

**Universidad Católica Santa María**  
**Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica-Eléctrica y**  
**Mecatrónica**



**“DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIO PARA 03 TANQUES DE  
ALMACENAMIENTO DE DIESEL B5 DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD  
TOTAL”**

Tesis presentada por el Bachiller:  
Andrinich Herrera, José Jesús Tomás  
para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Mecánico-Eléctrico.

Asesor: Ing. Donayre Cahua, Jesús

**AREQUIPA – PERÚ**

**2018**



*Universidad Católica de Santa María*

(51 54) 382038 Fax:(51 54) 251213 ✉ ucsm@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe Apartado:1350

AREQUIPA - PERÚ

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA  
ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA**

**INFORME DICTAMINATORIO**

**VISTO**

EL BORRADOR DE TESIS TITULADO:

**“DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIO PARA 03  
TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL B5  
DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD”**

Presentado por el Bachiller:

**ANDRINICH HERRERA JOSE JESUS TOMAS**

Nuestro DICTAMEN es:

*Para a sustentación*

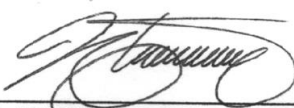
OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

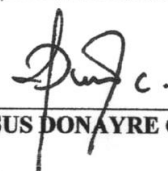
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

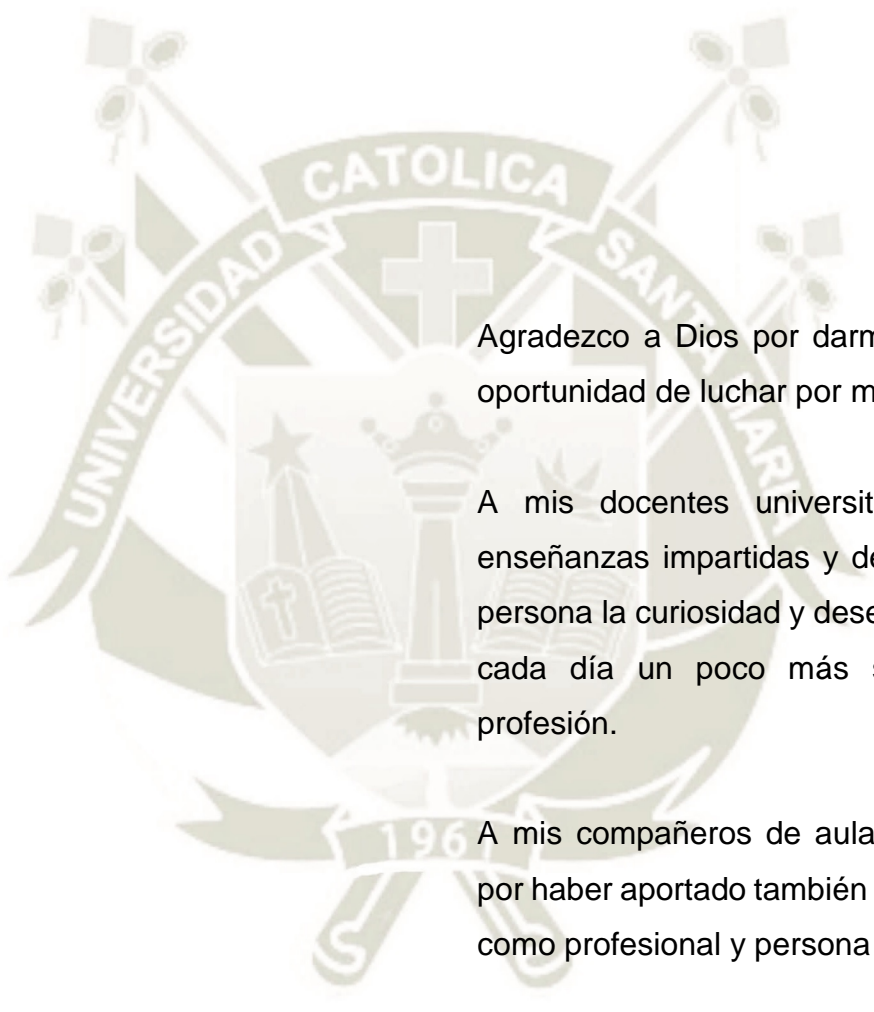
\_\_\_\_\_

Arequipa, *10 - Diciembre - 2018*

  
ING. JORGE CASTRO VALDIVIA

  
ING. JESUS DONAYRE CAHUA

## Agradecimientos

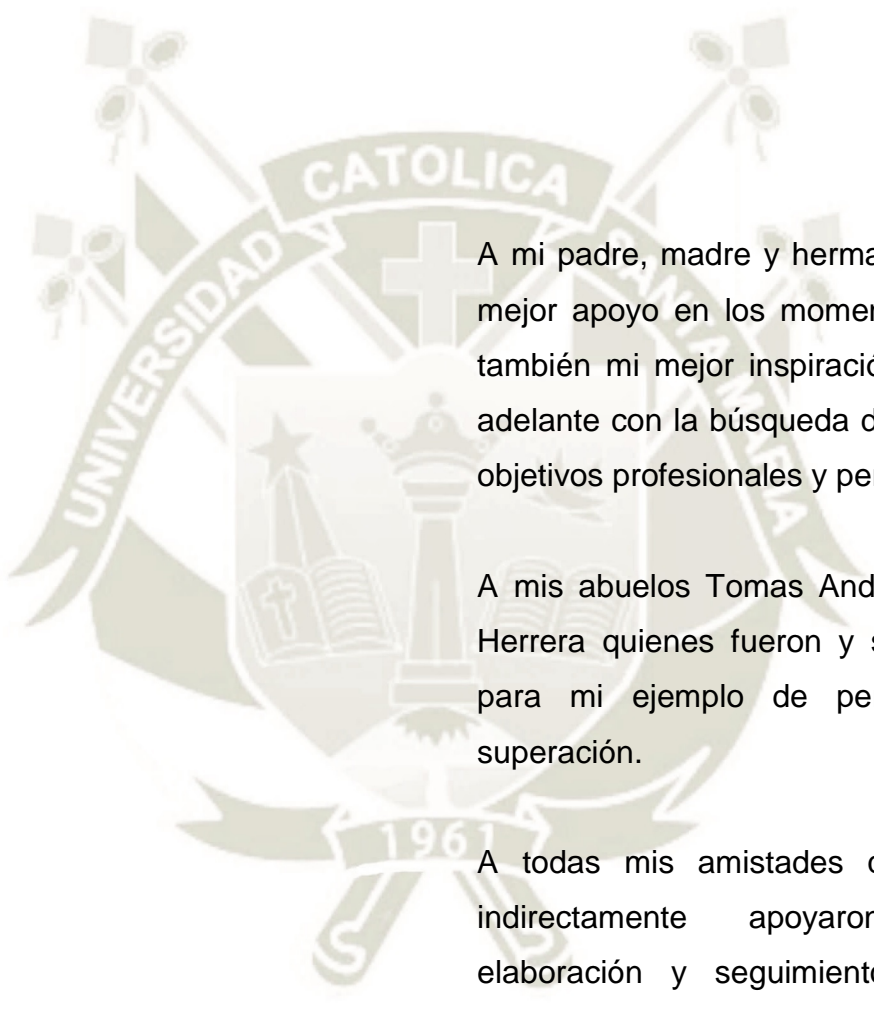


Agradezco a Dios por darme la vida y la oportunidad de luchar por mis objetivos.

A mis docentes universitarios por las enseñanzas impartidas y despertar en mi persona la curiosidad y deseo de aprender cada día un poco más sobre nuestra profesión.

A mis compañeros de aulas y de trabajo por haber aportado también a mi formación como profesional y persona integral.

## Dedicatoria



A mi padre, madre y hermana por ser mi mejor apoyo en los momentos difíciles y también mi mejor inspiración para seguir adelante con la búsqueda de mis metas y objetivos profesionales y personales.

A mis abuelos Tomas Andrinich y Jesús Herrera quienes fueron y serán siempre para mi ejemplo de perseverancia y superación.

A todas mis amistades que directa o indirectamente apoyaron con la elaboración y seguimiento cercano al avance de esta tesis.

## RESUMEN

La presente tesis con título “Diseño de Sistema Contra Incendio para 03 Tanques de Almacenamiento de Diésel B5 de 330,000 Galones de Capacidad Total” tuvo como objetivo principal determinar y mostrar los requerimientos mínimos e indispensables para la correcta implementación del mismo en estricto cumplimiento de la normativa peruana vigente para este tipo de instalaciones.

El sistema de protección contra incendios tendrá equipos principales como un sistema de bombas autónomas, del tipo motobomba, un sistema de suministro de agua exclusivo para esta aplicación de un tanque de almacenamiento del tipo vertical de acuerdo al estándar internaciones API 650, 03 unidades de cámaras de inyección de espuma, una para cada tanque, 02 monitores de agua de enfriamiento estratégicamente ubicados, tuberías de diámetros variados que permitan el transporte del agua y espuma a cada punto de ataque contra incendios y un conjunto de sensores que permitan identificar un posible incendio y activar el sistema de protección.

Se presentará el cálculo de las bombas de suministro de agua, el cálculo del tanque de almacenamiento de agua exclusiva para el sistema, para la instrumentación del sistema de detección se presentarán los diagramas representativos de la lógica de operación.

Para ello se aplicó las normativas vigentes que rigen en nuestro país, los estándares y recomendaciones para el dimensionamiento y diseño de sistemas de bombeo y tanques de almacenamiento de productos líquidos.

**Palabras Clave:** Contra incendios, sistema de bombeo, tanques de almacenamiento, diseño, hidrocarburos.

## ABSTRACT

This thesis entitled “Design of a Fire Protection System for 03 Diesel B5 Storage Tanks with 330,000 gallons of total Capacity” had as main purpose to determine and show the minimal requirements for its correct implementation under strictly accomplishment of the Peruvian norms and laws for this type of facilities.

The fire protection system will have main equipment as a stand-alone pumping system, motor pump type, a water supply system based on a vertical storage tank according to API 650, 03 foam chamber, one for each fuel tank, 02 water monitor located strategically, different diameter piping to allow water and foam transportation and a fire detection system based on 03 flame sensors to activate the fire protection system.

I will show the calculus performed for the pumping system, the water storage tank exclusive for this project, the selection of the instrumentation equipment for the detection system and the connecting diagrams and the work logics.

For this, it has being applied valid national norms, standards and recommended practices for the dimensioning and design of pumping systems and storage tanks.

**Key Words:** Fire protection, design, pumping system, storage tanks, hydrocarbons.

## ÍNDICE

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

**ÍNDICE**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE IMÁGENES**

**CAPITULO I INTRODUCCIÓN ..... 1**

1.1. Antecedentes..... 1

1.2. Objetivos..... 1

1.2.1. Objetivo General..... 1

1.2.2. Objetivos Específicos ..... 2

1.3. Justificación ..... 2

1.4. Metodología..... 3

1.5. Resultados Esperados..... 3

**CAPITULO II MARCO TEÓRICO ..... 5**

2.1. Conceptos Básicos de los Sistemas Contra Incendios..... 5

2.1.1. El fuego ..... 5

2.1.1.1. Triangulo y Tetraedro del fuego ..... 5

2.1.1.2. Propagación del fuego ..... 6

2.1.1.3. Incendios..... 7

2.1.1.4. Etapas de un Incendio ..... 7

2.1.2. Instalaciones que deberían contar con sistemas contra incendios ..... 8

2.1.3. ¿Qué es un Sistema de protección contra incendios?..... 8

2.1.4. Mecanismos de extinción del fuego..... 9

2.1.4.1. Dilución o Desalimentación..... 9

2.1.4.2. Sofocación o inertización ..... 9

2.1.4.3. Enfriamiento..... 9

2.1.4.4. Inhibición o rotura de la reacción en cadena..... 9

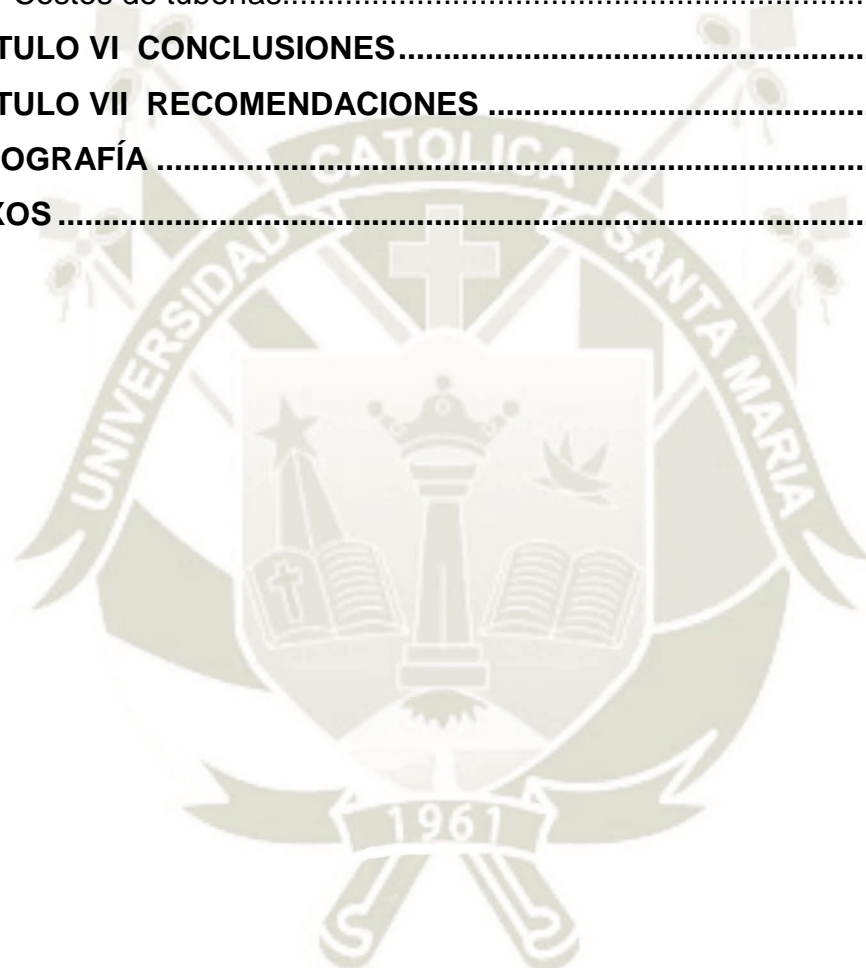
2.1.5. Características de sistema contra incendio ..... 10

2.1.5.1. Un sistema contra incendios debe contar con 3 subsistemas..... 10

2.1.6. ¿Qué es un agente extintor? .....	10
2.1.6.1. Agua.....	11
2.1.6.2. Espuma contra incendio.....	11
2.1.6.3. Concentrado de espuma .....	11
2.1.6.4. Solidos .....	12
2.1.6.5. Gaseosos.....	12
2.1.7. Accesorios y Materiales para sistemas contra incendios.....	13
2.1.8. Sistemas de protección contra incendios .....	13
2.1.8.1. Sistema pasivo de protección contra incendios .....	13
2.1.8.2. Sistema activo de protección contra incendios .....	13
2.1.9. Equipos de extinción de fuego.....	13
2.1.9.1. Extintor.....	13
2.1.9.2. Hidrante .....	13
2.1.9.3. Manguera de ataque contraincendios.....	14
2.1.9.4. Pitón o boquilla contraincendios .....	14
2.1.9.5. Monitor de ataque contraincendios .....	14
2.1.9.6. Rociador de agua contraincendios.....	14
2.1.10. Hidrocarburos y productos derivados de hidrocarburos.....	15
2.1.10.1. Líquido Combustible .....	15
2.1.10.2. Líquido Inflamable.....	15
2.1.10.3. Punto de Ebullición .....	15
2.1.10.4. Punto de inflamación.....	15
2.1.10.5. Punto de combustión .....	15
2.1.10.6. Clasificación de líquidos.....	16
2.1.11. Almacenamiento de líquidos combustibles .....	17
2.1.11.1. Tanques .....	17
2.1.11.1.1.Tanque Sobre Suelo .....	17
2.1.11.1.2.Tanque Atmosférico .....	17
2.1.11.1.3.Tanque de Baja Presión.....	17
2.1.11.1.4.Tanque portátil .....	17
2.1.11.1.5.Tanque de Contención secundaria .....	17
2.1.11.1.6.Tanque de Almacenamiento .....	17
2.1.12. Cilindros .....	18
2.1.13. Accesorios de tanques (American Petroleum Institute, API, 2012).....	18

