio primeramente es necesario conocer la evolución de los incendios, entendiendo desde la razón que dio origen a éstos, los recursos con los que se contaba para su control y combate, y cuáles fueron los posibles errores que conllevaron a que se produjera el siniestro.

La tabla 2.1 muestra una breve semblanza de algunos de los siniestros más significativos ocurridos a través del tiempo y los cuales han brindado las bases fundamentales para promover una mejor eficiencia en respuesta de acción en este tipo de sistemas. [14]-[45]

Tabla 2.1 Breve reseña histórica de los incendios más significativos alrededor del mundo y aquellos de notable importancia en territorio nacional.

Localización	Características del incendio
Troya, Turquía 2200 a.C.	Troya I (2920-2450 a.C.), fue la primera parte de diez etapas de crecimiento de esta antigua civilización. Estaba erigida por fortificadas murallas de piedra que alcanzaban los 2.50 m. de grosor con una altura de 3.50 m. siendo estas las puertas de entrada a la ciudad. Esta ciudad alojó a una cultura neolítica denominada Kum Tepe. Troya I, fue destruida por un gran incendio en el año 2200 a.C. fomentando la huida de los habitantes y dando origen a la nueva erigida Troya II.
Templo de Jerusalén, 586 a.C.	Durante el siglo VII a.C. Jerusalén se encontraba amenazada por tres grandes potencias: el Imperio Asirio, el imperio Egipcio y el Imperio Babilónico. El Imperio Babilónico liderado por Nubucodonosor invadió Jerusalén en 597 a.C. Diez años después Nubucodonosor regresó, donde destruyó el primer templo de Jerusalén erigido a mediados del siglo X a.C. por el rey Salomón. Durante la invasión y saqueo la ciudad fue incendiada quedando reducida a cenizas. Años después el templo fue reconstruido nuevamente, aunque volvió a caer a manos de los Romanos en el Siglo I d.C.
Biblioteca de Alejandría, Egipto 47 a.C.	Este hecho se da cuando el general Julio César acude a la ciudad de Alejandría, Egipto como muestra de apoyo a Cleopatra. No obstante, durante su arribo fue sitiado por tropas egipcias en el palacio fortificado por los Ptolomeos en el barrio de Bruquión donde se situaba la biblioteca. Durante la defensa impuesta por el romano se produjo un incendio que se extendió por una extensión del palacio, alcanzando la biblioteca. Se estima que se quemaron alrededor de 40,000 rollos, mismos que César pretendía transportar a Roma.
Roma, Italia 64 d.C.	Una noche del mes de Julio del año 64 d.C. en el área del Circo Máximo, en Roma se originó un incendio el cual se extendió rápidamente gracias a la acción del viento, devastando durante 6 días la localidad. El monte Esquilino sirvió como cortafuegos, sin embargo, un segundo incendio se desató en las cercanías del barrio del Emiliano. El incendio destruyó la ciudad, en tanto que hubo una nube densa de sospechas que recaían sobre el emperador Nerón, quien en plena defensa sembró culpabilidad plena en los cristianos. Historiadores culpan al propio emperador de este desastre, que mientras sostenía su lira en manos, cantaba lleno de éxtasis

	debido el enervante poder devorador de las llamas.
Londres, Inglaterra, 1212	Conocido como el “Gran Incendio de Southwark”, cobró la vida de al menos 3,000 personas. El siniestro se originó al sur de Támesis en la iglesia St. Mary Overie que con prontitud se extendió hasta alcanzar el London Bridge, el cual albergaba construcciones de madera y paja, catalizadores que permitieron que el fuego tomara dimensiones considerables.
Londres, Inglaterra, 1666	“El Gran Incendio de Londres”, destruyó un área de 2 kilómetros a lo largo del Támesis, arrasando a su paso con 13,000 casas, y dejando sin hogar aproximadamente 80,000 personas. Se desconoce la cifra de muertos debido a que no se contabilizaron aquellos de la clase baja y lo que habitaban en las calles. El siniestro se inició en una panadería ubicada en la calle Pudding Lane, sin embargo, nadie prestó atención a tal hecho que con prontitud creció debido a los fuertes vientos, la cercanía de los inmuebles y que estaban contruidos de madera y paja.
Chicago, Estados Unidos, 1871	Hacia 1871 Chicago era una localidad asentada en las cercanías del lago Michigan, rodeada de almacenes contruidos de madera y acero, y calles contruidas con tejas de madera de pino. En ese entonces la población de Chicago ascendía a 300,000 habitantes, donde la mayoría pasaba el tiempo jugando a los dados, diversión que terminó siendo regulada por las autoridades. Curiosamente una partida clandestina de dados dio inicio al incendio que al cabo de 48 horas consumió 18,000 edificios, 100,000 como consecuencia quedaron en estado de pobreza y unas 300 perecieron.
New York, Estados Unidos, 1871	En la región de Peshtigo, el 8 de Octubre de 1871 ocurrió un incendio que cobró la vida de más de 1,200 personas (la mitad de la población del pueblo). Sin embargo, este siniestro quedó opacado debido a que el mismo día del mismo mes del mismo año ocurrió el incendio de Chicago tomando más relevancia este último.
Boston, Estados Unidos, 1872	Ha sido uno de los incendios más costosos de la historia debido a que éste ocurrió en los centros urbanos y financieros de la ciudad, consumiendo en cuestión de minutos miles de millones de dólares. Como consecuencia varias aseguradoras cayeron en banca rota, debido a que asumieron la responsabilidad pagando daños y perjuicios.
San Francisco, Estados Unidos, 1906	El 18 de Abril de 1906 un sismo de 7.6 grados sacudió la falla de San Andrés. Aunque el movimiento telúrico provocó percances mortales, la mayoría de las fatalidades, alrededor de 3,000 se atribuyen a incendios que se propagaron rápidamente a través de la ruinas.
Halifax, Canadá, 1917	Durante la Primera Guerra Mundial, un 6 de Diciembre de 1917 en el puerto de Halifax, Canadá, la colisión del buque francés,

	<p>Mont Blanc y el noruego, Imo generó un incendio de considerables proporciones. Este percance provocó una explosión que mato en el acto a 1,600 personas, en tanto que el tsunami provocado por la onda expansiva destruyó miles de viviendas. El buque Mont Blanc llevaba 2,925 toneladas de explosivos más otra cantidad importante de material inflamable; el buque Imo trasportaba provisiones a Bélgica.</p>
<p>Tokio, Japón, 1923</p>	<p>A las 11:58, hora local de Tokio un sinfín de personas se disponían a preparar el almuerzo en estufas de leña, cuando un terremoto cercano de intensidad 8 empezó a golpear las ciudades de Tokio, Yokohama y aledañas. Debido a los derrumbes propios del evento natural y aunado al uso de leña fue de esperarse la presencia de incendios que terminaron arrasando ya de por sí la catástrofe que había dejado el terremoto. Por tal motivo, a esta fecha también se le conoce como el Gran Incendio de Tokio.</p>
<p>Santander, España, 1941</p>	<p>El 15 de Febrero de 1941 en Santander, España, se produjo un incendio que avivado por intensos vientos del sur, consumió el centro de la ciudad, dejando alrededor de 10,000 personas sin hogar y unos 120,000 metros cuadrados de ruinas y escombros. A pesar de que España estaba en plena post guerra civil, recibió la solidaridad de no sólo por parte de su misma gente, sino también del extranjero.</p>
<p>Alabama, Estados Unidos, 1967</p>	<p>El 7 de Febrero de 1967, en el condado de Montgomery se produjo un incendio en un edificio de 10 pisos el cual contaba con un restaurante en el Pent-House. El siniestro se generó en el restaurante cobrando la vida de 25 personas. Los peritajes arrojaron que la catástrofe pudo haber sido evitada si las señalizaciones así como los accesos hubieran sido los correctos. Además, se concluyó que la infraestructura contaba con acabados inflamables, salidas inadecuadas y carecía el uso de rociadores.</p>
<p>Nueva York, Estados Unidos, 1970</p>	<p>Un edificio de oficinas de 50 pisos fue consumido por las llamas el 5 de Agosto de 1970, teniendo por resultado la perdida de dos vidas. El siniestro fue favorecido ya que en la construcción del edificio se emplearon materiales altamente inflamables, asimismo, se vio ayudado por la presencia de plafones y huecos en los ductos de ventilación. El peritaje arrojó que debido a que el sistema de aire acondicionado no fue suspendido, el humo extraído fue conducido a los otros pisos, generando la evacuación total del inmueble.</p>
<p>Sao Paulo, Brasil, 1972</p>	<p>El 24 de Febrero de 1972, un edificio de oficinas de 31 pisos fue devorado por las llamas las cuales se vieron prontamente propagadas debido a los fuertes vientos, así como los acabados inflamables en los interiores. Debido a este hecho, un saldo de 16 personas muertas cobró este siniestro.</p>

Bogotá, Colombia, 1973	El 24 de Julio de 1973, un inmueble destinado a oficinas se incendió reportando el deceso de 4 personas. Informes indican que el edificio contaba con una sola escalera que abarcaba desde el sótano hasta la azotea. Las puertas a cada acceso eran de madera, asimismo existían muchas rendijas entre los muros y la fachada, permitiendo que el fuego se propagará fácilmente a pisos superiores. Un hecho importante, es que cabe hacer mención que el cuerpo de bomberos no fue notificado del siniestro hasta 35 minutos después de su inicio, factor decisivo en este percance.
Sao Paulo, Brasil, 1974	El día primero de Febrero de 1974, un complejo de oficinas y departamentos de 25 pisos sufrió un incendio que cobró la vida de 179 personas. El peritaje efectuado indicó que si bien la edificación en su estructura básica era a prueba de fuego, los interiores eran materiales combustibles lo cual provocó la propagación rápida del fuego por el edificio. Además la escalera de emergencia no tenía acceso en todos los pisos. Factores como ductos verticales sin protección aceleraron el efecto tiro, provocando que las llamas se alimentaran con gran velocidad, así como un excesivo uso de cilindros de gas LP fueron factores coadyuvantes ante este lamentable suceso.
Madrid, España, 1983	La madrugada del 17 de Diciembre de 1983, se produjo un incendio en la discoteca Alcalá 20 con un total de 82 decesos. Una chispa generada por un cortocircuito prendió las cortinas y más de 5,000 kilogramos de textiles, plásticos y cartón, materiales altamente inflamables. En menos de un minuto el humo se propagó por la sala, donde fallecieron las primeras víctimas por asfixia. De las 82 víctimas, 36 murieron por asfixia o aplastamiento, 32 calcinadas y 13 más intoxicadas.
Cubatão, Brasil, 1985	Posterior a la instalación de una red de oleoductos, fueron construidas en las cercanías viviendas, las cuales en su gran mayoría estaban elaboradas con material inflamable. Los habitantes de dicha región solían almacenar gasolina en sus casas, una fuga de gasolina en conjunto con los materiales inflamables provocaron una deflagración, dejando como resultado un saldo de 600 muertos.
Phillips, Estados Unidos, 1989	Una serie de incendios y explosiones destruye al menos tres plantas de un complejo químico interconectadas, dejando un total de 22 decesos y pérdidas por daños directos de 1,120 millones de dólares.
Bangkok, Tailandia, 1993	Un incendio en un una fábrica de juguetes la cual carecía de un buen sistema de protección contra incendios, cobra al menos la vida de 236 personas. Cabe hacer notar que las malas condiciones de seguridad que ofrecía el inmueble y que además se ofrecía empleo a miles de personas sin un estricto control fomentó el impacto del siniestro.

