

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA- ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



**“DISEÑO HIDRÁULICO DE UN SISTEMA
DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO
PARA EL PATIO DE TANQUES DE
ALMACENAMIENTO DE DIÉSEL B5 –
UNIDAD MINERA TOQUEPALA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN ENERGÍA**

LESLY EDITH MENDOZA BRUNO

Callao, Setiembre, 2014

PERÚ

Id. Pubi. 15794

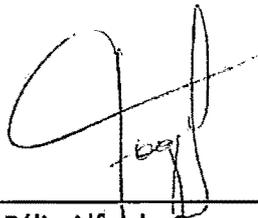
Id. Exemplar: 38809

INFORME

El Presidente del Jurado Evaluador del I ciclo de tesis, informa que la sustentación de la tesis titulada: **“DISEÑO HIDRÁULICO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO PARA EL PATIO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIÉSEL B5 – UNIDAD MINERA TOQUEPALA”**, presentado por el bachiller **MENDOZA BRUNO, Lesly Edith**, realizado el día 22 de setiembre del 2014; el mismo que fue aprobado como consta en el acta correspondiente.

Se emite el presente informe para los fines pertinentes.

Bellavista, 29 de setiembre del 2014



Mg. Félix Alfredo Guerrero Roldan
Presidente del Jurado Evaluador
I ciclo de tesis

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA - ENERGÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Auditorio "AUSBERTO ROJAS SALDAÑA", sito en la Av. Juan Pablo II N° 306 del distrito de Bellavista-Callao, siendo las 4:00:00 PM horas del día lunes 22 de setiembre del 2014, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador del I Ciclo de Tesis (TITULACIÓN POR LA MODALIDAD DE TESIS CON CICLO DE TESIS) de la Facultad de Ingeniería Mecánica - Energía de la Universidad Nacional del Callao

Presidente : Mg. FÉLIX ALFREDO GUERRERO ROLDÁN
Secretario : Dr. JOSÉ HUGO TEZÉN CAMPOS
Vocal : Ing. HÉCTOR ALBERTO PAZ LÓPEZ
Suplente : Ing. MARTÍN TORIBIO SIHUAY FERNÁNDEZ

Designados por Resolución de Consejo de Facultad N° 069-2014-CF-FIME de fecha 10.07.14, a fin de proceder al acto de evaluación de la tesis titulada "DISEÑO HIDRÁULICO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO PARA EL PATIO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIÉSEL B5 - UNIDAD MINERA TOQUEPALA" presentada por el Señor Bachiller MENDOZA BRUNO, Lesly Edith.

Contando con la presencia del Supervisor General, Dr. JOSÉ RAMON CACERES PAREDES, Vicerrector de Investigación de la Universidad Nacional del Callao; Supervisor de la Facultad, Dr. Isaac Pablo Patrón Yturry, Decano de la Facultad de Ingeniería Mecánica-Energía; y, el Representante de la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Mecánica-Energía, Ing. JUAN GUILLERMO MANCCO PEREZ.

A continuación, se dio inicio a la sustentación de la Tesis de acuerdo a lo normado por el Capítulo X (numerales 10.1 al 10.4) de la "Directiva para la Titulación Profesional por la Modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis en la Universidad Nacional del Callao", aprobada por Resolución Rectoral N° 754-2013-R, de fecha 21 de agosto del 2013, modificada por la Resolución Rectoral N° 777-2013-R de fecha 29 de agosto del 2013, la resolución Rectoral N° 281-2014-R del 14 de abril del 2014 con la que se modifica el artículo 4.5 del capítulo IV de la organización del ciclo de tesis de la directiva N° 012-2013-R así como también de acuerdo a lo normado, en la parte pertinente, por el Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 082-2011-CU de fecha 29 de abril del 2011.

Culminado el acto de exposición, los señores miembros del Jurado Evaluador procedieron a formular las preguntas al indicado Bachiller, las mismas que fueron absueltas satisfactoriamente.

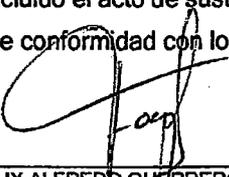
Luego de un cuarto intermedio, para la deliberación en privado del Jurado respecto a la evaluación de la tesis, se ACORDÓ: CALIFICAR la tesis sustentada por el Señor Bachiller MENDOZA BRUNO, Lesly Edith, para optar el Título Profesional de Ingeniero en Energía por la modalidad de tesis con Ciclo de Tesis, según la puntuación cuantitativa y cualitativa que a continuación se indica:

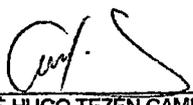
CALIFICACIÓN CUANTITATIVA	CALIFICACIÓN CUALITATIVA
14.25 (CATORCE PUNTO VEINTICINCO)	BUENO

Finalmente, se procedió a leer en público el acta de sustentación.

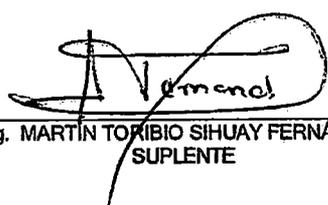
Siendo las 4:35:00 PM horas del día lunes 22 de setiembre del dos mil catorce, el señor Presidente del Jurado dio por concluido el acto de sustentación de tesis.

En señal de conformidad con lo actuado, se levanta la presente Acta.


Mg. FÉLIX ALFREDO GUERRERO ROLDÁN
PRESIDENTE


Dr. JOSÉ HUGO TEZÉN CAMPOS
SECRETARIO


Ing. HÉCTOR ALBERTO PAZ LÓPEZ
VOCAL


Ing. MARTÍN TORIBIO SIHUAY FERNÁNDEZ
SUPLENTE

DEDICATORIA

A esas personas importantes en mi vida que siempre estuvieron listas para brindarme su ayuda, ahora me toca regresar un poquito de todo lo inmenso que me han otorgado. Con todo mi cariño esta tesis se las dedico a ustedes:

Mi familia.

AGRADECIMIENTO

Al finalizar este trabajo tan arduo y lleno de dificultades, es inevitable pensar que la mayor parte del mérito es propio. Sin embargo, tengo que reconocer que este aporte hubiese sido imposible sin la participación de personas que han facilitado las cosas para que este trabajo llegue a un feliz término.

Gracias por apoyarme y por motivar mis días:

Compañeros
Profesores

ÍNDICE

ÍNDICE.....	1
ÍNDICE DE FIGURAS.....	4
ÍNDICE DE TABLAS	5
RESUMEN.....	7
ABSTRACT	8
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
1.1.-Identificación del Problema:	9
1.2.- Formulación del Problema.....	10
1.2.1.- Problema General.....	10
1.2.2.- Problemas Específicos.....	10
1.3.- Objetivos de la Investigación.....	11
1.3.1.- Objetivo General	11
1.3.2.- Objetivos Específicos.....	11
1.4-Justificación.....	12
1.5.- Importancia.....	13
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	14
2.1.- Antecedentes del Estudio.....	14
2.2.- Marco Conceptual	16
2.2.1.- Definiciones.....	16
2.2.2.- Protección Contra Incendio Incendio	21

2.3.- Normatividad	37
CAPITULO III: VARIABLES E HIPÓTESIS	39
3.1.- Variables de la Investigación	39
3.2.- Operacionalización de las Variables.....	39
3.3.- Hipótesis.....	41
3.3.1.- Hipótesis General.....	41
3.3.2.- Hipótesis Específicas	41
CAPITULO IV: METODOLOGÍA.....	42
4.1.- Tipo de Investigación.....	42
4.2.- Diseño de la Investigación.....	42
4.2.1.- Parámetros Básicos de Investigación	42
4.2.3.- Detalles de la Investigación.....	42
4.3.- Población y Muestra	55
4.4.- Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	56
4.5.- Procedimiento de recolección de datos	56
4.6.- Procesamiento estadístico y análisis de datos	63
CAPITULO V: RESULTADOS	64
CAPITULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	78
6.1.- Contrastación de hipótesis con los resultados	78
6.2.- Contrastación de hipótesis con los resultados	80
CAPITULO VII: CONCLUSIONES	81
CAPITULO VIII: RECOMENDACIONES	82

CAPITULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
ANEXOS.....	87
Anexo 1: Matriz de Consistencia	88
Anexo 2: Estudio de Riesgos de Incendio y Explosión.....	89
Anexo 3: Grafico de las Curvas de Performance de la Bomba Contra Incendio.....	107
Anexo 4: Hoja de Datos de Motobomba Contra Incendio.....	108
Anexo 5: Hoja de Datos de Electrobomba Jockey.....	109
Anexo 6: Hoja de Datos de Gabinete Contra Incendio Clase III.....	110
Anexo 7: Tabla de Tubos ASTM A-53 Grados A Y B sin Costura.	112
Anexo 9: Arreglo General	119

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 2. 1: SKID CONTRA INCENDIO.....	31
FIGURA N° 4. 1: ESQUEMA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.....	45
FIGURA N° 4. 2: VARIABLES DE COBERTURA DE ROCIADO.....	46
FIGURA N° 4. 3: DISTANCIA AXIAL DE ASPERSOR A SUPERFICIE DE TANQUE.....	47
FIGURA N° 4. 4: PERFILES DE ROCIADO DE DISEÑO (TODOS LOS FACTORES K).....	48
FIGURA N° 4. 5: COEFICIENTES K DE BOQUILLA - ÁNGULOS DEFLECTORES	50
FIGURA N° 4. 6: CARTA DE EQUIVALENCIAS DE LONGITUDES DE TUBERÍA	52
FIGURA N° 5. 1: UBICACIÓN Y PERFIL DE ROCIADO DE ASPERSORES.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 3. 1: OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	
.....	40
TABLA N° 4. 1: VALORES C PARA TUBERÍA, FORMULA HAZEN - WILLIAMS (TABLA 8.5.3.10 - NFPA 15).....	
.....	51
TABLA N° 4. 2: TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	56
TABLA N° 4. 3: PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA AGUA ESPUMA.....	59
TABLA N° 4. 4: DIMENSIONES DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO	62
TABLA N° 4. 5: DIMENSIONES ENTRE TANQUES DE ALMACENAMIENTO	62
TABLA N° 4. 6: CONDICIONES GEOGRÁFICAS	63
TABLA N° 5. 1: PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA AGUA – ESPUMA.....	64
TABLA N° 5. 1: CANTIDAD DE ASPERSORES POR TOROIDE DE ENFRIAMIENTO.....	66
TABLA N° 5. 2: PARÁMETROS BÁSICOS DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.....	67
TABLA N° 5. 3: TABULACIÓN DE FACTOR DE BOQUILLA (K).....	67

TABLA N° 5. 4: PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.....	68
TABLA N° 5. 5: PARAMETROS DE OPERACIÓN DE LOS GABINETES CLASE II.....	68
TABLA N° 5. 6: PÉRDIDAS DE PRESIONES EN EL RAMAL 7.1-7.....	69
TABLA N° 5. 7: PÉRDIDAS DE PRESIONES EN LOS RAMALES 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6	70
TABLA N° 5. 8: PÉRDIDAS DE PRESIONES EN ANILLO PRINCIPAL 6-7, 7-8.....	720
TABLA N° 5. 9: PÉRDIDAS DE PRESIONES EN TUBERÍA PRINCIPAL 8-9, 9-10.....	732
TABLA N° 5. 10: PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DE BOMBA CONTRA.....	743
TABLA N° 5. 11: PARÁMETROS DE LA BOMBA CONTRA INCENDIO.	74
TABLA N° 5. 12: PARÁMETROS ATMOSFÉRICOS	75
TABLA N° 5. 13: PERDIDAS EN LA LÍNEA DE SUCCIÓN DE LA BOMBA	75
TABLA N° 5. 14: PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DE BOMBA JOCKEY.....	776
TABLA N° 5. 15 PARÁMETROS DE LA BOMBA JOCKEY	77

RESUMEN

La Zona Pase T1, de la Mina Toquepala, administrada por Southern Perú Cooper Corporation - SPCC, cuenta con 03 tanques de almacenamiento de combustible (Diésel B5-S50), debido al incremento en la demanda de combustible, se han visto en la necesidad de ampliar la capacidad de almacenamiento, para lo cual se ha construido 02 tanques de 200 000 galones cada uno en el nuevo patio de tanques de almacenamiento, los cuales tendrán un sistema de protección contra incendio independiente.

Esta tesis propone el diseño hidráulico de un Sistema de Protección Contra Incendio adecuado para atender los escenarios de incendio posibles de ocurrir en el nuevo patio de tanques de almacenamiento y así proporcionar un nivel razonable de protección a la vida, a las instalaciones y al medio ambiente, dicho sistema de protección contra incendio está constituido por los siguientes sistemas:

- Sistema de Enfriamiento por Aspersores y Gabinetes Contra Incendio
- Sistema Agua / Espuma
- Sistema de Bombeo

El diseño está basado y además orientado al cumplimiento de la reglamentación nacional DS 052-93-EM: "Reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos" y de las normativas internacionales reconocidas como la NFPA, con el fin de garantizar las medidas de protección requerida para dichas instalaciones.

ABSTRACT

Zone Pase T1, of the Mine Toquepala, administered by Southern Peru Cooper Corporation – SPCC, has 03 fuel storage tanks (Diesel B5-S50), due to the increased demand for fuel, has been seen in the need to expand the storage capacity, so that has been built 02 tanks of 200 000 gallons each one in the new storage tanks courtyard, which will have a independent fire protection system.

This thesis proposes the hydraulic design of an appropriate Fire Protection System to attend to the fire scene that may occur in the new storage tanks courtyard and this way provide a reasonable level of protection to the life, to the facilities and to the environment, the mentioned fire protection system is constituted by the following systems:

- Cooling System by Sprinklers and Fire Cabinets
- Water / Foam System
- Pumping System

The design is based and also the compliance-oriented national regulations DS 052-93-EM: “Reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos” and of the recognized international regulations like the NFPA, in order to ensure the protective measures required for these facilities.

CAPITULO I:

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.-Identificación del Problema:

El problema surge debido a la situación por la que pasa el sector Minero en el Perú, el aumento de la demanda de minerales conlleva a un aumento en la producción de las plantas mineras, por consiguiente el incremento del consumo energético.

En la actualidad la Zona Pase T1, ubicada en las instalaciones de la Mina Toquepala, administrada por Southern Perú Cooper Corporation - SPCC, se encuentra operando, de modo tal que cuenta con 03 tanques de almacenamiento de combustible (Diésel B5-S50) de 166 500, 167 000 y 200 000 galones de capacidad, que sirven para alimentar al Grifo #1.

En la producción de la planta minera de la Zona Pase T1, la cantidad de consumo de combustible para el transporte de mineral y demás procesos va aumentando, como consecuencia del incremento en la demanda de combustible que cuenta el Grifo #1, se ha ampliado la capacidad de almacenamiento, para lo cual se ha instalado 02 tanques nuevos de 200 000 galones, los cuales se dispondrán para el almacenamiento de Diésel B5-S50, de esa manera se podrá tener un flujo de mineral constante en el proceso de la planta.

Esta implementación genera riesgos potenciales y significativos de incendio determinado fundamentalmente por la cantidad de combustible almacenado en los tanques, las que pueden generarse debido a las condiciones de trabajo cerca del área, fenómenos naturales, rayos, etc; la cantidad de registros de los últimos años, de incendios de grandes proporciones en tanques de almacenamiento de combustibles en plantas de hidrocarburos son la prueba de la existencia de estos riesgos, por lo cual surge la necesidad de proveer una protección capaz de mitigar y prevenir la ocurrencia de estos.

1.2.- Formulación del Problema

1.2.1.- Problema General

¿Cómo determinar un Sistema de Protección Contra Incendio que permita obtener un Patio de Tanques de Almacenamiento de Diésel B5-S50 seguro en la Unidad Minera Toquepala?

1.2.2.- Problemas Específicos

- ¿Cómo diseñar un sistema de aplicación de espuma confiable y que permita extinguir un incendio en el patio de tanques?
- ¿Cómo diseñar un sistema de enfriamiento para la superficie expuesta del tanque de almacenamiento sometido al flujo de radiación térmica emitido por un incendio del tanque adyacente?

- ¿Cómo garantizar los requerimientos mínimos de presión y caudal del sistema de protección contra incendio?

1.3.- Objetivos de la Investigación

1.3.1.- Objetivo General

Diseñar un Sistema de Protección Contra Incendio sustentado en un adecuado Cálculo Hidráulico que permita obtener el Patio de Tanques de Almacenamiento de Diésel B5-S50 seguro en la Unidad Minera Toquepala.

1.3.2.- Objetivos Específicos

- Realizar el cálculo de la dotación de espuma requerida para extinguir un incendio en el patio de tanques de almacenamiento.
- Realizar un cálculo hidráulico de la red de gabinetes Clase III y del sistema de aspersores para el enfriamiento de los tanques de almacenamiento.
- Seleccionar el sistema de bombeo capaz de cumplir los requerimientos mínimos de presión y caudal del sistema de protección contra incendio.

1.4-Justificación

Aporte Teórico

La Ingeniería aplicada en esta investigación contribuyó en los lineamientos del diseño y selección de sistemas para la mitigación y extinción de Incendios, aportando los diseños de los diferentes subsistemas que componen un sistema de protección contra incendio integrado para una determinada instalación; estos diseños están basados y cumplen las normas y reglamentos nacionales e internacionales aplicables. Por lo que se justifica que el diseño e instalación nos otorgue un grado de confiabilidad y seguridad aceptable.

Aporte Legal

En los D.S.-052-093-EM "Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos y sus posteriores modificatorias" y D.S.-043-2007-EM "Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburo" nos indica que debemos de establecer un sistema contra incendio. Para ello se establece un conjunto de acciones que permitirán reducir la frecuencia o eliminar el impacto de las consecuencias de los riesgos considerados para dar respuesta a lo identificado en el Estudio de Riesgo.

Aporte Metodológico

La ingeniería aplicada para el desarrollo de la memoria de cálculo del sistema contra incendio (sistema de tuberías, sistema de bombeo, etc.),

utiliza lineamientos de cálculos recomendados por la NFPA, dichas pautas son reglamentadas para su uso en los diferentes reglamentos nacionales y normas internacionales.