2.1.13.1. Venteo de relevo de emergencia .....	18
2.1.13.2. Venteo normal.....	18
2.1.13.3. Techo flotante .....	18
2.1.13.4. Techo de junta frágil.....	18
2.1.13.5. Abertura de techo o pared (Manhole) .....	19
<b>CAPITULO III DATOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>20</b>
3.1. Datos generales .....	20
3.1.1. Descripción de la instalación de almacenamiento de combustible a proteger 20	
3.1.2. Alcances del sistema contra incendios a diseñar .....	20
3.1.3. Códigos, estándares y referencias para el diseño .....	21
3.1.4. Condiciones generales de sitio .....	21
3.1.5. Criterios de diseño.....	21
3.1.6. Parámetros generales de operación de sistemas contra incendio .....	23
3.1.7. Definición de parámetros para sistema a diseñar.....	26
3.1.7.1. Datos de la instalación .....	26
3.1.7.2. Capacidad Mínima de almacenamiento de agua .....	27
<b>CAPITULO IV DISEÑO .....</b>	<b>30</b>
4.1. Etapa de Diseño .....	30
4.1.1. Características técnicas de los depósitos de almacenamiento de combustible existentes .....	30
4.1.2. Características de hidrocarburo almacenado .....	32
4.1.3. Evaluación de compatibilidad de agentes extintores .....	33
4.1.4. Dimensionamiento de tuberías .....	34
4.1.5. Cálculo estático de Soportes de tubería .....	36
4.1.6. Cálculo perdidas en el Sistema de tuberías .....	36
4.1.7. Calculo hidráulico .....	39
4.1.8. Cálculo de bomba.....	55
4.1.9. Calculo de tanque de agua contra incendio.....	58
4.1.9.1. Cálculo de espesor de la pared del tanque.....	58
4.1.9.1.1.Pre dimensionamiento de tanque.....	58
4.1.9.1.2.Calculo número de anillos de tanque .....	60
4.1.9.1.3.Cálculo de espesor de paredes de tanque.....	61

4.1.9.2. Cálculo De Espesor De Plancha De Fondo Del Tanque.....	63
4.1.9.3. Cálculo Del Anillos Rigidizadores .....	66
4.1.9.4. Cálculo Del Techo De Tanque .....	68
4.1.9.5. Calculo De Volteo Del Tanque.....	70
4.1.9.6. Calculo Sísmico Del Tanque.....	74
<b>CAPITULO V COSTOS .....</b>	<b>86</b>
5.1. Costos de tuberías.....	86
<b>CAPITULO VI CONCLUSIONES.....</b>	<b>88</b>
<b>CAPITULO VII RECOMENDACIONES .....</b>	<b>90</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>93</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Descargas de Aplicación de Espuma Segun Diametro de Tanque .....	25
Tabla 2.- Requerimientos Mínimos del Sistema Contra Incendio.....	26
Tabla 3.- Requerimiento Mínimos de Boquillas de Inyección de Espuma .....	26
Tabla 4.- Resumen Volumen de Agua Contra incendio Requerida .....	29
Tabla 5.- Tanque 1: Características generales.....	30
Tabla 6.- Tanque 2: Características generales.....	31
Tabla 7.- Tanque 3: Características generales.....	32
Tabla 8.- Propiedades del Diésel B5 S50.....	33
Tabla 9.- Características generales del Sistema de Tuberías.....	38
Tabla 10.- Diámetro de líneas de impulsión. ....	41
Tabla 11.- Resumen de Accesorios de tuberías del SCI.....	44
Tabla 12.- Perdidas Secundarias Tramo 1 (Tubería de descarga de bomba).....	48
Tabla 13.- Pérdidas Secundarias Tramo 2 (Tubería hacia hidrante).....	49
Tabla 14.- Pérdidas Secundarias Tramo 3 (Tubería hacia tanque diésel) .....	50
Tabla 15.- Resumen Pérdidas Escenario 1.....	50
Tabla 16.- Perdidas Secundarias Tramo 4 (Tubería hacia tanque diésel) .....	55
Tabla 17.- Resumen Pérdidas Escenario 2.....	55
Tabla 18.- Datos críticos para cálculo de bomba CI.....	57
Tabla 19.- Dimensiones de Tanque de Agua Contra Incendio.....	60
Tabla 20.- Espesores Calculados vs Espesores Requeridos por API 650 .....	63
Tabla 21.- Espesor de Plancha de Fondo de Tanque .....	63
Tabla 22. Costo de tuberías.....	87

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. - Triangulo del Fuego. ....	5
Imagen 2. - Tetraedro del Fuego.....	6
Imagen 3. Abaco de valores indicativos de distancias de apoyos.....	36
Imagen 4.- Volúmenes y niveles en tanques de almacenamiento <sup>(5)</sup> .....	59
Imagen 5.- Espesores nominales de plancha según Diámetro de tanque API 650 .....	62
Imagen 6.- Espesores de plancha anular de fondo API 650 .....	65
Imagen 7.- Detalle de regidizador (API 650, imagen 5-24b) .....	67
Imagen 8.- Tabla 6 de Apéndice E – Diseño Sísmico API 650.....	75
Imagen 9.- Zonas Sísmicas. Norma RNE E.030 .....	76
Imagen 10.- Clasificación de Sitio API 650 Anexo E .....	77
Imagen 11.- Factores de Suelo RNE E.030 .....	77
Imagen 12.- Periodos de sismo RNE E.030.....	78
Imagen 13.- Categoría de edificaciones y Factor U (RNE E.030) .....	79
Imagen 14.- Aceleraciones espectrales máximas en periodos cortos (API 650 Anexo E).....	80
Imagen 15.- Aceleraciones espectrales máximas en periodos de 1 segundo (API 650 Anexo E).....	80

## **CAPITULO I**

### **Introducción**

#### **1.1. Antecedentes**

Actualmente el estado peruano, mediante su ente fiscalizador OSINERGMIN, está desarrollando cada vez más reglamentos y estándares donde se plasman los nuevos y más exigentes requerimientos de seguridad para todas las instalaciones de recepción, almacenamiento y despacho de combustible, los cuales aplican a las instalaciones ya existentes, las que están en proceso de construcción y las que están siendo proyectadas.

Debido a esto, muchas instalaciones de almacenamiento de hidrocarburos que datan de años anteriores al 2013, se encuentran con graves incumplimientos con las normas y reglamentos vigentes.

Dentro de los requerimientos más exigentes para una instalación de almacenamiento de hidrocarburos están los sistemas contra incendios. Estos tienen que ser diseñados de acuerdo a los reglamentos actuales, los cuales en su mayoría hacen referencia a normas internacionales.

El diseño de un sistema contra incendio puede partir de dos fuentes, de un Estudio de Riesgos o directamente de la legislación peruana. En el caso de los estudios de riesgos, estos deben estar como mínimo basados en la legislación peruana más actualizada, pero a la vez pueden ser más exigentes y dar recomendaciones sobre el diseño de los sistemas de protección complementarios para las instalaciones que manejan combustibles o derivados de estos, siguiendo lineamiento de normativas internacionales.

Para el desarrollo de la tesis presentada, se tomará como base la normativa peruana vigente hasta mayo 2017, la cual se describirá en los puntos siguientes.

#### **1.2. Objetivos**

##### **1.2.1. Objetivo General**

Desarrollar el diseño de un sistema contra incendios para una instalación en la cual se almacena Diésel B5 en 03 tanques verticales con una capacidad máxima de 110,000 galones cada uno, cumpliendo con los reglamentos y normas nacionales vigentes hasta mayo 2017.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- Aplicar la normativa peruana vigente correspondiente a instalaciones de almacenamiento de combustibles y sus respectivos sistemas contra incendios.
- Aplicar la teoría de sistemas hidráulicos en sistemas contra incendio.
- Diseñar un sistema contra incendio eficiente y económico que pueda ser replicado en futuras instalaciones de mismas características.
- Dar a conocer la teoría de funcionamiento de los agentes químicos utilizados en sistemas contra incendios según el material sobre el cual serán aplicados.
- Aplicar las teorías y normativas sobre el diseño y selección de equipos específicamente para instalaciones contra incendio.
- Mostrar el paso a paso a seguir para cumplir con la exigencia de un sistema contra incendio que se requiere para toda instalación que almacene más de 10m<sup>3</sup> de combustible o derivados de estos.
- Realizar el diseño y cálculo estructural de tanques de acuerdo a la norma API650.
- Presentar los equipos mínimos necesarios para asegurar un correcto funcionamiento de un sistema contra incendios a base de agua y espuma.

### 1.3. Justificación

El avance y mejoramiento de la industria en nuestro país exige al estado a mejorar los niveles de sus normativas y procesos de fiscalización, ocasionando que instalaciones existentes y futuras deban adecuarse a normativas más exigentes, sobre todo en las que manejan productos peligrosos, como el combustible. El tener que implementar mejoras o instalaciones nuevas de acuerdo a mayores exigencias requiere de una sólida base de conocimientos y directrices que son necesarias para poder gestionar una correcta ingeniería e implementación de los sistemas de protección, como los sistemas contra incendio, de modo que las soluciones

desarrolladas sean a la medida para cada instalación evaluada garantizando su funcionalidad y eficiencia.

#### 1.4. Metodología

La metodología a utilizar en el desarrollo del proyecto será la siguiente:

- a) Recopilación bibliográfica: Se realizará una extensa recopilación bibliográfica de las normativas nacionales e internaciones vigentes que rigen sobre las edificaciones que almacenan combustibles, documentos que nos den lineamientos y recomendaciones a seguir durante el diseño de nuestro sistema contra incendio, catálogos de equipos y productos que se puedan utilizar para nuestro fin, etc.
- b) Establecer los parámetros de funcionamiento de nuestro sistema contra incendio de acuerdo a los parámetros que nos exija o recomienda la normativa peruana.
- c) Realizar los cálculos hidráulicos para cumplir con los parámetros de funcionamiento exigidos por las normativas aplicables.
- d) Realizar el diseño y cálculo del tanque de almacenamiento de agua contra incendio.
- e) Determinar los materiales, equipos a utilizar en nuestro proyecto de acuerdo a la bibliografía recolectada y las recomendaciones de fabricantes, compatibilidad de productos y que a la vez sean capaces de funcionar de acuerdo a los cálculos hidráulicos que se realicen.
- f) Definir el método de activación de nuestro sistema contra incendios y desarrollar la lógica básica de funcionamiento.
- g) Elaboración de planos generales y de detalles de la solución dada para el escenario analizado.

#### 1.5. Resultados Esperados

Al finalizar el proyecto, se espera contar con la siguiente información:

- a) Contar con los documentos necesarios que permitan la implementación del sistema contra incendios necesarios para la instalación analizada.
- b) Cumplir con los parámetros de operación exigidos por la normativa peruana específicos de la instalación que se plantea proteger.
- c) Contar con un diseño óptimo y confiable.

- d) Conocer los requerimientos mínimos e indispensables que exige la ley peruana y los equipos principales de un sistema contra incendio para este tipo de instalaciones.



## 2. CAPITULO II

### Marco Teórico

#### 2.1. Conceptos Básicos de los Sistemas Contra Incendios

##### 2.1.1. El fuego

###### 2.1.1.1. Triangulo y Tetraedro del fuego

El fuego no puede existir sin la conjunción simultanea del combustible (material que arde), del comburente (oxígeno en el aire) y la energía de activación (chispas, soldaduras, fallos eléctricos, etc.). Si falta alguno de estos elementos, la combustión no es posible. A cada uno de estos elementos se los presenta como los lados del triángulo de fuego que es la representación de una combustión sin llama o incandescente. Existe otro elemento llamado “reacción en cadena”, que interviene en los incendios.

Si se interrumpe la transmisión de calor de unas partículas a otras del combustible, no será posible la continuación del incendio, por lo que ampliando el concepto de triangulo del fuego a otro similar con cuatro factores se obtiene el tetraedro del fuego, que representa una combustión con llamas. (Rodriguez, 2008)



Imagen 1. - Triangulo del Fuego.



Imagen 2. - Tetraedro del Fuego.

#### 2.1.1.2. Propagación del fuego

La propagación del fuego se puede explicar a través del fenómeno que se da para que ocurra la transferencia de calor, que es un proceso en el cual se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo. La Transferencia de Calor específica que el calor tiene la tendencia de fluir desde una sustancia caliente a una sustancia fría. El más frío de los dos cuerpos en contacto absorberá calor hasta que ambos objetos estén a la misma temperatura. El calor se puede propagar de diferentes maneras:

**Conducción:** Es la única forma de transferir calor entre sólidos. El calor puede ser conducido de un cuerpo a otro por contacto directo de dos cuerpos o por intermedio de un medio conductor. La cantidad de calor que será transmitida y su rango de transferencia dependerán de la conductividad del material a través del cual el calor está pasando. No todos los materiales tienen la misma conductividad de calor. Los metales por lo general son buenos conductores de calor (ejemplo: el aluminio, el cobre y el acero). Los materiales fibrosos por otro lado, no son buenos conductores (ejemplo: tela aislante, madera, lana de fibra). Los líquidos y los gases son pobres conductores de calor debido al movimiento de sus moléculas.

**Convección:** La convección es la transferencia de calor debido al movimiento de un fluido. Este movimiento transfiere calor de una

parte del fluido a otra. Por ejemplo, el aire caliente en un ambiente cerrado se expandirá y elevará. Por este motivo, el fuego que se propaga por convección, lo hace mayormente en dirección ascendente. Las corrientes de convección son generalmente la causa del movimiento del calor de un piso a otro, de un salón a otro y de un área a otra. La propagación del incendio por pasillos, escaleras y ductos de ascensores, entre paredes, y a través de las fachadas son principalmente causadas por la convección de corrientes calientes y esto conlleva mayor influencia en cuanto a la posición de ataque del incendio y ventilación que se ha producido por la radiación y la conducción.

**Radiación:** La transferencia de calor por radiación tiene la característica que los objetos que intercambian calor no tienen que estar en contacto, sino que pueden estar separados por aire. Un ejemplo claro es el calor del sol, el cual se siente a pesar de que no tiene contacto con las personas. Este fundamento es muy utilizado por los bomberos quienes aplican un chorro de neblina entre el personal bombero y el fuego, minimizando de esta forma el calor que reciben.

El calor de radiación viajará a través del espacio hasta que alcanza un objeto opaco. A medida que el objeto es expuesto al calor por radiación, emitirá calor de radiación desde su superficie. Este calor es una de las mayores fuentes de proporción de incendios, y su importancia demanda atención inmediata en aquellos puntos donde la exposición a la radiación resulta severa. (Boulandier, 2001)

#### 2.1.1.3. **Incendios**

Se denomina incendio a todo fuego no controlado que afecta o pueda afectar algún bien material o personal que no está diseñado o destinado para este fin.

#### 2.1.1.4. **Etapas de un Incendio**

Los incendios tienen etapas, conocerlas ayuda a detener a tiempo el incendio y estas son:

**Etapa incipiente:** Se puede reconocer porque no hay llamas, hay poco humo, la temperatura es baja; se genera gran cantidad de partículas de combustión (vapores). Estas son invisibles y se comportan como gases, subiendo hacia el techo. Esta etapa puede durar días, semanas y años.

**Etapa latente:** Aún no hay llama o calor significativo; comienza a aumentar la cantidad de partículas hasta hacerse visibles; ahora las partículas se llaman humo.

**Etapa de llama:** Según se desarrolla el incendio, se alcanza el punto de ignición y comienzan las llamas. Baja la cantidad de humo y aumenta el calor.