Barcelona, España, 1994	El 31 de Enero de 1994 durante una mañana de mantenimiento en el reforzamiento del sistema de protección contra incendios con el que contaba el Teatro Liceo, una chispa de un soplete prendió las cortinas del escenario, material altamente inflamable. El fuego se propagó con rapidez consumiendo el inmueble sin poder combatirlo. El Liceo volvió abrir sus puertas cinco años después, gracias a una ardua restauración.
Dabwali, India, 1995	Durante las festividades llevada a cabo en un centro educativo. La escuela secundaria de Dabwali, fue consumida en llamas debido a la rápida inflamación del decorado empleado, provocando la muerte de más de 400 personas, donde la mayoría fueron niños.
Manila, Filipinas, 1996	Un incendio producido en la discoteca Ozone provocó el deceso de 211 personas, debido a que los materiales que fueron empleados en la decoración del inmueble eran altamente inflamables. Además, el recinto no contaba con las medidas de seguridad requeridas para la correcta evacuación de los usuarios. Asimismo, no se tuvo control alguno en el número de personas dentro del inmueble superando el aforo permitido.
Madrid, España, 2005	A las 23:08 horas de un 12 de Febrero del 2005, la alarma contra incendios del piso 21 de la Torre Windsor advirtió la presencia de un incendio. Veintidós minutos después las llamas se envolvían toda la parte superior de la torre. Para cuando los bomberos arribaron al lugar del siniestro, el incendio era incontrolable en la parte alta del inmueble, razón por la cual los bomberos decidieron enfriar la parte baja de la torre para evitar su colapso.
San Petersburgo, Rusia, 2006	El 25 de Agosto del 2006, durante un proceso de mantenimiento a la cúpula principal de la catedral de la Santa Trinidad, se registró un incendio. Éste se inició en los andamios levantados entorno a la cúpula. Las llamas se propagaron rápidamente provocando el colapso de la cúpula principal y dos más. El siniestro logró ser sofocado 4 horas después.
Pekín, China, 2009	El 9 de Febrero del 2009, el rascacielos de 159 metros de altura que albergaba la cadena de televisión estatal, así como al hotel Mandarin Oriental, formaba parte de los festejos del fin del año nuevo con fuegos artificiales, los cuales no fueron aprobados por las autoridades competentes como seguros, cuando una bengala al caer en la azotea provocó el siniestro. Llamas de 10 metros de altura consumieron la cadena televisiva así como el hotel. Alrededor de un día bastó para que los bomberos sofocaran el siniestro. El gobierno se mostró muy hermético respecto a la revelación de las causas que originaron el siniestro, así como el número oficial de víctimas involucradas en este suceso.

Londres, Reino Unido 2017	El 15 de junio de 2017, en Latimer Road, en el barrio de Notting Hill (North Kensington) al oeste de Londres, la torre Grenfell de 24 niveles y 23 plantas que albergaban 129 departamentos registró un incendio por la madrugada que se extendió en la totalidad del edificio, con un fuego sostenido por más de 15 horas. Se estima que cobró la vida de 80 personas. Se presume que la deficiencia de los sistemas de protección contra incendio y medidas de seguridad coadyuvaron al desastre, las causas del incendio aún no se conocen.
Siniestros en México	
Locación	Características del incendio
Tlalnepantla, Estado de México, 1984	La mañana del 19 de Noviembre de 1984, se registró una explosión en una planta de almacenamiento de gas LP propiedad de PEMEX con capacidad de almacenamiento de 16 mil metros cúbicos, ubicada en el pueblo San Juan Ixhuatepec. La explosión se debió a una fuga en una tubería que transportaba el combustible desde tres diferentes refinerías del país. Este percance cobra la vida de más de 500 personas, en tanto que los efectos de la explosión se extienden hasta 800 metros de la planta de gas.
Guadalajara, Jalisco, 1992	El 22 de Abril de 1992, se registra una explosión en el sistema de alcantarillado de Guadalajara, debido a una fuga de gas y a los vertidos incontrolados de residuos industriales generando una serie de explosiones en cadena con afectaciones en cerca de 8 kilómetros de calles. Este percance cobra la vida de 236 personas.
Celaya, Guanajuato, 1999	El 26 de Septiembre de 1999, en la Central de Abastos de Celaya, se registraron una serie de explosiones en un complejo de bodegas clandestinas que albergaban material pirotécnico. El saldo fue de 73 decesos y 350 heridos.
Ciudad de México, 2000	La noche del 20 de Octubre del 2000, en las inmediaciones del extinto Distrito Federal (hoy Ciudad de México) un incendio provocado por un corto circuito consume la discoteca Lobohombo, que en dicha noche albergaba al menos 200 personas. La única salida fue insuficiente para el desalojo de las personas, provocando un saldo de 20 muertos y al menos 30 heridos por quemaduras.
Hermosillo, Sonora, 2009	El 5 de Junio del 2009, mientras decenas de bebes y niños pequeños dormían la siesta, la Guardería ABC se incendia. El fuego inició en un depósito de llantas vecino, propiciando que el incendio se extenderá rápidamente hacia la guardería. La tragedia dejó evidenciado que el inmueble no contaba con salida de emergencia, sistema contra incendios, extintores, deficiencia en los detectores de humo y el personal no se encontraba debidamente capacitado. El siniestro arrojó que 49 niños fallecieron y 76 resultaron heridos de gravedad.

Nuevo León, Monterrey, 2011	El 25 de Agosto del 2011 un grupo de sicarios rocía 200 litros de gasolina a un casino en Nuevo León, teniendo como resultado el deceso de 53 personas.
Ciudad de México, 2013	El 31 de Enero del 2013, la Torre de PEMEX registra una explosión en las oficinas administrativas del edificio B2, debido a la acumulación de gas metano dejando 25 muertos y 101 lesionados.
Ciudad de México, 2013	El 27 de febrero de 2013 durante las primeras horas, la nave mayor del mercado de La Merced ardió en llamas que arrasaron cerca de 2 mil locales en un área aproximada de 8 mil metros cuadrados. No hubo personas lesionadas, a pesar de la intensidad de la conflagración. Se presume que una explosión de tanques de gas en el área de venta de comida fue la causa del siniestro.
Ecatepec, EDOMEX, 2013	Una explosión de un camión cisterna cargado con gas LP en una carretera de Ecatepec se produjo el 7 de Mayo del 2013, dejando un saldo de 20 muertos, 36 heridos y al menos 45 viviendas afectadas.
Cuajimalpa, EDOMEX, 2015	El 29 de Enero del 2015, se registró una explosión en el Hospital Materno e Infantil de Cuajimalpa, dejando al menos 2 muertos y más de 50 lesionados, además del colapso del 30 por ciento del inmueble. El accidente fue provocado cuando una pipa de gas LP descargaba gas en la zona de cocinas cuando se presentó una fuga que no fue controlada debidamente por los operadores de la pipa provocando que el gas se dispersara en el inmueble, 15 minutos después se generó la explosión.
Tultepec, EDOMEX, 2016	El 20 de Diciembre del 2016, en el mercado de pirotecnia de San Pablito presentó una serie de explosiones sucesivas dejando un saldo de 35 personas fallecidas, 12 personas desaparecidas y decenas de heridos.

2.2 MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.

Los motores de combustión interna representan una de las formas más versátiles de convertir energía química de un combustible en energía mecánica, siendo esta última una de las formas de la energía más útiles para el desarrollo de las actividades industriales y sociales. Hoy en día no es posible concebir nuestro desarrollo sin el uso de máquinas que faciliten nuestro traslado de un punto a otro, o de aquellas que indudablemente han permitido fomentar nuestro desarrollo como sociedad debido a su incursión en aquella ya conocida Revolución Industrial y que abrieron brecha a lo que hoy en día somos.

Su invención se puede remontar al padre Eugenio Barsanti, un sacerdote escolapio, y a Felice Matteucci, ingeniero hidráulico y mecánico, ambos italianos que ya en 1853 detallaron documentos de operación, construcción y patentes

pendientes en varios países europeos como Gran Bretaña, Francia, Italia y Alemania².

Los primeros prototipos carecían de la fase de compresión; es decir, la fase de succión terminaba prematuramente con el cierre de la válvula de admisión antes de que el pistón llegase a la mitad, lo que provocaba que la chispa que generaba la combustión que empuja la carrera del pistón fuese débil. Como consecuencia el funcionamiento de estos primeros motores era deficiente. Fue la fase de compresión la que dio una eficiencia significativa al motor de combustión interna, que lograría el reemplazo definitivo de los motores a vapor e impulsaría el desarrollo de los automóviles, ya que lograba desarrollar una potencia igual o mayor en dimensiones considerablemente mucho más reducidas.

Las primeras aplicaciones prácticas de los motores de combustión interna fueron los motores fuera de borda. Esto fue debido a que el principal impedimento para la aplicación práctica del motor de combustión interna en vehículos terrestres era el hecho de que, a diferencia de la máquina de vapor, no podía comenzar desde parado. Los motores marinos no sufren este problema, ya que las hélices están libres de un momento de inercia significativo.

El motor tal como lo conocemos hoy fue desarrollado por el alemán Nikolaus Otto, quien en 1886 patentó el diseño de un motor de combustión interna a cuatro tiempos, basado en los estudios del inventor francés Alphonse Beau de Rochas de 1862, que a su vez se basó en el modelo de combustión interna de Barsanti y Matteucci.

² Ver Gallo, Ermanno (2007). El misterio tras los inventos. Ediciones Robinbook. p. 275. ISBN 9788496924215. y también Klooster, John W. (2009). Icons of Invention: The Makers of the Modern World from Gutenberg to Gates (en inglés). ABC-CLIO. p. 221. ISBN 9780313347436.

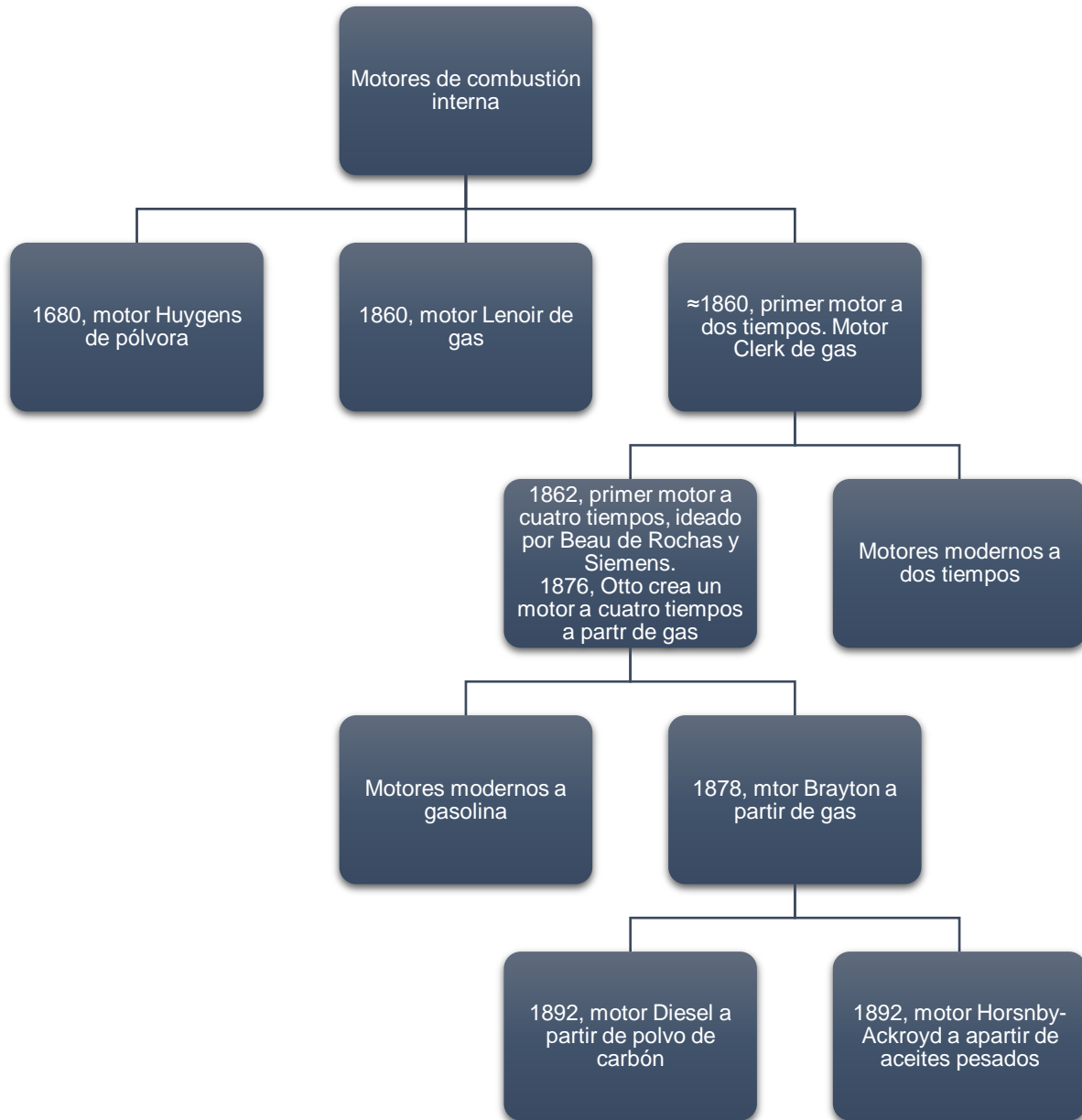


Figura 2.3 Evolución del motor de combustión interna. [46]

2.2.1 LOS MOTORES A GASOLINA (CICLO OTTO) Y SUS APLICACIONES.

El motor atmosférico o sobrealimentado a gasolina es principalmente un motor de alta velocidad debido a las características de la relación de cilindro pequeño y carrera corta, así como a las limitaciones que impone el combustible en el proceso de explosión. Este tipo de motores encuentra su mayor campo de aplicación en la transportación donde la relación velocidad peso es relativamente pequeña. [51]

El principio de funcionamiento de un motor de combustión interna a base de gasolina se basa en la compresión dentro de una cámara de combustión mediante un pistón que incrementa la presión y temperatura de una mezcla rica en aire con combustible la cual es incendiada por medio de una chispa que es generada por una bujía, provocado una explosión la cual crea un trabajo útil al desplazar el pistón, entendiéndose esta acción como la transformación que tiene la energía química proveniente de la mezcla aire-combustible en energía mecánica aprovechable.