1.5.- Importancia

En los sectores de almacenamiento de combustible, tanto en el Perú como en el mundo, el riesgo involucrado está clasificado dentro de un nivel de riesgo alto, esto debido a la capacidad de combustible que se almacena y a los daños que son capaces de producir un incendio en este tipo de escenarios. La necesidad de un Sistema de Protección Contra Incendio en este tipo de instalaciones es una prioridad no solo para los interesados en la producción dentro del sector minero, sino también para el país directamente, debido a los registros de incendio y explosiones a nivel mundial, además de los costos de recuperación y del daño social que este tipo de acontecimiento generan, por ello lo exigen y resguardan las normativas nacionales e internacionales.

CAPITULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1.- Antecedentes del Estudio

- Informe por Experiencia Laboral, Titulado: **“Ampliación del Sistema Contra Incendio de una Planta Envasadora de GLP”**, presentado por el Bachiller Horacio Nelson Astete Wesche, en el año 2013. Se encuentra en la Biblioteca Especializada UNAC – FIME.

Al respecto, debo rescatar dicho informe técnico ya que sirve de referencia para el desarrollo de la tesis porque nos brinda información general y lineamientos para la realización de los cálculos y selección de los equipos del Sistema de Protección Contra Incendio, además de permitir una mayor profundización en el desarrollo del estudio para el diseño de un adecuado Sistema Contra Incendio para las instalaciones de la Unidad Minera Toquepala.

- Tesis de Grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, Titulado: **“Diseño de un Sistema Contra Incendio para Tanques de Almacenamiento de Diésel para la Empresa Termopichincha Central Santa Rosa.”**, presentado por el Bachiller Christian Wladimir Albán Aráuz, en el año 2006. Se encuentra en la página web de la Escuela Politécnica del Ejército de Sangolquí.

La tesis en mención me sirve de orientación para el desarrollo de los cálculos hidráulicos de la red de agua, ya que la aplicación es dirigida a tanques de almacenamiento de combustible Diésel, además me permite identificar los lineamientos aplicados, antes de los cambios que en los últimos años ha sufrido la norma que rige todos los líquidos combustibles, la norma NFPA 30 – Código de Líquidos Inflamables y Combustibles, de modo comparativo para una aplicación precisa de la misma y actualización del Sistema Contra Incendio.

- Tesis de Grado previo a la obtención del Título de Ingeniero en Petróleos, Titulado: **“Actualización del Sistema Contra Incendio de la Estación de Producción Shushufindi Central De Petroproducción.”**, presentado por los Bachilleres Johana Jackeline Carrión Porras y Alex Omar Piruch Tsawant, en el año 2009. Se encuentra en la página web de la Escuela Politécnica Nacional de Quito.

Al respecto, la tesis en mención sirve de referencia para identificar los riesgos presentes en las áreas de almacenamiento de combustible y de esta manera clasificarlos en sus niveles, también me permite seleccionar algunas recomendaciones de acuerdo al riesgo para minimizarlos y mitigarlos, y de esta manera asegurar la efectividad del Sistema a diseñar.

2.2.- Marco Conceptual

2.2.1.- Definiciones

- **Altura Neta de Succión:** es la presión de líquido en la succión en metros menos la presión de vapor de líquido (absoluto) en un sistema para bombeo de fluido.
- **Altura Dinámica Total:** es la diferencia de la presión de descarga y la presión de succión en un sistema para bombeo de fluido.
- **Aspersor:** dispositivo mecánico que transforma un flujo de agua presurizado en un conjunto aleatorio de gotas para fines de riego o enfriamiento en una superficie definida..
- **Bomba Centrífuga:** bomba en donde la presión es desarrollada principalmente por la fuerza centrífuga, ideal para ser usada donde se requieran un gran caudal de agua.
- **Bomba Contra incendio:** una bomba que provee el flujo a una presión, dedicada a la protección contra incendio.
- **Bomba Jockey:** una bomba auxiliar de caudal pequeño diseñada para mantener la presión del sistema y evitar que la bomba principal arranque debido a pequeñas fugas o demandas a lo largo de la red.

- **Consumidor Directo de Combustibles Líquidos:** Persona jurídica o natural que adquiere en el país o importa combustibles para uso propio y exclusivo en sus actividades. Cuenta con instalaciones adecuadas para recibir y almacenar los referidos productos, para ser considerado Consumidor Directo la persona debe operar con capacidad mínima de 1m³ (264,17 gl). Los Consumidores Directos se encuentran prohibidos de suministrar combustibles y otros productos derivados de hidrocarburos a terceros, excepto cuando sus instalaciones se encuentren ubicadas en zonas alejadas o zonas donde no exista los establecimientos de venta al público.

- **Densidad (ρ):** magnitud que referencia la masa en una unidad de volumen de una sustancia.

Sus unidades son UTM/m³ y Kg/m³.

- **Fluido:** sustancia que se deforma continuamente debido a que sus moléculas presentan gran movilidad y una fuerza de atracción débil.
- **Incendio:** ocurrencia de fuego no controlada.
- **Peso específico (γ):** relación entre el peso de una sustancia por unidad de volumen. El peso específico cambia con la situación, dependiendo de la gravedad (g).

- **Pool Fire:** difusión turbulenta de fuego ardiente sobre una piscina horizontal de combustible consecuencia de un derrame, fuga o escape de líquido inflamable. El incendio también puede tener lugar en el interior de un tanque de almacenamiento.
- **Presión (P):** magnitud física que es determinada por la proyección de la fuerza en un área definida.

La presión tiene unidades de fuerza por unidad de área como: Kg/cm², Kg/m², pies, m, lbs. /pulg².

- **Sistema de Bombeo Contra Incendio:** donde se ubican la bomba contra incendio, la bomba mantenedora de presión y los accesorios requeridos para su funcionamiento, establecido por la norma NFPA 20, la cual exige que los equipos y accesorios que lo componen deberán listados UL o aprobados por FM. Los equipos al tener la aceptación UL o FM poseen las dimensiones, materiales y pruebas que exige la norma mencionada.
- **Situación Riesgosa¹:** Aquella que puede derivar en una explosión o un súbito incremento de un fuego como: inadecuadas ventilaciones en espacios confinados, falta de drenajes o de diques para el control de derrames, falta de ventilación de emergencia en tanques de almacenamiento.

¹ Ministerio de Energía y Minas. DS 052-93-EM Reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos. Pag. 53. 1993. Lima.

- **Skid Contra Incendio:** es un sistema paquetizado que comprende bombas totalmente equipadas y sus motores montados en base común con todos los accesorios y los equipos totalmente armados y probados. Tienen un excelente desempeño, son aptas para uso en diferentes condiciones, confiables y duraderas. Es una moderna opción para el ahorro de los recursos en la instalación.
- **Tanque Atmosférico:** depósito diseñado para almacenar o procesar fluidos líquidos, generalmente a presión atmosférica o presión internas relativamente bajas (máximo 13 psia).
- **Tanques Cilíndricos Verticales de Fondo Plano:** nos permiten almacenar grandes cantidades volumétricas con un costo bajo. Con la limitante que solo se pueden usar a presión atmosférica o Presiones internas relativamente pequeñas. Estos tipos de tanques se clasifican en: Tanques de Techo fijo pueden ser con techo cónico o domo, soportados o autosoportados, Tanques de Techo flotante pueden ser de cubierta simple con pontones, doble cubierta con pontones y techo flotante interno, Tanques Sin techo. Con estándares de construcción como API 650, API 620 o AWWA D-100.
- **Tanque Cilíndricos Atmosférico de Techo Fijo:** pueden tener techo autosoportado o por columnas, la superficie del techo puede tener forma de domo o cono. El tanque opera con un espacio para

los vapores, el cual cambia cuando varía el nivel de los líquidos. Ventilaciones en el techo permiten la emisión de vapores y que el interior se mantenga aproximadamente a la presión atmosférica pero produciéndose pérdidas de respiración. Los tanques de techo fijo son usados para almacenar líquido en los cuales los tanques de techo flotante no son exigidos.

- **Tanque Cilíndricos Atmosférico de Techo Flotante:** son aquellos en que el techo flota sobre la superficie del líquido, eliminándose el espacio para los vapores generados por las propiedades del fluido. Los principales tipos de techo flotante son: techos de cubierta simple con pontones, techos de cubierta doble con pontones, y techos flotantes internos que a su vez puede diferenciarse en techos flotantes internos rígidos y en sabanas flotantes.
- **Volumen específico (V_s):** es el inverso de la densidad, es decir el volumen que ocupa por unidad de masa.

2.2.2.- Protección Contra Incendio Incendio

Un incendio es en realidad el calor y la luz (llamas) que se produce cuando un material se quema o pasa por el proceso de combustión.

Entre los tipos de incendio se tiene:

- Incendio Tipo A²: Son los que se producen con materiales ordinarios como madera, papel, algodón, caucho y ciertos plásticos.
- Incendio Tipo B³: Son los que se producen con líquidos inflamables, líquidos combustibles, derivados del petróleo, grasas, alquitrán, aceites, pinturas (diluidas en aceite), solventes, lacas, alcohol y gases inflamables.

Es necesario diferenciar los líquidos inflamables de los combustibles, la norma NFPA 30 – “Código De Líquidos Inflamables y Combustibles” los define de la siguiente manera:

- Líquidos Inflamables⁴: Son los que tienen punto de inflamación inferior a 37.8°C, con una presión absoluta de vapor inferior a 276 kPa (40 psi) pudiendo ser Clase I, IA, IB, IC. Por ejemplo se puede mencionar el eter etílico, etanol (alcohol), éter butílicico, dicloroetano, gasoil,

² NFPA1 Capítulo 2-1.23. 2000. Massachusetts.

³ NFPA1 Capítulo 2-1.24. 2000. Massachusetts.

⁴ NFPA 30 Capítulo 3 – 3.3.33.2. 2012. Massachusetts.

gasolinas, hexano, isopreno, alcohol isopropilo, alquitran líquido, estireno.

- Líquidos combustibles⁵: Son los que tienen punto de inflamación superior a 37.8°C, pudiendo ser Clase II, IIA, IIB. Por ejemplo se puede mencionar aceite de algodón refinado, leftalato de dibutilo, aceite de lino, aceite de parafina, retinol, kerosen, diésel.
- Incendio Tipo C⁶: Son aquellos en los cuales se generan con energía eléctrica en donde es importante el aislamiento del agente extintor. (Si no habría presencia de energía eléctrica se pueden considerar como incendios tipo A o B).
- Incendio Tipo D⁷: Son aquellos en los cuales se generan en metales combustibles como el potasio, litio, sodio, zirconio, titanio y magnesio.
- Incendio Tipo K⁸: Son aquellos que se generan en cocinas o ambientes donde se tiene la presencia de grasas y aceites de origen animal y vegetal.

⁵ NFPA 30 Capítulo 3 – 3.3.33.1. 2012. Massachusetts.

⁶ NFPA 1 Capítulo 2 - 1.25. 2000. Massachusetts.

⁷ NFPA 1 Capítulo 2 - 1.26. 2000. Massachusetts.

⁸ NFPA 1 Capítulo 2 - 1.27. 2000. Massachusetts.

Causas de incendio

El proceso por el cual, una sustancia se quema, es una reacción química entre un material combustible y oxígeno, o sea combustión. En este proceso se libera energía en forma de calor. Un incendio se produce por la presencia de cuatro (04) elementos básicos: calor o fuente de ignición, material combustible, una concentración apropiada de oxígeno y la reacción en cadena. Se acostumbra visualizar la relación de estos 04 elementos como una pirámide en la que cada elemento representa un lado y se unen en una relación simbiótica o mutuamente beneficiosa.

- El primero de estos factores es el combustible: puede ser cualquiera entre millares de materias: papel, madera, diesel, carbón, etc. En su estado gaseoso como gas natural, propano, butano, hidrogeno, etc. En estado líquido como gasolina, kerosene, diesel, alcohol, etc o estado sólido como carbón, madera, papel, tela, plástico, etc, ninguno de estos materiales sólidos y líquidos arde. Para que ardan necesitan convertirse antes en gas.
- El segundo factor es el calor: este es el que proporciona la temperatura necesaria para convertir en gas al combustible. Algunos combustibles se convierten en gas (se gasifican o se volatilizan) a temperaturas más altas. Se sabe que necesitan menor calor para volatilizar la gasolina y hacer que arda, el que necesita para lograrlo con madera o carbón.

- El tercer factor para que el fuego se produzca, es el oxígeno: para provocar la ignición y comenzar a arder. Se requiere aproximadamente el 16% de oxígeno para la ignición, y se sabe que el aire tiene un 24% de oxígeno. Ciertos materiales contienen en su estructura cierta cantidad de oxígeno para apoyar la combustión.
- El último factor es una fuente de ignición: cualquier instrumento que desencadene el fuego, como por ejemplo chispas por aparatos eléctricos, rayos, elementos incandescentes, etc.

Modos de Extinción

Teniendo en cuenta los cuatro factores por los cuales se produce un incendio, se debería evitar la presencia en un solo lugar de alguno de los mencionados factores. Si uno de estos no existe o se elimina, no hay o se termina el incendio. Este principio se utiliza para la extinción de incendios:

- **Enfriamiento:** el agente tradicional es el agua. Se aplica comúnmente en forma de torrente sólido, ducha fina o espuma, para tanques de almacenamiento de combustible se utiliza duchas de enfriamiento.
- **Eliminación del Oxígeno:** al material que se está quemando se debería cubrir con una manta, con una tapa, tierra, espuma o cuando se utiliza un extintor lo que normalmente hace es cubrir el área del incendio de un gas más pesado que el oxígeno. Para el

caso del diesel, se utiliza agentes químicos o una mezcla de agua con espuma.

- **Eliminación del material combustible:** se debe alejar el material combustible o cerrar la fuente, siempre y cuando esto no ponga en peligro vidas humanas.
- **Interrupción de la reacción en cadena:** en el desarrollo del incendio, cuando se forma la llama, se producen radicales libres, vitales para que se sostenga el incendio. Los compuestos químicos que se aplicaran como polvo químico que captura radical libre en cadena. Otros el dióxido de carbono para reacciones ligeras.

Sistemas Contra Incendio

Constituyen un conjunto de equipamientos de diversas disciplinas integrados en las infraestructuras de diferentes industrias, actualmente, las características de estos sistemas están regulados por Códigos, Normas y Decretos supremos, como también de la Autoridad Competente.

La protección contra incendio se clasifica en dos tipos de medidas:

- **Medidas de protección pasiva:** Son medidas que tratan de minimizar los efectos dañinos del incendio una vez que este se ha producido. Básicamente están encaminadas a limitar la distribución de llamas y humo a lo largo de las instalaciones y a permitir la evacuación ordenada y rápida del mismo.

Algunos ejemplos de estas medidas son:

- Compuertas en conductos de aire.
 - Recubrimiento de las estructuras (para maximizar el tiempo antes del colapso por la deformación por temperatura).
 - Puertas cortafuegos.
 - Dimensiones y características de las vías de evacuación.
 - Señalizaciones e iluminación de emergencia.
 - Compartimentación de sectores de fuego.
- **Medidas de protección activa:** Son medidas diseñadas para asegurar la extinción de cualquier conato de incendio lo más rápidamente posible y evitar así su extensión en las instalaciones. Dentro de este apartado se han de considerar dos tipos de medidas:
 - Medidas de detección de incendios, que suelen estar basadas en la detección de humos (iónicos u ópticos) o de aumento de temperatura.
 - Medidas de extinción de incendios, que pueden ser manuales o automáticos. Manuales: Extintores, Bocas de incendio equipadas (BIE), Hidrantes, columna seca, estaciones de manguera, monitores. Automáticos: Dotados de sistemas de diversos productos para extinción: Agua (Sprinklers, cortinas de agua,

espumas, agua pulverizada), Gases (Halcones, dióxido de carbono, agente limpio), Polvo (Normal o polivalente).

Abastecimiento y Almacenamiento de Agua Contra Incendio

Las instalaciones de almacenamiento de agua y suministros de succión incluyen todos los cuerpos de agua disponibles como fuentes de suministro, ya sean contenidos en tanques fabricados o en barreras naturales. Los tanques de almacenamiento elevados o a nivel del suelo de metal, madera son ejemplos de instalaciones fabricadas; los ríos, estanques, lagos y puertos son ejemplos de instalaciones naturales de almacenamiento⁹.

El abastecimiento de agua debe ser capaz de garantizar el volumen de agua requerido para cubrir el escenario de mayor riesgo de incendio en las instalaciones a proteger, bajo cualquier circunstancia.

- **Tanque Vertical de Almacenamiento de Agua Contra Incendio:** Son tanques destinados a proporcionar agua a un Sistema Contra Incendio, los cuales cumplen los requerimientos de diseño e instalación de la norma NFPA 22: Standard for Water Tanks for Private Fire Protection, complementado con la AWWA D100 y API 650. Estas normas dan los requisitos completos para materiales de construcción, cargas, esfuerzo unitario, detalles de diseño, cimientos,

⁹ Manual de Protección Contra Incendio – Sección 8, capítulo 2. 2000. Massachusetts.

accesorios y mano de obra. Los tanques de almacenamiento de agua pueden ser:

- Tanques a nivel del suelo: proporcionan el suministro de succión para una bomba de incendio adyacente o actúan como tanques de gravedad para proveer suficiente presión de agua para el sistema de protección contra incendio¹⁰.
- Tanques elevados: donde el cuerpo del tanque está montado sobre patas o un pedestal, son poco comunes en áreas donde se requiere protección contra sismos.

Los tanques de almacenamiento cuentan con conexiones necesarias para la succión, descarga, drenaje, rebose, venteos, retorno de alivio y retornos de pruebas del sistema.

Sistema de Bombeo Contra Incendio

Sistema que comprende de una bomba contra incendio, una bomba mantenedora de presión y los accesorios requeridos para su funcionamiento, establecidos en la norma NFPA 20, en esta se indican los lineamientos que debe seguir los equipos, la instalación y pruebas del sistema.

¹⁰ Manual de Protección Contra Incendio – Sección 8, capítulo 2. 2000. Massachusetts.