**Etapa de calor:** En esta etapa se genera gran cantidad de calor, llamas, humo y gases tóxicos (Centro de Entrenamiento Movil de Incendios, s.f.).

### 2.1.2. Instalaciones que deberían contar con sistemas contra incendios

De acuerdo con la normativa nacional vigente, D.S. 052-93-EM, toda instalación donde se almacene hidrocarburos y/o productos derivados de hidrocarburos deberán contar con un sistema de protección contra incendios y de agua de enfriamiento de acuerdo a lo que se indique en el estudio de riesgos específico para la instalación y en cumplimiento de las normas internaciones NFPA 10, 11, 16.

Como ejemplo de instalaciones se tiene a los almacenes de lubricantes y grasas, grifos, grandes zonas de almacenamiento de combustibles por medio de tanques en zonas portuarias, etc.

### 2.1.3. ¿Qué es un Sistema de protección contra incendios?

Los sistemas de protección contra incendios son un conjunto de equipos diversos, que permiten la detección, alarma y extinción de incendios, que por lo general son integrados a instalaciones que por regulaciones nacionales o internacionales deben ser protegidos contra este tipo de eventos, como por ejemplo instalaciones industriales, complejos habitacionales, centros comerciales, almacenes de productos peligrosos, etc.

#### 2.1.4. Mecanismos de extinción del fuego

La falta o eliminación de uno de los elementos que intervienen en la combustión (combustible, comburente, energía de activación y reacción en cadena), daría lugar a la extinción del fuego. Según el elemento que se elimine, se definen distintos mecanismos de extinción:

##### 2.1.4.1. Dilución o Desalimentación

Retirada o eliminación del elemento combustible.

##### 2.1.4.2. Sofocación o inertización

Se llama así al hecho de eliminar el oxígeno de la combustión o, más técnicamente, impedir que los vapores que se desprenden a una determinada temperatura para cada materia, se pongan en contacto con el oxígeno del aire. Este efecto se consigue desplazando el oxígeno por medio de una determinada concentración de gas inerte, o bien cubriendo la superficie en llamas con alguna sustancia elemento incombustible (por ejemplo, la tapa que se pone sobre el aceite ardiendo en la sartén, el recipiente que se coloca sobre las velas de las iglesias, la manta con que se cubre a alguien o algo ardiendo, etc.)

##### 2.1.4.3. Enfriamiento

Este mecanismo consiste en reducir la temperatura del combustible. El fuego se apagará cuando la superficie del material incendiado se enfríe a un punto en que no deje escapar suficientes vapores para mantener una mezcla o rango de combustión en la zona del fuego. Por lo tanto, para apagar un fuego por enfriamiento, se necesita un agente extintor que tenga una gran capacidad para absorber el calor. El agua es el mejor, más barato y más abundante de todos los existentes.

##### 2.1.4.4. Inhibición o rotura de la reacción en cadena

Consiste en impedir la transmisión de calor de unas partículas a otras del combustible, interponiendo elementos catalizadores entre ellas. Sirva como ejemplo la utilización de compuestos químicos que reaccionan con los distintos componentes de los vapores

combustibles neutralizándolos, como por ejemplo polvos químicos y halones. (Rodríguez, 2008)

## 2.1.5. Características de sistema contra incendio

### 2.1.5.1. Un sistema contra incendios debe contar con 3 subsistemas

- Detección:

De preferencia debe ser de forma automática, a través de sensores, sin embargo, la ley no lo exige explícitamente, por lo que muchas instalaciones no cuentan con este subsistema.

- Alarma:

Debe dar alerta al personal que se encuentre cercano a la zona del siniestro de modo que este pueda evacuar, también debe permitir identificar qué zona de la instalación es la que está bajo influencia del incendio. Este subsistema debe ser de preferencia activado automáticamente desde el accionamiento de los sensores de detección de incendio, sin embargo, no es exigido explícitamente por la ley, por lo que en muchos casos se encuentran sistemas de alarma de activación manual.

- Extinción:

Este subsistema debe encargarse de reducir y eliminar el incendio, se puede realizar a través de la aplicación de diferentes agentes extintores. De preferencia el sistema de extinción debe activarse de manera automática a través de los sensores de detección y de forma focalizada en la zona de influencia del incendio, sin embargo, se encuentran sistemas de activación manual debido a que su automatización no es exigida por la ley. Un sistema de extinción también considera el uso de equipos manuales, tales como extintores.

### 2.1.6. ¿Qué es un agente extintor?

Son los productos destinados a apagar un fuego. Actúan sobre el fuego mediante los mecanismos descritos anteriormente.

#### 2.1.6.1. **Agua**

Es el agente extintor más antiguo. Apaga por enfriamiento, absorbiendo calor del fuego por evaporarse. La cantidad de calor que absorbe es muy grande. En general es más eficaz si se emplea de forma pulverizada, ya que se evapora más rápidamente, con lo que absorbe más calor al pasar de estado líquido a estado gaseoso. El agua cuando se vaporiza aumenta su volumen 1500 veces aproximadamente. El agua es eficaz para combatir fuegos de clase A (Sólidos) ya que apaga y enfría las brasas.

#### 2.1.6.2. **Espuma contra incendio**

Es una emulsión de un producto espumógeno en agua. Básicamente apaga por sofocación, al aislar el combustible del ambiente que lo rodea, ejerciendo también una cierta acción refrigerante, debido al agua que contiene. Es eficaz con fuego clase A y clase B (Sólidos y líquidos). Es conductor de la electricidad, por lo que no debe usarse en presencia de corriente eléctrica. (National Fire Protection Association, 2005)

#### 2.1.6.3. **Concentrado de espuma**

Es un agente espumante líquido concentrado, el cual puede ser de los siguientes tipos:

- a) Concentrados de espuma proteica.
- b) Concentrado de espuma fluoroproteica.
- c) Concentrados de espuma sintética.
- d) Concentrado de espuma de formación de película acuosa (AFFF):

Estos concentrados se basan en tenso activos fluorados más estabilizadores de espuma y usualmente se diluyen con agua hasta soluciones de 1%, 3%, 6%. La espuma formada actúa como una barrera tanto para excluir el aire como el oxígeno y para desarrollar una película acuosa sobre la superficie del combustible que es capaz de suprimir la evolución de los vapores del combustible. La espuma producida con el concentrado AFFF es compatible con productos químicos

secos y por lo tanto es adecuada para uso combinado con productos químicos secos.

e) Concentrados de espuma de media y alta expansión:

Estos concentrados, que usualmente se derivan de tenso activos hidrocarbonados, se usan en equipos especialmente diseñados para producir espumas que tienen proporciones de volumen de espuma a solución de 20:1 hasta aproximadamente 1000:1. Este equipo puede ser de aspiración de aire o del tipo ventilador o soplador.

f) Concentrados de espuma de fluoroproteína formadores de película (FFFP):

Estos concentrados usan tenso activos fluorados para producir una película acuosa fluida para suprimir vapores de combustible hidrocarbonado. Este tipo de espuma utiliza una base de proteína más aditivos estabilizantes e inhibidores para proteger contra la congelación, la corrosión y la descomposición bacteriana. La espuma se diluye generalmente con agua hasta una solución del 3% o 6% y es compatible con productos químicos secos.

#### 2.1.6.4. **Solidos**

Esta clase se refiere básicamente a los polvos químicos, los que son sales químicas de diferente composición, capaces de combinarse con los productos de descomposición del combustible, paralizando la reacción en cadena.

#### 2.1.6.5. **Gaseosos**

Son gases inertes (dióxido de carbono, derivados halogenados, etc) que se almacenan en estado líquido a presiones elevadas, al descargarse se solidifican parcialmente en forma de polvo blanco. Apagan principalmente por sofocación, desplazando al oxígeno del aire, aunque también produce un cierto enfriamiento. Estos polvos inertes no conducen la electricidad. Son eficaces con fuegos clase A (solidos), clase B (líquidos) y clase C (gases).

### **2.1.7. Accesorios y Materiales para sistemas contra incendios**

Los materiales que se usan para los sistemas contra incendios deben estar todos listados y aprobados por UL / FM, que son dos entidades americanas que se dedican a realizar pruebas de laboratorio y certificaciones de productos relacionados a la seguridad, además de ser empresas consultoras de talla mundial.

### **2.1.8. Sistemas de protección contra incendios**

#### **2.1.8.1. Sistema pasivo de protección contra incendios**

Se le denomina de esta manera al equipamiento instalado en una instalación industrial que tiene como objetivo retardar los efectos de un incendio ya generado, limitando la velocidad con la que se distribuyen las llamas del fuego, el humo, etc, ayudando a la evacuación segura de personal, protección de otros equipos críticos hasta la llegada de un cuerpo de bomberos, etc.

#### **2.1.8.2. Sistema activo de protección contra incendios**

Se le denomina de esta manera al equipamiento o instalación complementaria que tiene el objetivo de activarse de manera automática y los más inmediatamente posible al detectar ciertas características en el ambiente que pueden ser derivados de un incendio en proceso de generación, como por ejemplo el humo, incremento de temperatura, etc.

### **2.1.9. Equipos de extinción de fuego**

Son equipos que de manera individual o al formar parte de una instalación pueden ser usados para controlar un fuego.

#### **2.1.9.1. Extintor**

recipiente presurizado, que contiene en su interior un agente extintor, por lo general usado solo con fuegos incipientes y de manera manual.

#### **2.1.9.2. Hidrante**

Accesorios conectados a las redes de agua contra incendio que facilitan la conexión de otros equipos y el suministro de agua para

la extinción de fuegos. Existen de cilindro húmedo y de cilindro seco. Los hidrantes de cilindro seco fueron diseñados para ser instalados en zonas donde se produce el congelamiento del agua.

#### 2.1.9.3. **Manguera de ataque contraincendios**

Tubería flexible diseñada para transportar el agua contraincendios de manera segura hasta el punto final de aplicación. Los diámetros normados son de 1.5 pulgadas y 2.5 pulgadas.

#### 2.1.9.4. **Pitón o boquilla contraincendios**

Accesorio que se utiliza en el extremo libre de la manguera contraincendios y que permite dirigir el chorro de agua, además de poder seleccionar entre diferentes tipos de flujos (100gpm, 150gpm, etc.) y de chorros (neblina, chorro fijo, etc.) Incluso estos accesorios pueden utilizarse para proteger al personal de bomberos del calor y el riesgo de incendiarse durante su trabajo. También para la aplicación de agentes extintores como la espuma contra incendio. Al estar conectado a una manguera flexible permite el desplazamiento de los bomberos en todo sentido.

#### 2.1.9.5. **Monitor de ataque contraincendios**

Equipo fijo, conectado a las tuberías de agua contra incendio. Ayuda a dirigir el chorro de agua o de espuma contra incendio hasta el punto final de aplicación. Su flujo mínimo por norma debe ser de 500gpm. Este equipo no permite el desplazamiento de los bomberos, pero sí el movimiento en forma de arco vertical como horizontal para mejor aplicación del agente extintor.

#### 2.1.9.6. **Rociador de agua contraincendios**

Equipos fijos, conectados a tuberías de agua contraincendios de bajo flujo, totalmente fijos, que por lo general son instalados por encima del nivel más alto del equipo o instalación que se protege.

## 2.1.10. Hidrocarburos y productos derivados de hidrocarburos

### 2.1.10.1. Líquido Combustible

Cualquier líquido que tiene un punto de inflamación de copa cerrada igual o superior a 37.8 °C (100°F), determinado por los procedimientos de prueba y aparatos especificados en la Sección 4.4. Los líquidos combustibles están clasificados según la Sección 4.3.

### 2.1.10.2. Líquido Inflamable

Cualquier líquido que tiene un punto de inflamación de copa cerrada por debajo de 37.8 °C (100 °F) determinado por los procedimientos de prueba y aparatos especificados en la Sección 4.4 y la presión de vapor Reid que no exceda una presión absoluta de 276kPa (40 psi) a 37.8 °C (100 °F), como se determina en la norma ASTM D 323, Método Normalizado de Prueba para Presión de Vapor de Productos del Petróleo (Método Reid). Los líquidos inflamables están clasificados de acuerdo a la Sección 4.3.

### 2.1.10.3. Punto de Ebullición

La temperatura a la cual la presión de vapor de un líquido iguala la presión atmosférica circundante. Para propósitos de definición del punto de ebullición, la presión atmosférica debe considerarse como presión atmosférica absoluta de 14.7psi (101kPa).

### 2.1.10.4. Punto de inflamación

La temperatura mínima de un líquido a la cual se desprende suficiente vapor para formar una mezcla inflamable con el aire, cerca de la superficie del líquido o dentro del envase usado, como se determine por la metodología de prueba apropiada y los aparatos especificados en la Sección 4.4 de la norma NFPA 30.

### 2.1.10.5. Punto de combustión

La temperatura más baja a la cual un líquido se incendia y logra mantener la combustión sostenida cuando se expone a la prueba de llama en concordancia con la norma ASTM D 92, Método

Estándar de Prueba para Punto de Inflamación y Punto de Ignición por el Probador Cleveland de Copa Abierta. (National Fire Protection Association., 2012)

#### 2.1.10.6. **Clasificación de líquidos**

Cualquier líquido dentro del alcance del código de la NFPA 30 y sujeto a los requerimientos de dicho código se clasifica en concordancia a la siguiente descripción:

Líquido Inflamables deben clasificarse de acuerdo a lo siguiente:

##### a) **Clase I**

Líquidos Clase IA: Cualquier líquido con el punto de inflamación menor de 22.8°C (73°F) y punto de ebullición menor de 37.8°C (100°F).

Líquidos Clases IB: Cualquier líquido con el punto de inflamación menor de 22.8°C (73°F) y punto de ebullición de 37.8°C (100°F) o mayor.

Líquido Clase IC: Cualquier líquido con el punto de inflamación menor de 22.8°C (73°F), pero menor de 37.8°C (100°F).

Líquidos Combustibles deben clasificarse de acuerdo a lo siguiente:

##### b) **Clase II:**

Cualquier líquido que tiene un punto de inflamación igual o superior a 37.8°C (100°F) e inferior a 60°C (140°F).

##### c) **Clase III:**

Cualquier líquido con un punto de inflamación igual o superior a 60°C (140°F).

Líquidos Clase IIIA: Cualquier líquido que tiene un punto de inflamación igual o superior a 60°C (140°F), pero inferior a 93°C (200°F).

Líquidos Clase IIIB: Cualquier líquido que tiene un punto de inflamación igual o superior a 93°C (200°F).

## 2.1.11. Almacenamiento de líquidos combustibles

### 2.1.11.1. Tanques

#### 2.1.11.1.1. Tanque Sobre Suelo

Un tanque que está instalado sobre el suelo, en el suelo o bajo el nivel del suelo sin relleno.

#### 2.1.11.1.2. Tanque Atmosférico

Un tanque de almacenamiento que ha sido diseñado para operar desde la presión atmosférica hasta una presión manométrica de 6.9kPa (1.0 psi) (ej. 760mm Hg hasta 812mm Hg) medidas en la parte alta del tanque.

#### 2.1.11.1.3. Tanque de Baja Presión

Para los fines de este código (NFPA 30) un tanque de almacenamiento diseñado para resistir una presión interna superior a presión manométrica de 6.9kPa (1.0 psi) pero no mayor a 103kPa (15 psi) medidos en la parte superior del tanque.

#### 2.1.11.1.4. Tanque portátil

Cualquier envase cerrado con una capacidad de líquido superior a 230L (60 gal) diseñado para almacenar líquidos y no apropiado para instalación fija.

#### 2.1.11.1.5. Tanque de Contención secundaria

Un tanque que tiene un muro interior y otro exterior con un espacio intersticial (anular) entre los muros, equipado con medios para monitorear los derrames dentro de dicho espacio intersticial en caso de fugas.

#### 2.1.11.1.6. Tanque de Almacenamiento

Cualquier recipiente que tenga una capacidad de líquido que exceda 230L (60 gal) destinado para instalación fija y no utilizado para proceso.