Este tipo de motores tiene una gran versatilidad por sus características de relación velocidad-carrera corta, ofreciendo que podamos ubicarlos en diferentes campos de aplicación como lo pueden ser en automóviles, motocicletas, podadoras, generadores de emergencia, motores fuera de borda, entre otras tantas aplicaciones.

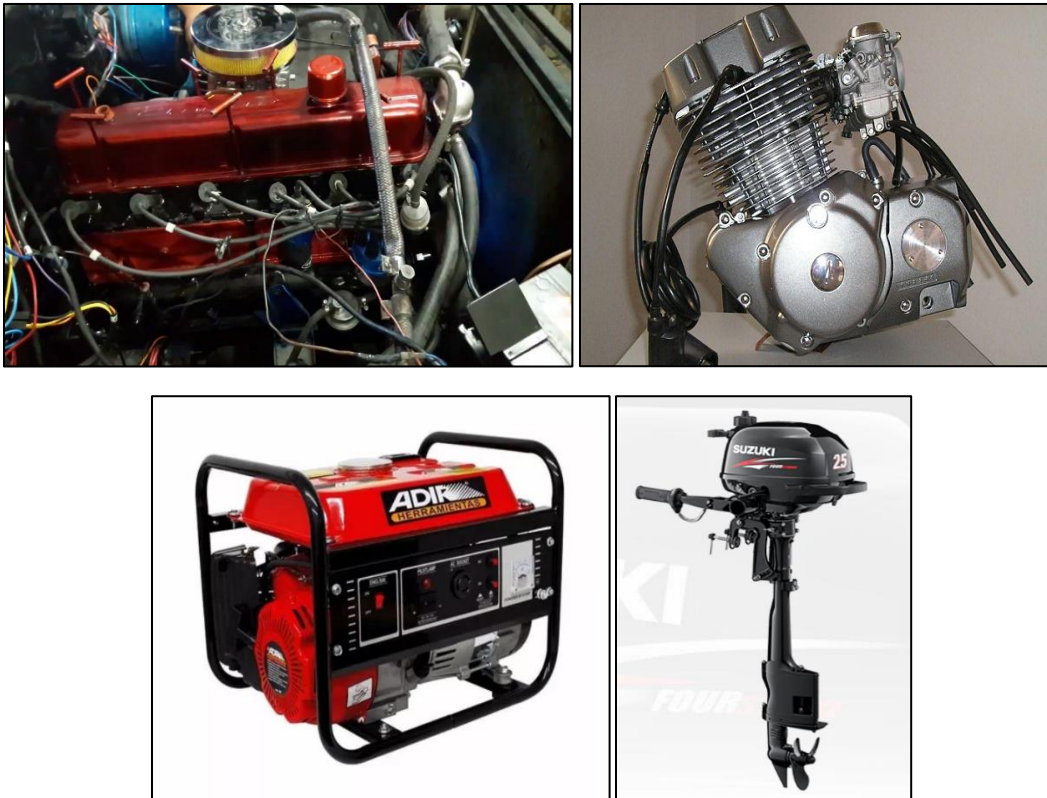


Figura 2.4 Imagen superior derecha se aprecia un motor de 6 cilindros en línea, arreglo típico en motores a gasolina en años 80's. Imagen superior izquierda se puede observar un motor de dos tiempos para motocicleta. Este tipo de motores son muy comunes en este tipo de máquinas móviles. Imagen inferior derecha muestra una planta de emergencia de 5.5 hp a gasolina. Imagen inferior izquierda se observa un motor fuera de borda comúnmente empleado en embarcaciones pesqueras pequeñas.

2.2.2 LOS MOTORES DIESEL Y SUS APLICACIONES.

Actualmente la economía de una nación depende en parte de las relaciones y vínculos que tenga con otras permitiendo el ejercicio de importación y exportación de materias primas y productos terminados. Es bien conocido que para tales efectos el transporte es primordial, ya que éste ha permitido expandir los horizontes tocando puntos neurálgicos logrando una continua comunicación. Siendo así, los motores Diesel modernos han sido actores importantes en la continua evolución económica de una nación ya que sin ellos los sectores del transporte de carga, maquinaria de trabajo pesado y marítimo no tendría el alcance que hoy en día tienen. Asimismo, no se puede dejar de mencionar la revolución que vinieron a implementar los motores estacionarios Diesel, empleados en sus diferentes disposiciones como sistemas de arranque, plantas de emergencia o en funcionamiento en conjunto con algún sistema alterno, han permitido la amortización de costos debido a cortes en el suministro eléctrico debido a desastres naturales o simples fallas en el sistema. Hoy en día es común que en la industria se cuente con sistemas estacionarios Diesel como medida de soporte ante una eventualidad. [47], [48]

El motor Diesel actualmente presenta importantes ventajas que se afianzan día a día respecto a los motores a gasolina, esto debido a los avances tecnológicos conseguidos en su fabricación. Los motores Diesel modernos pueden ser agrupados en dos categorías, *aplicaciones móviles* y *estacionarias*.

Las aplicaciones móviles se caracterizan por una máquina acoplada a un vehículo que impulsa a éste y le permite desplazarse de un punto a otro. Por lo general el motor permite empujar o jalar una carga mientras mediante un tren de engranes adicional puede controlar accesorios externos al motor. Ejemplos comunes de aplicaciones móviles se encuentran en:

- Automóviles, camiones de carga y autobuses.
- Embarcaciones y botes.
- Ferrocarriles.
- Equipos de carga pesada y construcción.
- Tractores para cultivo.



Figura 2.5 Camión de carga pesada modelo CAT 789 D, empleado en el sector minero. Imagen tomada de productos Caterpillar.

Dentro de las aplicaciones estacionarias, los motores Diesel proporcionan energía desde una posición fija. Comúnmente se les conoce plantas como de emergencia donde éstas transmiten la energía a través de un acoplador ya que no es necesario algún mecanismo para distribuir la energía en desplazamiento. Los motores Diesel estacionarios pueden incluir las siguientes aplicaciones:

- Generadores de energía eléctrica.
- Plantas de emergencia para hospitales o datacentres (sites).
- Unidades de arranque industrial (PTO).
- Sistemas de bombeo.



Figura 2.6 A la izquierda se aprecia una planta de emergencia Diesel modelo Electrógeno Diesel C18 ACERT, imagen tomada de productos Caterpillar. A la derecha motor Diesel empleado en sistema auxiliar de arranque contra incendio de la marca CLARK. Instalación del sistema de protección contra incendios, edificio Torre Mayor, Ciudad de México.

Esto le confiere que el espectro de aplicaciones se amplíe notoriamente no sólo en área de propulsión de vehículos, sino también tenga una cabida en usos tales como en maquinaria pesada, embarcaciones, submarinos, ferrocarriles, plantas de energía y sistemas especializados en el suministro de energía mecánica.

En esencia el motor Diesel fundamenta su funcionamiento en el aumento de presión del aire el cual está contenido en un cilindro tal que éste alcance una alta presión y temperatura, y que cuando empiece su proceso de expansión entre en contacto con el combustible pulverizado mediante un proceso de inyección, generando una combustión debido a las condiciones de presión y temperatura con lo cual se provocará una explosión teniendo como resultado la obtención de energía mecánica a partir de la química. El principio de operación sigue estando basado en los motores de compresión a gas manufacturados a mediados y finales del Siglo XIX, los cuales empleaban queroseno o aceite para lámparas, siendo estos combustibles poco volátiles. [49], [50]

Tabla 2.2 Breve recopilación histórica de la evolución del motor Diesel desde sus orígenes hasta la Segunda Guerra Mundial. [46], [49], [50]

Inventor	Características
1678, Hautefeuille	Invención de un motor que empleaba la explosión de la pólvora de cañones para motivar el desplazamiento de un pistón precario.
1680, Huygens	Se formaliza la construcción del motor de pólvora con claras semejanzas a las ofrecidas por el invento de Hautefeuille.
1791, John Barber	Se establece una patente en el uso de la mezcla de aire con un combustible gaseoso para que a partir de su explosión se produjese presión en un recipiente sellado, el cual fue denominado “exploder”. Casi a la par de este suceso, John Street obtuvo una patente para la producción de un vapor explosivo el cual provenía de la mezcla de un combustible líquido y aire.
1799, Philippe Lebon	Se obtiene la patente en la manufactura de un motor que empleaba como combustible gas usado en el alumbrado público.
1860, Lenoir	Se formaliza la construcción del primer motor a gas. Este motor contaba con grandes similitudes a una máquina de vapor, ya que estaba basado en un bloque horizontal de un solo cilindro.
1862, Beau de Rochas	Se obtiene la patente del esquema de operación de un motor de combustión interna.
1867, Otto y Langen	El trabajo en conjunto de este par de alemanes permite que se presenten ensayos sobre un motor de combustión interna.
1879, Otto	Se manufactura un motor de combustión interna que empleaba como combustible gas. Dichos estudios permitieron fomentar la revisión del ciclo propuesto por el dúo Beau y Rochas, dando como resultado la fabricación de un motor de aplicaciones prácticas.
1893, Diesel	En febrero de 1892 el ingeniero Rudolf Diesel firmó una patente en la Oficina Imperial de Patentes en Berlín para un nuevo motor de calor racional (new rational heat engine). Aproximadamente un año después, se le concedió la patente DRP 672017 para el método de diseño y trabajo para motores de combustión (working method and design combustion engines). En un principio en su funcionamiento se quemaba polvo de carbón en mezcla con el aire, pero no fue hasta 1897 que se efectuó un ensayo práctico. No obstante, que sus trabajos se extendieron hasta 1912, el motor no tuvo gran éxito comercial. El auge del motor Diesel vino con el arribo de la primera guerra mundial ya que los motores Diesel fueron instalados en buques y centrales eléctricas.
1907, L'Orange	El ingeniero L'Orange proyectó el primer motor Diesel de inyección mecánica para Deut, quien en 1917 manufacturó un motor de inyección directa.
1921, Peugeot	La automotriz volvió a considerar la opción de colocar un motor

	Diesel a un automóvil, y gracias a la colaboración del ingeniero Tartrais, se construyó un automóvil que realizó el trayecto de París-Burdeos-París sin máximas implicaciones.
1930-1939, Europa	El motor Diesel se generaliza en la manufactura de camiones de gran tonelaje, siendo Alemania el primer país en adoptar esta tendencia.
Segunda Guerra Mundial, Europa	La invención de una bomba mecánica de inyección por pistón ranurado atribuida a Robert Bosch y Frantz Lang, así como las continuas mejoras en el motor propiamente promovieron el ascenso de este sistema en Europa.
1945, Europa	Se advierte y evidencia el éxito de los automóviles que cuentan con motor Diesel fabricados en serie por las automotrices alemana y francesa Mercedes y Peugeot, respectivamente.

Como se ha podido apreciar a través de esta breve descripción del motor Diesel, éste ha formado y sigue siendo una pieza medular en el desarrollo del sector industrial, ya que sin él la evolución de sistemas de móviles y estacionarios hubiera quedado demasiado limitada debido a las prestaciones que los motores a gasolina ofrecen. Gracias al desarrollo tecnológico diversas aplicaciones de sistemas Diesel han facilitado aplicaciones diversas, donde quizá otros sistemas se viesen limitados en prestaciones o características específicas de aplicación.

2.2.3 COMPARATIVO ENTRE LOS MOTORES DIESEL Y LOS DE CICLO OTTO.

Los motores Diesel y a gasolina (ciclo Otto) son esencia muy similares ya que ambos están diseñados para convertir la energía química proveniente del combustible en energía mecánica. Dicha energía mecánica permite el movimiento de los pistones, los cuales conectados a un cigüeñal el cual acoplado a una transmisión, puedan transformar el movimiento lineal del pistón en rotacional de las ruedas.