Skid Contra Incendio

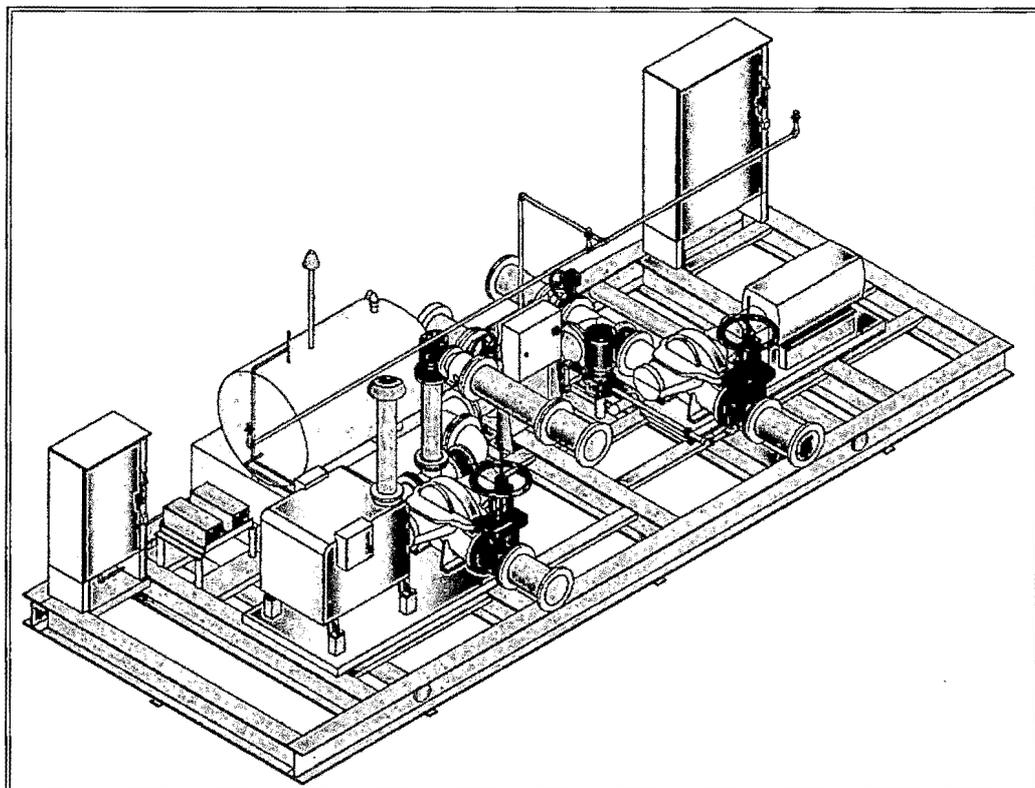
El skid contra incendio comprende de bombas totalmente equipadas, con motor y bomba montados en base común con todos los accesorios y los equipos totalmente armados y probados, listas para su instalación, tienen un excelente desempeño, son aptas para uso en diferentes condiciones, confiables y duraderas. Dicho skid de bombas se posiciona sobre una estructura fabricada de acuerdo a normas de construcción internacional y NFPA. Todos los sistemas Pre-Pac están provistos de los exclusivos dispositivos de elevación integrados. Ellos permiten la elevación de cada unidad mediante una grúa única, al tiempo que mantienen la nivelación del sistema y evitan que se flexione la base.

A continuaciones algunas características del skid de bombeo de agua contra incendio:

- ✓ La construcción del Skid y ensamble de las bombas y componentes contra incendio son de acuerdo a la NFPA 72 y NFPA 20.
- ✓ Las dimensiones del Skid dependen de los equipos y las dimensiones de ellos dependen de las capacidades que se requiera en el sistema contra incendio, con diámetros de succión y descarga según diseño previamente aprobado por el usuario final.
- ✓ Los accesorios como válvulas instaladas son listadas UL /FM de acuerdo a recomendaciones de la NFPA 20 y normas internacionales.

- ✓ El skid comprende de las bombas contra incendio con accionamiento a motor diesel, bombas contra incendio con accionamiento eléctrico, la bomba jockey, válvulas de bloqueo de succión y descarga, cabezal, válvula (s) de seguridad, acoples, tanque surtidor de diesel, tableros de control de la bomba diesel y de la bomba jockey, baterías, medidor de flujo, instrumentos y demás ítems necesarios para el correcto funcionamiento de las bombas del sistema contra incendio según se indica en la NFPA 20 (véase la Figura N° 2.1).
- ✓ El ensamblaje del skid debe garantizar la adecuada fabricación de los spools mediante pruebas no destructivas y sus correspondientes certificados y/o informes.
- ✓ El skid se suministrará con todos los componentes listos para su instalación y operación.

FIGURA N° 2.1
SKID CONTRA INCENDIO



Fuente: NFPA 20H Handbook

Red de Agua Contra Incendio

Es un sistema compuesto por un conjunto de tuberías, dispositivos y accesorios interconectados entre sí desde una estación de bombeo hasta los dispositivos. Una red de agua contra incendios podría abastecer a diversos tipos de dispositivos de protección incluyendo, pero no limitándose, a los siguientes:

- Gabinetes Contra Incendio

- Rociadores Automáticos
- Aplicadores de Espuma Contra Incendios
- Sistemas de Agua Pulverizada.

Sistemas de Distribución Independientes y Combinado¹¹

- **Sistema Independiente**, para servicio exclusivo en protección contra incendio.

Ventajas:

- Los que están a cargo de protección contra incendio tienen el control total del sistema.
- El sistema está diseñado adecuadamente para cumplir todas las exigencias de incendio.
- El sistema no está expuesto a reducción del suministro cuando un incremento en la población aumente el uso de agua para demanda doméstica o cuando se presentan procesos que utilizan cantidades mayores de agua.

Desventajas:

- No disponibilidad del volumen de agua requerido.

¹¹ Manual de Protección Contra Incendio – Sección 8, capítulo 3. 2000. Massachusetts.

- Las bombas, motores primarios y demás maquinarias y equipos generalmente no están en operación.
- **Sistema Combinado** o Sistema de distribución de doble propósito, tiene la ventaja de que los equipos de bombeo están operando casi continuamente, y en muchos casos son de tipo redundante. Además, en los sistemas combinados, las fallas de funcionamiento se evidencian rápidamente, ya que los usuarios probablemente se quedarían sin agua.

Selección de Materiales y Accesorios

La selección de materiales y accesorios: como son tuberías, codos, te, reducciones, válvulas, bridas, etc.; que se emplearán en la construcción del Sistema Contra Incendio, se hace en base a normas establecidas para garantizar su calidad, durabilidad y condiciones de trabajos.

Se emplea tuberías de acero al carbono soldadas y sin costuras, que cumplen con la norma ASTM A53.

Respecto a las uniones soldadas que se usan son las que se ajustan a la norma AWS D109.

Las uniones roscadas utilizadas para diámetros menores de 3", cumplen con las normas ANSI/ASME B1. 201

También se utiliza en la construcción del sistema, uniones VICTAULIC listadas UL (Underwriters Laboratories).

Las válvulas de compuertas, mariposas, cheques, angulares; también debe ser listado UL (NFPA 24).

Fuentes de Presión

Las fuentes de cabeza de presión comúnmente encontradas en sistemas hidráulicos de protección de incendios incluyen lo siguiente.

Gravedad (Tanques Elevados, Embalses, Tuberías Verticales): cabeza es la elevación de la superficie de suministro de agua por encima del punto bajo consideración, medido directamente en pies (m) o convertido de una lectura de presión manométrica.

Bombeo: cabeza es la combinación de presión de descarga de la bomba y cualquier diferencia en elevación entre la descarga manométrica de la bomba y el punto bajo consideración.

Neumáticos (Tanques a Presión): cabeza es la presión de aire del tanque combinada con cualquier diferencia en elevación en la superficie de agua de tanque y el punto bajo consideración.

Combinación: cualquier combinación de las fuentes de presión anteriores.

Teorema de Bernoulli

El teorema de Bernoulli expresa la ley física de conservación de energía aplicada a problemas de flujo de fluido incompresible. El teorema puede ser definido como sigue: "En flujo estable sin fricción, la suma de la

cabeza de velocidad, cabeza de presión y cabeza de elevación es constante para cualquier partícula de fluido incompresible a lo largo de su curso". En otras palabras, la presión total es la misma en todas las ubicaciones dentro del sistema.

Nótese que, en el teorema de Bernoulli, todos los términos de cabeza individual, por ejemplo, cabeza de velocidad, cabeza de presión, cabeza de elevación y pérdida de cabeza, son expresadas en pies (m). Cuando son usadas velocidades en pies por segundo (m/s) y presión manométrica en psi (Kpa), estas deben ser convertidas a pies (m) o todos los términos expresados como presión.

Teorema de Bernoulli Expresado Matemáticamente

Los sistemas reales no son los de menor fricción, sin embargo en la práctica, son explicables las pérdidas debidas a la fricción de la tubería y a otros factores. Expresado matemáticamente, el teorema de Bernoulli, cuando es aplicado a las ubicaciones A y B.

$$\frac{v_A^2}{2g} + \frac{P_A}{w} + z_A = \frac{v_B^2}{2g} + \frac{P_B}{w} + z_B + h_{AB}$$

Donde

$v(v_m)$ = velocidad en pies por segundo (m/s)

$g(g_m)$ = aceleración de gravedad (32,2 pies/s², 9,81 m/s²)

$p(p_m)$ = presión (lb/pies², Kpa)

$z(z_m)$ = cabeza de elevación (en pies, metros)

$w(w_m)$ = peso específico del fluido (64,4 pie/pie³, 9,81 KN/m³)

$\frac{v^2}{2g} \left(\frac{v_m^2}{2g} \right)$ = cabeza de velocidad (en pies, metros)

$\frac{p}{w} \left(\frac{p_m}{w} \right)$ = cabeza de presión (en pies, metros)

$h_{ab}(h_{abm})$ = pérdida de cabeza entre la ubicación A y la ubicación B (en pies, metros)

2.3.- Normatividad

- Decreto Supremo N° 043-2007-EM: Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos y Modificaciones de Diversas Disposiciones - Capítulo II: Equipos y sistemas de Protección Contra Incendio - Título III: Equipos y Sistemas de Protección en las Actividades de Hidrocarburo - Artículo 92: Requerimientos mínimos de los sistemas de agua de enfriamiento para tanques de almacenamiento de techo fijo o flotante.
- Decreto Supremo N° 052-1993-EM: Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos aprobado y modificaciones - Capítulo VII: Protección Contra Incendio - Título IV: Proyecto, Construcción y Operación de las Instalaciones.
- NFPA 1: Código de Incendio. Capítulo: 2.
- NFPA 11: Norma para espuma de baja, media y alta expansion.
- NFPA 13: Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores. Capítulo: 6
- NFPA 14: Norma para la Instalación de Sistemas de Tubería Vertical y Mangueras. Capítulo 4, Capítulo 7, Capítulo 8.

- NFPA 15: Norma para Sistemas Fijos de Aspersores de Agua para Protección Contra Incendio. Capítulo 5, Capítulo 6, Capítulo 7, Capítulo 8.
- NFPA 20: Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias de Protección Contra Incendios. Capítulo 4, Capítulo 6.
- NFPA 24: Norma para la Instalación de Tuberías para Servicio Privado de Incendios y sus Accesorios. Capítulo 4, Capítulo 12.
- NFPA 30: Código de Líquidos Inflamables y Combustibles. Capítulo 3.

CAPITULO III:

VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1.- Variables de la Investigación

Variable Independiente:

Diseño hidráulico de un Sistema de Protección Contra Incendio

Variable Dependiente:

Patio de Tanques de Almacenamiento de Diésel B5-S50 seguro

3.2.- Operacionalización de las Variables

En la Tabla N° 3.1 se muestra la relación de las variables de la investigación con los objetivos específicos.

TABLA N° 3. 1
OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLES	CONCEPTOS	DIMENSIÓN	INDICADORES
V. INDEPENDIENTE Diseño hidráulico de un Sistema de Protección Contra Incendio	- Cálculo y selección de equipos, accesorios y de la red de agua contra incendio.	- Selección del sistema de agua/espuma - Cálculo del sistema de enfriamiento - Selección del sistema de bombeo	- Dotación de espuma - Cámara de espuma - Cantidad de aspersores - Diámetro de tubería - Potencia de la bomba - Presión y caudal de operación
V. DEPENDIENTE Patio de Tanques de Almacenamiento de Diésel B5 seguro	- Zona de distribución tanques equipado de dispositivos capaces de mitigar un posible incendio.	- Mitigación de incendio mediante espuma - Prevención de incendio mediante enfriamiento del tanque por exposición	- Rate mínimo de aplicación de espuma: 4.10 Lpm/m ² - Rate de agua de enfriamiento: 0.15 gpm/pie ²

Fuente: Elaboración Propia

3.3.- Hipótesis

3.3.1.- Hipótesis General

El diseño hidráulico de un Sistema de Protección Contra Incendio permite obtener el Patio de Tanques de Almacenamiento de Diésel B5-S50 seguro en la Unidad Minera Toquepala.

3.3.2.- Hipótesis Específicas

- El cálculo de la dotación de espuma garantiza la extinción de un incendio dentro del tanque de almacenamiento.
- Con el cálculo hidráulico de la red de gabinetes Clase III y del sistema de aspersores se logra el enfriamiento de los tanques de almacenamiento.
- Con la selección del sistema de bombeo se garantiza los requerimientos mínimos de presión y caudal del sistema de protección contra incendio.

CAPITULO IV:

METODOLOGÍA

4.1.- Tipo de Investigación

Investigación Tecnológica.

4.2.- Diseño de la Investigación

Diseño no experimental.

4.2.1.- Parámetros Básicos de Investigación

- Cantidad de aspersores
- Diámetro de tubería
- Caudal de demanda
- Presión mínima requerida por el sistema

4.2.3.- Detalles de la Investigación

Sistema de Agua / Espuma

De acuerdo a las propiedades del Diésel B5, descritas en el capítulo II, se clasifica como líquido combustible clase II, para el cuál se recomienda una

espuma de baja expansión teniendo como base el tipo espuma de formación película acuosa (AFFF, Aqueous Film Forming Foam), en una disolución de 1, 3 o 6 %

Dotación de Espuma

Rate de espuma techo fijo:

4.10 Lpm/m² Empleando cámara (D.S. 052-93-EM-Art. 91)

Caudal de espuma suplementaria:

50 gpm NFPA 11 – Sección 5.9 durante 10 minutos

Tiempo de aplicación de Espuma al 3%:

30 min D.S. 052-93-EM – Art. 91

TABLA N° 4. 1
APLICACIÓN DE ESPUMA

		Aplicación de espuma		
Escenario	Producto	Área incendiada	Caudal sobre el área incendiada	
			m ²	Lts/min
Incendio en Tanque TK-04	Diesel B5-S50	86.59	355.02	93.80
Incendio en Tanque TK-05	Diesel B5-S50	86.59	355.02	93.80

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 4. 2
ESPUMA SUPLEMENTARIA

Escenario	Producto	Espuma Suplementario		
		Caudal de espuma suplementaria	Cantidad de espuma	Cantidad de espuma suplementaria
		GPM	Gal	Gal
Incendio en Tanque TK-04	Diesel B5-S50	50.00	84.42	15.00
Incendio en Tanque TK-05	Diesel B5-S50	50.00	84.42	15.00

Fuente: Elaboración Propia

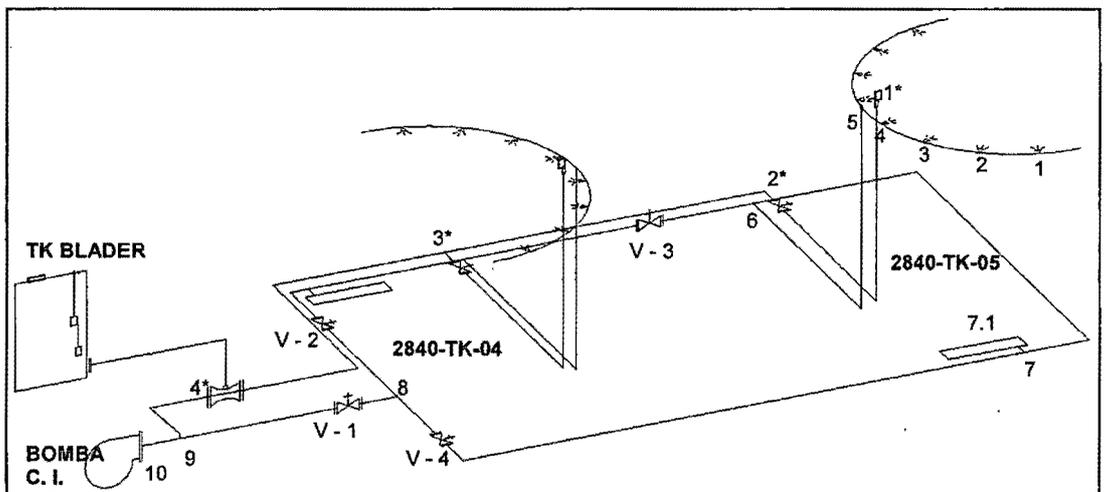
Sistema de Enfriamiento por Aspersores

El sistema de enfriamiento comprenderá de un toroide con aspersores, ubicado a la altura del anillo superior de cada tanque de almacenamiento de combustible, el cual se encargará de enfriar el área lateral que podría verse afectado por la radiación debido a un incendio en el tanque adyacente. El área lateral será el área expuesta a radiación, las cuales dependen de las dimensiones de los tanques de almacenamiento.

Para obtener la máxima pérdida de carga presente en el sistema se debe escoger el caso hidráulicamente, más desfavorable. Por juicio experto el caso hidráulicamente, más desfavorable, está dado por el escenario en el que ocurra un incendio en el tanque 2840-TK-04 y que, por cuestiones de mantenimiento las válvulas compuertas V-2 y V-3 están cerradas, quedando como único recorrido del agua, partiendo de la bomba, el tramo 10-8-7-6-1 (véase Figura N° 4.1).

En la Figura N° 4.1 se esquematiza la red del Sistema de Agua Contra Incendio, la cual está compuesta por un Sistema de Aspersores, un Sistema Agua - Espuma y Gabinetes, distribuidos en patio de tanques de almacenamiento de combustible de 200 000 galones.