### 2.1.12. Cilindros

Se le denomina de esta forma a todo recipiente de material metálico con forma geométrica formada por una superficie lateral curva (circular) y que en sus extremos se encuentra cerrada por dos superficies paralelas y planas que cumplen la función de fondo y de tapa del depósito. Normalmente son de 55 galones de capacidad. (National Fire Protection Association., 2012)

### 2.1.13. Accesorios de tanques (American Petroleum Institute, API, 2012)

#### 2.1.13.1. Venteo de relevo de emergencia

Abertura, método de construcción o dispositivo que automáticamente alivia el exceso de presión interna causada por la exposición a un incendio.

#### 2.1.13.2. Venteo normal

Abertura, método de construcción o dispositivo que permite el alivio de presión interna excesiva o vacío durante almacenamiento y operaciones normales.

#### 2.1.13.3. Techo flotante

Son techos del tipo no fijos, los cuales se elevan o bajan siguiendo el movimiento del nivel de líquido en el tanque, mayormente utilizados en el almacenamiento de hidrocarburos. Su principal objetivo es evitar la acumulación de gases en el interior del tanque.

#### 2.1.13.4. Techo de junta frágil

Se le denomina bajo este nombre a todo techo cónico de tanque vertical metálico que posee la característica de tener el cordón de soldadura más débil de todo el tanque en la unión del techo y el casco. Esta característica permitiría que en caso de una sobrepresión se produzca una falla justamente en esta zona ya determinada. Antiguamente se utilizaba hasta que fue reemplazado por las válvulas de venteo de emergencia.

#### 2.1.13.5. **Abertura de techo o pared (Manhole)**

Abertura, agujero en la zona del casco y/o techo del tanque, de dimensión tal que pueda ingresar una persona al tanque junto con sus herramientas. Por lo general son de 24 pulgadas de diámetro o mayores. Su objetivo es facilitar el ingreso de personal y recursos para inspecciones y/o mantenimientos.



### 3. CAPITULO III

#### Datos del Proyecto

##### 3.1. Datos generales

###### 3.1.1. Descripción de la instalación de almacenamiento de combustible a proteger

La instalación que se pretende proteger con el sistema contra incendios motivo de desarrollo de esta tesis tendría las siguientes características:

- 03 tanques verticales, de cuerpo cilíndrico, techo fijo cónico, de almacenamiento de combustible Diésel B5.
- Capacidad de almacenamiento de cada tanque equivalente a 100,000 galones.
- Disposición de los 03 tanques en forma lineal.
- Los tanques estarían instalados sobre anillos de cimentación de concreto, dentro de una poza de contención a prueba de filtraciones y con una capacidad mínima libre del 110% del volumen del tanque más grande.
- Se tendrá como parte de la instalación el sistema de tuberías de recepción y despacho de combustible desde la bahía de recepción hacia las islas de despacho para equipo liviano.

###### 3.1.2. Alcances del sistema contra incendios a diseñar

El alcance de este diseño comprende el desarrollo de la ingeniería del sistema de extinción de incendio mediante espuma contra incendio tipo AFFF al 3% para cubrir las recomendaciones indicadas en la normativa nacional aplicable como la normativa NFPA 30 que apliquen a este tipo de instalación.

Se considera lo siguiente en la memoria de cálculo:

- Arreglo de tuberías desde el punto de abastecimiento de agua hacia las cámaras de espuma de los tres tanques y agua de enfriamiento según sea el caso.
- Evaluación hidráulica del sistema considerando el suministro de espuma al interior de uno de los tres tanques de la instalación.
- El incendio solo se produce en 1 tanque a la vez.

- Diseño de tanque de almacenamiento de agua contra incendio según API 650.

### 3.1.3. Códigos, estándares y referencias para el diseño

- D.S. 052-93-EM: Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos.
- D.S. 043-2007-EM: Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos.
- NFPA 10: Norma para Extintores portátiles contra incendios.
- NFPA 11: Norma para espumas de Baja, Media y Alta Expansión.
- NFPA 14: Norma para la Instalación de Sistemas de Tubería vertical y mangueras.
- NFPA 24: Norma para la Instalación de Tuberías para Servicio Privado de Incendios y sus Accesorios.
- NFPA 30A: Código de Líquidos Inflamables y Combustibles.

### 3.1.4. Condiciones generales de sitio

- |                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| • Altitud                            | 2700 msnm |
| • Presión atmosférica                | 74 kPa    |
| • Temperatura mínima promedio        | 5 °C      |
| • Temperatura máxima promedio        | 25 °C     |
| • Temperatura asumida para el diseño | 15 °C     |

### 3.1.5. Criterios de diseño

Los criterios de diseño establecidos a continuación están orientados a garantizar el óptimo funcionamiento de la bomba contra incendios, así como garantizar los caudales y presiones en las tuberías y cámaras de espuma y boquillas para mangueras del sistema contra incendios.

Para obtener las pérdidas por fricción primarias en las tuberías que transportaran la mezcla agua – espuma, se utilizará la fórmula de Hazen - Williams.

Para obtener los diámetros de las líneas de transporte de la mezcla agua – espuma se utilizarán criterios de velocidades de las redes de agua, velocidad mínima de 0.5m/s y máxima de 6 m/s; este último valor debido

a que la frecuencia de uso es muy remota y por poco tiempo. Además, que se comparará con el método de cálculo de velocidades erosivas.

Se considera un factor de seguridad del 10% en los cálculos de pérdidas por fricción en las tuberías debido al envejecimiento de la tubería, reducción del diámetro interior por incrustación de partículas, diferencia de diámetros y cualquier condición anormal de la superficie interior de la tubería.

Las cámaras de espuma operarán con una presión de ingreso entre 40 y 100 psig, según lo requerido por el fabricante. Estas presiones se lograrán mediante la regulación manual de la válvula reductora de presión.

Para los cálculos se empleará diversas curvas de bombas contra incendios de diferentes proveedores, tomando como base el punto de operación calculado durante el diseño del sistema contra incendios, la misma que será presentada como parte de la solución final del problema. El factor de fricción "C" a utilizar para propósitos de diseño son; para tubería de acero  $C= 100$  y  $C= 140$  para tubería de HDPE, siguiendo las recomendaciones de la normativa API RP 14E.

Se ha considerado un flujo nominal de suministro de espuma para los tanques T-1, T-2 y T-3 igual a 55 gpm para cada uno, de acuerdo a lo requerido por normativa peruana D.S. 052-93-EM.

Se ha considerado un flujo nominal de suministro de espuma de forma manual para la poza de derrames igual a 110 gpm (este suministro de espuma está a cargo del cuerpo de bomberos), de acuerdo a lo requerido por normativa peruana D.S. 052-93-EM.

No se considera simultaneidad en la alimentación de espuma a los tres tanques, se considera el caso más crítico que sería un incendio en el tanque T-2 y suministro de agua de enfriamiento a los tanques aledaños T-1 y T-3; así mismo se evaluará un escenario considerando el suministro de agua al tanque T-3 y a la poza de contención de derrames haciendo un total de 165 gpm.

En los puntos de ingreso a los eductores portátiles para el suministro de espuma a poza de derrames de los tanques T-1, T-2 y T-3, se está considerando una presión residual de diseño mínima de 75 psig y

máxima de 100 psig para un flujo de 100 gpm y una longitud de manguera de 1 1/2" de 45 metros (el suministro de espuma está a cargo del cuerpo de bomberos y el equipo de bombeo que se seleccione después del diseño).

El cálculo del ADT (altura dinámica total) de la bomba para los escenarios analizados, está basado en asegurar las condiciones de flujo del proceso (ver ítem 6.8 y 6.9) y presiones requeridas en las cámaras de espuma de los tanques y eductores portátiles (ver ítem 6.5 y 6.11) en el escenario más crítico.

La generación de solución de espuma será al 3%, recomendada por fabricantes de estos productos.

Se ha considera para el proporcionador de espuma una contrapresión de salida máxima equivalente al 65% de la presión de ingreso (según catálogo Ansul).

La bomba seleccionada después del diseño deberá garantizar una presión entre 75 psig y 125 psig a la salida de la misma y un flujo mínimo de 575gpm.

La red de agua contraincendios será independiente de todos los sistemas adicionales que puedan existir en la instalación. Se contará con un tanque de almacenamiento de agua, exclusivo para este sistema.

Se considera que la red pública en la zona de la instalación no tiene la suficiente capacidad en volumen ni en presión para cumplir con lo requerido por la normativa nacional e internacional.

#### **3.1.6. Parámetros generales de operación de sistemas contra incendio**

La capacidad de agua contraincendios de una instalación que almacena combustibles debe ser la suma del volumen de agua requerido para aplicar el agente extintor (espuma contraincendios) en el dispositivo de almacenamiento de mayor capacidad y el volumen de agua de enfriamiento requerido para proteger los demás dispositivos de almacenamiento de combustible aledaños, teniendo en consideración la orientación más probable del aire.

La red del Sistema Contra Incendio mediante espuma proyectado para los tres tanques de almacenamiento de combustible líquido está diseñada para cumplir con los requerimientos mínimos establecidos en el Decreto Supremo 052-93-EM “Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos”, el cual indica los siguientes valores:

a. Para sistemas de aplicación de espumas con monitores y mangueras:

Régimen no menor a:

6.5 lpm/m<sup>2</sup> (hidrocarburos)

9.8 lpm/m<sup>2</sup> (alcoholes o solventes polares)

b. Sistemas de aplicación fijos:

Régimen no menor a:

4.1 lpm/m<sup>2</sup> (hidrocarburos)

6.5 lpm/m<sup>2</sup> (alcoholes o solventes polares)

Los tiempos de aplicación para cada caso son los siguientes:

a. Para sistemas de aplicación de espumas con monitores y mangueras:

Líquidos con punto de inflamación entre 37.8C y 93.3C: 50 minutos

Petróleo crudo y líquidos con punto de inflamación menor a 37.8C:  
65 minutos.

b. Sistemas de aplicación fijos:

Líquidos con punto de inflamación entre 37.8C y 93.3C: 30 minutos

Petróleo crudo y líquidos con punto de inflamación menor a 37.8C:  
55 minutos.

NOTA: Estos últimos valores de tiempo de aplicación podrían variar si se toma como referencia la normativa internacional NFPA 11 y en caso de combustibles específicos.

De acuerdo al diámetro del tanque o de los tanques a proteger, se debe contar con la siguiente cantidad de puntos de aplicación:

Tabla 1.- Descargas de Aplicación de Espuma Segun Diametro de Tanque

Diámetro del tanque	Punto de Inflamación menor a 37.8 C	Punto de inflamación mayor a 37.8 C
Hasta 24 metros	1	1
De 24 a 36 metros	2	1
De 36 a 42 metros	3	2
De 42 a 48 metros	4	2
De 48 a 54 metros	5	2
De 54 a 60 metros	6	3
Sobre los 60 metros	1 por cada 465m2 adicionales	1 por cada 697 m2 adicionales

Fuente: D.S. 052-93-EM

Adicionalmente al sistema de inyección de espuma que se especifica en el D.S. 052-93-EM también se requiere la instalación de un sistema de enfriamiento para los casos en los que se tiene 2 o más tanques que están instalados cerca y que bajo el escenario de un incendio podrían verse afectados por el fuego que se produjese, causando que se incremente la temperatura fuera y dentro del segundo tanque que se encuentre dentro de la proyección de la radiación calorífica del evento.

Para este sistema de enfriamiento debemos regirnos a los especificados en el artículo 92 del D.S. 043-2007-EM:

Para Tanque de techo fijo o flotante:

- a. Con toroide en el anillo superior: 0.15gpm/pie<sup>2</sup>
- b. Con sistema externo: 0.20gpm/pie<sup>2</sup>

**NOTA:** Considerar que en el artículo 97 del D.S. 047-2007-EM se indica que la capacidad mínima de flujo del sistema instalado debe ser de 500gpm en caso sea para suministro de hidrantes y de 1000gpm si de estos se va a suministrar agua a los camiones de bomberos.

### 3.1.7. Definición de parámetros para sistema a diseñar

#### 3.1.7.1. Datos de la instalación

- a. Producto: Diésel B5
- b. Diámetro de tanque: 8 metros
- c. Altura de tanque: 8 metros
- d. Capacidad: 100,000 galones
- e. Norma de fabricación: API650 12th Edition
- f. Material: ASTM A36, espesores variables.
- g. Tipo de techo: Fijo de forma cónica, auto soportado.
- h. Numero de tanques: 3 unidades
- i. Capacidad total de almacenamiento: 300,000 galones
- j. Otros: Cuenta con válvula de venteo de emergencia en el techo.

**Tabla 2.- Requerimientos Mínimos del Sistema Contra Incendio**

Equipo /Descripción/Área		Capacidad (galones)	Espuma
			Mínimo Req. (gpm)
Tanque #1	Tanque de Diésel B5	100,000	55 (*)
Tanque #2	Tanque de Diésel B5	100,000	55 (*)
Tanque #3	Tanque de Diésel B5 (*)	100,000	55 (*)
Poza de derrames T-1, T-2 y T-3			110.00

(\*): Valores considerados para el diseño.

**Tabla 3.- Requerimiento Mínimos de Boquillas de Inyección de Espuma**

Equipo /Descripción/Área		Diámetro (m)	Boquillas
			Mínimo Requerido
Tanque #1	Tanque de Diésel B5	8	1 (*)
Tanque #2	Tanque de Diésel B5	8	1 (*)
Tanque #3	Tanque de Diésel B5	8	1 (*)

(\*): Valores considerados para el diseño.

### 3.1.7.2. Capacidad Mínima de almacenamiento de agua

De acuerdo a la normativa vigente la instalación debería contar con una capacidad mínima de almacenamiento de agua para que el sistema contra incendio pueda funcionar sin interrupción durante 50 minutos (Según NFPA 11) ó 30 minutos (Según D.S. 052-93-EM).

También, como se puede verificar en la Tabla 1, el caudal mínimo requerido de espuma a inyectar en cada uno de los tanques a proteger es equivalente a 55GPM. Asimismo, el fluido a inyectar es un concentrado de espuma AFF al 3%, lo que significaría un flujo mínimo de agua de 53.35GPM y de 1.65GPM del concentrado de espuma.

Por lo que el cálculo del volumen de agua a almacenar debemos considerarlo de la siguiente manera:

Para NFPA 11:

$$VOL_{Alm} = Q_{esp} * T_{Apl}$$

$$VOL_{Alm} = 53.35gpm * 50 \text{ min}$$

$$VOL_{Alm} = 2667.5 \text{ galones}$$

Para D.S. 052-93-EM:

$$VOL_{Alm} = Q_{esp} * T_{Apl}$$

$$VOL_{Alm} = 53.35gpm * 30 \text{ min}$$

$$VOL_{Alm} = 1600.5 \text{ galones}$$

No olvidemos que la normativa nacional también considera la aplicación de espuma contra incendios al dique de contención según la sección 5.9 de la Norma NFPA 11. Para nuestro caso sería la aplicación de 110GPM (como indicamos en la Tabla 3.2) por un periodo de 10 minutos, equivalente a un volumen adicional de 1,100 galones de agua-espuma (1,067 galones de agua).

Adicionalmente al volumen de agua necesario para abastecer al sistema de inyección de espuma a los tanques, también debe de considerarse el volumen de agua necesario para realizar el enfriamiento de las paredes expuestas al fuego de los tanques aledaños al tanque siniestrado.

Para esto el cálculo debe realizarse de la siguiente manera:

Área expuesta de tanque aledaño:

$$A_{Tex} = Perimetro * Altura$$

$$A_{Tex} = (8 * \pi)m * 8m$$

$$A_{Tex} = 201.1m^2 = 2164.6 pie^2$$

De la configuración que se plantea para el proyecto y con el objetivo de ahorrar área total de la instalación se identifica que los 2 tanques aledaños se verían afectados por un posible incendio en el tanque central, por lo que este escenario sería el más crítico y el considerado para el diseño del proyecto.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, el flujo de agua para enfriamiento sería calculado de la siguiente manera:

$$Q_{Enf} = A_{Enf} * 0.2gpm - pie^2$$

$$Q_{Enf} = 2,164.6 * 0.2gpm - pie^2 = 432.92 GPM$$

**NOTA:** Tener en cuenta que el flujo mínimo requerido para hidrantes según el D.S. 047-2007-EM es de 500GPM, por lo que este será el valor tomado para los cálculos hidráulicos de las tuberías, mientras que para el cálculo de volumen de agua almacenada si se tomara en consideración el flujo recientemente calculado de 432.92 GPM.