El principio de funcionamiento para ambos motores es prácticamente el mismo, usando el principio de la combustión interna del combustible para la producción de energía. Pero quizá la diferencia más notable que existe entre ambos es en cómo ocurre el proceso de combustión dentro de la cámara de combustión (cilindros). En un motor a gasolina, el combustible es combinado con aire generando una mezcla la cual es comprimida dentro del cilindro por el pistón y la cual es incendiada por una chispa producida por una bujía. Por otro lado, en un motor Diesel lo que se comprime es aire, cuando se alcanzan las condiciones de temperatura y presión óptimas se adiciona el combustible mediante unos inyectores generando la explosión dentro de la cámara de combustión.

Es de especial interés conocer tanto las ventajas como desventajas del motor Diesel ante su competidor a gasolina, ya que durante la evolución de estos

sistemas de propulsión, ambos han sido comparados y puestos a prueba a razón de conocer cuál presenta las mejores prestaciones para una tarea en específico.

Tabla 2.3 Breve recopilación de las capacidades e inconvenientes que presentan los motores Diesel ante su competidor a gasolina.

Ventajas	Desventajas
Un mejor rendimiento térmico. Éste puede alcanzar hasta un 58% con ayuda de un turbo cargador con una relación de compresión de 16:1, en tanto que para un motor a gasolina sólo se alcanza el 45% con una relación de 8:1	Debido a su estructura y a sus componentes, el motor Diesel es más pesado que un motor a gasolina. No obstante, con nuevas aleaciones este peso puede verse reducido.
Un consumo de combustible menor para una misma potencia, ya que pueden emplearse biocombustibles como alternativa ante el costo significativo de la gasolina.	La manufactura de un motor Diesel es más cara debido a sus componentes y al sistema de inyección.
Una mayor vida del motor. Debido a su alta eficiencia, el motor opera a menores temperaturas impactando directamente en el alargamiento de vida de los componentes del motor.	El mantenimiento periódico del sistema de inyección es costoso en comparación con el sistema de carburación/encendido de un motor a gasolina.
No se requiere de una chispa basada en altos voltajes para provocar la explosión en la cámara de combustión.	Los motores Diesel entregan un mayor par a baja velocidad, no obstante son más lentos que un motor a gasolina. Aunque, con los avances tecnológicos se ha logrado generar velocidades similares a las de un motor a gasolina.
El combustible es más seguro en su manejo ya que es menos volátil que la gasolina. Los vapores del diésel necesitan 80 °C para inflamarse, en tanto que los de la gasolina lo hacen a 20 °C	El motor Diesel es más sensible a la pureza del aire y del combustible, así como del engrase de sus componentes. Razón por la cual los filtros suelen ser más cuantiosos que los motores a gasolina.

2.3 EL MOTOR A GASOLINA Y SU USO EN SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO.

Los motores a gasolina fueron quizá de los primeros equipos que acoplados a una bomba en la era moderna brindaron la protección contra incendio, esto en respuesta a la demanda propia de las bombas por una alta velocidad, siendo así el motor a gasolina un elemento que podría suministrar y cubrir dicha demanda mecánica debido a su régimen de carrera corta a altas revoluciones. No obstante, el devenir del tiempo evidenció que este tipo de motores debido a sus

características inherentes eran un riesgo potencial para fungir como sistemas auxiliares de arranque para la protección contra incendio. Factores como el uso de mangueras de hule que fatigaban por el excesivo calor y condiciones de servicio, la alta inflamabilidad del combustible, el sistema de encendido mediante chispa y la incapacidad de mantener un régimen constante de altas revoluciones fueron el detonante por la búsqueda de otros sistemas alternativos que pudiesen ofrecer mejores prestaciones que hasta ese momento ofrecían los motores a gasolina.



Figura 2.7 La versatilidad en la velocidad angular que ofrece un motor a gasolina es hoy en día una opción poco segura pero aún empleada como alternativa para acoplarse con una bomba contra incendio. Derrames de un combustible altamente inflamable, así como el uso de chispa, han sido factores determinantes para éstos sean sustituidos por equipos más seguros como lo son los motores Diesel.

2.4 EL MOTOR DIESEL Y SU USO EN SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO.

El motor Diesel como elemento auxiliar en el arranque para sistemas de bombeo en la protección contra incendio es altamente preferido por compañías aseguradoras debido que éste ha sido certificado por organismos como *Underwriters Laboratories (UL)* y *Factory Mutual (FM)*, siendo este tipo de certificaciones altamente reconocidas a nivel mundial por autoridades reguladoras debido al tipo de procedimientos y pruebas de laboratorio efectuadas para comprobar la fiabilidad de un producto o sistema. Bajo este contexto, si un motor Diesel cuenta con dichas certificaciones y opera bajo los lineamientos que estipula la *NFPA*, éstos son la mejor opción para ser acoplados a sistemas de bombeo, debido a las virtudes que ya han sido mencionadas en el postulado anterior que poseen los motores Diesel en general, como pueden ser el no emplear una chispa para la ignición del combustible o la relativa seguridad que ofrece el manejo del combustible diésel, sólo por recordad algunas. Todo aquel motor Diesel avalado por la *NFPA* tendrá la capacidad de operar en condiciones de emergencia donde

ésta quedará definida por el corte o pérdida de energía eléctrica provocando que las bombas no puedan ser accionadas por el motor eléctrico. Este tipo de motores han sido manufacturados de una forma especial tal que les permite funcionar de una forma integral en conjunto con un controlador tal que pueda brindar la protección contra incendios que el sistema ofrece de forma per se.

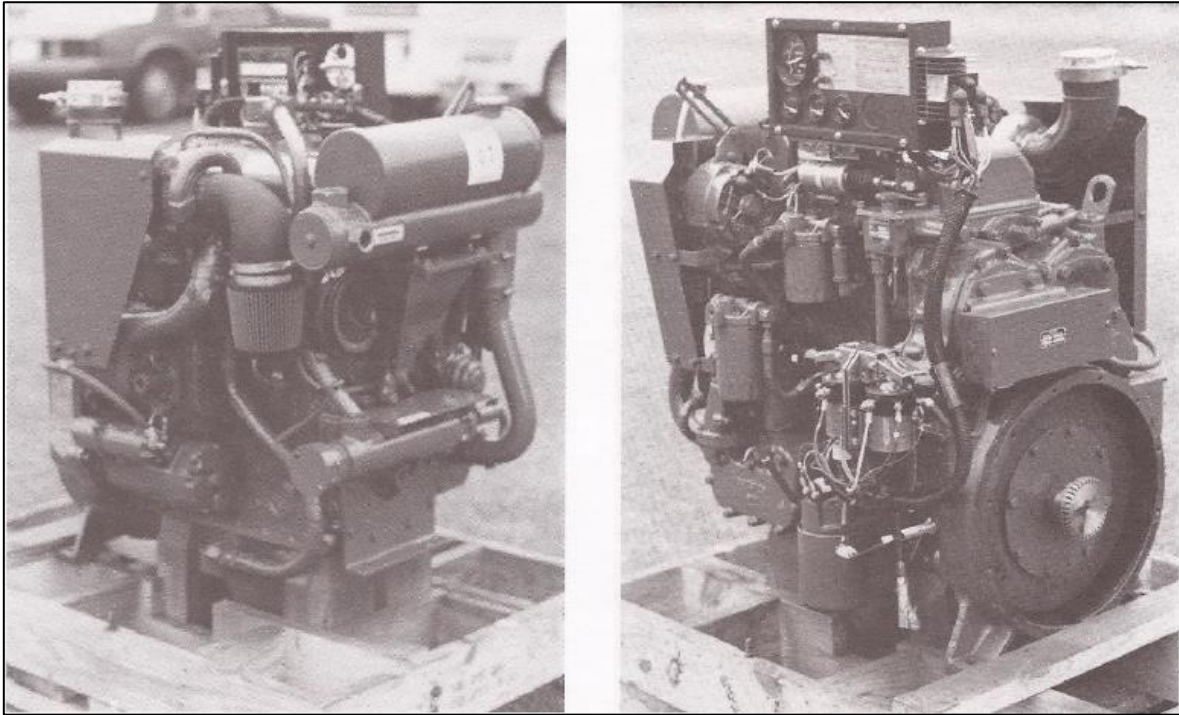


Figura 2.8. Vista anterior derecha y posterior izquierda, respectivamente, de un motor Diesel para protección contra incendio.

A diferencia que puede representar un motor Diesel empleado en plantas para suministro de energía (*off-road*) o aquellos empleados en móviles (*on-road*), los usados en protección contra incendio cuentan con algunas características que vale la pena citar.

Tabla 2.4 Características distintivas entre los motores Diesel seleccionados para la ejecución de diferentes tareas en su campo de aplicación³.

	Contra incendio	On-road	Off-road
Certificación UL y FM	Sí cuenta	No cuenta	No cuenta
Alimentación de combustible	Mediante by pass. Emplean un doble solenoide	Solenoide sencillo	Solenoide sencillo
Sistema de enfriamiento	Se emplea un intercambiador de calor de tubos y coraza de respuesta rápida que usa agua de la bomba impulsada como fluido de enfriamiento	Se emplean intercambiadores aire-líquido (radiadores) tradicionales usando aire como fluido de enfriamiento	Se emplean intercambiadores aire líquido (radiadores) tradicionales de mayor tamaño para compensar la estacionalidad usando aire como fluido de enfriamiento
Protecciones			
Exceso de velocidad	Sí cuenta. Evita una sobre velocidad que provocaría una sobre presión de la red	Sí cuenta. Evita que el motor se desgobierne	Sí cuenta. Evita que el motor se desgobierne
Bajo contenido de aceite	No cuenta. El panel de instrumentos del motor y su controlador emitirán una alarma, pero el motor no se detendrá.	Sí cuenta. El panel de instrumentos del motor emitirá una alarma visual, si la presión disminuye a valores críticos el motor se detendrá	Sí cuenta. El panel de instrumentos emitirá una alarma y el controlador detendrá el motor
Alta temperatura	No cuenta. El panel de instrumentos del motor y su controlador emitirán una alarma auditiva y visual, pero el motor no se detendrá.	Sí cuenta. El panel de instrumentos del motor emitirá una alarma visual, si la temperatura aumenta a valores críticos el motor se detendrá	Sí cuenta. El panel de instrumentos del motor emitirá una alarma auditiva y visual; el controlador detendrá el motor
Falla en el	Sí cuenta. El	No cuenta. El	No cuenta. El

³ Información recopilada de la asignatura Sistemas de Protección Contra Incendio, Facultad de Ingeniería de la UNAM, impartida por el M.I. Guillermo Sánchez Lievano, semestre 2018-1

arranque	controlador realizará 6 intentos de marcha, después de estos, si el motor no arranca el controlador emitirá una alarma auditiva y visual	panel de instrumentos permitirá realizar los intentos de marcha que el usuario quiera, esto puede abatir la energía de las baterías	controlador podrá hacer los intentos de arranque que le sean programados, si no arranca emitirá alarma de falla general
-----------------	--	---	---

Dentro del universo de los motores Diesel existente, el nicho que pertenece a los enfocados a sistemas auxiliares de emergencia para ser acoplados a bombas contra incendio presentan ciertas características particulares como se ha visto en la Tabla 2.4, así como algunos sistemas que a continuación serán descritos y que forman parte fundamental en la operación de un motor Diesel.

2.4.1 SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE.

Este sistema permite que el suministro de combustible sea realizado de la manera más eficiente posible. El combustible se extrae del depósito de combustible pasando por un primer filtro para arribar a la bomba, el cual lo presuriza forzándolo entrar en un segundo filtro previo al ingreso las líneas que dirigen hacia los inyectores, en esta sección hay una válvula de no retorno a razón de garantizar un flujo continuo. El combustible es atomizado dentro de la cámara de combustión para una mejor combustión del mismo, el combustible retenido en los inyectores es enviado a un colector de retorno de combustible que deriva hacia el tanque de combustible. Cabe hacer mención que el flujo continuo de combustible permite el enfriamiento de los inyectores y a la purga de los mismos.

2.4.2 SISTEMA DE LUBRICACIÓN.

El aceite es una parte fundamental en el funcionamiento del motor ya que permite la lubricación de los elementos motrices en el motor, proporciona limpieza a arrastrar partículas de carbono y polvo, así como el enfriamiento del mismo. Un orificio en el cigüeñal permite la lubricación del mismo y las bielas. El árbol de levas y los sistemas de engranaje se ven lubricados por escurrimiento.