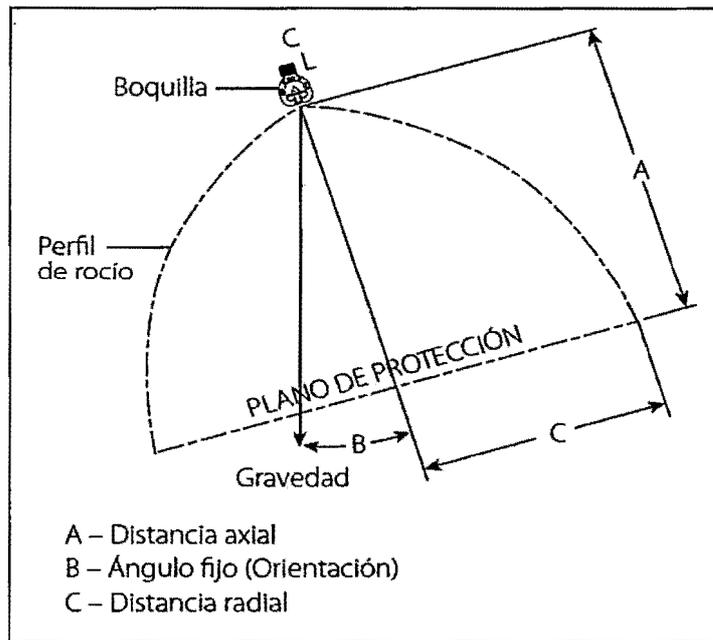
FIGURA N° 4. 1
ESQUEMA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO



Fuente: Elaboración Propia

Las variables de cobertura de rociado se muestran en la Figura N° 4.2. Dichas variables se determinaron bajo criterios de buenas prácticas de diseño y mediante gráficos de proveedor, para obtener la cantidad de aspersores en cada toroide se consideró las recomendaciones de la NFPA 15.

FIGURA N° 4. 2
VARIABLES DE COBERTURA DE ROCIADO



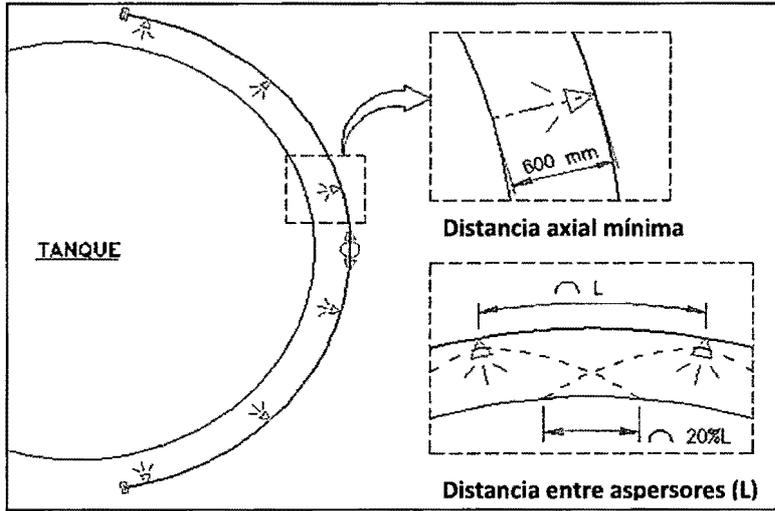
Fuente: Hoja técnica de boquillas aspersores V12 - Victaulic

Se pre-seleccionó un aspersor con un ángulo deflector de 140°. El ángulo deflector junto con la distancia axial de rociado, indicada en la hoja técnica del aspersor, servirá para determinar la distancia radial de rociado de los aspersores y con ello determinar la separación entre éstos.

Por buenas prácticas de ingeniería, los aspersores se ubicarán, como mínimo, a 2 pie (600 mm) de la superficie del tanque, a lo largo del toroide se ubicaran de modo tal que el traslape de superficie rociada sea el 20% de la distancia entre aspersores (véase la Figura N° 4.3).

FIGURA N° 4. 3

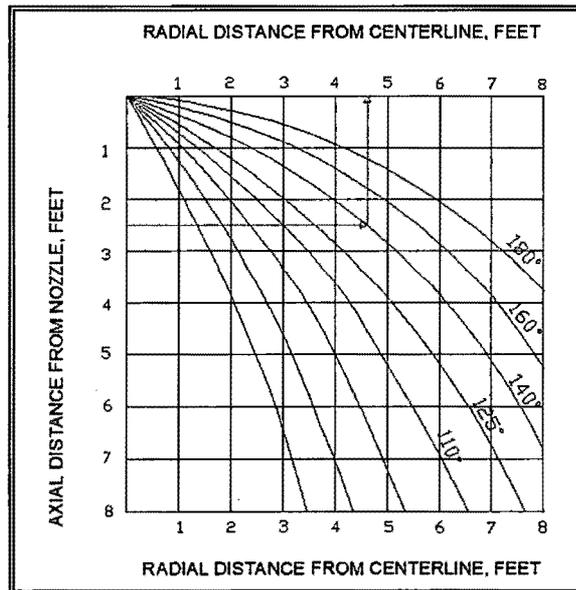
DISTANCIA AXIAL DE ASPERSOR A SUPERFICIE DE TANQUE



Fuente: Elaboración Propia

La distancia radial de cobertura de rociado, desde la línea central del aspersor, se encuentra usando la Figura N° 4.4.

FIGURA N° 4. 4
PERFILES DE ROCIADO DE DISEÑO (TODOS LOS FACTORES K)



Fuente: Hoja técnica de boquillas aspersores V12 – Victaulic

• **Caudal de enfriamiento $Q_{\text{enfriamiento}}$:**

Presión mínima de operación de boquilla: 20 Psi (NFPA 15 – 8.1.2)

Ratio de agua: 0.15 gpm/pie²

El área lateral del cilindro, expuesta a radiación:

$$A_{\text{exp}} = \frac{\pi DH}{2}$$

El caudal necesario para enfriar un tanque viene dado por la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{enfriam}} = \text{Rate} \times A_{\text{exp}} \qquad \text{Ecuación 4.1}$$

Entonces:

El caudal por aspersor será: $Q_{asp} = \frac{Q_{enfriam}}{N_{asp}}$ Ecuación 4.2

- **Factor de boquilla (K): (NFPA 15 Sección 8.5.1.5)**

Para hallar el factor k del aspersor: $K = Q_{asp} \times P^{-1/2}$ Ecuación 4.3

Dónde

Q_{asp} : flujo en gpm desde la boquilla.

K: coeficiente k de la boquilla.

P: presión total en psi para el flujo Q_{asp}

Con la Ecuación N° 4.3 se halló un coeficiente K* luego se buscó un k comercial o que se aproxime al coeficiente K* calculado, según catálogo de vendor (véase Figura N° 4.5).

FIGURA N° 4. 5
COEFICIENTES K DE BOQUILLA - ÁNGULOS DEFLECTORES

Factor K Nominal	Ángulos deflectores disponibles							
1.2 (1,7 métricos)	V1201 (180°)	V1202 (160°)	V1203 (140°)	V1204 (125°)	V1205 (110°)	V1206 (95°)	V1207 (80°)	V1208 (65°)
1.8 (2,6 métricos)	V1211 (180°)	V1212 (160°)	V1213 (140°)	V1214 (125°)	V1215 (110°)	V1216 (95°)	V1217 (80°)	V1218 (65°)
2.3 (3,3 métricos)	V1221 (180°)	V1222 (160°)	V1223 (140°)	V1224 (125°)	V1225 (110°)	V1226 (95°)	V1227 (80°)	V1228 (65°)
3.2 (4,6 métricos)	V1231 (180°)	V1232 (160°)	V1233 (140°)	V1234 (125°)	V1235 (110°)	V1236 (95°)	V1237 (80°)	V1238 (65°)
4.1 (5,9 métricos)	V1241 (180°)	V1242 (160°)	V1243 (140°)	V1244 (125°)	V1245 (110°)	V1246 (95°)	V1247 (80°)	V1248 (65°)
4.9 (7,1 métricos)	V1251 (180°)	V1252 (160°)	V1253 (140°)	V1254 (125°)	V1255 (110°)	V1256 (95°)	V1257 (80°)	V1258 (65°)
5.6 (8,1 métricos)	V1261 (180°)	V1262 (160°)	V1263 (140°)	V1264 (125°)	V1265 (110°)	V1266 (95°)	V1267 (80°)	V1268 (65°)
7.2 (10,4 métricos*)	V1271 (180°)	V1272 (160°)	V1273 (140°)	V1274 (125°)	V1275 (110°)	V1276 (95°)	V1277 (80°)	V1278 (65°)

Fuente: Hoja técnica de boquillas aspersores V12 – Victaulic

Entonces, después de seleccionar el coeficiente K comercial se calculó la presión de trabajo para el caudal de aspersor Q_{asp} , reemplazando en Ecuación N° 4.3.

Donde la presión de trabajo resultó ser: $P > 20$ psig.

- **Cálculo de pérdidas en tuberías**

Para el cálculo hidráulico a lo largo de la red contra incendio hasta el punto de inicio de los ramales, las pérdidas por fricción de las tuberías se determinaron en base a la fórmula Hazen – Williams, según lo establecido en la NFPA 24 – Sección 11.1, con la siguiente fórmula:

$$J = \frac{4.52 \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}}$$

Ecuación 4.4

Donde

J: Resistencia a la fricción en Psig por pie de tubería

Q: Caudal GPM

C: Coeficiente de pérdidas por fricción

D: Diámetro interno de tubería en pulg.

- **Factor C de la fórmula de Hazen - Willians**

El valor de C, depende de la tubería (véase la Tabla N° 4.1).

TABLA N° 4. 3
VALORES C PARA TUBERÍA, FORMULA HAZEN - WILLIAMS (TABLA
8.5.3.10 - NFPA 15)

Tubería o tubo	Valor C Hazen y Williams
Hierro fundido no revestido o dúctil	100
Galvanizado (todo)	120
Plástico (listado) - subterráneo	150
Hierro fundido o dúctil revestido de cemento	140
Tubo en cobre o acero inoxidable	150

Fuente: NFPA 15 – Tabla 8.5.3.10

- **Factor de Longitud Equivalente de Tuberías**

Para determinar las longitudes equivalentes de válvulas y accesorios, se usó la Figura N° 4.6, de acuerdo a lo indicado en la NFPA 15 – Sección 8.5.2.

FIGURA N° 4. 6

CARTA DE EQUIVALENCIAS DE LONGITUDES DE TUBERÍA

Accesorios y válvulas	Accesorios y válvulas expresados en pies equivalentes (m)													
	¾ pulg.		1 pulg.		1½ pulg.		1¾ pulg.		2 pulg.		2½ pulg.		3 pulg.	
	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m
Codos de 45°	1	0.3	1	0.3	1	0.3	2	0.6	2	0.6	3	0.9	3	0.9
Codo estándar de 90°	2	0.6	2	0.6	3	0.9	4	1.2	5	1.5	6	1.8	7	2.1
Codo de vuelta larga 90°	1	0.3	2	0.6	2	0.6	2	0.6	3	0.9	4	1.2	5	1.5
Te o cruz (Flujo a 90°)	4	1.2	5	1.5	6	1.8	8	2.4	10	3.1	12	3.7	15	4.6
Válvula de compuerta	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.3	1	0.3	1	0.3
Válvula mariposa	-	-	-	-	-	-	-	-	6	1.8	7	2.1	10	3.1
Válvula de retención	4	1.2	5	1.5	7	2.1	9	2.7	15	3.4	14	4.3	16	4.9

Accesorios y válvulas	Accesorios y válvulas expresados en pies equivalentes (m)													
	3½ pulg.		4 pulg.		5 pulg.		6 pulg.		8 pulg.		10 pulg.		12 pulg.	
	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m
Codos de 45°	3	0.9	4	1.2	5	1.5	7	2.1	9	2.7	13	3.4	13	4.0
Codo estándar de 90°	8	2.4	10	3.1	12	3.7	14	4.3	18	5.5	22	6.7	27	8.2
Codo de vuelta larga 90°	5	1.5	6	1.8	8	2.4	9	2.7	13	4.0	16	4.9	18	5.5
Te o cruz (Flujo a 90°)	17	5.2	20	6.1	25	7.6	30	9.2	35	10.7	50	15.3	60	18.3
Válvula de compuerta	1	0.3	2	0.6	2	0.6	3	0.9	4	1.2	5	1.5	6	1.8
Válvula mariposa	-	-	12	3.7	9	2.7	10	3.1	12	3.7	19	5.8	21	6.4
Válvula de retención	19	5.8	22	6.7	27	8.2	32	9.8	45	13.7	55	16.8	65	19.8

Fuente: NFPA 15 – Tabla 8.5.2.1

• Pérdida por Fricción en Tramos de Tubería

La pérdida por fricción (J_f) en el tramo de tubería está dado por:

$$J_f = P_f \times L_f \quad \text{Ecuación N° 4.5}$$

La presión de operación de gabinete Clase III (P_o), presión de diseño mínima para sistemas diseñados hidráulicamente (NFPA 14 – 7.8.1): $P_o = 100$ psi

Por lo, tanto la presión total (P_t):

$$P_t = P_o + J_f \quad \text{Ecuación N° 4.6}$$

Por buenas prácticas de ingeniería la velocidad del agua en el tramo de tubería no debe ser mayor a 6 m/s, la cual se verificó mediante la siguiente ecuación:

$$v = \frac{Q}{\pi D} \quad \text{Ecuación N° 4.7}$$

SELECCIÓN DE LA BOMBA CONTRA INCENDIO

- **Cálculo de parámetros para la selección de Bomba Contra Incendio**

La potencia hidráulica de la bomba (P_h) viene dada por la siguiente formula:

$$P_h = P_i \times Q_i \quad \text{Ecuación N° 4.8}$$

: Presión mínima requerida por sistema, en psi

: Caudal mínimo requerido por sistema, en GPM

La potencia mínima de la bomba se calculó con la siguiente ecuación:

$$P_m = \frac{P_h}{n_{motor} \times n_{bomba}} \quad \text{Ecuación N° 4.9}$$

La Altura Neta Positiva de Aspiración – NPSH, se calculó con la siguiente ecuación:

$$NPSH_{disponible} = h_{succión} + \left(\frac{P_{atm}}{\rho \times g} - \frac{P_{vapor}}{\rho \times g} \right) - h_{pérdidas} \quad \text{Ecuación N° 4.10}$$

$h_{succión}$: La altura estática de succión

p: Densidad del agua

g: Gravedad

P_{atm} : Presión Atmosférica Estándar

P_{vapor} : Presión de Vapor de Agua a Temperatura de Sitio

$h_{pérdidas}$: Perdidas en tuberías y accesorios

Se compara que NPSH disponible sea mayor que NPSH requerido, para garantizar que no existe cavitación.

SELECCIÓN DE LA BOMBA JOCKEY

- **Cálculo de parámetro para la selección de Bomba Jockey**

La presión de descarga de la bomba jockey viene dada por:

$$P_{jockey} = P_{BCI} + 10\text{psi} \quad \text{Ecuación N° 4.11}$$

P_{jockey} : Presión de descarga de la bomba jockey, en psi

P_{BCI} : Presión mínima requerida de la BCI, en psi

n_{bomba} : Eficiencia de la Bomba, en %

n_{motor} : Eficiencia del Motor, en %

El caudal de la bomba jockey viene dada por:

$$Q_{jockey} = 1\% \times Q_{BCI} \quad \text{Ecuación N° 4.12}$$

Q_{BCI} : Caudal mínimo requerido de la BCI, en GPM

Q_{jockey} : Caudal mínimo requerido para la Bomba Jockey, en GPM

La potencia mínima de la bomba jockey se calculó con la siguiente ecuación:

$$P_{hjockey} = P_{jockey} \times Q_{jockey} \quad \text{Ecuación N° 4.13}$$

$P_{hjockey}$: Potencia hidráulica de la electrobomba Jockey, en HP

4.3.- Población y Muestra

Para los fines de la presente investigación, la población quedo delimitada por los 02 Tanques de Almacenamiento Diésel B5-S50. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio.

Si la población, por el número de unidades que la integran, resulta accesible en su totalidad, no será necesario extraer una muestra. En consecuencia, se podrá investigar u obtener datos de toda la población objetivo, sin que trate estrictamente de un censo.

4.4.- Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

La Tabla N° 4.4 define el tipo de técnicas y sus instrumentos utilizados en la presente investigación:

TABLA N° 4. 4
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Análisis documental	Resultados del Estudio de Riesgos Análisis de Especificaciones Técnicas Análisis de Arreglo General de Tanques
Mediciones convencionales	GPS Medidor de distancia laser. Anemómetro Termo Higrómetro Digital

Fuente: Elaboración Propia

4.5.- Procedimiento de recolección de datos

Resultados del Estudio de Riesgos

Del estudio de riesgos que forma parte del expediente técnico del consumidor directo que exige OSINERGMIN para tramitar el ITF (Informe

Técnico Favorable), necesario para la construcción del consumidor directo, se identificó los riesgos asociados a los tanques de almacenamiento de combustible y las formas de mitigación ante un posible caso de incendio.

El mayor riesgo definido en el estudio de riesgos es aquel incendio del tipo "Pool Fire" que se puede producir dentro de un tanque del combustible diésel B5-S50 por efecto de una caída de un rayo.

El incendio Pool Fire emite distintos niveles de radiación térmica, siendo las más importantes 3 niveles: (véase Anexo 2 en la pág. 79)

- 5,0 kW/m²: la cual define un radio de afectación de 24,6 m que representa la distancia máxima que una persona puede acercarse a un incendio sin usar traje de protección al fuego.
- 12,5 kW/m²: la cual define un radio de afectación de 15,2 m que representa la distancia máxima que una persona usando traje de protección al fuego (bombero) puede acercarse a un incendio. Los combustibles sólidos que están dentro de esta zona alcanzan su punto de auto ignición.
- 37,5 kW/m²: la cual define un radio de afectación de 7,5 m que representa la zona de colapso estructural por exposición continua a altas dosis de radiación térmica, en esta zona no puede ingresarse

por ninguna razón una persona con ropa de protección al fuego (bombero).

Haciendo la sobre posición de los radios de afectación con el plano de distribución de tanques se apreció que la radiación térmica de 12,5 kW/m² alcanza aproximadamente en un 50% el casco del tanque adyacente, lo que nos indica que de haber un incendio en uno de los tanques el otro se verá afectado, puesto que los vapores inflamables del diésel B5-S50 almacenado en su interior podría alcanzar su punto de auto-ignición e incrementar la magnitud del incendio.

Para el caso del mayor riesgo el incendio inmediatamente se mitigará con lo siguiente:

- Se instalará un sistema de detección de incendio enlazado a un panel central de alarma, el cual a recibir una señal de incendio aperturará la válvulas de diluvio del sistema de enfriamiento del tanque adyacente al tanque incendiado.
- Se instalará un sistema de enfriamiento que consistirá en un anillo de tubería que rodeará el exterior del tanque en su parte superior y en este anillo tendrán boquillas aspersores distribuidas simétricamente en todo el anillo, el sistema se activará cuando la válvula de diluvio se abra por el Sistema de detección de incendio.