Como resumen de los volúmenes necesario a almacenar tenemos:

**Tabla 4.- Resumen Volumen de Agua Contra incendio Requerida**

<b>SERVICIO</b>	<b>CAUDAL</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>VOLUMEN</b>
Espuma contraincendios al tanque	55 GPM	50 minutos	2,667.5 galones
Espuma contraincendios al dique	110 GPM	10 minutos	1,067 galones
Enfriamiento con sistema externo	432.92 GPM	240 minutos	103,902.8 galones
			<b>107,635.3 galones</b>

*Fuente: Propia.*

## 4. CAPITULO IV Diseño

### 4.1. Etapa de Diseño

#### 4.1.1. Características técnicas de los depósitos de almacenamiento de combustible existentes

Tabla 5.- Tanque 1: Características generales.

<b>Tag</b>	T-1
<b>Tipo</b>	Cilíndrico vertical soldado de techo cónico soportado
<b>Capacidad nominal</b>	100,000 galones
<b>Diámetro</b>	8 m.
<b>Altura</b>	8 m.
<b>Presión de diseño</b>	Atmosférica
<b>Presión de prueba hidrostática</b>	De acuerdo a API 650.
<b>Planchas del casco</b>	ASTM A36 por espesor de 1/4"
<b>Planchas del techo y fondo</b>	ASTM A36 por espesor de 1/4"
<b>Venteos de emergencia</b>	01 en techo, 24" de diámetro
<b>Manholes</b>	01 en techo, 01 en casco
<b>Protección contra incendios</b>	01 cámara de espuma
<b>Accesos y plataformas</b>	01 escalera espiral
<b>Cimentación</b>	Anillo de concreto con relleno de sandoil.
<b>Anclajes</b>	No
<b>Protección contra la corrosión</b>	Pintura fondo y casco exterior.

Fuente: Propia.

Tabla 6.- Tanque 2: Características generales.

<b>Tag</b>	T-2
<b>Tipo</b>	Cilíndrico vertical soldado de techo cónico soportado
<b>Capacidad nominal</b>	100,000 galones
<b>Diámetro</b>	8 m.
<b>Altura</b>	8 m.
<b>Presión de diseño</b>	Atmosférica
<b>Presión de prueba hidrostática</b>	De acuerdo a API 650.
<b>Planchas del casco</b>	ASTM A36
<b>Planchas del techo y fondo</b>	ASTM A36
<b>Venteos de emergencia</b>	01 en techo, 24" de diámetro
<b>Manholes</b>	01 en techo, 01 en casco
<b>Protección contra incendios</b>	01 cámara de espuma
<b>Accesos y plataformas</b>	01 escalera espiral
<b>Cimentación</b>	Anillo de concreto con relleno de sandoil.
<b>Anclajes</b>	No
<b>Protección contra la corrosión</b>	Pintura fondo y casco exterior.

Fuente: Propia.

Tabla 7.- Tanque 3: Características generales.

<b>Tag</b>	T-3
<b>Tipo</b>	Cilíndrico vertical soldado de techo cónico soportado
<b>Capacidad nominal</b>	100,000 galones
<b>Diámetro</b>	8 m.
<b>Altura</b>	8 m.
<b>Presión de diseño</b>	Atmosférica
<b>Presión de prueba hidrostática</b>	De acuerdo a API 650.
<b>Planchas del casco</b>	ASTM A36
<b>Planchas del techo y fondo</b>	ASTM A36
<b>Venteos de emergencia</b>	01 en techo, 24" de diámetro
<b>Manholes</b>	01 en techo, 01 en casco
<b>Protección contra incendios</b>	01 cámara de espuma
<b>Accesos y plataformas</b>	01 escalera espiral
<b>Cimentación</b>	Anillo de concreto con relleno de sandoil.
<b>Anclajes</b>	No
<b>Protección contra la corrosión</b>	Pintura fondo y casco exterior.

Fuente: Propia.

#### 4.1.2. Características de hidrocarburo almacenado

Se considera que los 03 tanques anteriormente mencionados son destinados únicamente al almacenamiento exclusivo del combustible líquido denominado Diésel B5 S50, el cual tiene las siguientes características principales:

Tabla 8.- Propiedades del Diésel B5 S50

<b>Nombre:</b> Diésel B5 S50		<b>Usos:</b> Combustible para motor	
<b>Estado de Almacenamiento:</b> Líquido		<b>Contenedor:</b> Tanque atmosférico	
<b>Solubilidad:</b> No Polar / No miscible en agua			
<b>Clasificación:</b> Líquido combustible (Mezcla con 5% de biodiesel)			
<b>Número UN:</b> 1202	<b>Numero CAS:</b>	<b>Guía de Respuesta GRE N° 128</b>	
<b>Densidad de Vapor (Aire = 1):</b> 3.4	Niveles de Riesgo (NFPA 704)		
<b>Gravedad Específica (Agua = 1 ):</b> 0.84 – 0.87	Salud	0	
<b>Temperatura de Ebullición:</b> □ 152 °C - 189 °C	Inflamabilidad	2	
<b>Punto de Inflamación:</b> 52 °C	Reactividad	0	
<b>Rango de Inflamabilidad:</b> 1.3% - 6.0%	Riesgos especiales	Ninguno	
<b>Temperatura de auto ignición:</b> 257 °C aprox.	<b>Ver notas importantes en:</b> FDS		

Fuente: Propia. Datos tomados de MSDS Diésel B5 Petroperu.

#### 4.1.3. Evaluación de compatibilidad de agentes extintores

De acuerdo a la información descrita en la sección introductoria de este documento, se conoce que en el mercado se tiene disponible los siguientes tipos de fluidos o agentes extintores que puedes ser utilizado en caso de incendio:

- Agua
- Espuma contraincendios.
- Gases
- Químicos

En nuestro caso, que estamos haciendo el diseño para proteger una instalación que almacena combustible Diésel B5 S50, tenemos las siguientes alternativas posibles:

- Espuma contraincendios de Alta expansión.

- Espuma contraincendios de Media expansión.
- Espuma contraincendios de baja expansión.

Finalmente, para el cálculo que estamos realizando estaremos considerando solo el producto espuma contra incendio de baja expansión al 3%, también denominado como AFFF (Aqueous Film Forming Foam) al 3%. Esto debido a que la espuma genera una película encima del combustible que separa los elementos básicos del fuego (Aire, Combustible, Calor) y al ser un producto espumógeno permite que esta película de espuma permanezca activa por el periodo de tiempo suficiente para evitar que el incendio vuelva a retomar fuerzas.

#### 4.1.4. Dimensionamiento de tuberías

Para dimensionar o verificar el pre dimensionamiento ya realizar vamos a utilizar el método de velocidades erosivas, calculo que podemos encontrar como recomendación en la norma API RP 14E.

El documento mencionado nos proporciona la siguiente formula:

$$V_e = \frac{C}{\sqrt{pm}}$$

Donde:

$V_e$  = Velocidad erosional del fluido (ft/s)

$C$  = Constante empírica

$pm$  = Densidad del fluido en condiciones de flujo (Lbs/ft<sup>3</sup>)

Esta norma al ser americana tiene todas las unidades en el sistema americano, por lo que tendremos que convertir nuestros datos.

Cabe mencionar que en la norma se especifica lo siguiente sobre la constante empírica:

- $C = 100$ , para fluidos libre de sólidos y servicios continuos.
- $C = 125$ , para servicios intermitentes (considerado como factor conservador).
- $150 < C < 200$ , para fluidos libres de sólidos, servicio continuo y libres de corrosión prematura.

Para nuestro calculo tomaremos un valor equivalente a 150 como medida de precaución, ya que al ser un sistema de protección no

quisiéramos que este falle en plena emergencia. De esta manera nuestra velocidad erosiva será:

$$V_e = \frac{150}{\sqrt{62.43}}$$

$$V_e = 18.99 \frac{ft}{s} = 5.79 \frac{m}{s}$$

Considerando esta velocidad como máxima, debido a los efectos erosivos, calculamos los diámetros de tuberías que deberíamos emplear para cada uno de los caudales ya definidos:

Caudal de 55gpm:

$$A = \frac{Q}{V_e}$$

$$\frac{\pi * D^2}{4} = \frac{Q}{V_e}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V_e}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 55 * 0.000063}{\pi * 5.79}} = 0.03m = 30mm$$

Caudal de 500gpm:

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V_e}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 500 * 0.000063}{\pi * 5.79}} = 0.083m = 83.23mm$$

Con esto hemos podido verificar que los diámetros de tubería pre dimensionados no están bajo riesgo de erosionarse por la excesiva velocidad del agua que fluiría dentro de ellos. Los diámetros para nuestro sistema son de 6" para las troncales, tal como sugiere la norma NFPA y de 2.5" para los ramales que alimentaran las cámaras de espuma, esto debido al diámetro que tienen estos accesorios en sus ingresos y evitar cambios de diámetros y mucha diversidad de materiales.

#### 4.1.5. Cálculo estático de Soportes de tubería

Para el cálculo inicial de los soportes de tuberías correspondientes a nuestro diseño vamos a tomar como referencia la siguiente gráfica:

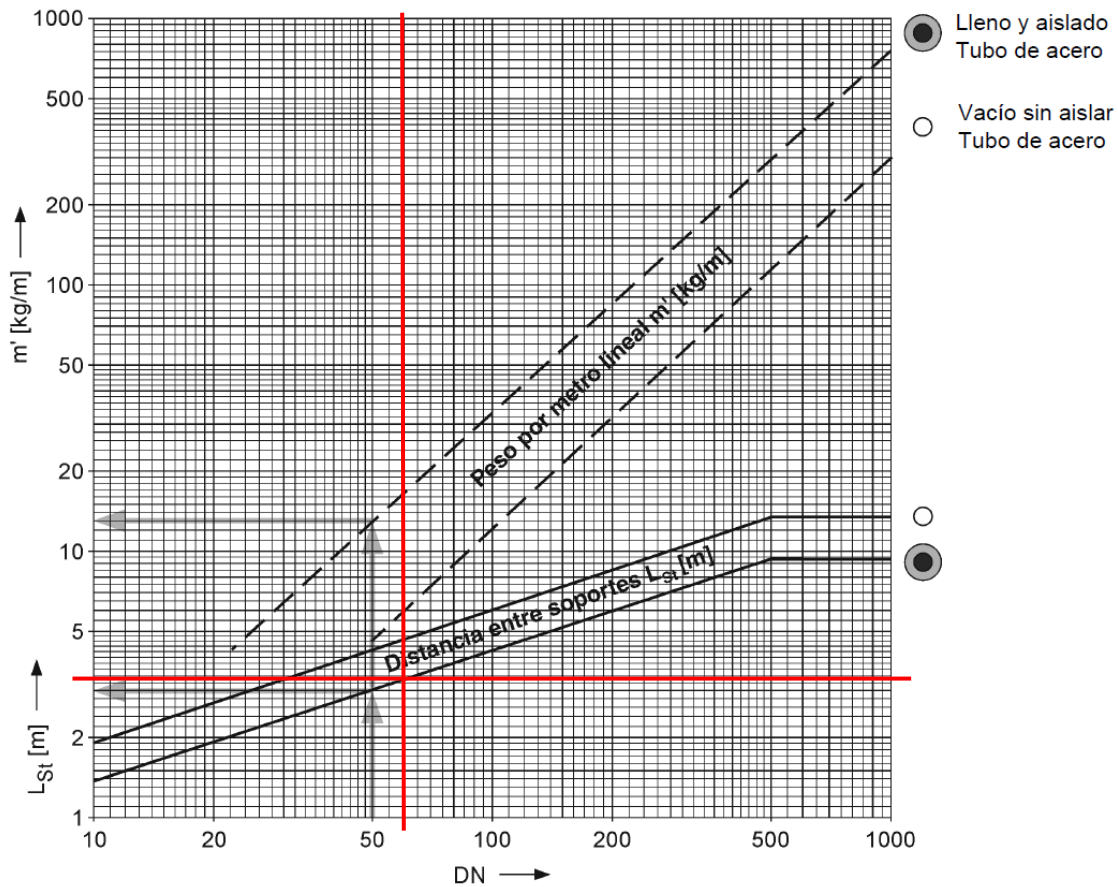


Imagen 3. Abaco de valores indicativos de distancias de apoyos

De este ábaco que pertenece al libro del autor Wagner, Walter y titulado "Rohrleitungstechnik, Vogel-Buchverlag", 10ª edición, 2008; y la norma DIN EN 13480-3: tuberías industriales de metal, 2002, podemos obtener un valor inicial para nuestras tuberías expuestas de 2.5 pulgadas.

Los valores que rescatamos son:

- Distancia entre soportes: 3.2 metros

#### 4.1.6. Cálculo pérdidas en el Sistema de tuberías

Para el cálculo del sistema de tuberías y bombeo tomaremos como referencia los valores indicados en las tablas 3.2 y 3.4, estos valores deben cumplirse en el punto de aplicación de la espuma y agua contraincendios por lo que los cálculos se harán en reversa para poder definir qué tipo y diámetros de tuberías requerimos para cumplir con los

valores requeridos sin tener que sobredimensionar el sistema de bombeo. Para el caso de las longitudes de tuberías, cantidad de accesorios y demás características del sistema deberemos revisar el ANEXO 6 – PLANO ARREGLO GENERAL.

De acuerdo a los requerimientos mínimos de la normativa NFPA 13 – “Norma para la instalación de Sistemas de Tubería Vertical y Mangueras”, la troncal del sistema debe ser como mínimo de 6”.

Según requerimiento de fabricante, para la cámara de espuma que ira instalada en cada tanque, se requiere una conexión de ingreso a de 2.5 pulgadas, según catálogo de la marca ANSUL (ANEXO 9) para su producto AFC-90 que permitirá alcanzar el flujo de 55gpm, como se requiere según cálculo.

Igualmente, para el caso del hidrante, según catálogo del proveedor MUELLER, sus equipos cuentan con conexión bridada de 6” (ANEXO 9). Para el control de cada una de las líneas de espuma que ingresara a cada uno de los tanques, se contara con válvulas del tipo compuerta, certificadas UL/FM como indica la normativa, las que permitirán dirigir el flujo de espuma únicamente al tanque que este siendo atacado por el incendio. En el caso del hidrante, de donde se tomará el agua para enfriamiento, viene incluido en su sistema una válvula de disco que permite controlar el flujo de agua. Adicionalmente cada tubería contará con los accesorios necesarios para cumplir el recorrido indicado en planos desde el manifold de distribución hasta el punto de aplicación. A continuación, el resumen de las características del sistema de tuberías:

Tabla 9.- Características generales del Sistema de Tuberías.

Línea	Caudal (GPM)	Longitud (m)	Diámetro (pulg)	Hi (m)	Hf (m)	Accesorios
Succión Bomba	555	3	6	0.5	0.5	Válvula Compuerta: 01
Bomba Hidrante	500	40	6	0.5	-0,5	Codo 45°: 00 Codo 90°: 02 Tee: 01 Válvula Compuerta: 01
Bomba Manifold	55	2	6	0.5	1	Codo 45°: 00 Codo 90°: 03 Tee: 01 Válvula Compuerta: 01
Manifold T-1	55	33.4	2.5	1	7.8	Codo 45°: 08 Codo 90°: 02 Válvula Compuerta: 01
Manifold T-2	55	26	2.5	1	7.8	Codo 45°: 07 Codo 90°: 01 Válvula Compuerta: 01
Manifold T-3	55	54.8	2.5	1	7.8	Codo 45°: 09 Codo 90°: 02 Válvula Compuerta: 01

Fuente: Propia.