Los sistemas de lubricación varían de acuerdo con las características constructivas del motor, pero básicamente cumplen con la misma función para la que fueron diseñados.

2.4.3 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.

El sistema de enfriamiento es una parte medular de una máquina de combustión interna. Debido a que toda la energía resultante del proceso de combustión no puede ser convertida en energía motriz, parte de esta energía es en forma de calor el cual debe ser removido para que el desempeño del motor sea el óptimo.

La mayor parte del calor es removida por el refrigerante que a su vez mediante el intercambiador de calor, se trasfiere dicha energía al agua que opera bajo sistema abierto.

En el interior del depósito del intercambiador de calor hay una sección para el enfriamiento del aceite. El refrigerante circula por el lado caliente del intercambiador y el agua fresca circula por el lado frío a razón de extraer la mayor cantidad de calor posible. Cuando el motor necesita alcanzar una temperatura óptima de funcionamiento, el circuito del termostato se cierra provocando que el refrigerante circule por una derivación evitando pasar por el radiador a razón de que el motor alcance una temperatura óptima de operación.

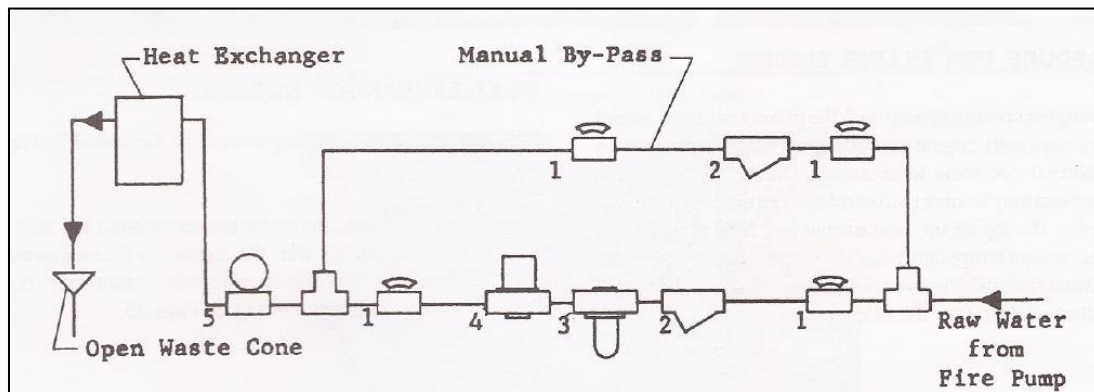


Figura 2.9 Diagrama del sistema de enfriamiento de un motor Diesel contra incendio. En él puede apreciarse que el sistema es abierto evitando en todo momento la recirculación del agua. 1) indicador de válvulas manuales; 2) filtros de agua; 3) regulador de presión; 4) válvula solenoide (CD); 5) manómetro

2.4.4 SISTEMA DE ADMISIÓN Y ESCAPE DE AIRE.

El aire es una parte esencial del proceso de combustión que lleva a cabo el motor para la conversión de energía química en energía mecánica. La admisión de aire es dirigida al filtro el cual limpia de impurezas y restos de polvo el aire, el cual es dirigido al ventilador, esto permite una descarga continua de aire fresco y limpio el cual entra a los cilindros. Los orificios de admisión del aire en los cilindros tienen un ángulo específico el cual permite que se genere turbulencia a la entrada del aire el cual provoca que durante la carrera de compresión la combustión sea uniforme.

Hay que tomar en cuenta que este aire de admisión también permite el enfriamiento de las partes del motor, asimismo, este aire fresco permite dar un barrido a los gases de escape y enfriamiento en las válvulas de purga de los gases producto de la combustión.

2.4.5 SISTEMA DE INCREMENTO Y REDUCCIÓN DE VELOCIDAD.

Algunos modelos de motores de aplicación contra incendio emplean trenes de engranes que pueden incrementar o reducir la velocidad según los requerimientos de la velocidad de la bomba así como cambiar la alineación de la flecha de horizontal a vertical para bombas tipo turbinas verticales.

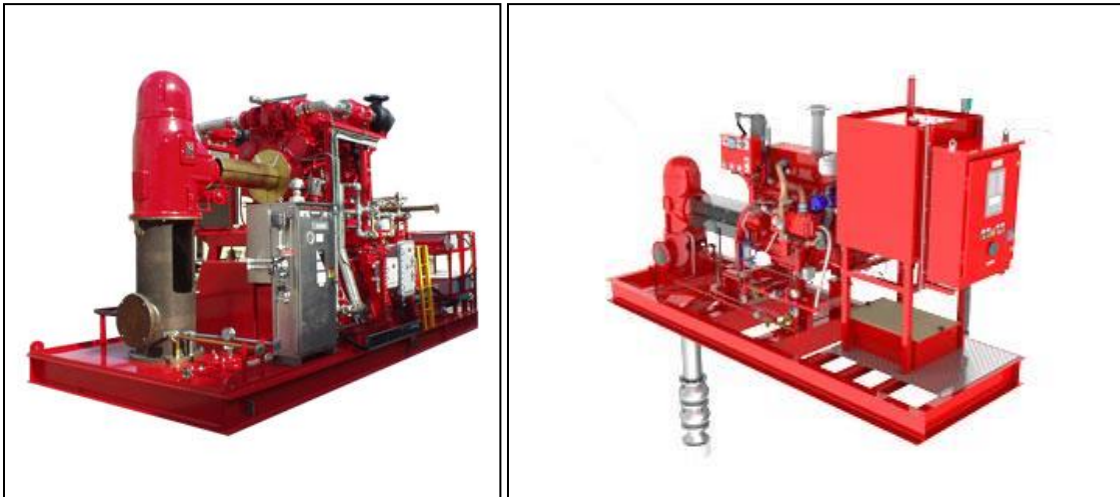


Figura 2.10 Vista anterior derecha y posterior izquierda, respectivamente, de un paquete de protección contra incendios. El conjunto incluye la bomba (vertical en este caso), acoplamiento con el sistema auxiliar de arranque y el control automático del sistema.

2.5 CERTIFICACIONES TIER EN MOTORES ESTACIONARIOS.

Hasta hace algunos años atrás la importancia de la polución generada por motores estacionarios para servicio auxiliar en proporción de energía, no se había tomado en cuenta como se realizó con sistemas homólogos para el transporte, los cuales debieron ser ajustados a normas tanto locales como internacionales para el control de emisiones al ambiente.

Ante el hecho de promover la reducción de contaminantes asociados a cualquier tipo de motores, la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) incentivó la creación de los marcos normativos TIER para motores del tipo estacionarios. En un principio este tipo de normativa fue estructurada de forma que se mostrara una progresión graduada en tres diferentes etapas. Es así que los estándares TIER que van del 1 al 3 toman como punto base la potencia nominal del motor para regular el control de contaminantes y partículas suspendidas emitidas. Para el año 2008 se estableció la entrada de una nueva actualización a este tipo de normas denominada TIER 4, la cual en esencia es más estricta en el control de emisión de partículas NO_x , partículas suspendidas, así como los límites permisibles de combustible crudo, en tanto que se siguen manteniendo fijas las emisiones máximas de CO estipuladas en las TIER 2 y 3. [53], [54]

Tabla 2.5 Breve descripción histórica de las reglamentaciones TIER y el impacto que éstas tuvieron en cada etapa de su implementación.

Año	Descripción del marco normativo
1994	Se cimentaron los primeros acuerdos para el control de emisiones para motores Diesel con más de 50 hp (37 kW) bajo la denominación TIER 1. Éstos serían incorporados al mercado en un lapso de 4 años abarcando desde el año 1996 hasta el año 2000.
1996	Se firma una Declaración de Principios por representantes de la EPA, California ARB y algunos de los fabricantes más importantes de motores (Caterpillar, Detroit Diesel, Deere, Deutz, entre otros), la cual atiende a los motores Diesel estacionarios.
1998	Es firmada la disposición final de la Declaración Principios. Esta regulación permitió la introducción de la regulación TIER 1 para equipos de menos de 50 hp (37 kW), en tanto que las certificaciones TIER 2 y 3 fueron más estrictas en sus limitantes de contaminantes. Este grupo de motores tendría un lapso de 8 años para su incorporación al mercado iniciando desde el año 2000.
2000	Es creado la norma TIER 2, la cual se centra en atacar dos problemas primordiales, las impurezas presentes en el combustible así como su calidad y el mejoramiento de los sistemas de emisión en vehículos.
2003	El estado de California incluye a los motores estacionarios para que también éstos sean regulados por los lineamientos TIER.
2004	Se firma la disposición final que da paso a la creación de la TIER 4, donde se hace principalmente énfasis en las emisiones por partículas suspendidas y los NO _x para que sean reducidas en un 90 por ciento. Este tipo de motores tiene un plazo de 7 años para su instalación en el mercado, iniciando a partir del 2008.
2013	La EPA propone una revisión a la TIER 3, donde se incentiva la reducción de un 70 % de partículas de hollín, así como monóxido de carbono, bencenos y butadieno mediante el uso de nuevas tecnologías. Asimismo, se propone una reducción del contenido de azufre en los combustibles y que las emisiones de vapor de combustible sean casi cero.

Tabla 2.6 Emisiones para motores estacionarios Diesel. g/kWh (g/BPH-h)

Potencia	Año	TIER	CO	HC	NMHC+NO _x	NO _x	PS
<8 kW (<11 hp)	2000	1	8.0	N/D	10.5	N/D	1.0
	2005	2	8.0	N/D	7.5	N/D	0.8
8≤kW<19 (11≤hp<25)	2000	1	6.6	N/D	9.5	N/D	0.8
	2005	2	6.6	N/D	7.5	N/D	0.8
19≤kW<37 (25≤hp<50)	1999	1	5.5	N/D	9.5	N/D	0.8
	2004	2	5.5	N/D	7.5	N/D	0.6
37≤kW<75 (50≤hp<100)	1998	1	N/D	N/D	N/D	9.2	N/D
	2004	2	5.0	N/D	7.5	N/D	0.4
	2008	3	5.0	N/D	4.7	N/D	*
75≤kW<130 (100≤hp<175)	1997	1	N/D	N/D	N/D	9.2	N/D
	2003	2	5.0	N/D	6.6	N/D	0.3
	2007	3	5.0	N/D	4.0	N/D	*
130≤kW<225 (175≤hp<300)	1996	1	11.4	1.3	N/D	9.2	0.54
	2003	2	3.5	N/D	6.6	N/D	0.2
	2006	3	3.5	N/D	4.0	N/D	*
225≤kW<450 (300≤hp<600)	1996	1	11.4	1.3	N/D	9.2	0.54
	2001	2	3.5	N/D	6.4	N/D	0.2
	2006	3	3.5	N/D	4.0	N/D	*
450≤kW<560 (600≤hp<750)	1996	1	11.4	1.3	N/D	9.2	0.54
	2002	2	3.5	N/D	6.4	N/D	0.2
	2006	3	3.5	N/D	4.0	N/D	*
kW≥560 (hp≥750)	2000	1	11.4	1.3	N/D	9.2	0.52
	2006	2	3.5	N/D	6.4	N/D	0.2
<8 kW (<11 hp)	2008	4	8.0	N/D	7.5	N/D	0.4
8≤kW<19 (11≤hp<25)	2008	4	6.6	N/D	7.5	N/D	0.4
19≤kW<37 (25≤hp<50)	2008	4	5.5	N/D	7.5	N/D	0.3
	2013	4	5.5	N/D	4.7	N/D	0.03
37≤kW<56 (50≤hp<75)	2008	4	5.0	N/D	4.7	N/D	0.3
	2013	4	5.0	N/D	4.7	N/D	0.03
56≤kW<130 (75≤hp<175)	2012- 2014	4	5.0	0.19	N/D	0.4	0.02
130≤kW<560 (175≤hp<750)	2011- 2014	4	3.5	0.19	N/D	0.4	0.02

CO: monóxido de carbono
HC: hidrocarburos
NMHC: Hidrocarburos sin presencia de metano
PS: partículas suspendidas
***No adoptado. Los motores deben cumplir con el estándar TIER 2**

El esfuerzo que ha estado realizando la EPA junto con otros organismos de los Estados Unidos para la regulación y el control de emisiones ha tenido notables

beneficios, no sólo en la renovación de unidades discontinuadas por aquellas modernas motivando un crecimiento de la industria manufacturera, sino que también el impacto que se tiene a futuro es que los gastos implicados en el sector salud debido a enfermedades respiratorias debidas se vean notoriamente reducidas y por ende los gastos significativos asociados a ellas.