- Se instalará un sistema de agua-espuma acoplada a cada tanque, la cual verterá por medio de una cámara espuma una solución de agua-espuma al 3% que al mezclarse con el aire formará espuma de baja expansión del tipo adecuado que cubrirá la superficie del pool fire y sofocará el incendio dentro del tanque, el sistema de agua espuma se activará, cuando el sistema de detección de incendio detecte una flama dentro del tanque.

Los parámetros de operación para el sistema de agua-espuma son:

TABLA N° 4. 5
PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA AGUA ESPUMA

Presión del Sistema Agua-Espuma*	86,00	Psi
Caudal del Sistema Agua-Espuma	93,20	GPM
Diámetro nominal de tubería	3	Pulg

* Presión de salida mínima de la válvula reguladora de presión en la salida de agua.

Fuente: Estudio de Riesgo de SPCC

- Adicionalmente se instalará un gabinete clase III que se acoplará a un eductor manual portátil, a una manguera y una boquilla de espuma de 1-1/2", la cual proporcionará chorro de solución de agua-espuma de 50 GPM para sofocar pequeños pool fire's a nivel del suelo próximos a los tanques de almacenamiento de combustible. La conexión de manguera de 2-1/2" servirá para

conectar la manguera de ataque de bomberos y poder apoyar en las labores de enfriamiento por chorro de agua a tuberías y equipos a nivel de suelo.

La dotación de agua necesaria para cubrir la demanda del mayor riesgo está definida por:

- El volumen de agua necesario para abastecer al sistema de enfriamiento de un tanque por un periodo de 240 minutos, manteniendo un ratio de enfriamiento de 0,15 gpm/pie².
- El volumen de agua necesario para abastecer al sistema de agua-espuma de un tanque, por 50 minutos. (Parámetros de operación en Tabla N° 4.3)
- El volumen necesario para abastecer el chorro de manguera de agua-espuma complementario de 50GPM por un periodo de 10 minutos.

El volumen de agua necesario para el sistema de protección contra incendio es:

Volumen - Agua de enfriamiento (V_{agua})	31 163 Gal	< >	234 m ³
---	------------	-----	--------------------

Todo esto cumpliendo con lo dispuesto en el D.S. 052-93-EM, aplicable a tanques sobre superficie de consumidor directo. Dado que la planta cuenta con un tanque contra incendio que almacena 77 000 galones, por

lo tanto cubre la demanda de agua requerida para el sistema de agua Contra Incendio.

Análisis del contenido de las Especificaciones Técnicas:

Del análisis del contenido de las Especificaciones Técnicas se recolecto los datos de ubicación y dimensión de los Tanques de Almacenamiento Diésel B5-S50, los cuales en la visita se verificó con la recolección de datos con mediciones convencionales.

Análisis del Contenido de los Planos Generales:

Del análisis del contenido de los Planos Generales se recolecto información de la distribución de los tanques de almacenamiento en la planta y sus dimensiones, los cuales en la visita se verifico con la recolección de datos con mediciones convencionales.

Mediciones convencionales

Para las mediciones convencionales hechas en campo se utilizaron los siguientes instrumentos:

- ✓ GPS
- ✓ Wincha
- ✓ Medidor de distancia Laser
- ✓ Anemómetro

✓ Termo Higrómetro Digital

- Condiciones Dimensionales

De la visita en campo se recolectó la siguiente información, utilizando los instrumentos mencionados en la Tabla N° 4.3:

TABLA N° 4. 6
DIMENSIONES DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Código Local	Producto Almacenado	Capacidad (Gal)	Diámetro (m)	Altura (m)
2840-122-TK-04	Diésel B5-S50	200 000	10,5	9,6
2840-122-TK-05	Diésel B5-S50	200 000	10,5	9,6

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 4. 7
DIMENSIONES ENTRE TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Código Local	Distancia entre Pared de Tanques (m)	Distancia entre Centro de Tanques (m)
2840-122-TK-04	8,00	18,50
2840-122-TK-05	8,00	18,50

Fuente: Elaboración Propia

La mina Toquepala está ubicada en la parte Sur del Perú en el margen Oeste de la Cordillera de Los Andes; aproximadamente a 35 Km. de la

cresta de la Cordillera Occidental. Se encuentra sobre elevaciones de 2500 a 3600 m., actualmente en explotación y operado por Southern Perú Copper Corporation.

Utilizando los instrumentos mencionados en la Tabla N° 4.4 se obtuvieron los siguientes datos:

- **Condiciones Geográficas**

La zona tiene un clima moderado y seco, con épocas de lluvia (ente diciembre y abril). En la Tabla N° 4.8 se indica algunos parámetros geográficos:

TABLA N° 4. 8
CONDICIONES GEOGRÁFICAS

Altitud promedio	2 500 a 3 600 msnm
Temperatura (máxima / mínima)	28 °C / -5 °C
Humedad relativa	42,0 %
Presión atmosférica media	503 mmHg

Fuente: Elaboración Propia

4.6.- Procesamiento estadístico y análisis de datos

En base a la investigación que estoy realizando no amerita hacer un procesamiento estadístico.

CAPITULO V:

RESULTADOS

Sistema de Agua / Espuma

Dotación de espuma

TABLA N° 5. 1

PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA AGUA – ESPUMA

Presión de Operación de la cámara de Espuma	72.45	psi
Presión del Sistema Agua-Espuma*	86.00	psi
Caudal del Sistema Agua-Espuma	93.20	gpm
Caudal de Agua Requerido	90.4	gpm
Diámetro nominal de tubería	3	pulg
Cantidad de Espuma (AFFF) 3%**	99.42	gal

*Presión de salida mínima de la válvula reguladora de presión en la salida de agua.

** Incluye cantidad de Espuma Suplementaria

Fuente: Estudio de Riesgo de SPCC

Selección de la cámara de espuma

De los parámetros de operación, la cámara seleccionada tiene las siguientes características:

FIGURA N° 5. 1
CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA DE ESPUMA.

Table 1: Foam Chamber Specifications			
Size	Flow:	Part No.	Weight
2-1/2"	26-187 GPM	F15065	60 lbs.
3"	82-309 GPM	F15070	100 lbs.
4"	130-737 GPM	F15075	145 lbs.
6"	329-1120 GPM	F15080	270 lbs.

Fuente: Catálogo de proveedor - Viking

Sistema de Enfriamiento por Aspersores

Distribución de aspersores

De la Figura N° 4.3. Perfiles de rociado de diseño, para un aspersor con un ángulo deflector de 140° y de distancia axial de 2,5 pie (762 mm), la distancia radial resulta: 4,55 pie (1380 mm).

Al diagramar en AutoCAD las distancias, cumpliendo las consideraciones por buenas prácticas, como lo muestra la Figura N° 4.4, la cantidad de aspersores resulta:

TABLA N° 5. 2

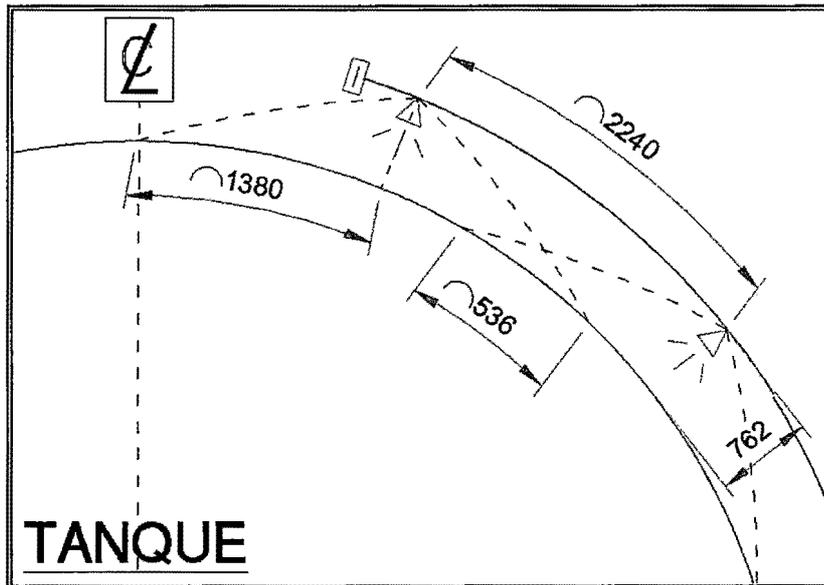
CANTIDAD DE ASPERSORES POR TOROIDE DE ENFRIAMIENTO

Código Local	Número de aspersores
2840-122-TK-04	8
2840-122-TK-05	8

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 5. 2

UBICACIÓN Y PERFIL DE ROCIADO DE ASPERSORES.



Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 5. 3
PARÁMETROS BÁSICOS DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

Área lateral del cilindro, expuesta a radiación (A_{exp})	1704,36 pie ²
Caudal de enfriamiento Total ($Q_{enfriam}$)	255,7 gpm
Caudal de enfriamiento x aspersor (Q)	32,0 gpm
Presión de operación de aspersor (P_o)	20 psi

Fuente: Elaboración Propia

Factor de boquilla (K):

$K^* = 7,15$ psig

TABLA N° 5. 4
TABULACIÓN DE FACTOR DE BOQUILLA (K)

K	Presión de trabajo	
5,6	32,6 psig	✓
7,2	19,7 psig	X

Fuente: Elaboración Propia

Parámetros de operación del Sistema de Enfriamiento:

TABLA N° 5. 5

PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

Regimen de aplicación de agua	0,15 gpm/pie ²
K del aspersor	5,6 gpm/Psi ^{1/2}
Números de aspersores	8,0
Caudal de enfriamiento x aspersor (Q)	32,0 gpm
Presión de Operación (Po)(*)	32,6 psi

Fuente: Elaboración Propia Perdida por Fricción en Tramos de Tubería

TABLA N° 5. 6

PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LOS GABINETES CLASE II

Presión de Operación	100 psig
Caudal de Operación	250 gpm

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 5. 7

PÉRDIDAS DE PRESIONES EN EL RAMAL 7.1-7

Tramo 7.1-7													
Tramo	Q	q	Ø	J	Accesorios de tubería		Le	Lt		Jf	Po	PT	V
	GPM	GPM	pulg	PSI/pie			m	m	pie	PSI	PSI	PSI	m/s
7,1-7	250,0	-	4,26	0,015	1	Tub.	1,00	10,2	33,5	0,51	100,0	100,51	1,72
					1	C. 90	3,10						
					1	Tee	6,10						
					0	V.C.	0,90						

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 5. 8

PÉRDIDAS DE PRESIONES EN LOS RAMALES 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6

Tramo 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6													
Tramo	Q	q	Ø	J	Accesorios de tubería		Le	Lt		Jf	Po	PT	V
	GPM	GPM	pulg	PSI/pie			m	m	pie	PSI	PSI	PSI	m/s
1-2	32,0	32,0	2,47	0,005	1	Tub.	2,24	2,2	7,4	0,035	32,56	32,60	0,65
					0	C. 90	1,80						
					0	Tee	3,70						
					0	V.C.	0,30						
2-3	63,9	32,0	2,47	0,017	1	Tub.	2,24	2,2	7,4	0,13	32,60	32,73	1,31
					0	C. 90	1,80						
					0	Tee	3,70						
					0	V.C.	0,30						
3-4	95,9	32,0	2,47	0,037	1	Tub.	2,24	2,2	7,4	0,27	32,73	33,00	1,96
					0	C. 90	1,80						
					0	Tee	3,70						
					0	V.C.	0,30						
4-5	127,9	32,2	2,47	0,062	1	Tub.	2,24	2,2	7,4	0,46	33,00	33,46	2,61

Tramo 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6													
Tramo	Q	q	Ø	J	Accesorios de tubería		Le	Lt		Jf	Po	PT	V
	GPM	GPM	pulg	PSI/pie			m	m	pie	PSI	PSI	PSI	m/s
					0	C. 90	1,80						
					0	Tee	3,70						
					0	V.C.	0,30						
5-6	255,8	32,4	4,03	0,021	1	Tub.	14,11	14,7	48,2	1,00	33,46	34,46	1,97
				0	C. 90	3,00							
				0	Tee	6,10							
				1	V.C.	0,60							

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 5. 9

PÉRDIDAS DE PRESIONES EN ANILLO PRINCIPAL 6-7, 7-8

Tramo 6-7, 7-8													
Tramo	Q	q	Ø	J	Accesorios de tubería		Le	Lt		Jf	Po	PT	V
	GPM	GPM	pulg	PSI/pie			m	m	pie	PSI	PSI	PSI	m/s
6-7	255,8	-	6,07	0,003	1	Tub.	55,93	64,5	211,7	0,60	34,46	35,06	0,87
					2	C. 90	4,30						
					0	Tee	9,10						
					0	V.C.	0,90						
7-8	505,8	-	6,06	0,010	1	Tub.	45,78	51,0	167,2	1,67	100,51	102,18	1,72
					1	C. 90	4,30						
					0	Tee	9,10						
					1	V.C.	0,90						

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 5. 10
PÉRDIDAS DE PRESIONES EN TUBERÍA PRINCIPAL 8-9, 9-10

Tramo 8-9, 9-10													
Tramo	Q	q	Ø	J	Accesorios de tubería	Le	Lt		Jf	Po	PT	V	
	GPM	GPM	pulg	PSI/pie		m	m	pie	PSI	PSI	PSI	m/s	
8-9	505,8	-	6,06	0,010	1	Tub.	35,62	36,5	119,8	1,20	102,18	103,38	1,72
					0	C. 90	1,80						
					1	Tee	3,70						
					1	V.C.	0,90						
9-10	599,1	-	6,06	0,014	1	Tub.	4,85	4,8	15,9	0,22	103,38	103,60	2,03
					0	C. 90	1,80						
					0	Tee	3,70						
					0	V.C.	0,90						

Fuente: Elaboración Propia

Selección del Equipo de Bombeo

TABLA N° 5. 11
PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DE BOMBA CONTRA
INCENDIO

Presión mín. requerida por sistema (P)	103,6 PSI	< >	714277 Pa
Caudal mín. requerido por sistema (Q)	599,1 GPM	< >	0,0378 m ³ /s
Potencia Hidráulica del Sistema (Ph)	36 HP	< >	26996 Watts
Eficiencia de la Bomba (n_{bomba})	72 %		
Eficiencia del Motor (n_{motor})	60 %		

Fuente: Elaboración Propia

Entonces los parámetros mínimos que deberá tener la bomba contra incendio son:

TABLA N° 5. 12
PARÁMETROS DE LA BOMBA CONTRA INCENDIO

Presión mínima de la Bomba (PBCI)	103,6	PSI
Caudal mínimo de la Bomba	599,1	GPM
Potencia mínima del motor (Pm)	83,8	HP
Potencia Comercial (*)	115,0	HP

(*) Potencia según Bomba: AC Fire Pump 500 GPM @ 3000 RPM

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 5. 13
PARÁMETROS ATMOSFÉRICOS

Temperatura promedio	17,8 °C	
Presión Atmosférica Estándar (*)	101 KPa	a nivel del mar
Presión Atmosférica en el sitio (**)	69 Kpa	a nivel del patio de Bombas
Presión de Vapor a 17.8°C	2,46 Kpa	
Altura	3260 msnm	

(*) A nivel del mar

(*) A nivel del patio de Bombas

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 5. 14

PERDIDAS EN LA LÍNEA DE SUCCIÓN DE LA BOMBA

Línea de Succión de la Bomba Contra Incendio											
D _{nom}	Q	D	J	Accesorios		Le	Lt		Jf		V
	GPM	pulg	Psi/pie	de tubería		m	m	pie	Psi	mca	m/s
Ø6"	599,1	6,066	0,014	1	Tub.	4,2	12,1	39,7	0,54	0,38	2,0
				1	C90	5,5					
				0	Tee	10,7					
				2	VC	1,2					

Pérdidas tub. y accesorios (h _{pérdidas})	0,38	mca
--	------	-----

NPSH disponible	6,7	m
NPSH requerido ¹	4,84	m

¹ Los datos se hicieron en base a la bomba AC Fire Pump 500 GPM@ 3000 RPM. (véase Anexo 3, en la pag. 74)

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 5. 15
PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DE BOMBA JOCKEY

Presión de la B.C.I.	103,6 Psi		
10 psi según NFPA 20	10,0 Psi	< >	0,30 m
Presión de descarga de la bomba jockey	113,6 Psi	< >	783225 Pa
Eficiencia de la bomba (*)	50%		
Eficiencia del motor eléctrico (*)	75%		

(*) Por buenas prácticas de Ingeniería Contra Incendio

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 5. 16
PARÁMETROS DE LA BOMBA JOCKEY

Caudal mínimo - electrobomba jockey	6 gpm	< >	0,0004 m ³ /s
Potencia hidráulica - electrobomba jockey	0,40 HP	< >	296,0 Watts
Potencia mínima - electrobomba jockey	1,1 HP		
Potencia Comercial	1,5 HP		

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO VI:

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1.- Contratación de hipótesis con los resultados

Hipótesis Específica 1:

El cálculo de la dotación de espuma garantiza la extinción de un incendio dentro del tanque de almacenamiento.

Resultado del Sistema Agua-Espuma

Con los siguientes resultados se garantiza la extinción de un incendio en el tanque de almacenamiento de combustible:

- Cantidad de Espuma (AFFF) 3% 99.42 gal
- Presión del Sistema Agua-Espuma 86.00 psi
- Caudal del Sistema Agua-Espuma 93.20 gpm
- Caudal de Agua Requerido 90.4 gpm

Hipótesis Específica 2:

Con el cálculo hidráulico de la red de gabinetes Clase III y del sistema de aspersores se logra el enfriamiento de los tanques de almacenamiento.

Resultado del Sistema de Enfriamiento por Aspersores

Con los siguientes resultados se logra el enfriamiento en el tanque de almacenamiento de combustible:

- Caudal total de aspersores 255.7 gpm
- Presión total de aspersores 35,06 psi
- Números de aspersores 8,0
- Presión de Operación del gabinete clase II 100 psig
- Caudal de Operación del gabinete clase II 250 gpm

Hipótesis Específica 3:

Con la selección del sistema de bombeo se garantiza los requerimientos mínimos de presión y caudal del sistema de protección contra incendio.