De acuerdo a los planos de distribución de la instalación y la combinación de escenarios posibles de incendio, evaluaremos los siguientes dos casos críticos, debido a que son los que mayor demanda de flujo exigirían al sistema:

- Abastecer agua-espuma al tanque T-3 y usar el hidrante para enfriar el tanque T-02.
- Abastecer agua-espuma al tanque T-2 y usar el hidrante para enfriar a los tanques T-01 y T-03.

#### 4.1.7. Cálculo hidráulico

Continuando con el diseño, procedemos a presentar la fórmula de Bernoulli generalizada, la cual según su descripción en la bibliografía revisada (Fuente: Libro “Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas”. Autor: Claudio Mataix.) Indica que puede ser utilizada para cuando el fluido evaluado tiene una viscosidad que genera una energía de pérdidas por rozamiento con la superficie de transporte y entre las propias partículas del fluido, además que también considera que este flujo está pasando a través de una o varias máquinas que le suministran energía y también que posiblemente existan otras por las que fluye y le restan energía.

A continuación, la fórmula de Bernoulli Generalizada:

$$\frac{P_a}{\rho * g} + Z_a + \frac{V_a^2}{2 * g} - \sum H_{ra-b} + \sum H_B - \sum H_t = \frac{P_b}{\rho * g} + Z_b + \frac{V_b^2}{2 * g}$$

Donde tenemos que cada uno de los elementos de esta fórmula representa lo siguiente:

- $\frac{P_a}{\rho * g}$  y  $\frac{P_b}{\rho * g}$  : Alturas de Presión.
- $Z_1$  y  $Z_2$  : Alturas geodésicas.
- $\frac{V_a^2}{2 * g}$  y  $\frac{V_b^2}{2 * g}$  : Alturas de Velocidad.
- $\sum H_{ra-b}$  : Suma de todas las pérdidas hidráulicas entre 1 y 2.
- $\sum H_B$  : Suma de los incrementos de altura proporcionados por las Bombas instaladas entre 1 y 2 (incremento de energía).
- $\sum H_t$  : Suma de los incrementos de altura absorbida por los motores (turbinas) instalados entre 1 y 2.

Como podemos analizar, en esta fórmula tenemos un factor que representa el incremento de energía de las bombas o sistemas de impulsión del fluido que se está evaluando, por lo que procedemos a despejar la fórmula, de modo que con esta podamos calcular la altura que requeriría nuestra bomba para poder impulsar el fluido al flujo y

presión deseados desde el tanque de agua hasta los puntos de aplicación:

$$\sum H_b = \frac{P_b - P_a}{\rho * g} + Z_b - Z_a + \frac{V_b^2 - V_a^2}{2 * g} + \sum H_{ra-b} + \sum H_t$$

Continuando con el análisis de la formula, debemos recordar que la superficie del fluido a bombear está a presión atmosférica y puede considerarse como una superficie abierta y expuesta al medio ambiente. Por otro lado, si bien los puntos de inyección de agua y espuma contra incendios también descargan al medio ambiente, en estos casos cada uno de los accesorios contra incendios que se utiliza exigen una presión mínima de funcionamiento, la cual será tomada para el cálculo hidráulico. Del análisis identificamos que nuestro punto de inicio de bombeo será siempre el mismo, sin embargo, las descargas son 2 puntos diferentes con características distintas, por lo que hacemos la siguiente aclaración de datos:

$$\frac{P_1}{\rho * g} = \text{Atmosférica}$$

$$P_2 = 45\text{psi segun fabricante de camara de espuma}$$

$$P_3 = 100\text{psi segun requerimiento de norma NFPA 14}$$

Y

$$\frac{V_1}{2 * g} = 0 \text{ (Cero)}$$

$$V_2 = \frac{0.063}{0.073} = 0.863 \text{ m/s}$$

$$V_3 = \frac{0.014}{0.013} = 1.076 \text{ m/s}$$

Estando en este punto podemos comenzar con el cálculo de los factores finales que han quedado en nuestra formula.

Iniciamos con los valores que tenemos como conocidos:

$$Z_1 = 0.5 \text{ metros}$$

(Considerando el nivel más bajo de agua en el tanque de agua contra incendios)

$$Z_2 = 7.8 \text{ metros}$$

(Considerando la altura a la que estará instalado el sistema de inyección de espuma al tanque de Diésel)

Para el cálculo de perdidas debemos considerar el tipo de material de las tuberías (metálico), el número de accesorios que tiene cada línea (ver Tabla 4.5 – Características generales Sistema de Tuberías) y finalmente características especiales que puedan tener los equipos contra incendios.

Las pérdidas del sistema estarán definidas por:

- Perdidas primarias: Fricción en la tubería
- Perdidas secundarias: Accesorios como codos, válvulas, cambios de diámetro, etc.

**Tabla 10.- Diámetro de líneas de impulsión.**

LÍNEA	INICIO	FIN	LONGITUD	DIAMETRO
1	Bomba	Manifold	2	6 pulg
2	Manifold	Tanque	54.8	2.5 pulg
3	Bomba	Hidrante	40	6 pulg

Fuente: Propia

Escenario 01:

Los caudales definidos por la normativa serían los siguientes para este escenario:

- Caudal hidrante real: 250gpm
- Caudal T-3: 55gpm
- Caudal total: 305gpm

Iniciaremos los cálculos verificando el número de Reynolds, ya que tenemos el caudal de agua y diámetros de tuberías definido, esto nos permitirá definir el tipo de flujo que tendremos en las tuberías:

$$Re = \frac{\rho * V * D}{u}$$

Se requiere calcular la velocidad del fluido en la tubería para calcular el número de Reynolds, por lo que realizamos la siguiente ecuación:

$$Q = V * A$$

$$Q = V * \frac{\pi * D^2}{4}$$

Para la tubería troncal de 6":

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} = \frac{4 * (305 * 0.000063)}{\pi * (6 * 0.0254)^2}$$

$$V = \frac{0.077}{0.073} = 1.055 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{(1000 \frac{kg}{m^3}) * (1.055 \frac{m}{s}) * (0.152 \text{ m})}{0.001139 \frac{kg}{m} \cdot s}$$

$$Re = 140,762.75 \text{ (Flujo Turbulento)}$$

Para el ramal de 6" hacia el hidrante:

$$V_2 = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} = \frac{4 * (250 * 0.000063)}{\pi * (6 * 0.0254)^2}$$

$$V_2 = \frac{0.063}{0.073} = 0.863 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{(1000 \frac{kg}{m^3}) * (0.863 \frac{m}{s}) * (0.152 \text{ m})}{0.001139 \frac{kg}{m} \cdot s}$$

$$Re = 115,167.69 \text{ (Flujo Turbulento)}$$

Para la tubería de 2.5" que iría hacia el T-3:

$$V_3 = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} = \frac{4 * (55 * 0.000063)}{\pi * (2.5 * 0.0254)^2}$$

$$V_3 = \frac{0.014}{0.013} = 1.076 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{(1000 \frac{kg}{m^3}) * (1.076 \frac{m}{s}) * (0.0635 \text{ m})}{0.001139 \frac{kg}{m} \cdot s}$$

$$Re = 59,987.71 \text{ (Flujo Turbulento)}$$

Calculo de Pérdidas Primarias:

Para el cálculo de las perdidas primarias podemos usar las siguientes formas de cálculo:

- Ecuacion de Hazen-Williams (sólo agua a 15.5C)
- Ecuacion de Darcy-Weisbach (flujo laminar y turbuento)
- Ecuacion de Hagen-Poiseuille (flujo laminar)

Como ya se ha calculado el número de Reynolds y hemos determinado que el flujo en nuestras tuberías es turbulento, descartamos el uso de la ecuación de Hagen-Poiseuille.

Como el fluido que manejamos en el sistema contra incendio es agua y a temperatura ambiente, utilizaremos la fórmula de Hazen-William para calcular las pérdidas por fricción del agua con las tuberías.

Siempre teniendo en cuenta que los requisitos para uso de fórmula de Hazen-William:

- Velocidad de flujo < 10ft/s ó 3.05m/s
- Diámetros de tubería: 2" hasta 6 pies o 0.05m hasta 1.83m
- Temperatura de fluido: 60F ó 15.5C

Formula de Hazen-Williams para el cálculo de pérdidas por fricción:

$$h_{L1} = L * \left[ \frac{Q}{0.85 * R^{0.63} * A * C_h} \right]^{1.852}$$

Siendo el significado de cada componente:

- $h_{L1}$  : Pérdidas primarias por fricción.
- $L$  : Longitud de la tubería.
- $Q$  : Caudal del fluido.
- $R$  : Radio Hidráulico de la tubería.
- $A$  : Área del conducto.
- $C_h$  : Coeficiente de Hazen-Williams

#### Calculo de pérdidas Secundarias:

Para el cálculo de las perdidas secundarias tenemos las siguientes alternativas:

- Método de longitud de tubería equivalente (tuberías, válvulas, accesorios).
- Método de la ecuación fundamental de las pérdidas secundarias.

Para nuestro proyecto tenemos los siguientes accesorios y cantidades descritos en la siguiente tabla:

**Tabla 11.- Resumen de Accesorios de tuberías del SCI.**

LINEA	INICIO	FIN	ACCESORIOS	CANTIDAD
1	Bomba	Manifold	Codo 45°	00
			Codo 90°	03
			Tee	01
			Válvula compuerta	01
2	Manifold	Tanque 3	Codo 45°	09
			Codo 90°	02
			Válvula Compuerta	01
3	Bomba	Hidrante	Codo 45°	00
			Codo 90°	02
			Tee	01
			Válvula Compuerta	01

Fuente: Propia

Para nuestro cálculo utilizaremos el método de la ecuación fundamental para pérdidas secundarias, siendo la fórmula de aplicación:

$$h_{L2} = K * \frac{v^2}{2 * g}$$

Siendo el significado de cada elemento:

- $h_{L2}$  : Pérdidas secundarias
- $K$  : Coeficiente de pérdidas secundarias
- $v$  : Velocidad del flujo.
- $g$  : Gravedad.

Nuestro diseño tiene como característica particular que considera un sistema de tuberías en paralelo con extremos diferentes, lo que suelen definir como tuberías ramificadas. Para las tuberías ramificadas tenemos las siguientes consideraciones:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$$

Significando esta ecuación que el caudal matriz (1) es equivalente a la suma de caudales de las ramificaciones. En nuestro caso el caudal matriz está definido por el caudal de la bomba, mientras que los caudales secundarios serán los determinados al inicio del cálculo para el hidrante (250gpm) y para a cámara de espuma (55gpm).

Desarrollando la ecuación de continuidad, aplicable a sistemas de tuberías ramificada, igualamos los caudales y tendríamos:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

$$Q_1 = Q_2, Q_3 = 0$$

$$Q_1 = Q_3, Q_2 = 0$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2 * g} + H_b = \left( \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2 * g} + H_{P2} + H_{P1} \right)$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2 * g} + H_b = \left( \frac{P_3}{\gamma} + Z_3 + \frac{V_3^2}{2 * g} + H_{P3} + H_{P1} \right)$$

Par el caso en que calculamos las perdidas y el requerimiento de altura de bomba para poder cumplir con el requerimiento de la línea de agua que alimentará al hidrante desde el manifold, tendríamos lo siguiente:

$$H_b = \frac{P_b - P_a}{\gamma} + Z_{b2} - Z_a + \frac{V_b^2 - V_a^2}{2 * g} + H_{P2}$$

$$H_b = \frac{70307 \frac{kg}{m^2} - 0}{1000 \frac{kg}{m^3}} + 1m - 0.5m + \frac{(0.86 \frac{m}{s})^2 - 0^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} + H_{P2}$$

$$H_b = 70.31 m + 1m - 0.5m + 0.04 + H_{P2}$$

$$H_b = 70.85m + H_{P2}$$

Par el caso en que calculamos las perdidas y el requerimiento de altura de bomba para poder cumplir con el requerimiento de la línea de agua que alimentará a la cámara de espuma del tanque desde el manifold, tendríamos lo siguiente:

$$H_b = \frac{P_b - P_a}{\gamma} + Z_{b2} - Z_a + \frac{V_b^2 - V_a^2}{2 * g} + H_{P3}$$

$$H_b = \frac{31638 \frac{kg}{m^2} - 0}{1000 \frac{kg}{m^3}} + 7.8m - 0.5m + \frac{(1.076 \frac{m}{s})^2 - 0^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} + H_{P3}$$

$$H_b = 31.64 m + 7.8m - 0.5m + 0.055 + H_{P3}$$

$$H_b = 38.99m + H_{P3}$$

Con estos primeros cálculos podemos determinar que es más crítico el bombeo a través de la línea de 6" que alimentará el hidrante, esto debido al mayor caudal que conducirá esta tubería.

Ahora requerimos calcular las pérdidas en cada una de las 02 tuberías en las que se bifurca nuestra tubería matriz, para esto utilizaremos las ecuaciones de pérdidas primarias y secundarias mostradas en párrafos anteriores:

a. Perdidas Primarias:

Formula de Hazen-Williams para el cálculo de pérdidas por fricción:

$$h_{L1} = L * \left[ \frac{Q}{0.85 * R^{0.63} * A * C_h} \right]^{1.852}$$

Esta ecuación primeramente la simplificaremos a los valores conocidos que tenemos hasta el momento:

$$h_{L1} = L * \left[ \frac{Q}{0.85 * \left(\frac{D}{4}\right)^{0.63} * \left(\frac{\pi D^2}{4}\right) * C_h} \right]^{1.852}$$

$$h_{L1} = L * \left[ \frac{4 * Q}{0.85 * 0.42 * D^{0.63} * \pi D^2 * C_h} \right]^{1.852}$$

$$h_{L1} = L * \left[ \frac{4 * Q}{1.122 * D^{2.63} * C_h} \right]^{1.852}$$

$$h_{L1} = 10.53 * L * Q^{1.852} * C_h^{-1.852} * D^{-4.87}$$

Una vez simplificada la ecuación a valores que tenemos por conocidos, procedemos a reemplazarlos y calcular el valor de las pérdidas:

a.1 Para la tubería de 6" y caudal del 305gpm:

$$h_{L1} = 10.53 * L * Q^{1.852} * C_h^{-1.852} * D^{-4.87}$$

$$h_{L1} = 10.53 * 2 * Q^{1.852} * 100^{-1.852} * (6 * 0.0254)^{-4.87}$$

$$h_{L1} = 21.06 * Q^{1.852} * 0.00019 * 9527.71$$

$$h_{L1} = 38.12 * Q^{1.852}$$

$$h_{L1} = 38.12 * (305 * 0.000063)^{1.852}$$

$$h_{L1-1} = 0.025 \text{ m}$$

a.2 Para la tubería de 6" y caudal de 250gpm:

$$h_{L1-3} = 10.53 * L * Q^{1.852} * C_h^{-1.852} * D^{-4.87}$$

$$h_{L1-3} = 10.53 * 40 * Q^{1.852} * 100^{-1.852} * (6 * 0.0254)^{-4.87}$$

$$h_{L1-3} = 421.2 * Q^{1.852} * 0.00019 * 9527.71$$

$$h_{L1-3} = 762.48 * Q^{1.852}$$

$$h_{L1-3} = 762.48 * (250 * 0.000063)^{1.852}$$

$$h_{L1-3} = 0.35 \text{ m}$$

a.3 Para la tubería de 2.5" y caudal de 55gpm:

$$h_{L1-2} = 10.53 * L * Q^{1.852} * C_h^{-1.852} * D^{-4.87}$$

$$h_{L1-2} = 10.53 * 54.8m * Q^{1.852} * 100^{-1.852} * (2.5 * 0.0254)^{-4.87}$$

$$h_{L1-2} = 577.05 * Q^{1.852} * 0.00019 * 676849.26$$

$$h_{L1-2} = 74209.42 * Q^{1.852}$$

$$h_{L1-2} = 74209.42 * (55 * 0.000063)^{1.852}$$

$$h_{L1-2} = 2.06 \text{ m}$$

b. Perdidas Secundarias:

Ecuación fundamental para pérdidas secundarias:

$$h_{L2} = K * \frac{v^2}{2 * g}$$

Iniciamos el cálculo cambiando factores de la ecuación para que esta pueda ser comparable a la ecuación de pérdidas primarias que básicamente solo varía según los diferentes caudales que tiene cada tubería.