Se ha podido constatar que la regulación implementada por organismos va más allá del simple hecho de normar un proceso, producto y/o servicio, sino que además permite planificar a futuro las implicaciones que esta documentación tendrá en ciertos sectores, tal y como advierten los marcos normativos establecidos por la NFPA y las regulaciones TIER, ya que en tanto la primera se encarga de regular todas aquellas especificaciones que proporcionen un sistema auxiliar de arranque confiable para su desempeño en una situación de emergencia, las segundas atienden precisamente estos sistemas estacionarios para que éstos se encuentren dentro de los límites permisibles en emisión de partículas contaminantes. En cualquiera de los casos, ambas procuran el bienestar y el cuidado por la vida.

CAPÍTULO 3. ESTUDIO DE CASO.

Este capítulo aborda un caso de estudio real analizado durante el periodo escolar correspondiente 2018-1 para la asignatura Sistemas de Seguridad Contra Incendio, impartida en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. El análisis contempló el diseño de una red húmeda para el inmueble en cuestión bajo los lineamientos estipulados por las normas nacionales y las NFPA aplicables.

La selección de un caso práctico para su estudio bajo los requerimientos de un sistema de protección contra incendio mediante lo que estipulan los marcos normativos nacionales e internacionales, y sus respectivos puntos comparativos demostrando las implicaciones de la selección de un marco normativo respecto a otro y cómo esto se ve reflejado en el nivel de confiabilidad, fiabilidad y seguridad que un sistema de protección contra incendio ofrece, quedará bajo discusión en los presentes puntos contenidos de este capítulo.

3.1 DESARROLLO DE UN CASO DE ANÁLISIS DONDE SE DISCUTE LA SELECCIÓN DEL SISTEMA AUXILIAR DE ARRANQUE EN UN SPCI, ASÍ COMO LAS IMPLICACIONES QUE ESTO CONLLEVA.

El inmueble bajo estudio brinda el servicio de uso habitacional contando con un total de 14 plantas proporcionando un total de 66 departamentos y 6 sótanos funcionales para el albergue de automóviles. Algunos de los servicios que ofrece esta edificación quedan descritos a continuación:

- 66 departamentos tipo.
- Salón de usos múltiples con capacidad a 100 personas.
- Gimnasio equipado de 55 m²
- Spa con vapor y regaderas
- 2 elevadores.
- Planta eléctrica de emergencia.
- Cisterna de agua potable con reserva de agua para sistema contra incendio.
- Cisterna pluvial.
- Planta de tratamiento de aguas residuales.

El predio se encuentra ubicado en la Calzada Desierto de los Leones 4373, Colonia San Agustín del Pueblo de Tetelpan, Delegación Álvaro Obregón, Ciudad de México.

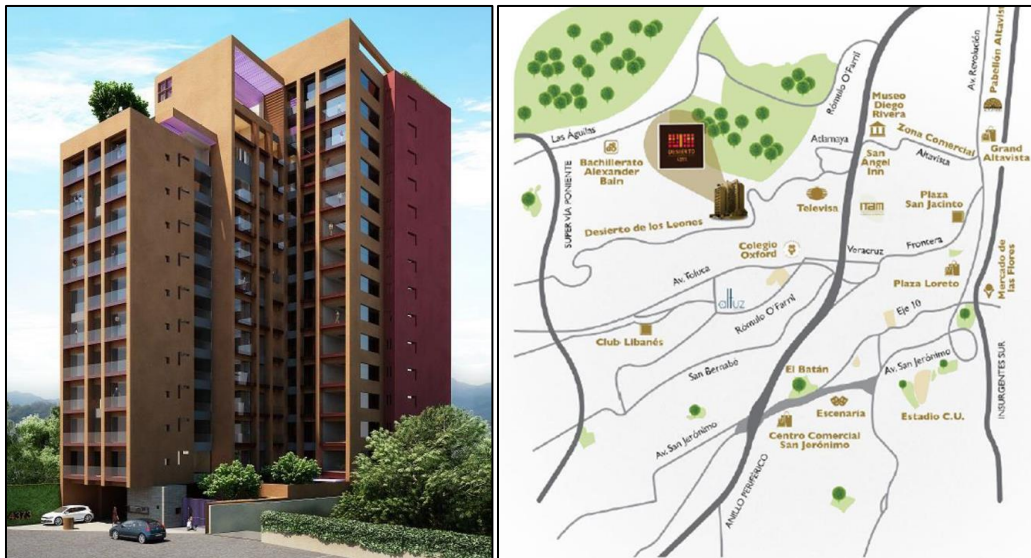


Figura 3.1 A la izquierda se aprecia la fachada del inmueble con número 4373. A la derecha se muestra la ubicación del complejo habitacional dentro de la demarcación de la delegación Álvaro Obregón.

Durante la evaluación del predio se propuso el diseño de una red contra incendio de tubo húmedo abastecida por medio de hidrantes y rociadores siguiendo los lineamientos establecidos por la normatividad NFPA 13. En la tabla 3.1 se describen algunas variables cruciales para la selección del equipo de bombeo y por ende los motores eléctricos y auxiliares, en el Sistema de Protección Contra Incendio.

Tabla 3.1 Resumen de variables características en la selección de un sistema auxiliar de bombeo.

Variable	Observaciones
Tipo de riesgo	Debido a las condiciones de la edificación bajo análisis, se determina que el predio tiene un riesgo del tipo ordinario, grupo I.
Número de rociadores	Mediante los lineamientos estipulados por la NFPA 13, el diseño de la red arroja un total de 750 rociadores.
Cobertura	Al considerar una cobertura al 100% con los 750 rociadores, se analiza que un área mínima al 20% de cobertura corresponderá a 150 rociadores.
Área efectiva de protección	Cada rociador deberá cubrir un área de 12.8 m ² (130 ft ²). Obteniendo 1812 m ² (19,500 ft ²).
Densidad de cobertura	Con base en el área efectiva de protección se determina la cantidad de agua disponible por superficie a proteger. Registrando 3.26 LPM/m ² (0.08 GPM/ft ²).
Gasto por rociador	Con base en las variables recopiladas es factible la obtención del gasto por rociador, siendo éste de 5,907.12 LPM (1,560 GPM).
Gasto con hidrantes	Para el caso de predios que sean riesgos ordinarios grupo I, se deberá tener como mínimo dos hidrantes en operación con un gasto de 100 GPM. Con base en esto el gasto es de 6,285.12 LPM (1,660 GPM).
Capacidad de almacenamiento	Los lineamientos NFPA estipulan que al menos se asegure un tiempo de 60 minutos de protección. Con base en este dato se procede a determinar la capacidad de almacenamiento, siendo ésta de 377,107.2 L (99,600 galones).
Carga dinámica total	Con base en el análisis de la tubería empleada, así como los accesorios usados se determinan las pérdidas debido a fricción en el sistema y empleando la ecuación de la energía se determina una CDT de 113.025 mca (370.850 ftca).
Motor eléctrico	Con base en los datos de CDT y el gasto demandado se determina que la potencia del motor eléctrico será de 165.911 kW (222.082 hp).
Motor auxiliar	De igual manera a partir de los datos proporcionados por la CDT y el gasto, la potencia del motor de combustión interna estará dada por 145.127 kW (194.322 hp).

La NFPA 20 establece que previo a la selección de un motor Diesel como sistema auxiliar de arranque para el acoplamiento con una bomba para protección contra incendio, se deberán efectuar correcciones por cambio de altitud y temperatura. En el caso de la altitud se deberá realizar una reducción del 3% por cada 91 m (300 ft) por cada 300 m (1,000 ft) sobre el nivel del mar. Para el caso de la

temperatura se efectuará una reducción del 1% por cada 5.6 °C (10°F) por encima de 25 °C (77°F) de temperatura ambiente. Estas correcciones se realizan en la potencia del motor bajo las condiciones de funcionamiento normales que estipula la SAE. Estas modificaciones toman importancia porque hay que recordar que las pruebas realizadas en motores para verificar su desempeño se efectúan bajo condiciones estándar de temperatura y altitud, siendo éstas a nivel del mar y a 25°C, lo anterior sólo proporcionará las condiciones de desempeño para dichas características específicas, sin embargo, para cuando el motor es puesto en marcha en alguna otra locación es necesario efectuar las correcciones que menciona la NFPA 20 a razón de comprobar si a pesar del cambio de altitud y la variación de la temperatura en el recinto donde esté localizado el sistema auxiliar podrá proporcionar la potencia que demanda el equipo de bombeo.⁴

El proyecto previamente descrito tuvo como selección un motor Diesel para el equipo auxiliar de las siguientes características: Motor de Bomba de Incendios Diesel Industrial 3406C Caterpillar, con una potencia mínima de 218 kW (292 BHP) en un régimen de revoluciones que va de 1750 a 2300 rpm, aprobado por FM y listado por UL.

Realizando las correcciones por altura y temperatura, se obtiene los siguientes resultados.

Tabla 3.2 Resumen de las potencias corregidas por altitud y temperatura del motor seleccionado para cubrir los requerimientos solicitados en el Sistema de Protección Contra Incendio.

	Corrección por temperatura	Corrección por altura	Potencia del sistema
Sistema Inglés EUA	288.788 hp	230.388 hp	194.322 hp
Sistema Internacional	215.602 kW	171.13 kW	145.175 kW

Se puede apreciar que para cualquiera de las correcciones efectuadas la selección del motor cumple satisfactoriamente, ya que a pesar de la ubicación donde prestará servicio, que para el caso es bajo las condiciones de la Ciudad de México, las potencias corregidas cubren la potencia requerida por el sistema. Esto cobra sentida importancia en que si a parir de las correcciones efectuadas la potencia corregida es inferior que la que demanda el sistema, será evidente que dicha selección deberá ser modificada para que el motor pueda solventar las alteraciones en él debidas a la temperatura y la altitud.

Este capítulo tiene por objetivo realizar la comparativa de los diferentes paquetes que se pueden adquirir en el mercado para solventar la necesidad de la protección

⁴ Las ecuaciones de corrección por temperatura y altitud se encuentran detalladas en el apartado de Anexos.

contra incendio. Existen diferentes distribuidores que ofrecen ya paquetes armados, y como muestra se compararán dos distribuidores a fin de verificar que es lo que cada uno de ellos ofrece en su paquete contra incendios.

Tabla 3.3 Comparativa entre paquetes para Sistemas de Protección Contra Incendio.

Especificación	Equipo contra incendio Barnes⁵	Equipo contra incendio Aurora-Pentair⁶
Incluye motor	Sí lo incluye. Motor Jhon Deere	No incluye motor
Incluye tablero de control	Sí lo incluye	Sí lo incluye
Certificación UL y FM en tablero	No lo menciona	Sí lo incluye
Bomba jockey	No la incluye	Sí la incluye
Controlador de bomba jockey homologado por UL	No lo incluye	Sí la incluye
Medidores de succión y descarga	No lo incluye	Sí lo incluye
Tuberías aprobadas por NFPA 20	No lo menciona	Sí lo incluye

Como se ha podido apreciar existen en el mercado distribuidores que ofrecen paquetes para la protección contra incendio, no obstante, pocos son los que pueden garantizar que sus productos realmente cubren los requerimientos establecidos por los más altos estándares internacionales ofreciendo seguridad ante todo. Al comparar los paquetes “BARNES” y “AURORA-PENTAIR” es notorio que el segundo distribuidor es más riguroso en cuestión de ofrecer la calidad y seguridad que el cliente se merece, ya que sus productos se encuentran certificados por organismos como UL y FM avalando y garantizando para la función que han sido diseñados. En tanto que el producto ofrecido por un distribuidor nacional se basa en cumplir con los requerimientos básicos para ofrecer un paquete funcional. Por otra parte, a falta de un motor en el paquete ofrecido por “AURORA-PENTAIR”, éste puede ser acoplado a dicho sistema y bajo los lineamientos establecidos para este tipo de motores de carácter especial. Existen distribuidores como Caterpillar, Cummins o Clarke Detroit, los cuales están aprobados tanto por UL como por FM para ofrecer el servicio contra incendio.

La elección de un sistema sobre otro queda a responsabilidad del director de obra, ya que éste es el que evaluará que tanta seguridad quiere brindar en la

⁵ Información recabada de un distribuidor mexicano.