Resultado del Sistema de Bombeo

Con los siguientes resultados se garantizan los requerimientos mínimos de presión y caudal del sistema agua-espuma y del sistema de enfriamiento:

- Presión mín. requerida por sistema (P) 103,6 PSI
- Caudal mín. requerido por sistema (Q) 599,1 GPM
- Presión mínima de la Bomba (P_{BCI}) 103,6 PSI
- Caudal mínimo de la Bomba (Q_{BCI}) 599,1 GPM

6.2.- Contratación de hipótesis con los resultados

TESIS DE GRADO	Diseño hidráulico de un Sistema de Protección Contra Incendio para el patio de tanques de almacenamiento de Diésel B5 – Unidad Minera Toquepala	Diseño de un Sistema Contra Incendio para Tanques de Almacenamiento de Diesel para la Empresa Termopichincha Central Santa Rosa
OBJETIVO GENERAL	Diseñar un Sistema de Protección Contra Incendio sustentado en un adecuado Cálculo Hidráulico que permita obtener el Patio de Tanques de Almacenamiento de Diésel B5-S50 seguro en la Unidad Minera Toquepala.	Documentar el diseño de un sistema contra incendio para mejorar la seguridad del personal e instalaciones de la Central Santa Rosa de la empresa Termopichincha en el sector de tanques de almacenamiento de diesel.
DESCRIPCIÓN	Protección a dos tanques de almacenamiento de 10.5 m de diámetro.	Protección a dos tanques de almacenamiento de 15 m de diámetro.
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Bomba Principal: 599 gpm / 103.6 psi Bomba Jockey: 6 gpm / 113.6 psi	Bomba Principal: 500 gpm / 115 psi Bomba Jockey: 5 gpm / 133 psi.
SISTEMA DE AGUA/ESPUMA	Caudal agua-espuma: 352.98 lpm Cantidad de Espuma: 99.42 gl	Caudal agua-espuma: 724.53 lpm Cantidad de Espuma: 286 gl

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO VII:

CONCLUSIONES

- Habiendo realizado los cálculos hidráulicos se logró determinar los parámetros mínimos requeridos para el sistema de protección contra incendio con los cuales se logró diseñar el mencionado sistema, con ello se garantiza la confiabilidad y seguridad del sistema en concordancia con los estándares aplicables.
- Se logró calcular la dotación de espuma mínima requerida de 92.4 gal para la extinción de incendio dentro del tanque de almacenamiento como lo exige el D.S. 052-93-EM art. 91.
- Se logró realizar el cálculo hidráulico de la red de gabinetes clase III y del sistema de aspersores, además se determinó la adecuada distribución de boquillas aspersoras en el semitoroide concordante con la norma NFPA 15, lo que garantiza el correcto enfriamiento de la superficie expuesta al flujo de radiación térmica.
- Se determinaron los parámetros de operación para la selección del sistema de bombeo, los cuales garantizan la presión de 100 psi, según NFPA 14, requerida para el gabinete hidráulicamente más desfavorable, como también para el sistema de aspersores y sistema de espuma los cuales requieren una presión mínima de 34.46 psi y 86 psi respectivamente.

CAPITULO VIII:

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la instalación de todos los componentes del sistema de protección contra incendio, deberán realizarse en conformidad con el estándar NFPA, ASME, AWS en ese orden, de forma tal que se garantice la calidad de la instalación, el adecuado funcionamiento y el cumplimiento de las normas.
- Los componentes utilizados en el sistema de protección contra incendio deberán ser listados por Underwriter Laboratories Inc. ® (UL) y/o aprobados por FM GLOBAL para el uso en sistemas contra incendio.
- Al término de la instalación, el sistema contra incendio deberá ser sometido a las pruebas de funcionamiento y operatividad establecidas por el cuerpo normativo de la NFPA.

CAPITULO IX:

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBAN ARAUZ, Christian Wladimir. **Diseño de un Sistema Contra Incendio para Tanques de Almacenamiento de Diesel para la Empresa Termopichincha Central Santa Rosa.** Tesis de Grado. Sangolqui. Escuela Politécnica del Ejército de Sangolqui. Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/265>

ASTETE WESCHE, Horacio Nelson. **Ampliación del Sistema Contra Incendio de una Planta Envasadora de GLP.** Informe por Experiencia Laboral. Callao. Universidad Nacional del Callao. 2013

CARRION PORRAS, Johana / PIRUCH TSAWANT, Alex Omar. **Actualización del Sistema Contra Incendio de la Estación de Producción Shushufindi Central de Petroproducción.** Tesis de Grado. Quito. Escuela Politécnica Nacional de Quito. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1797>.

CIRO ESPINOZA MONTES, Ciro. **Metodología de la Investigación Tecnológica.** Huancayo. Imagen Gráfica SAC. Primera Edición. 2010

TORRES BARDALES, C. **El Proyecto de Investigación Científica.** Lima. Libros Publicaciones. Tercera Edición. 2005

MONCADA PEREZ, Jaime / ANDRES MONCADA, Jaime. **Manual de Protección Contra Incendio en Español**. Bogotá. QuadGraphics. Quinta Edición - Primera Reimpresión. 2012

Ministerio de Energía y Minas. **Decreto Supremo N° 043-2007-EM: Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos y Modificaciones de Diversas Disposiciones**. 2007. Lima. Oficina de imprenta del gobierno. Recuperado de http://www.mem.gob.pe/_legislacion.php?idSector=5&idLegislacion=5608

Ministerio de Energía y Minas. **Decreto Supremo N° 052-1993-EM: Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos aprobado y modificaciones**. 1993. Lima. Oficina de imprenta de gobierno. Recuperado de <http://www.isem.org.pe/pdf/reglaseguridad%20almacenamiento%20HC.pdf>

NFPA: ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO. **NFPA 13: Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores**. Massachusetts. Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendio. Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendio. 2013

NFPA: ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO. **NFPA 1: Código de Incendio**. Massachusetts. Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendio. 2012

NFPA: ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO. **NFPA 15: Norma para Sistemas Fijos de Aspersores de Agua para Protección Contra Incendio.** Massachusetts. Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendio. 2012

NFPA: ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO. **NFPA 30: Código de Líquidos Inflamables y Combustibles.** Massachusetts. Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendio. 2012

NFPA: ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO. **NFPA 11: Norma para espuma de baja, media y alta expansión.** Massachusetts. Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendio. Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendio. 2010

NFPA: ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO. **NFPA 14: Norma para la Instalación de Sistemas de Tubería Vertical y Mangueras.** Massachusetts. Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendio. 2010

NFPA: ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO. **NFPA 20: Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias de Protección Contra Incendios.** Massachusetts. Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendio. 2010

NFPA: ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO. **NFPA 24: Norma para la Instalación de Tuberías para Servicio Privado de Incendios y sus Accesorios.** Massachusetts. Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendio. 2010

VITaulic (2014). **Boquillas de rociado abiertas V12. Catálogo de boquillas de rociado 40.96 SPAL.** Disponible en: <http://www.vitaulic.com/Docs/lit/40.96-SPAL.pdf>

VIKING (2014). **Cámaras de espuma modelo FC. Catálogo de cámaras.** Disponible en: <http://www.vikinggroupinc.com/databook/foam/chamber%20&%20makers/012201.pdf>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
<p><u>Problema Principal</u></p> <p>¿Cómo determinar un Sistema de Protección Contra Incendio que permita obtener un Patio de Tanques de Almacenamiento de Diésel B5-S50 seguro en la Unidad Minera Toquepala?</p> <p><u>Problemas específicos</u></p> <p>P1: ¿Cómo diseñar un sistema de aplicación de espuma confiable y que permita extinguir un incendio en el patio de tanques?</p> <p>P2: ¿Cómo diseñar un sistema de enfriamiento para la superficie expuesta del tanque de almacenamiento sometido al flujo de radiación térmica emitido por un incendio del tanque adyacente?</p> <p>P3: ¿Cómo garantizar los requerimientos mínimos de presión y caudal del sistema de protección contra incendio?</p>	<p><u>Objetivo General</u></p> <p>Diseñar un Sistema de Protección Contra Incendio sustentado en un adecuado Cálculo Hidráulico que permita obtener el Patio de Tanques de Almacenamiento de Diésel B5-S50 seguro en la Unidad Minera Toquepala.</p> <p><u>Objetivos específicos</u></p> <p>O1: Realizar el cálculo de la dotación de espuma requerida para extinguir un incendio en el patio de tanques de almacenamiento.</p> <p>O2: Realizar un cálculo hidráulico de la red de gabinetes Clase III y del sistema de aspersores para el enfriamiento de los tanques de almacenamiento.</p> <p>O3: Seleccionar el sistema de bombeo capaz de cumplir los requerimientos mínimos de presión y caudal del sistema de protección contra incendio.</p>	<p><u>Hipótesis General</u></p> <p>El diseño hidráulico de un Sistema de Protección Contra Incendio permite obtener el Patio de Tanques de Almacenamiento de Diésel B5-S50 seguro en la Unidad Minera Toquepala.</p> <p><u>Hipótesis específicas</u></p> <p>H1: El cálculo de la dotación de espuma garantiza la extinción de un incendio dentro del tanque de almacenamiento.</p> <p>H2: Con el cálculo hidráulico de la red de gabinetes Clase III y del sistema de aspersores se logra el enfriamiento de los tanques de almacenamiento.</p> <p>H3: Con la selección del sistema de bombeo se garantiza los requerimientos mínimos de presión y caudal del sistema de protección contra incendio.</p>	<p><u>Variable Independiente</u></p> <p>Diseño hidráulico de un Sistema de Protección Contra Incendio</p> <p><u>Variable Dependiente</u></p> <p>Proteger el Patio de Tanques de Almacenamiento de Diésel B5-S50</p>	<p><u>Tipo de Investigación</u></p> <p>Investigación Tecnológica.</p> <p><u>Nivel</u></p> <p>Investigación Aplicada</p> <p><u>Método</u></p> <p>Método de Investigación Dinámico</p> <p><u>Diseño de la Investigación</u></p> <p>Diseño No Experimental.</p>	<p><u>Población</u></p> <p>Patio de Tanques de Almacenamiento Diésel B5-S50.</p> <p><u>Muestra</u></p> <p>02 Tanques de Almacenamiento Diésel B5-S50:</p> <ul style="list-style-type: none"> - TK-04 - TK-05

Anexo 2: Estudio de Riesgos de Incendio y Explosión

SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION

**ESTUDIO DE RIESGO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN PARA
LOS DOS TANQUES VERTICALES DE LA AMPLIACIÓN DEL GRIFO #1**

PARA EL PROYECTO:

CONSTRUCCIÓN DE 02 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIÉSEL B5 DE

200 000 GAL - PASE T1 / TOQUEPALA

SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE

TABLA DE CONTENIDOS

	Pag.
1.ASPECTOS GENERALES	91
1.1. ALCANCE.....	91
1.2. OBJETIVOS	92
2.NORMATIVIDAD APLICADA.....	92
2.1. REGLAMENTACIÓN NACIONAL.....	92
2.2. REGLAMENTACIÓN INTERNACIONAL.....	93
3.DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	93
3.1. Productos empleados	94
3.1.1. Diésel B5 (Líquido Combustible Clase II).....	94
4.METODOLOGÍA UTILIZADA.....	95
5.EVALUACIÓN DE RIESGOS	97
5.1. Identificación de Riesgos	97
5.2. Incendios y Radiación Térmica.....	98
6.1. Medidas de mitigación identificadas:.....	99
1.1.1 Actualizar o implantar procedimientos de trabajo en caliente	99
1.1.2 Actualizar o implantar Planes y Programas de Mantenimiento	99
7.DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN INCENDIO	100
7.1. Sistema de Protección con Espuma.....	101
7.2. Sistemas de Enfriamiento Contra Incendios.....	101
8.CONCLUSIONES	102

1. ASPECTOS GENERALES

1.1. ALCANCE

El presente estudio tiene la finalidad de identificar el riesgo máximo al que se ve expuesta la zona de almacenamiento de combustible de Pase T1 – Toquepala, en lo que respecta a los dos (02) Tanques de Almacenamiento de 200,000 Galones de capacidad c/u, los cuales serán instalados durante la ampliación del grifo #1, así como, plantear medidas de protección que reducirán el impacto económico y ambiental para las inmediaciones de la Unidad Minera Toquepala - Southern Peru Copper Corporation.

Es importante tener presente que el riesgo es el resultado del análisis de dos variables: probabilidad y severidad. La primera depende de la metodología de las labores de abastecimiento, almacenamiento y despacho, así como del mantenimiento de los equipos, etc.

De todos los escenarios de riesgo evaluados en base a su posible probabilidad de ocurrencia y consecuencia, tenemos a los siguientes casos de mayor incidencia:

- Caso N° 1: Incendio confinado en el tanque de almacenamiento de Diésel TK-04.
- Caso N° 2: Incendio confinado en el tanque de almacenamiento de Diésel TK-05.

En la sección 7 del presente estudio se indican las conclusiones y recomendaciones, obtenidas luego del análisis de riesgos a las instalaciones proyectadas.

1.2. OBJETIVOS

- Identificar los principales escenarios de riesgo probables de ocurrencia, en las diferentes instalaciones del Consumidor Directo – Zona Sur, a través de metodologías ampliamente reconocidas y aceptadas.
- Priorizar los riesgos graves y sobre todo el riesgo mayor.
- Evaluar y categorizar los riesgos.
- Determinar las medidas necesarias de prevención, control y mitigación para los riesgos identificados, además de estimar los requerimientos mínimos de protección contra incendio, que garanticen una respuesta oportuna y adecuada para situaciones de emergencia de la instalación.

2. NORMATIVIDAD APLICADA

2.1. REGLAMENTACIÓN NACIONAL

- DS-055-2010-EM Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras Medidas Complementarias en Minería.
- DS-042-2005-EM Ley Orgánica de Hidrocarburos
- DS-045-2001-EM Reglamento de Comercialización del Subsector Hidrocarburos y sus posteriores modificatorias
- DS-052-1993-EM Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos y sus posteriores modificatorias

2.2. REGLAMENTACIÓN INTERNACIONAL

- NFPA 11 Standard for Low, Medium, and High-Expansion Foam
- NFPA 14 Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems
- NFPA 15 Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection
- NFPA 24 Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances
- NFPA 122 Standard for Fire Prevention and Control in Metal / Nonmetal Mining and Metal Mineral Processing Facilities
- API 2030 Guidelines for Application of Water Spray Systems for Fire Protection in the Petroleum Industry

3. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

El Yacimiento Minero de Toquepala, Administrado por SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION, se encuentra ubicado en el sur del Perú, específicamente en el Departamento de Tacna.

Geográficamente se encuentra a 17°13' latitud Sur y 70°36' longitud Oeste, a 92 Km en línea recta de Tacna, 85 Km de Ilo y 35 Km de Moquegua, entre los 2,500 y 3,600 msnm, presentándose hacia el Este, nevados con elevaciones que se aproximan a los 6,000 msnm.

Los dos (02) nuevos Tanques de Almacenamiento de Combustible Diésel B5 las dimensiones indicadas en la tabla 3.1

ESTUDIO DE RIESGOS	CONSTRUCCIÓN 02 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIÉSEL B5 DE 200,000 GAL - PASE T1 / TOQUEPALA
---------------------------	--

Tabla 3.1 DIMENSIONES DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Código Local	Producto Almacenado	Capacidad (Gal)	Diámetro (m)	Altura (m)
2840-122-TK-04	Diésel B5-S50	200 000	10,5	9,6
2840-122-TK-05	Diésel B5-S50	200 000	10,5	9,6

Tabla 3.2 DIMENSIONES ENTRE TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Código Local	Distancia entre Pared de Tanques (m)	Distancia entre Centro de Tanques (m)
2840-122-TK-04	8,00	18,50
2840-122-TK-05	8,00	18,50

3.1. PRODUCTOS EMPLEADOS

3.1.1. Diésel B5 (Líquido Combustible Clase II)

Las instalaciones de la Zona Sur, brindan las facilidades de recepción, almacenamiento y despacho del Líquido combustible Clase II denominado Diésel B5, el cual se emplea como combustible para las unidades de carga pesada y vehículos livianos de la mina.