Realizamos el siguiente reemplazo de factores:

$$Q = v * A$$

$$v^2 = \left(\frac{Q}{A}\right)^2$$

Para el caso de nuestro diseño sabemos que usaremos tuberías circulares, por lo que podemos reemplazar el facto "A" por la fórmula de área del círculo:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Como resultado tendríamos la siguiente ecuación para las pérdidas secundarias:

$$h_{L2} = K * \frac{\left(\frac{4Q}{\pi D^2}\right)^2}{2 * g}$$

$$h_{L2} = K * \frac{8Q^2}{\pi^2 * g * D^4}$$

b.1 Para la tubería de 6" y caudal de 305gpm:

$$h_{L2-1} = K * \frac{8 * Q^2}{\pi^2 * 9.81 * (6 * 0.0254)^4}$$

$$h_{L2-1} = K * \frac{8 * Q^2}{0.05223}$$

$$h_{L2-1} = K * 153.17 * Q^2$$

$$h_{L2-1} = K * 153.17 * (305 * 0.000063)^2$$

$$h_{L2-1} = K * 0.057m$$

En este tramo corto, tenemos los siguientes accesorios y sus coeficientes de resistencia "K":

**Tabla 12.- Pérdidas Secundarias Tramo 1 (Tubería de descarga de bomba).**

ACCESORIO	CANTIDAD	K	K (total)
Codo 45	0	$16f_t$	$0.24 * 0 = 0$
Codo 90	3	$20f_t$	$0.30 * 3 = 0.9$
Tee	1	$60f_t$	0.90
Válvula Compuerta	1	$8f_t$	0.12
			1.92

Fuente: Propia

Continuando con el cálculo de pérdidas y reemplazando los valores que se han hallado tendríamos el siguiente resultado:

$$h_{L2} = (0.9 + 0.9 + 0.12) * 0.057m$$

$$h_{L2-1} = \mathbf{0.11m}$$

b.2 Para la tubería de 6" y caudal de 250gpm:

$$h_{L2-3} = K * \frac{8 * Q^2}{\pi^2 * 9.81 * (6 * 0.0254)^4}$$

$$h_{L2-3} = K * \frac{8 * Q^2}{0.05223}$$

$$h_{L2-3} = K * 153.17 * Q^2$$

$$h_{L2-3} = K * 153.17 * (250 * 0.000063)^2$$

$$h_{L2-3} = K * 0.038m$$

En este tramo 2, tenemos los siguientes accesorios y sus coeficientes de resistencia “K”:

**Tabla 13.- Pérdidas Secundarias Tramo 2 (Tubería hacia hidrante).**

ACCESORIO	CANTIDAD	K	K (total)
Codo 45	0	$16f_t$	$0.24*0 = 0$
Codo 90	2	$20f_t$	$0.3*2 = 0.60$
Tee	1	$60f_t$	0.9
Válvula Compuerta	1	$8f_t$	0.12
			1.62

Fuente: Propia

Continuando con el cálculo de pérdidas y reemplazando los valores que se han hallado tendríamos el siguiente resultado:

$$h_{L2-3} = (0.6 + 0.9 + 0.12) * 0.038m$$

$$h_{L2-3} = 0.062m$$

b.3 Para la tubería de 2.5” y caudal de 55gpm:

$$h_{L2-2} = K * \frac{8 * Q^2}{\pi^2 * 9.81 * (2.5 * 0.0254)^4}$$

$$h_{L2-2} = K * \frac{8 * Q^2}{0.0016}$$

$$h_{L2-2} = K * 5000 * Q^2$$

$$h_{L2-2} = K * 5000 * (55 * 0.000063)^2$$

$$h_{L2-2} = K * 0.06m$$

En este tramo 3, tenemos los siguientes accesorios y sus coeficientes de resistencia “K”:

**Tabla 14.- Pérdidas Secundarias Tramo 3 (Tubería hacia tanque diésel)**

ACCESORIO	CANTIDAD	K	K (total)
Codo 45	9	$16f_t$	$0.24*9 = 2.16$
Codo 90	2	$20f_t$	$0.3*2 = 0.6$
Tee	0	$60f_t$	$0.9*0 = 0$
Válvula Compuerta	1	$8f_t$	0.12
			2.88

Fuente: Propia

Continuando con el cálculo de pérdidas y reemplazando los valores que se han hallado tendríamos el siguiente resultado:

$$h_{L2-2} = (2.16 + 0.6 + 0.12) * 0.06m$$

$$h_{L2-2} = 0.17m$$

Resumen de pérdidas escenario 1:

**Tabla 15.- Resumen Pérdidas Escenario 1.**

TRAMO	PRIMARIAS (m)	SECUNDARIAS (m)	TOTAL (m)
BOMBA- MANIFOLD	0.025	0.11	0.135
MANIFOLD- HIDRANTE	0.35	0.062	0.412
MANIFOLD- TANQUE 3	2.06	0.17	2.23

Fuente: Propia

### Escenario 02:

Los caudales definidos por la normativa serían los siguientes para este escenario:

- Caudal Hidrante: 500gpm
- Caudal T-2: 55gpm
- Caudal total: 555gpm

Para este segundo escenario, como los valores de caudal no son los mismos que para el escenario 01, volveremos a verificar el número de

Reynolds. Los diámetros de tuberías si se mantienen iguales. Con este cálculo definiremos el tipo de flujo que tendremos en las tuberías:

$$Re = \frac{\rho * V * D}{u}$$

Se requiere calcular la velocidad del fluido en la tubería para calcular el número de Reynolds, por lo que realizamos la siguiente ecuación:

$$Q = V * A$$

$$Q = V * \frac{\pi * D^2}{4}$$

Para la tubería troncal de 6”:

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} = \frac{4 * (555 * 0.000063)}{\pi * (6 * 0.0254)^2}$$

$$V = \frac{0.14}{0.073} = 1.92 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{(1000 \frac{kg}{m^3}) * (1.92 \frac{m}{s}) * (0.152 \text{ m})}{0.001139 \frac{kg}{m} \cdot s}$$

$$Re = 256,224.76 \text{ (Flujo Turbulento)}$$

Para el ramal de 6” hacia el hidrante:

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} = \frac{4 * (500 * 0.000063)}{\pi * (6 * 0.0254)^2}$$

$$V = \frac{0.126}{0.073} = 1.729 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{(1000 \frac{kg}{m^3}) * (1.729 \frac{m}{s}) * (0.152 \text{ m})}{0.001139 \frac{kg}{m} \cdot s}$$

$$Re = 230,735.73 \text{ (Flujo Turbulento)}$$

Para el caso de la aplicación de agua-espuma para el T-2 el escenario es similar al calculado anteriormente para el T-3 en el escenario 01, por lo que los resultados serán los mismos:

$$V = \frac{0.014}{0.013} = 1.076 \text{ m/s}$$

$$Re = 59,987.71 \text{ (Flujo Turbulento)}$$

Siempre debemos tener en cuenta que los requisitos para uso de fórmula de Hazen-William:

- Velocidad de flujo < 10ft/s ó 3.05m/s
- Diámetros de tubería: 2" hasta 6 pies o 0.05m hasta 1.83m
- Temperatura de fluido: 60F ó 15.5C

Por otro lado, continuamos con el desarrollo de la ecuación de continuidad, la cual es aplicable a sistemas de tuberías ramificada. Entonces igualando los caudales y tendríamos:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

$$Q_1 = Q_2, Q_3 = 0$$

$$Q_1 = Q_3, Q_2 = 0$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2 * g} + H_b = \left( \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2 * g} + H_{P2} + H_{P1} \right)$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2 * g} + H_b = \left( \frac{P_3}{\gamma} + Z_3 + \frac{V_3^2}{2 * g} + H_{P3} + H_{P1} \right)$$

Par el caso en que calculamos las perdidas y el requerimiento de altura de bomba para poder cumplir con el requerimiento de la línea de agua que alimentará al hidrante desde el manifold, tendríamos lo siguiente:

$$H_b = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + Z_2 - Z_1 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 * g} + H_{P2}$$

$$H_b = \frac{70307 \frac{kg}{m^2} - 0}{1000 \frac{kg}{m^3}} + 1m - 0.5m + \frac{(1.729 \frac{m}{s})^2 - 0^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} + H_{P2}$$

$$H_b = 70.31 m + 1m - 0.5m + 0.152 + H_{P2}$$

$$\mathbf{H_b = 70.96m + H_{P2}}$$

Par el caso en que calculamos las perdidas y el requerimiento de altura de bomba para poder cumplir con el requerimiento de la línea de agua que alimentará a la cámara de espuma del tanque desde el manifold, tendríamos lo siguiente:

$$H_b = \frac{P_3 - P_1}{\gamma} + Z_3 - Z_1 + \frac{V_3^2 - V_1^2}{2 * g} + H_{P3}$$

$$H_b = \frac{31638 \frac{kg}{m^2} - 0}{1000 \frac{kg}{m^3}} + 7.8m - 0.5m + \frac{(1.076 \frac{m}{s})^2 - 0^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} + H_{P3}$$

$$H_b = 31.64 m + 7.8m - 0.5m + 0.055 + H_{p3}$$

$$H_b = 38.99m + H_{p3}$$

Con estos primeros cálculos podemos determinar que es más crítico el bombeo a través de la línea de 6" que alimentará el hidrante, esto debido al mayor caudal que conducirá esta tubería.

Ahora requerimos calcular las pérdidas en cada una de las 02 tuberías en las que se bifurca nuestra tubería matriz, para esto utilizaremos las ecuaciones de pérdidas primarias y secundarias mostradas en párrafos anteriores:

a. Pérdidas Primarias:

Como en este escenario también se siguen manteniendo las condiciones básicas para el uso de la ecuación de Hazen-Williams, continuaremos haciendo uso de estas fórmulas para nuestro cálculo.

Para el cálculo de las pérdidas primarias esta vez tomaremos directamente la fórmula simplificada:

$$h_{L1} = 10.53 * L * Q^{1.852} * C_h^{-1.852} * D^{-4.87}$$

a.1 Tubería de 6" y caudal de 555gpm:

$$h_{L1} = 10.53 * L * Q^{1.852} * C_h^{-1.852} * D^{-4.87}$$

$$h_{L1} = 10.53 * 2 * Q^{1.852} * 100^{-1.852} * (6 * 0.0254)^{-4.87}$$

$$h_{L1} = 21.06 * Q^{1.852} * 0.00019 * 9527.71$$

$$h_{L1} = 38.12 * Q^{1.852}$$

$$h_{L1} = 38.12 * (555 * 0.000063)^{1.852}$$

$$h_{L1-1} = 0.077 m$$

a.2 Tubería de 6" y caudal de 500gpm:

$$h_{L1-3} = 10.53 * L * Q^{1.852} * C_h^{-1.852} * D^{-4.87}$$

$$h_{L1-3} = 10.53 * 40 * Q^{1.852} * 100^{-1.852} * (6 * 0.0254)^{-4.87}$$

$$h_{L1-3} = 421.2 * Q^{1.852} * 0.00019 * 9527.71$$

$$h_{L1-3} = 762.48 * Q^{1.852}$$

$$h_{L1-3} = 762.48 * (500 * 0.000063)^{1.852}$$

$$h_{L1-3} = 1.26 m$$

a.3 Tubería de 2.5" y caudal de 55gpm:

$$h_{L1-2} = 10.53 * L * Q^{1.852} * C_h^{-1.852} * D^{-4.87}$$

$$h_{L1-2} = 10.53 * 26m * Q^{1.852} * 100^{-1.852} * (2.5 * 0.0254)^{-4.87}$$

$$h_{L1-2} = 273.78 * Q^{1.852} * 0.00019 * 676849.26$$

$$h_{L1-2} = 35208.48 * Q^{1.852}$$

$$h_{L1-2} = 35208.48 * (55 * 0.000063)^{1.852}$$

$$h_{L1-2} = 0.977 m$$

b. Perdidas Secundarias:

Para el cálculo de las pérdidas en este segundo escenario utilizaremos también la formula ya simplificada para pérdidas secundarias:

$$h_{L2} = K * \frac{8Q^2}{\pi^2 * g * D^4}$$

b.1 Para la tubería de 6" y caudal de 555gpm:

$$h_{L2-1} = K * 153.17 * Q^2$$

$$h_{L2-1} = K * 153.17 * (555 * 0.000063)^2$$

$$h_{L2-1} = K * 0.187m$$

$$h_{L2} = (0.9 + 0.9 + 0.12) * 0.187m$$

$$h_{L2-1} = 0.36m$$

b.2 Para la tubería de 6" y caudal de 500gpm:

$$h_{L2-3} = K * 153.17 * Q^2$$

$$h_{L2-3} = K * 153.17 * (500 * 0.000063)^2$$

$$h_{L2-3} = K * 0.152m$$

$$h_{L2-3} = (0.6 + 0.9 + 0.12) * 0.152m$$

$$h_{L2-3} = 0.246m$$

b.3 Para la tubería de 2.5" y caudal de 55gpm:

$$h_{L2-2} = K * 5000 * Q^2$$

$$h_{L2-2} = K * 5000 * (55 * 0.000063)^2$$

$$h_{L2-2} = K * 0.06m$$

En este tramo 4, tenemos los siguientes accesorios y sus coeficientes de resistencia "K":

**Tabla 16.- Pérdidas Secundarias Tramo 4 (Tubería hacia tanque diésel)**

ACCESORIO	CANTIDAD	K	K (total)
Codo 45	7	$16f_t$	$0.24*7 = 1.68$
Codo 90	1	$20f_t$	$0.3*1 = 0.3$
Tee	0	$60f_t$	$0.9*0 = 0$
Válvula Compuerta	1	$8f_t$	0.12
			2.1

Fuente: Propia

$$h_{L2-2} = (1.68 + 0.3 + 0.12) * 0.06m$$

$$h_{L2-2} = 0.126m$$

Resumen de pérdidas escenario 2:

**Tabla 17.- Resumen Pérdidas Escenario 2.**

TRAMO	PRIMARIAS (m)	SECUNDARIAS (m)	TOTAL (m)
BOMBA- MANIFOLD	0.077	0.36	0.437
MANIFOLD- HIDRANTE	1.26	0.246	1.506
MANIFOLD- TANQUE 3	0.977	0.126	1.103

Fuente: Propia.

#### 4.1.8. Cálculo de bomba

De los cálculos hidráulicos anteriores para cada uno de los 2 escenarios más críticos de este diseño tenemos como ecuación resultante:

$$H_b = 70.96m + H_{P2}$$

$$H_{P2} = 0.437m + 1.506m = 1.943m$$

$$H_b = 72.903m = 100.8 \text{ psi}$$

Con este cálculo podemos decir que requerimos una bomba que nos proporcione una cabeza de 73m de columna de agua, sin embargo, debemos de comparar este valor con el requerido por la línea que llevara

espuma a los tanques, la cual está representada por la siguiente ecuación:

$$H_b = 38.99m + H_{P3}$$

$$H_{P3} = 2.23m$$

$$H_b = 41.22m$$

Recordemos que para el caso de la línea de espuma que va hacia los tanques, esta debe de pasar a través de un equipo llamado proporcionador de espuma, el cual funciona bajo el efecto Venturi, el cual cambiando los diámetros de tubería por donde fluye el agua genera una variación en la velocidad del fluido, en nuestro caso se produce una reducción de diámetros, lo que incrementa la velocidad del agua generando así una presión de vacío en la toma que se conecta al tanque del espumógeno, succionando y proporcionando este químico en una medida casi exacta, el diseño de este pequeño equipo es propio de cada marca proveedora, sin embargo las pérdidas que estas generan están casi siempre alrededor del 35%-40% por lo que tomaremos este valor para nuestro cálculo.

De este modo nuestra altura de bomba real para nuestra línea de inyección de espuma a tanques sería:

$$H_b = \frac{41.22m}{0.6} = 68.7m$$

Como hemos verificado este valor es ligeramente inferior al requerido por la línea de suministro de agua al hidrante.