<http://hidroserviciosambientales.com/equipo-contra incendio/eci-motor-john-deere>

⁶ Información recopilada de http://www.aurorapump.com/EngineeredProduct_PackagedFire_PumpSystems.aspx

infraestructura alzada, así como la inversión a realizar en la adquisición de un Sistema de Protección Contra Incendio. Elegir sobre un equipo que sólo cumpla con los requerimientos mínimos de seguridad y operatividad, no es una elección errónea, pero hay que tomar en cuenta que un sistema de dichas características implicará una mayor capacitación del personal así como una mayor cantidad de horas de supervisión a razón de cubrir su mantenimiento tanto predictivo como preventivo evitando llegar a un mantenimiento correctivo, cuestión que se ve notoriamente minimizada al emplear un sistema de mayor robustez, ya que no exige del personal calificado para su supervisión pero notoriamente es menor el número de horas que un operador invertirá en una unidad de tales características.

CAPÍTULO 4. CALIDAD DEL AGUA.

Para que un sistema opere correctamente, cada uno de los elementos que le componen deberá estar en sincronía con sus semejantes a razón de brindar la mejor experiencia de funcionabilidad, fiabilidad y seguridad posibles. Situación similar ocurre con los Sistemas de Protección Contra Incendios. El agua como elemento mitigante en un siniestro debe satisfacer algunas características indispensables para el correcto desempeño de la bomba y los sistemas de enfriamiento del motor, ya que si ésta no cuenta con la calidad idónea, se producirán alteraciones en ambos sistemas, lo cual deviene en una falla sistémica poniendo en riesgo la confiabilidad del equipo y por ende la de los usuarios del recinto en él.

Desde la absorción de sedimentos que generen obstrucción en la línea de succión, en el rotor de la bomba o en los ramales donde se ubican los rociadores, así como un exceso de minerales en el agua provocando incrustaciones dentro de la tubería lo cual advierte una interrupción en el flujo, además de promover la pronta corrosión del metal. La calidad del agua no sólo es importante para un correcto desempeño del equipo de bombeo como ya fue mencionado, el agua también juega un rol importante en el sistema de disipación de calor del motor Diesel.

Este tipo de motores no emplean los sistemas de enfriamiento tradicionales por ventilación forzada ya que generalmente los cuartos de máquinas son recintos cerrados lo que genera una excesiva presencia de calor generando la interferencia en la operación del motor. Para revertir este hecho, usan un intercambiador de calor el cual emplea agua como fluido principal el cual absorbe el calor despedido por el motor. Este intercambiador de calor opera de forma abierta ya que como fue citado en capítulos anteriores no permite la recirculación del agua asegurando la mayor extracción de calor posible. Si la calidad del agua que abastece este sistema de enfriamiento no es la idónea, problemas de obstrucción en líneas de succión en la bomba pueden poner en riesgo el correcto desempeño del motor.

La Ciudad de México dispone de documentación oficial que sirve como base para dar a conocer los lineamientos en construcciones, contemplando diferentes áreas involucradas en la ejecución de una obra. No obstante, la referencia que se hace al rubro del agua para Sistemas de Protección Contra Incendios tiende a ser mesurada. La Norma Técnica Complementaria para el Proyecto Arquitectónico, en su capítulo cuarto, menciona que la capacidad mínima de tanques o cisternas para su uso en combate contra incendios tendrá una proporción de 5 L/m², y donde para tales efectos la capacidad no deberá ser menor de 20000 litros. Si bien tanto el reglamento de ingeniería sanitaria relativo a edificios y el reglamento de construcción del distrito federal hacen mención sobre los Sistemas de Protección Contra Incendios, éstos no mencionan puntualmente las características que debe poseer este vital líquido para brindar un mejor servicio.

Por otra parte, la norma NFPA 20 es más concisa en los requerimientos referentes al tipo de condiciones que debe tener el agua para las prestaciones en este tipo de sistemas. Se menciona que la fuente de agua destinada para tal efecto debe contar con la cantidad, calidad y presión suficientes y donde su aceptabilidad y confiabilidad serán ser avaladas para el futuro. Asimismo, se indica que para el caso de que el agua sea de características corrosivas, las tuberías deberán ser protegidas en su interior a fin de evitar tales efectos. Por otra parte, cuando el agua provenga de pozos o estanques, se deberá evitar que la línea succión o bomba queden propensas a ser obstruidas, razón por la cual se fomenta el uso de filtros que no permitan el paso de material ajeno al líquido.

Si bien la normativa estadounidense tiende a ser más puntual que la nacional en lo que se refiere a las condiciones que se deben cumplir con la calidad y demás agregados del agua para prestar el servicio de protección contra incendio, la importancia que se debe tener hacia el agua va más allá de la cantidad y presión que se puede suministrar al sistema, también cabe mencionar la importancia de su calidad, ya que al cumplir con las normativa vigente o aquella que aplique se podrá asegurar su calidad y así su correcto desempeño en el sistema de bombeo y en del enfriamiento del motor. Ya que de escatimar la calidad del agua se estaría promoviendo una inminente falla en el sistema deviniendo en un problema mayor en el desempeño del mismo.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES.

Como se ha podido apreciar a lo largo de esta investigación los Sistemas de Protección Contra Incendio brindan la seguridad necesaria en una instalación para detectar, controlar y mitigar un siniestro a fin de salvaguardar la vida de los usuarios. Hemos podido corroborar que México cuenta con la reglamentación y normativa necesaria para asegurar los requerimientos mínimos de seguridad para que una instalación sea protegida ante un incendio. No obstante, sea por falta de conceso entre las organizaciones o actualización de la normativa nacional, en

nuestro país no existe un organismo que pueda ser capaz de generar una reglamentación lo suficientemente robusta para sustentar el diseño y gestión de los Sistemas de Protección Contra Incendio y donde éstos brinden la confiabilidad y seguridad que se requiere. Aunque existen reglamentos y normas que cubren los aspectos técnicos y fundamentales involucrados en lo referente a este tipo de sistemas su contenido en esencia no es lo suficientemente técnico ni detallado como lo suelen ser las normas *NFPA*, las cuales por sus características suelen ser empleadas en construcciones que son erigidas por consorcios extranjeros ya que este tipo de empresas protegen sus inversiones con pólizas de seguros de menor costo debido a su bajo nivel de riesgo.

Es así que como puede apreciarse en el estudio de caso, la selección de un Sistema de Protección Contra Incendio bajo las recomendaciones de la *NFPA* suele ser más robusto ofreciendo un nivel de confiabilidad, eficiencia y seguridad ante un posible siniestro. Sin embargo, esto no es indicativo que el sistema elegido y regido por la normativa mexicana no sea capaz de cumplir con el objetivo mínimo que se establece que es ofrecer seguridad al usuario pero debe tomarse en consideración lo que implica dicha elección, un nivel de compromiso alto en la verificación de rutina, de la ejecución de protocolos de operación y registro de bitácoras, así como un mantenimiento continuo para asegurar las correctas condiciones de operación y se minimice una posible falla. Desafortunadamente lo antes mencionado, no es el común denominador de los sistemas instalados en nuestro país, por lo que existe un factor cultural que resta eficacia a las medidas de seguridad impuestas en las normas y reglamentos.

Caso de análisis	Normativa nacional	Normativa NFPA	Observaciones
Problemas con el banco de baterías para el arranque del motor Diesel.	El controlador alarma sobre la problemática con el arranque del motor debido a una baja carga de baterías, con lo cual se realiza un cambio de modo automático a manual, no obstante, debido a que sólo existe un banco de baterías el problema persiste.	El controlador detecta el problema y alarma el tablero. Tras realizar cinco intentos de arranque con el primer banco de baterías, realiza una derivación para operar con el segundo banco de baterías a razón de que el motor pueda arrancar.	La normativa americana establece que los sistemas críticos operen bajo la filosofía n+1. Esto es posible apreciar ya que el sistema cuenta con un doble banco de baterías independiente para asegurar la operación del motor.
Problemas con el	El controlador	Se identifica un	Es notorio que

<p>sistema de arranque del motor Diesel.</p>	<p>detecta que existe un problema crítico con la marcha del motor. Se determina realizar un cambio de operación automático a manual. Sin embargo, al contar sólo con una marcha el motor no podrá arrancar tanto de forma automática o manual debido a la vinculación directa con el controlador.</p>	<p>problema con el sistema de arranque primario, se alarma el tablero y decide realizar una derivación para emplear una segunda marcha independiente para asegurar el arranque del motor. Si por alguna razón el arranque automático no puede efectuarse, siempre es factible desvincular al controlador y permitir un arranque manual.</p>	<p>existe la filosofía n+1 para la marcha del motor, que una vez más es independiente una de otra, minimizando así un riesgo potencial de que no opere el motor. Un tablero normado permite derivar siempre a un sistema manual independiente para dos motores de marcha instaladas en el motor Diesel.</p>
<p>Problemas con bajos niveles de aceite.</p>	<p>El controlador detecta problemas con bajos niveles de aceite y los alarma en el tablero. Si el motor Diesel no es diseñado bajo el concepto para uso de protección contra incendio, el controlador suspenderá el funcionamiento del motor.</p>	<p>El controlador es capaz de identificar la anomalía de la falta de aceite del motor Diesel, alarmara el tablero pero si el motor cuenta con las certificaciones UL y FM aprobado para su uso como equipo auxiliar para protección contra incendio, éste seguirá en operación.</p>	<p>Los motores Diesel diseñados para ofrecer servicios en la protección contra incendios carecen de protecciones contra interrupción de operación por bajos niveles de aceite. El motor funcionará hasta que sea detenido manualmente o llegue a su auto destrucción.</p>
<p>Problemas con altos niveles de temperatura en la camisa del</p>	<p>El controlador enviara una alarma al tablero notificando que</p>	<p>El controlador detectará una señal de alta temperatura en la</p>	<p>Los incrementos de temperatura en la camisa del motor Diesel para</p>

<p>motor Diesel.</p>	<p>hay un incremento crítico en la camisa del motor Diesel, donde si éste no está especificado para uso como sistema auxiliar contra incendio, se detendrá su marcha a razón de protección.</p>	<p>camisa del motor Diesel, alarmando el tablero. No obstante, si el motor cuenta con las certificaciones UL y FM aprobando su uso para protección contra incendio, el motor seguirá en operación.</p>	<p>protección contra incendio no son factor para que éste suspenda su marcha. El motor funcionará hasta que sea detenido manualmente o llegue a su auto destrucción.</p>
<p>Diseño y protección del cuarto de máquinas.</p>	<p>Habitualmente los reglamentos no hacen referencia a la protección que deben tener los muros y techos de los cuartos de máquinas. Generalmente estos cuartos son construidos sin alguna protección contra fuego.</p>	<p>Las normas NFPA indican que los muros y techos deberán ser construidos de material ignífugo o emplear sistemas de supresión dentro del cuarto de máquinas con el fin de evitar incendios dentro del mismo cuarto.</p>	<p>La protección es primordial en el diseño de una red contra incendio, incluso dentro del cuarto de máquinas, ya que es un sitio donde no se quiere que se registre un siniestro.</p>
<p>Reserva de agua para combate contra incendio.</p>	<p>Bajo los lineamientos establecidos por la Norma Técnica Complementaria para el Proyecto Arquitectónico establece que la reserva quedará establecida por un factor de 5 L/m² o una capacidad mínima de 20,000 L</p>	<p>Las normas NFPA establecen que se debe asegurar por lo menos un periodo mínimo de 60 minutos de protección.</p>	<p>Como puede apreciarse la normativa americana establece un tiempo suficiente para asegurar un combate contra incendio o en debido caso pueda contener el desastre suficiente tiempo previo al arribo de los bomberos.</p>

Ante la falta de una cultura de protección civil dentro de nuestra sociedad se están efectuando esfuerzos por solventar estos vacíos con los que se cuenta en la reglamentación mexicana, ya que muchas veces las constructoras prefieren cumplir con los requisitos mínimos en seguridad contra incendio y en situaciones específicas prescinden de dichos sistemas debido a los huecos y mala interpretación de los marcos regulatorios con los que se cuenta. Asimismo, es necesario fomentar realmente una cultura de prevención así como una continua capacitación del personal que esté en contacto de forma directa o indirecta con los Sistemas de Protección Contra Incendio a razón de conocer cómo emplearlo ante una contingencia. Tomemos en cuenta que la seguridad de una persona es un factor que no puede ser negociado ante cualquier circunstancia, razón por la cual es necesario que las reglamentaciones estipuladas por las autoridades competentes tengan que ser más detalladas y estrictas donde se detallen los métodos de capacitación, ejercicios de simulacros así como un serio compromiso con el fomento de una cultura de la prevención, ya que la seguridad es primero.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS Y BIBLIOGRÁFICAS.