El Diésel B5 almacenado en los Tanques T-01, T-02 y T-03, cuenta con las características descritas en la siguiente tabla:

ESTUDIO DE RIESGOS	CONSTRUCCIÓN 02 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIÉSEL B5 DE 200,000 GAL - PASE T1 / TOQUEPALA
---------------------------	--

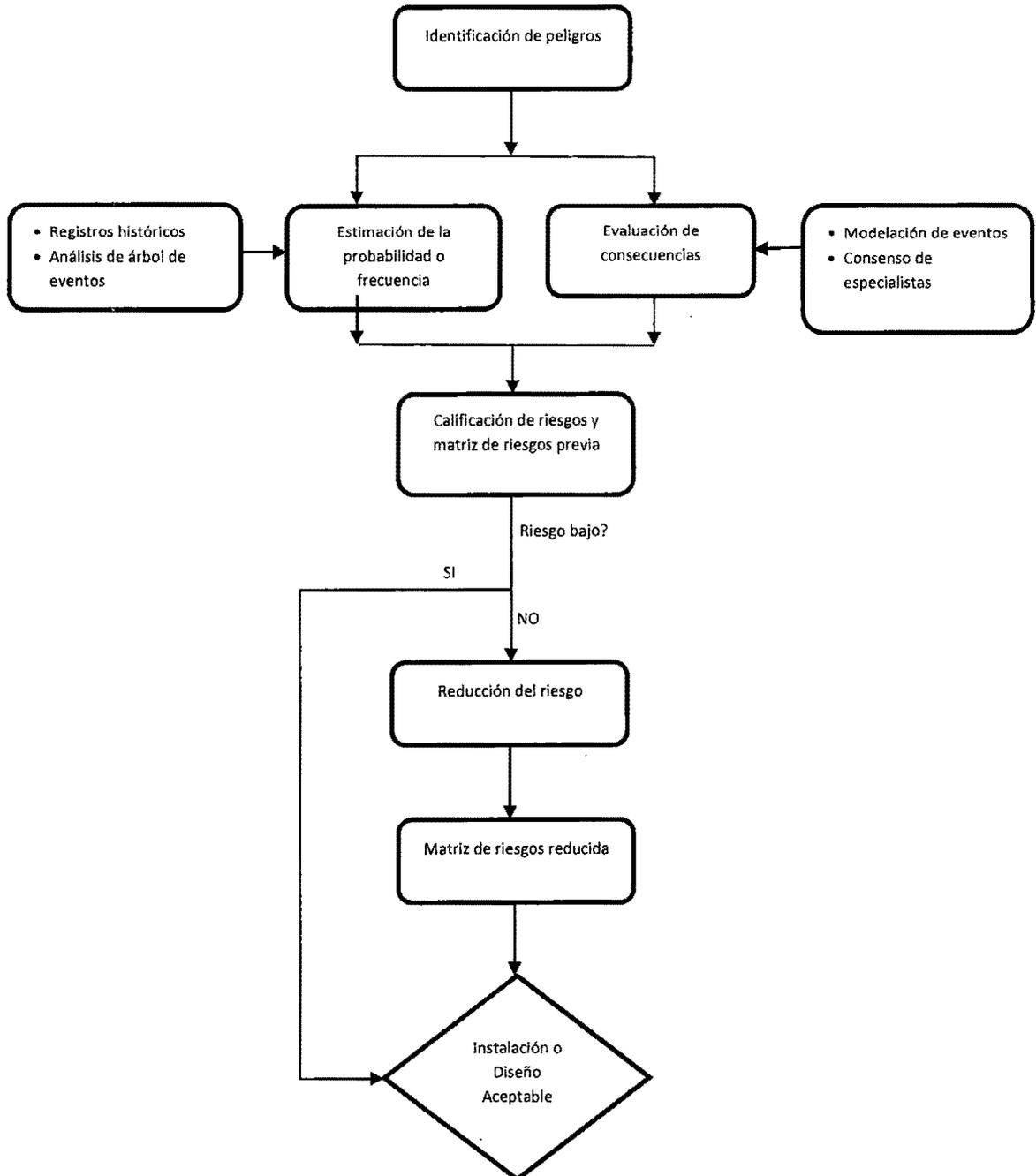
Tabla 3.1.1 – Propiedades del Diésel B5

Nombre: Diésel B5		Usos: Combustible para motor	
Estado en Almacenamiento: Líquido		Contenedor: Tanque atmosférico	
Solubilidad: No polar / No mezclable con agua			
Clasificación: Líquido combustible (mezcla con 5% de biodiesel)			
N° UN 1202	N° CAS	Guía de Respuesta GRE N° 128	
Densidad de Vapor (Aire = 1): 3.4		Niveles de Riesgo (NFPA 704)	
Gravedad Específica (Agua = 1): 0.84-0.87		Salud	0
Temperatura de Ebullición: ± 152°C - 189°C		Inflamabilidad	2
Punto de Inflamación: 52 °C		Reactividad	0
Rango de Inflamabilidad: 1,3% - 6,0%		Riesgos especial	Ninguno
Temperatura de auto ignición: 257°C aprox.		Ver notas importantes en: MSDS	

Fuente: Petroperú

4. METODOLOGÍA UTILIZADA

La metodología empleada para la evaluación de riesgos, consistió en desarrollar el proceso de análisis por etapas, identificando los posibles eventos desencadenantes, evaluando la probabilidad de ocurrencia de eventos, definiendo los eventos de riesgo probables, analizando las consecuencias de un evento peligroso, valorando y calificando el riesgo para finalmente establecer medidas de prevención, control o mitigación.

PROCESOS PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO DE RIESGOS

5. EVALUACIÓN DE RIESGOS

5.1. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

El proceso de identificación de riesgos se realizó con la asistencia del software SCRI WHAT IF versión 2.3, teniendo como escenarios principales los siguientes:

- Caso N° 1: Incendio confinado en el tanque de almacenamiento de Diésel TK-04.
- Caso N° 2: Incendio confinado en el tanque de almacenamiento de Diésel B5 TK-05.

No se consideró un escenario de explosión de un tanque de almacenamiento de techo cónico fijo, debido a su baja frecuencia de ocurrencia: 2.5×10^{-5} eventos/año (según Estadísticas internacionales de la Asociación Internacional de Productores de Gas y Petróleo - OGP).

La descripción de los posibles escenarios de riesgo identificados se desarrollara líneas abajo en el presente punto, en donde se mencionara las características del evento y se basara principalmente en la severidad que éstos representan para la zona Pase T1.

La severidad, como bien ya se ha mencionado anteriormente en el presente documento, se puede cuantificar basados en los efectos sobre las personas y/o materiales como consecuencia de una eventualidad.

Si bien existen escenarios de riesgo que poseen baja probabilidad de ocurrencia como es el caso de un incendio, se debe estar preparado para este tipo de eventualidades, puesto que de ocurrir, la radicación de calor emitido al entorno puede lograr que los materiales lleguen a su punto de inflamación, o peor aún, que estos alcancen su temperatura de auto-ignición y se desencadene un incendio de condiciones insostenibles.

5.2. INCENDIOS Y RADIACIÓN TÉRMICA

Para los escenarios de incendios, el resultado de la simulación proporciona un reporte con las distancias de alcance de la radiación térmica.

Entre los diferentes módulos de vulnerabilidad existentes para los efectos de la radiación térmica sobre los bienes, se han tomado los publicados por el Banco Mundial en su informe "Effects of Thermal Radiation – 1985" y adoptado por la Guía para el Análisis de Riesgo Cuantitativo de los Procesos Químicos de la CCPS.

Tabla 5.2.1A – Efectos de la radiación térmica sobre los bienes

Intensidad de radiación (kW/m ²)	Efecto observado
37.50	Suficiente para causar daños a equipos de proceso y colapso de estructuras. Límite de zona crítica
25.00	El acero delgado puede perder su integridad.
12.60	Energía mínima requerida para que la madera alcance el punto de ignición, las tuberías de plástico y los recubrimientos de cables eléctricos alcanzan su punto de ignición. Daños severos a instrumentos, distancia segura para ubicación de Hidrantes y monitores manuales.

En cuanto a los niveles de radiación térmica de interés (LOC) para estimar las consecuencias sobre personas, se aplicaron los criterios establecidos por la Environmental Protection Agency – EPA y la Federal Emergency Management Agency, los mismos que se muestran en la Tabla 5.2.1B:

ESTUDIO DE RIESGOS	CONSTRUCCIÓN 02 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIÉSEL B5 DE 200,000 GAL - PASE T1 / TOQUEPALA
--------------------	---

Tabla 5.2.1B – Efectos de la radiación térmica sobre las personas

Intensidad de radiación (kW/m ²)	Dosis (watts/m ²) ^{4/3} s (tiempo de exposición 60 s)	Efecto observado
2.00	1.51 x 10 ⁶	Suficiente para causar dolor en un tiempo de exposición de 60 segundos, delimita la zona de alerta.
5.00	5.13 x 10 ⁶	Suficiente para causar quemaduras de segundo grado en un tiempo de exposición de 60 segundos.
10.00	1.3 x 10 ⁷	Potencialmente letal en un tiempo de exposición de 60 segundos.
12.60	1.76 x 10 ⁷	Máximo soportable por personal protegido con trajes especiales (trajes de bombero) delimita la zona de intervención.

6. MEDIDAS DE MITIGACIÓN

6.1. MEDIDAS DE MITIGACIÓN IDENTIFICADAS:

6.1.1. Actualizar o implantar procedimientos de trabajo en caliente

Esta medida de prevención contempla la implementación o actualización de los procedimientos y sistema de permisos de trabajos en caliente. La cual deberá ser aplicada a todas las áreas de la Instalación.

6.1.2. Actualizar o implantar Planes y Programas de Mantenimiento

Con la finalidad de reducir los riesgos generados por la corrosión y el deterioro operativo, esta medida de prevención contempla la

implementación o actualización del Plan y Programa de Mantenimiento de los equipos que conforman la Instalación, tales como tanques, bombas, filtros, mangueras, válvulas, etc. Los mismos que deben incluir trabajos de cambio de repuestos, protección anticorrosiva, reajuste de uniones atornilladas, cambio de empaquetaduras, reducción de vibraciones, entre otros.

7. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO

En concordancia con los requisitos legales y el nivel de los riesgos mencionados anteriormente en el presente estudio; dadas las características de los tanques de almacenamiento de Pase T1, se deberá contar con dos (02) extintores portátiles ABC de 20 libras, de cartucho externo; como se muestra en la especificación técnica CI-507 (Ver Anexos).

En el presente estudio se mencionaron de las características físico químicas del Diésel B5, único producto disponible. Este producto puede arder si se encuentra a temperaturas superiores a 43°C con la aplicación de una fuente de ignición o de calor como es el contacto con alguna superficie caliente.

En caso esto ocurriese se debe estar preparado para evitar que el incendio siga creciendo hasta condiciones insostenibles; razón por la cual se recomienda la implementación de un (01) extintor rodante de PQS y uno (01) de AFFF-AR, suficiente como para atender alguna emergencia, actuando como una primera respuesta.

Se debe señalar que el personal presente en Pase T1 debe contar con capacitación y entrenamiento acerca de los peligros existentes y de cómo manejar los escenarios de riesgo para de esta manera, contar con un tiempo de reacción menor; lo que se puede traducir en la extinción del incendio y evitar que este alcance condiciones que puedan comprometer la totalidad de las instalaciones.

Se debe recalcar que la locación encaja dentro de los criterios de una estación de servicio, siendo solo necesaria la colocación de extintores de acuerdo al Decreto Supremo correspondiente, sin embargo la futura estación también cumple con los criterios de Almacenamiento de

Hidrocarburos, por lo que se ha optado por una solución mixta, la cual puede verse descrita a continuación:

Como consecuencia del volumen de combustible, las dimensiones de los tanques de almacenamiento (10,5m) y la distancia entre ellos (18.5m aproximadamente) que en función a la carga energética percibida por un incendio en un tanque cercano (12.5 kW/m²), calculado en el presente estudio, es que debe contar con un sistema de enfriamiento para los tanques aledaños.

Adicionalmente, se deben instalar cámaras de espumas en cada tanque para la extinción de las llamas en el interior de estos.

7.1. SISTEMA DE PROTECCIÓN CON ESPUMA

Siguiendo los criterios de diseño de la NFPA 11 para la aplicación de espuma, se establece lo siguiente:

- Densidad de aplicación de solución de espuma = 0.10 gpm/ft²
- Tiempo de aplicación de espuma = 30 min
- Aplicación de un chorro adicional de 50 gpm espuma en solución por un tiempo mínimo de 10 minutos.
-

Debemos señalar que para los cálculos se ha considerado el mayor riesgo individual existente de acuerdo al D.S. 052-093-EM.

7.2. SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO CONTRA INCENDIOS

El Decreto Supremo-052-93-EM no menciona densidades de enfriamiento para el tanque incendiado, es por ello que se tomara como referencia el DS-043-2007-EM donde se establecen dos criterios de protección para sistemas de enfriamiento. Es importante aclarar nuevamente, que la legislación peruana no exige el enfriamiento del tanque incendiado, aunque por una buena práctica se recomienda la aplicación de agua para evitar el colapso estructural del tanque, y de esta manera disponer de un mayor tiempo para lograr la extinción por medio de la utilización de las cámaras de espuma.

- Densidad de enfriamiento por agua = 0.15 gpm/ft² (sistema fijo)

8. CONCLUSIONES

Sistema de aplicación de espuma:

- Se instalará un sistema de agua-espuma acoplada a cada tanque, la cual verterá por medio de una cámara espuma una solución de agua-espuma al 3% que al mezclarse con el aire formará espuma de baja expansión del tipo adecuado que cubrirá la superficie del pool fire y sofocará el incendio dentro del tanque, el sistema de agua espuma se activará, cuando el sistema de detección de incendio detecte una flama dentro del tanque.
- Para la aplicación del chorro suplementario de espuma se deberán implementar gabinetes y mangueras de agua contra incendio con lanzadores de espuma manuales, ubicados desde por lo menos dos (02) frentes de ataque.

Sistema de Agua de Enfriamiento:

- Se instalará un sistema de detección de incendio enlazado a un panel central de alarma, el cual a recibir una señal de incendio aperturará la válvulas de diluvio del sistema de enfriamiento del tanque adyacente al tanque incendiado.
- Se instalará un sistema de enfriamiento que consistirá en un anillo de tubería que rodeará el exterior del tanque en su parte superior y en este anillo tendrán boquillas aspersores distribuidas simétricamente en todo el anillo, el sistema se activará cuando la válvula de diluvio se abra por el Sistema de detección de incendio.
- Además de los sistemas fijos de aspersores, se deberá enfriar los tanques de almacenamiento mediante mangueras desde dos frentes de ataque instaladas en una red de agua contra incendio.

Reserva de agua Contra Incendio:

- Para el agua de enfriamiento en los tanques, se deberá asegurar un abastecimiento el tiempo mínimo de reserva de agua contra incendio equivalente a 04 horas para el caso de riesgo mayor, establecido en el D.S. 043-2007-EM artículo 91. En este caso representa un volumen de 234 m³.

Sistema de Bombas Contra Incendio:

- Se deberá seleccionar un sistema de bombeo capaz de cubrir los requerimientos mínimos de caudal y presión requeridos para el caso de riesgo mayor (Pool Fire).
- Respecto a la presión de operación del sistema contra incendio, este deberá ser corroborado mediante un cálculo de pérdidas hidráulicas del sistema.

**ANEXO
DE ESTUDIO DE RIESGOS**

SIMULACIÓN DE POOL FIRE EN UN TANQUE DE DIÉSEL B5-S50 (2840-TK-005) (REFERENCIA CON EXPOSICIÓN A TANQUES CERCANOS)

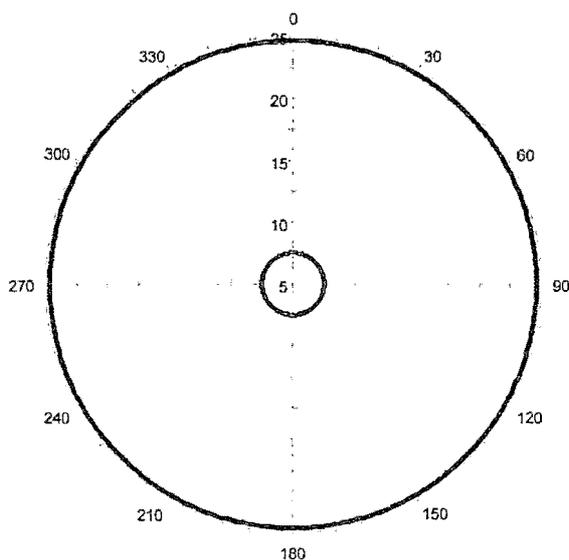

SCRI-FUEGO

Modelos de Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones

Modelo de radiación térmica por fuego en un derrame (POOLFIRE) Gráfica de distancias de afectación

TÍTULO DEL MODELO			
Simulación de incendio pool fire dentro de el tanque de 200,000 Gal de Diésel B5-S50 - 2840-TK-05			
DESCRIPCIÓN			
Simulación de incendio pool fire dentro de un tanque de combustible Diésel B5-S50, teniendo como referencia estructuras al mismo nivel (otros tanques).			
DATOS DE LA SUSTANCIA			
Nombre	COMBUSTIBLES DIESEL	No. CAS	68334-30-5
PARÁMETROS DE ENTRADA			
Calor de combustión			39700.00 kJ/kg
Tasa de combustión			0.035 kg/m ² s
Fracción de energía radiada			0.4
Temperatura ambiente			284.7 K (11.5 °C)
Humedad relativa			42.0 %
CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO			
Diámetro del área			10.50 m
Área del derrame			86.59 m ²
Altura de la base del fuego			0.00 m
Tasa de combustión total			3.03 kg/s
Altura de flama			12.42 m

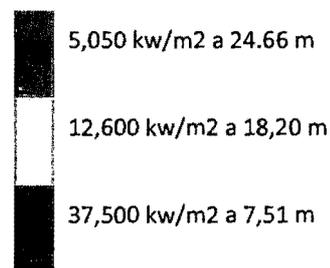
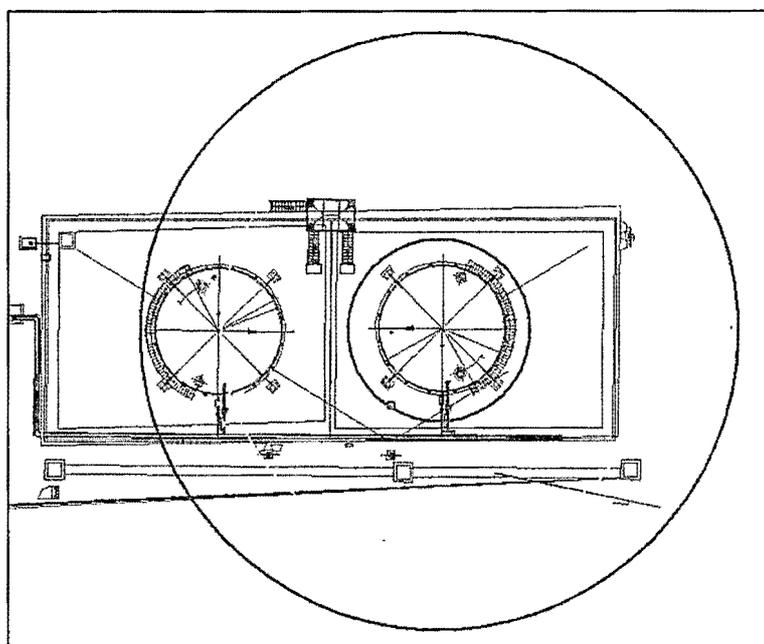
Simulación de incendio pool fire dentro de el tanque de 200,000 Gal de Diésel B5-S50 - 2840-TK-05



RADIOS DE AFECTACIÓN POR NIVEL DE RADIACIÓN TÉRMICA

ESTUDIO DE RIESGOS	CONSTRUCCIÓN 02 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIÉSEL B5 DE 200,000 GAL - PASE T1 / TOQUEPALA
--------------------	---

■	5.00 (kW/m ²)	Suficiente para causar quemaduras de segundo grado en un tiempo de exposición de 60 s. delimita la zona de alerta .
	12.60 (kW/m ²)	Energía mínima requerida para que la madera alcance el punto de ignición, las tuberías de plástico y los recubrimientos de cables eléctricos alcanzan su punto de ignición. Daños severos
■	37.50 (kW/m ²)	Suficiente para causar daños a equipos de proceso y colapso de estructuras.



//Fin de documento.