[1] <http://www.nfpajla.org/columnas/perspectiva-regional/440-la-importancia-de-la-educacion-en-proteccion-contraincendios-en-america-latina>

[2] <http://www.nfpajla.org/columnas/punto-de-vista/376-documentacion-y-estadisticas-de-incendios>

[3] <https://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/metrologia-y-normalizacion/1-1-definicion-y-concepto-de-normalizacion/>

[4] [https://www.asme.org/wwwasmeorg/media/ResourceFiles/AboutASME/Who%20We%20Are/Standards_and_Certification/SCstudentBR_aug15r3-\(002\).pdf](https://www.asme.org/wwwasmeorg/media/ResourceFiles/AboutASME/Who%20We%20Are/Standards_and_Certification/SCstudentBR_aug15r3-(002).pdf)

[5] <https://www.isotools.org/2015/03/19/que-son-las-normas-iso-y-cual-es-su-finalidad/>

[6] <http://www.2006-2012.economia.gob.mx/conoce-la-se/atencion-ciudadana/procesos-administrativos/dgn>

[7] NOM-002-STPS-2010 Condiciones de Seguridad-Prevención y Protección Contra Incendios en los Centros de Trabajo

[8] Norma Técnica Complementaria para el Proyecto Arquitectónico, 2011

[9] Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, 2004

[10] NFPA-20 Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection, 2007 Edition

[11] NFPA-37 Standard for the Installation and Use of Stationary Combustion Engines and Gas Turbines, 2006 Edition

[12] Augustine E. Costello. Our Firemen. A History of the New York Fire Departments. Volunteer and Paid. Knickerbocker press. New York, 1887

[13] Renaud Lieberherr. Le Feu Domestique. Usage et Practiques dans l'Architecture Mondiale. UNESCO, 2006

[14] <https://listas.20minutos.es/lista/los-incendios-mas-famosos-y-devastadores-de-la-historia-91844/>

[15] http://www.nationalgeographic.com.es/historia/grandes-reportajes/la-biblioteca-de-alejandria_8593/2

[16] http://www.nationalgeographic.com.es/historia/grandes-reportajes/neron-y-el-incendio-de-roma_6822

[17] <https://www.muyhistoria.es/curiosidades/preguntas-respuestas/que-provoco-el-gran-incendio-de-chicago-de-1871-661481103789>

- [18] <https://incendiosantander.com/>
- [19] <http://www.bbc.com/mundo/noticias-36920608>
- [20] <https://es.noticias.yahoo.com/blogs/cuaderno-historias/el-peor-y-m%C3%A1s-devastador-incendio-en-la-123039851.html>
- [21] <https://www.britannica.com/event/Boston-fire-of-1872>
- [22] http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/international/newsid_4918000/4918564.stm
- [23] <http://edicionesparabellum.com/2016/11/28/la-explasion-de-halifax-una-de-las-mayores-de-la-historia/>
- [24] https://historiaybiografias.com/terremoto_tokio/
- [25] https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1029075
- [26] <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-123933>
- [27] <http://www.abc.es/catalunya/barcelona/20140131/abci-incendio-liceu-decadas-catastrofe-201401302101.html>
- [28] <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-492245>
- [29] https://elpais.com/diario/1996/03/19/internacional/827190006_850215.html
- [30] <http://www.elmundo.es/elmundo/2005/02/13/madrid/1108251211.html>
- [31] http://www.abc.es/hemeroteca/historico-25-08-2006/abc/Internacional/un-incendio-causea-enormes-da%C3%B1os-a-la-catedral-de-san-petersburgo_1423020294910.html
- [32] <https://es.reuters.com/article/entertainmentNews/idESMAE51905A20090210>
- [33] <http://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-40282384>
- [34] <http://www.eluniversal.com.mx/metropoli/edomex/san-juanico-33-anos-de-la-tragedia-todavia-huele-gas>
- [35] <http://www.proceso.com.mx/239392/la-explasion-en-guadalajara>
- [36] <http://amqueretaro.com/el-pais/mexico/2016/09/26/celaya-a-17-anos-de-las-tragicas-explusiones-del-domingo-negro-de-1999>
- [37] <http://www.jornada.unam.mx/2000/10/21/lobo.html>
- [38] <https://expansion.mx/nacional/2011/06/05/el-abc-de-la-tragedia-en-sonora>
- [39] <http://www.excelsior.com.mx/2011/08/26/nacional/763911>

- [40] <https://aristeguinoicias.com/3101/mexico/15-muertos-y-100-heridos-saldo-por-explosion-en-torre-de-pemex/>
- [41] http://www.bbc.com/mundo/ultimas_noticias/2013/02/130227_ultnot_mexico_incendio_am.shtml?print=1
- [42] http://www.elperiodicodearagon.com/noticias/internacional/explosion-camion-cisterna-autopista-mexico-causa-22-muertos_852498.html
- [43] <https://expansion.mx/nacional/2013/05/07/explosion-pipa-gas-ecatepec-estado-de-mexico>
- [44] <http://www.excelsior.com.mx/comunidad/2015/01/30/1005579>
- [45] <http://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-38374446>
- [46] Orville Adams. Motores Diesel. Séptima edición. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, 1980
- [47] Jeffrey Rissman and Hallie Kennan. Advanced Diesel Internal Combustion Engines. Case Studies on the Government's Role in Energy Technology Innovation. American Energy Council
- [48] E. Molly. Manual del Motor Diesel. Instalación, funcionamiento y mantenimiento. Tercera edición. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, 1977
- [49] José M. Lafora. Motores Diesel. Segunda edición. Editorial Blume. Madrid, 1973
- [50] Klaus Mollenhauer, Helmut Tschoeke. Handbook of Diesel Engines. Springer-Verlag. Berlin, 2010
- [51] Edward F. Obert. Motores de Combustión Interna. Análisis y Aplicaciones. Vigésimo primera edición. Compañía Editorial Continental. México, 1995
- [52] DDFP Series Engines for Fire Pump Applications. Operation and Maintenance Instructions Manual
- [53] <http://blog.aguasintegrales.com/2017/03/20/tier-3-un-estandar-ambiental-para-motores-de-combustion-estacionarios/>
- [54] <https://www.dieselnet.com/standards/us/nonroad.php>

ANEXOS.

1) Tipos de riesgo.⁷

- A. **Predios de Riesgo Ligero.** Son aquellos donde la cantidad de combustible presente se puede considerar como bajo y donde de presentarse un incendio se considera que la temperatura alcanzada será baja.
- B. **Predios de Riesgo Ordinario (Grupo I).** Se considera así aquellos donde la combustibilidad es baja y la cantidad de combustible es moderada. El almacenamiento vertical no deberá exceder los 2.40 metros. Los incendios son con moderada radiación de calor.
- C. **Predios de Riesgo Ordinario (Grupo II).** En este tipo de recintos el contenido combustible y la combustibilidad es moderada. El almacenamiento vertical no deberá mayor a 3.70 metros. La radiación que emite el fuego será moderada.
- D. **Predios de Riesgo Ordinario (Grupo III).** Son todos aquellos donde la combustibilidad y el contenido de combustible es alta, donde se espera tener incendios con alta radiación de calor.
- E. **Predios de Riesgos Extraordinarios.** Para este tipo de predios se considera que la combustibilidad y la cantidad de combustible es alta. Básicamente toda aquella instalación donde se pueda encontrar líquidos inflamables, polvos, pelusa y cualquier otro material que fomente una rápida propagación de un incendio con una alta radiación de calor.

2) Correcciones por altitud y temperatura a la potencia del motor.

$$P_A = \left(\frac{asn m - 91 m}{300 m} \right) (0.03) \text{ Corrección por altura S.I.}$$

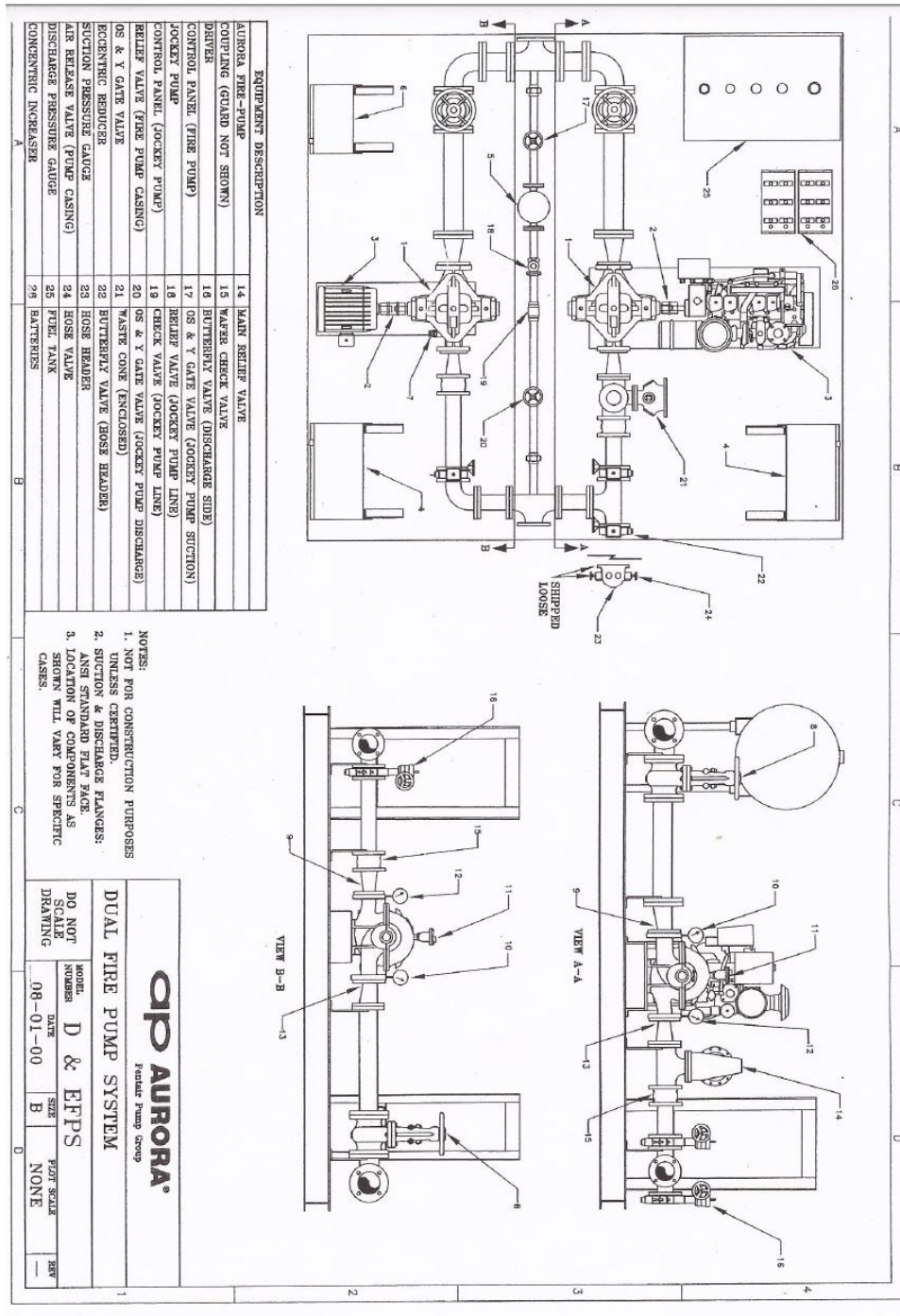
$$P_A = \left(\frac{asn m - 300 ft}{1000 ft} \right) (0.03) \text{ Corrección por altura Sistema Inglés}$$

$$P_T = \left(\frac{T_{amb} - 25^\circ C}{5.6^\circ C} \right) (0.01) \text{ Corrección por temperatura S.I.}$$

$$P_T = \left(\frac{T_{amb} - 77^\circ F}{10^\circ F} \right) (0.01) \text{ Corrección por temperatura Sistema Inglés}$$

⁷ Texto extraído del libro "Protección Contra Incendio" de Carlos Farias de la Garza. Publicaciones AMERIC, 1982

3) Disposición del motor eléctrico, auxiliar y del sistema de bombeo en un cuarto de máquinas.⁸



⁸ Clark Fire Pump Drivers. Agradecimiento especial por la imagen compartida por el M.I. Guillermo Sánchez Lievano