Anexo 3: Grafico de las Curvas de Performance de la Bomba Contra Incendio



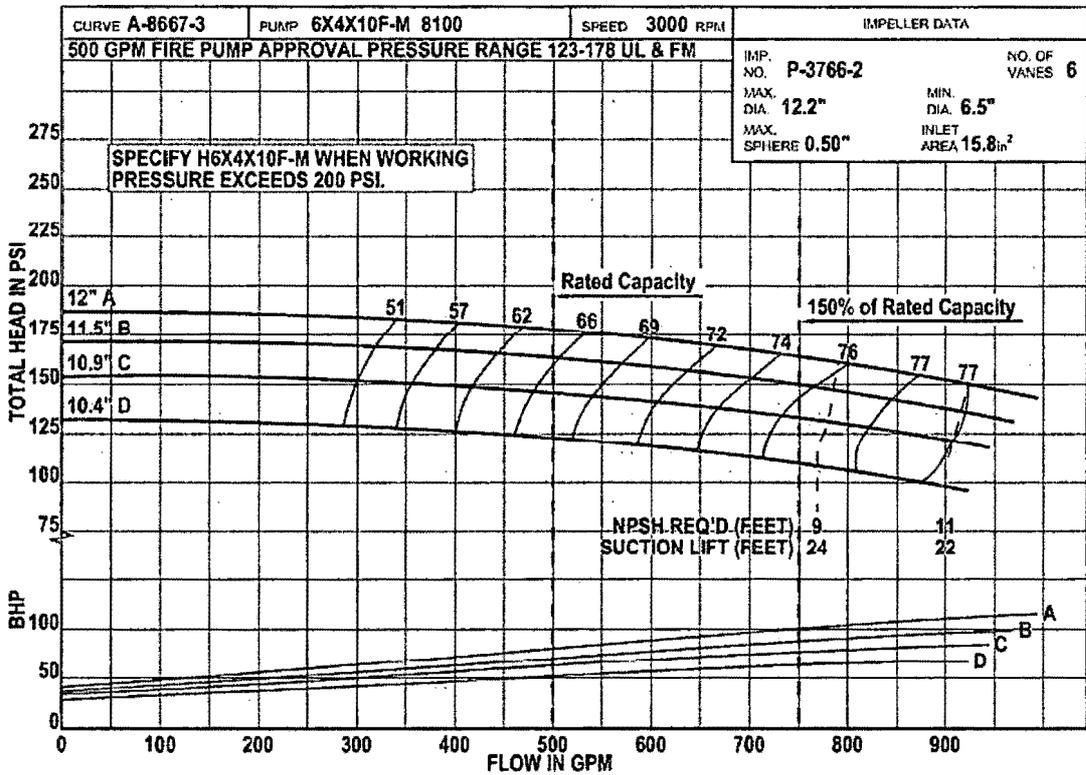
PERFORMANCE CURVES

FP 2.0

500 GPM

OCTOBER 2012

SUPERSEDES ALL PREVIOUS CURVES



Curves show performance with clear water at 85°F. If specific gravity is other than 1.0, BHP must be corrected.

Anexo 4: Hoja de Datos de Motobomba Contra Incendio

HOJA DE DATOS MOTOBOMBA CONTRA INCENDIO			
DESCRIPCIÓN		UNID.	VALOR
A	DATOS GENERALES		
1.00	Servicio	---	Sistema de Agua Contra Incendio
2.00	Cantidad de Equipos	---	1
3.00	Nombre del equipo:	---	MOTOBOMBA CONTRA INCENDIO
4.00	N° Equipo (TAG)	---	000-PU-001
B	PARÁMETROS DEL PRODUCTO		Datos del comprador
1.00	CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA		
1.01	Caudal nominal de la bomba (Q)	GPM	600
1.02	Presión mínima de descarga	PSI	103,6
1.03	Tipo de bomba	---	Centrífuga horizontal
1.04	Material de la bomba	---	Hierro fundido
1.05	Caja	---	Carcaza Partida
1.06	NPSH disponible	m	6.7
2.00	CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR		
2.01	Tipo		Motor diésel
2.02	Potencia Aproximada	BHP	115
2.03	Conexión a bomba	---	Acoplamiento flexible (NFPA 20)
2.04	Tipo de enfriamiento del motor		Intercambiador de calor
3.00	PINTURA		
3.01	Base (Poliamina - Amina EPS - Definido por fabricante)	Si/No	-
3.02	Acabado Rojo (Poliuretano EPS - Definido por fabricante)	Si/No	-
4.00	CERTIFICACIONES		
4.01	UL y/o FM	Si/No	SI
5.00	OTROS		
	Norma de Instalación		NFPA 20

Anexo 5: Hoja de Datos de Electrobomba Jockey

HOJA DE DATOS ELECTROBOMBA JOCKEY			
DESCRIPCIÓN		UNID.	VALOR
A	DATOS GENERALES		
1.00	Servicio	---	Sistema de Agua Contra Incendio
2.00	Cantidad de Equipos	---	1
3.00	Nombre del equipo:	---	ELECTROBOMBA JOCKEY
4.00	N° Equipo (TAG)	---	000-PU-002
B	PARÁMETROS DEL PRODUCTO		Datos del comprador
1.00	CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA		
1.01	Caudal nominal de la bomba (Q)	GPM	6,0
1.02	Presión de descarga	Psi	153,4
1.03	Tipo de fluido		Agua
1.04	Material del cuerpo hidráulico	---	Hierro fundido ASTM A48-30 B
1.05	Material del impulsor	---	Acero inoxidable AISI 304
1.06	Diámetro de conexiones	in	1 1/4"
1.07	Tipo de conexión	---	Bridada ANSI B16.5 - 150# - FF
1.08	Impulsores	Und	7
2.00	CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR		
2.01	Potencia	HP	1.5
2.02	Número de polos	---	2
2.03	Protección	---	IP55
2.04	Voltaje AC del motor	V	440
2.05	Amperaje	A	1.65
2.06	Factor de potencia	---	0.78
2.07	Velocidad nominal	RPM	2900
2.08	Número de fases	---	3
2.09	Frecuencia	Hz	60
2.10	Clase de aislamiento	---	F
2.11	Tipo de motor	---	80 A
3.00	ACCESORIOS		
3.01	Controlador listado	Si/No	SI
4.00	CERTIFICACIONES		
4.01	UL y/o FM	Si/No	NO

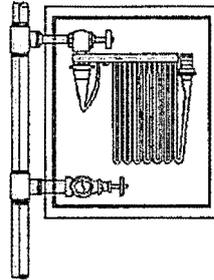
Anexo 6: Hoja de Datos de Gabinete Contra Incendio Clase III

HOJA DE DATOS GABINETE CONTRA INCENDIO CLASE III			
DESCRIPCIÓN		UNID.	VALOR
A	DATOS GENERALES		
1.00	Servicio	---	Sistema de Agua Contra Incendio
2.00	Cantidad de Equipos	Und	2
3.00	Nombre del equipo	---	GABINETE CONTRA INCENDIO CLASE III
4.00	N° Equipo (TAG)	---	000-GA-001 000-GA-002
B	PARÁMETROS DEL PRODUCTO		Datos del comprador
1.00	CARACTERÍSTICAS		
1.01	Montaje sobre soporte	Sí/No	SÍ
1.02	Tipo de soporte (autoportante)	Sí/No	SÍ
1.03	Material de chapa DD - calibre BWG 16	Sí/No	SÍ
1.04	Condiciones de montaje exterior	Sí/No	SÍ
1.05	Largo aproximado	mm	730.00
1.06	Ancho aproximado	mm	220.00
1.07	Alto aproximado	mm	700.00
2.00	ACCESORIOS		
2.01	Manguera contra incendio de Ø 1 1/2"	Und	01
2.02	Válvula angular de control de Ø 1 1/2" - Roscado NH	Und	01
2.03	Boquilla de chorro sólido ajustable- Conexión NH Ø 2 1/2"	Und	01
2.04	Válvula angular de conexión auxiliar de Ø 2 1/2"- Roscado NH	Und	01
2.05	Marco de Puerta de chapa similar al gabinete	Sí/No	SÍ
2.06	Visor transparente	Sí/No	SÍ
2.07	Rack para manguera de 1 1/2"	Sí/No	SÍ
3.00	MANGUERA CONTRA INCENDIO Ø 1 1/2"		
3.01	Presión de Trabajo	Psi	250.00
3.03	Presión de Prueba	Psi	500.00
3.04	Presión de Rotura	Psi	800.00
3.05	Longitud de manguera	m (pies)	30 (100)
3.06	Peso de manguera sin Acople	Kg	7.60
3.07	Norma de Fabricación	---	NFPA 1961

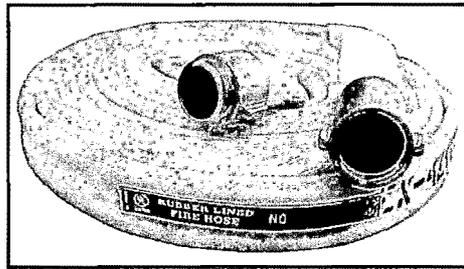
3.08	Material	---	Forro tejido de fibra de polyester con tubo interno de EPDM (Etileno Propileno Dieno tipo M ASTM)	
3.09	Certificación UL y/o FM	Sí/No	SI	Según NFPA 14 - 4.6.2 NFPA 14 - 4.7.1
4.00	PINTADO			
4.01	Base Pintura	---	Poliester en Polvo Termoconvertible RAL-3000	
4.02	Acabado Pintura	---	Poliester en Polvo Termoconvertible RAL-3000	

D IMAGEN REFERENCIAL

GABINETE CONTRA INCENDIO CLASE (III)



MANGUERA CONTRA INCENDIO Ø 1 1/2"



Anexo 7: Tabla de Tubos ASTM A-53 Grados A Y B sin Costura.

**FIERRO
TRADI S.A.**

**TUBOS DE ACERO SIN COSTURA
ASTM A-53 GRADO B / ASTM A-106 / API 5L**

Descripción: Producto que se obtiene por Laminación en Caliente de un Tocho de Acero Estructural.

Usos:

ASTM A-53 Tubos para conducción de fluidos y gases en la minería, petroquímica, pesca y servicios.
ASTM A-106 Tubos para servicio a altas temperaturas.

PROPIEDADES MECÁNICAS

NORMA TÉCNICA	F	R	A	NORMA EQUIVALENTE
	Kg/mm ²	Kg/mm ²	%	
ASTM A-53 GR-A	21 min	34 min	23 min	JIS G-3454
ASTM A-53 GR-B	25 min	42 min	18 min	JIS G-3454

DIMENSIONES Y PESO UNITARIO

DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR		SCHEDULE	ESPESOR DE PARED	PESO NOMINAL	PRESIÓN DE PRUEBA	
	pulg.	m.m.				n°	m.m.
1	1.315	33.4	40	3.38	2.50	700	49.2
			80	4.55	3.24	850	60.0
1 1/4	1.660	42.2	40	3.56	3.39	1300	91.0
			80	4.85	4.47	1900	133.0
1 1/2	1.900	48.3	40	3.68	4.05	1300	91.0
			80	5.08	5.41	1900	133.0
			160	7.14	7.25	2050	140.0
2	2.375	60.3	40	3.91	5.44	2500	175.0
			80	5.54	7.48	2500	175.0
			160	8.74	11.11	2500	175.0
2 1/2	2.875	73.0	40	5.16	8.63	2500	175.0
			80	7.01	11.41	2500	175.0
3	3.500	88.9	40	5.49	11.29	2500	175.0
			80	7.62	15.27	2500	175.0
			160	11.13	21.35	2500	175.0
3 1/2	4.000	101.6	40	5.74	13.57	2370	166.0
			80	8.08	18.63	2800	196.0
4	4.500	114.3	40	6.02	16.07	2210	155.0
			80	8.56	22.32	2800	196.0
			160	13.49	33.54	2800	196.0
5	5.563	141.3	40	6.55	21.77	1950	137.0
			80	9.53	30.94	2800	196.0
6	6.625	168.3	40	7.11	28.26	1780	125.0
			80	10.97	42.56	2740	192.0

Anexo 8: Especificación Técnica de Tuberías y Accesorios

<p style="text-align: center;">ESPECIFICACIÓN TÉCNICA TUBERÍAS Y ACCESORIOS</p>
--

1. Clasificación y Tipos de Materiales para tuberías

Todos los materiales utilizados para la construcción deberán ser nuevos, de la mejor calidad disponible y aprobada previamente por el cliente, quien tendrá la facultad de solicitar la certificación de los materiales, certificación UL.

Si es solicitado por el cliente, los materiales deberán ser probados y los costos de estas pruebas y/o ensayos serán cancelados por el contratista; el contratista deberá proporcionar todas las muestras para las pruebas.

El contratista tendrá la obligación de invitar al cliente para presenciar todas las pruebas y/o ensayos a realizarse a las tuberías, accesorios y materiales a proveer.

1.1. Materiales

Los materiales a utilizar en el proyecto serán los siguientes:

- Clase C4: Tubería de Acero al Carbono A-53 STD WT, tipo E

1.2. Diámetros de Tuberías

Las tuberías de acero al carbono deberán estar de acuerdo con lo establecido en las normas ANSI / ASTM B36.10.

Las tuberías con diámetros superiores a 2½" tendrán terminación ranurada y las tuberías que tengan un diámetro menor a 2 ½" tendrán terminación roscada.

2. Accesorios

2.1. Tipos de Válvulas

Descripción
Válvula Compuerta
Válvula OS&Y
Válvula de Retención
Válvula de Bola
Válvula de Globo
Válvula Mariposa indicadora
Válvula Reductora de Presión

2.2. Material

Material
Bronce / Hierro Fundido
Acero al Carbono
Acero Inoxidable
Aleación de Níquel

3. Componentes del Sistema Contra Incendio

3.1. Red Principal Contra Incendio

- No se usará tuberías con diámetros menores a Ø6" de diámetro, como tubería principal de suministro a conexiones de manguera de Ø 2 ½".
- No deberá usarse válvulas reguladoras de presión en el suministro de agua, a menos que se justifique con cálculos adecuados a las normas. De usarse estas válvulas y medidores, estos deberán de ser certificados por la Underwriters Laboratories Inc. – UL y/o Aprobado por la Factory Mutual Research Corporation – FM.
- Las tuberías principales instaladas sobre superficie, no deberán pasar a través de áreas peligrosas y deberán ubicarse de manera tal, que estén protegidas de daño mecánico y de incendio.
- Considerando que la NFPA 24 menciona que los materiales para tuberías sobre superficie están regidos por el capítulo 6 de la NFPA 13, las tuberías de la red de agua contra incendio deberán cumplir o superar alguna de las normas de la tabla 6.3.1.1 de la NFPA 13.

Tabla N° 3.1.1 Materiales y Dimensiones de la tuberías

(Tabla 6.3.1.1 – NPA 13)

Materiales y Dimensiones	Norma
Tubería Ferrosa (con y sin costura)	
Especificación para tubos de hierro negro y de acero con recubrimiento de zinc en caliente por inmersión (galvanizado), con y sin costura, para uso en protección contra incendio	ASTM A-795
Especificación para tubos de acero con y sin costura	ANSI/ASTM A-53
Tubos de acero forjado	ANSI/ASTM B36.1M
Especificación para tubos de acero soldados por resistencia eléctrica	ASTM A-135
Tubo de cobre (Trafilado, sin costura)	
Especificación para tubos de cobre sin costura	ASTM B-75

- Además de todas las consideraciones pertinentes para una correcta instalación, deberá cuidarse el aspecto estético, el cual se logrará con una buena alineación de la tubería, correcta instalación de los accesorios, uniformidad en los soportes y colgadores, limpieza, pintura, entre otros.
- El instalador debe cuidar de no forzar los diversos componentes del sistema en el proceso de montaje, como por ejemplo, alinear tuberías o soportes ajustando los pernos para corregir desalineaciones. De ser necesario cualquier

otro accesorio para evitar estos esfuerzos, el instalador debe justificarlo y considerarlo en su provisión.

8.1. Materiales para la Red de Agua Contra Incendio

Los materiales a usar para el Sistema Contra Incendio del proyecto "Construcción de 02 Tanques de Diesel B5 de 200000 gal. – Pase T1 / Toquepala", está definido por la siguiente especificación.

Material de Tubería: Acero al Carbono ASTM A53 Gr B

Empaquetadura: 1/16" (1.5 mm)

Presión de Prueba 200 Psi

Hidrostática:

Corrosión admisible: 1/16" (1.5 mm)

Temperatura de 12 °C

Operación:

Tabla 3.2.1 – Descripción de materiales usados en la red de agua contra incendio

TAMAÑOS	DESCRIPCIÓN	
2.5" a 8"	Codo 90° de radio largo, ASTM A-536, con terminación ranurada, clase 150	EL, 90DEG, LR, GRV, A-536, CL 150
2.5" a 8"	Codo 45° de radio largo, ASTM A-536, con terminación ranurada, clase 150	EL, 45DEG, LR, GRV, A-536, CL 150
2.5" a 8"	Tee, ASTM A-536, con terminación ranurada, clase 150	TE, GR, A-536, CL 150
2" a 12"	Tee reductora, ASTM A-536, con terminación ranurada, clase 150	REDTE, GR, A-536, CL 150
3" a 12"	Reducción concéntrica, ASTM A-536, con terminación ranurada, clase 150	REDCON, GR, A-536, CL 150
1.5" a 12"	Tapa, ASTM A-536, con terminación ranurada	CAP, GR, A-536
2.5" a 12"	Brida Adaptadora, ASTM A-536, FF, para terminación ranurada, clase 150	FLGGR, A-536, FF, CL 150
2.5" a 12"	Cople Rígido, ASTM A-536, para terminación ranurada	RIGCPLG, GR, A-536
0.5" a 2"	Bushing reductor roscado NPT, ASTM A-105	BSHNG, MNPT, FNPT, A105
0.5" a 12"	Threaded-o-let, ASTM A-105, clase 3000	THREDOLET, A105, CL3000
0.5" a 12"	Tee Mecánica con salida roscada, ASTM A-536	MTE, THD, A-536
0.5" a 2"	Válvula de retención roscada NPT, ASTM B-62, Clase 125	CHECK VLV, B-62, CL 125
1.5" a 2.5"	Válvula angular roscada NH, ASTM B-584, clase 175	ANG VLV, B-584, CL 175
3" a 8"	Válvula reductora de presión, ASTM A-536	PR VLV, ASTM A-536, CL 150
0.5" a 8"	Válvula de bola roscada, ASTM B-12, clase 125	BALL VLV, B-12, CL 125

Anexo 9: Arreglo General