Habiendo hecho esta verificación podemos seguir considerando para nuestro calculo un requerimiento de 73m de columna de agua como altura dinámica total que debe darnos la bomba.

Otro valor adicional que debemos sumar a esta altura son las pérdidas desde la salida de la bomba has el manifold de repartición, que es el punto donde realmente hemos calculado la necesidad de 73mca.

Las pérdidas en este tramo corto de tubería son de:

$$H_{p1} = 0.077m + 0.36m = 0.437m$$

Esto para el caso más crítico, es decir escenario dos.

Adicionando este valor podríamos definir realmente la altura dinámica que requerimos de la bomba:

$$H_b = 72.903m + 0.437m = 73.34m$$

A continuación, un resumen de los datos más críticos que se están considerando para el cálculo de la bomba requerida para el sistema:

**Tabla 18.- Datos críticos para cálculo de bomba CI.**

Caudal (GPM)	ADT (m)
555	74

Fuente: Propia

Para el cálculo de la potencia mecánica que requiere nuestra posible bomba usaremos la siguiente fórmula:

$$HP = \frac{Q * H}{75 * n}$$

De esta fórmula cada uno de sus componentes tiene el siguiente significado:

*HP = Potencia de la bomba*

*Q = Caudal requerido (LPM)*

*H = Altura requerida (m)*

*n = Eficiencia estimada del equipo*

Así reemplazando los datos conocidos tendríamos el siguiente valor:

$$HP = \frac{(555 * 0.063) * 74}{75 * (0.6)}$$

$$HP = 57.5 \text{ caballos de fuerza}$$

#### 4.1.9. Cálculo de tanque de agua contra incendio

##### 4.1.9.1. Cálculo de espesor de la pared del tanque

###### 4.1.9.1.1. Pre dimensionamiento de tanque

De los datos calculados inicialmente en la tabla 3.4 “Resumen volumen agua contra incendios” tenemos como requerimiento almacenar como mínimo 107,635.3 galones de agua, sin embargo, para el cálculo consideraremos una cantidad ligeramente superior, equivalente a 110,000 galones de agua. Una de las recomendaciones, al momento de pre dimensionar un tanque es considerar una altura igual o menor al diámetro del tanque, para nuestro diseño consideraremos una dimensión ligeramente superior para el diámetro del tanque, previendo la estabilidad del mismo, teniendo en cuenta esto, nuestro calculo seria el siguiente:

$$VOL_{Tk} = A * H$$

Donde:

$A = \text{Área de la base del tanque (m)}$

$H = \text{Altura del tanque (m)}$

La fórmula del área de un círculo es:

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

Para el caso de la altura consideraremos inicialmente la siguiente igualdad:

$$d = H + 0.5m$$

Despejando la igualdad de altura y diámetro:

$$A = \frac{\pi * (H + 0.5m)^2}{4}$$

Reemplazando en la ecuación de Volumen:

$$VOL_{Tk} = (d - 0.5m) * \frac{\pi * d^2}{4}$$

Nuestro volumen es de 110,000 galones equivalente a 415.8 metros cúbicos, entonces:

$$415.8 \text{ m}^3 = \frac{\pi * d^2 * (d - 0.5\text{m})}{4}$$

$$529.413 \text{ m}^3 = d^2 * (d - 0.5\text{m})$$

$$d = 8.26 \text{ m} \text{ y } H = 7.76 \text{ m}$$

Con esto podemos decir que inicialmente consideraremos tener un tanque de 8.3 metros de diámetro por 7.8 metros de diámetro.

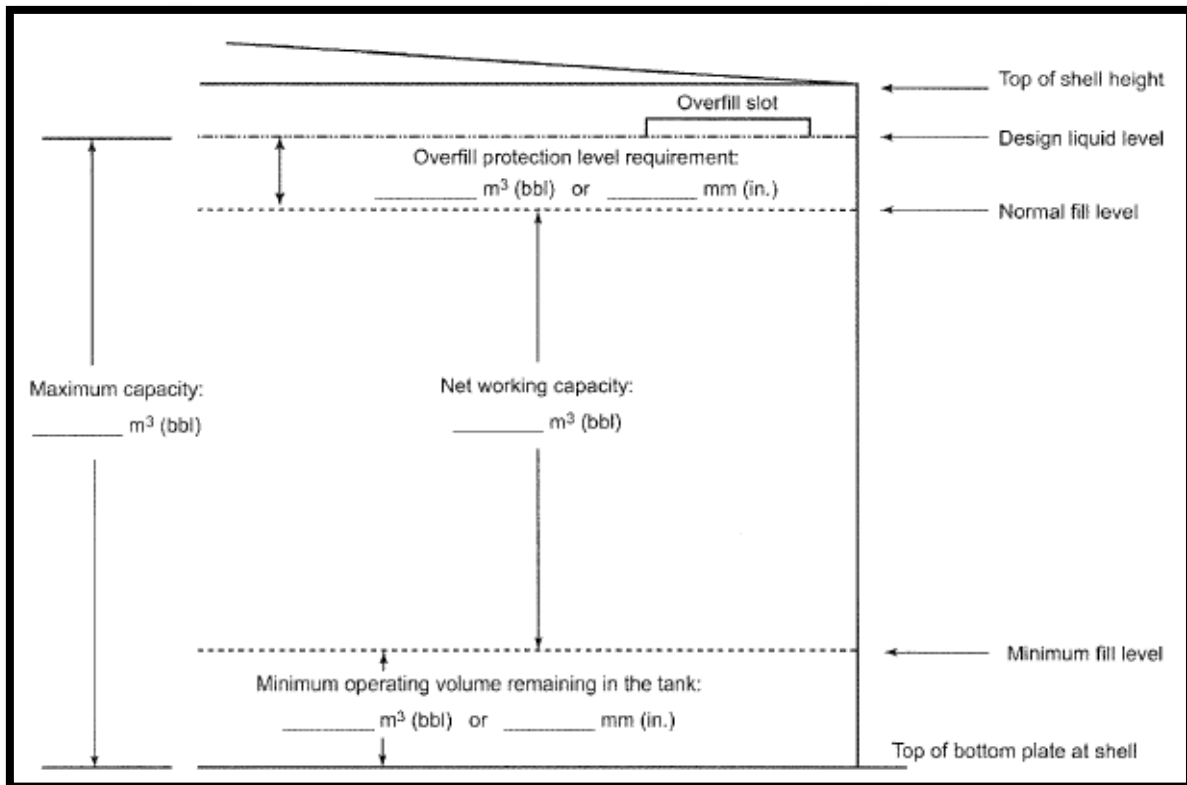


Imagen 4.- Volúmenes y niveles en tanques de almacenamiento <sup>(5)</sup>

Apoyándonos en la normativa API 650 12da edición, tenemos la siguiente anterior, que nos ayudará a corregir el volumen real del tanque a diseñar.

Identificamos que el tanque a diseñar tendrá un volumen sin uso (usualmente denominado “muerto”) por debajo de un nivel determinado, que en nuestro caso será la parte superior de la boquilla de succión de la bomba contra incendio (0.6m), esto considerando que debemos evitar que la bomba succione aire y pueda provocar efectos, como la cavitación, generando pérdidas de eficiencia en el sistema. Igualmente, en la parte

superior se tendría un volumen sin uso, el cual es un volumen seguro que nos protegerá contra posibles reboses al momento de llenar el tanque, esta dimensión será considerada como la misma medida del diámetro de la tubería de rebose (8" ó 203 mm).

Con estos dos criterios adicionales podríamos afirmar que en nuestras dimensiones calculadas el tanque tendría una altura final de 8.8m y un diámetro de 8.1 metros.

Como resumen de nuestros cálculos iniciales tenemos la siguiente tabla:

**Tabla 19.- Dimensiones de Tanque de Agua Contra Incendio.**

Diámetro	8.3 m
Altura Total	9.00 m
Altura Útil	7.8 m
Volumen Total Geométricamente	486.95 m <sup>3</sup> (128,823.99 galones)
Volumen Máximo	457.30 m <sup>3</sup> (120,980.05 galones)
Volumen Útil	422.03 m <sup>3</sup> (111,647.47 galones)

Fuente: Propia

#### 4.1.9.1.2. **Calculo número de anillos de tanque**

Para determinar el número de anillos se utiliza la siguiente formula:

$$\#Anillos = \frac{H_{tk}}{h_{pl}}$$

Donde:

$$H_{tk} = \text{Altura del tanque (m)}$$

$$h_{pl} = \text{Altura plancha metálica (m)}$$

En el mercado actual las planchas metálicas más comerciales son de 1.2 metros, 1.5 metros y 1.8 metros de ancho por 6 metros de largo. Para nuestro diseño consideraremos una plancha de 1.5m de ancho.

$$\#Anillos = \frac{9.0 \text{ m}}{1.5 \text{ m}}$$

$$\#Anillos = 6 \text{ unidades}$$

Finalmente, nuestro tanque tendrá 6 anillos de 1.5 metros.

#### 4.1.9.1.3. Cálculo de espesor de paredes de tanque

Para el cálculo del casco del tanque, nos referiremos al capítulo 5.6 "Diseño de Casco2 de la norma API 650.

Para el cálculo de espesor de plancha en nuestro tanque haremos uso del método 1-pie, el cual aplica para tanque con diámetros menores a 61 metros. El método indicado utiliza la ecuación 5-15 de norma API 650:

$$t_d = \frac{4.9 * D * (H - 0.3) * G}{S_d} + CA$$

Donde:

$$t_d = \text{Espesor de diseño del casco (mm)}$$

$$D = \text{Diámetro nominal de tanque (m)}$$

$$H = \text{Altura de diseño del fluido (m)}$$

$$G = \text{Gravedad específica de diseño}$$

$$S_d = \text{Tracción admisible bajo condiciones de diseño (MPa)}$$

$$CA = \text{Factor por corrosión admitido (mm)}$$

$$t_d = \frac{4.9 \times 8.3\text{m} \times (8.6\text{m} - 0.3) \times 1}{160\text{Mpa}} + 1.6\text{mm}$$

$$t_d = 3.71 \text{ mm}$$

Debemos notar que este cálculo solo representa el espesor mínimo requerido en el anillo inicial (más bajo), pudiendo variar conforme se hacen los cálculos para los anillos superiores.

Continuamos con el cálculo de los siguientes 5 anillos y tenemos lo siguiente:

Anillo 2:

$$t_d = \frac{4.9 \times 8.3\text{m} \times (7.1\text{m} - 0.3) \times 1}{160\text{Mpa}} + 1.6\text{mm}$$

$$t_d = 3.33 \text{ mm}$$

Anillo 3:

$$t_d = \frac{4.9 \times 8.3m \times (5.6m - 0.3) \times 1}{160Mpa} + 1.6mm$$

$$t_d = 2.95 \text{ mm}$$

Anillo 4:

$$t_d = \frac{4.9 \times 8.3m \times (4.1m - 0.3) \times 1}{160Mpa} + 1.6mm$$

$$t_d = 2.57 \text{ mm}$$

Anillo 5:

$$t_d = \frac{4.9 \times 8.3m \times (2.6m - 0.3) \times 1}{160Mpa} + 1.6mm$$

$$t_d = 2.18 \text{ mm}$$

Anillo 6:

$$t_d = \frac{4.9 \times 8.3m \times (1.1m - 0.3) \times 1}{160Mpa} + 1.6mm$$

$$t_d = 1.80 \text{ mm}$$

Una vez calculado el espesor de todos los anillos del tanque, debemos proceder a comparar con los espesores mínimos indicados por la norma en la tabla del punto 5.6.1.1:

Nominal Tank Diameter		Nominal Plate Thickness	
(m)	(ft)	(mm)	(in.)
< 15	< 50	5	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>
15 to < 36	50 to < 120	6	<sup>1</sup> / <sub>4</sub>
36 to 60	120 to 200	8	<sup>5</sup> / <sub>16</sub>
> 60	> 200	10	<sup>3</sup> / <sub>8</sub>

Notes:

1. Unless otherwise specified by the Purchaser, the nominal tank diameter shall be the centerline diameter of the bottom shell-course plates.
2. The thicknesses specified are based on erection requirements.
3. When specified by the Purchaser, plate with a nominal thickness of 6 mm may be substituted for <sup>1</sup>/<sub>4</sub>-in. plate.
4. For diameters less than 15 m (50 ft) but greater than 3.2 m (10.5 ft), the nominal thickness of the lowest shell course shall not be less than 6 mm (<sup>1</sup>/<sub>4</sub> in.).

**Imagen 5.- Espesores nominales de plancha según Diámetro de tanque API 650**

**Tabla 20.- Espesores Calculados vs Espesores Requeridos por API 650**

N° de Anillo	Espesor calculado (mm)	Espesor mínimo (mm)	Espesor para fabricación (mm)
1	3.71	6	6
2	3.33	5	5
3	2.95	5	5
4	2.57	5	5
5	2.18	5	5
6	1.80	5	5

*Fuente: Propia*

Para el primer anillo del tanque seleccionamos una plancha de 6mm debido al punto 4 de las notas que van adjuntas al cuadro de espesores mínimos indicado por la norma API 650. Comercialmente se tienen planchas de 6mm y 5mm, en caso se cuente con planchas en espesores en pulgadas deberemos usar de 5/16" y 1/4".

#### 4.1.9.2. **Cálculo De Espesor De Plancha De Fondo Del Tanque**

La normativa API 650 en el punto 5.4 "Planchas de Fondo" indica que las planchas a instalar en el fondo de los tanques no deben tener espesores menores 6mm excluyendo cualquier tolerancia adicional por corrosión. Esta consideración es debido a que la plancha de fondo no cumple mayor función estructural en el tanque, solamente es para darle estanqueidad.

Para nuestro diseño tendremos la siguiente consideración:

**Tabla 21.- Espesor de Plancha de Fondo de Tanque**

Espesor mínimo (mm)	Tolerancia por corrosión (mm)	Espesor final (mm)	Espesor comercial (mm)
6	1.6	7.6	8

*Fuente: Propia*

Sin embargo, existe el detalle de diseño de la plancha anular del fondo del tanque, la cual, si cumple una función estructural, ya que

debe resistir el peso del casco del tanque y la presión hidrostática que el fluido puede generar en la unión soldada del casco y fondo del tanque.

Para el diseño de esta plancha anular nos referimos al punto 5.5 “Planchas Anulares de Fondo”, en este punto el cálculo inicia verificando la anchura que debe tener esta plancha, como mínimo la norma exige 600mm, sin embargo, podría ser mayor, para esto se verifica con la siguiente formula:

$$W = \frac{215 * t_b}{(H * G)^{0.5}}$$

Donde:

$W$  = Ancho de plancha anular (mm)

$t_b$  = Espesor de plancha anular (mm)

$H$  = Nivel de diseño del liquido (m)

$G$  = Gravedad específica de diseño

Reemplazando lo valores tenemos lo siguiente:

$$W = \frac{215 * 8mm}{(8.7m * 1)^{0.5}}$$

$$W = 583 \text{ mm} < 600mm \text{ (especificado API 650)}$$

Como hemos verificado, para nuestro tanque no es necesario incrementar la dimensión de esta plancha, mantendremos un ancho de 600mm.

Ahora se procede a calcular el espesor de la plancha anular, para esto iniciamos revisando la siguiente tabla:

Table 5-1a—(SI) Annular Bottom-Plate Thicknesses ( $t_b$ )

Plate Thickness <sup>a</sup> of First Shell Course (mm)	Stress <sup>b</sup> in First Shell Course (MPa)			
	≤ 190	≤ 210	≤ 220	≤ 250
$t \leq 19$	6	6	7	9
$19 < t \leq 25$	6	7	10	11
$25 < t \leq 32$	6	9	12	14
$32 < t \leq 40$	8	11	14	17
$40 < t \leq 45$	9	13	16	19

<sup>a</sup>Plate thickness refers to the corroded shell plate thickness for product design and nominal thickness for hydrostatic test design.

<sup>b</sup>The stress to be used is the maximum stress in the first shell course (greater of product or hydrostatic test stress). The stress may be determined using the required thickness divided by the thickness from “a” then multiplied by the applicable allowable stress:

Product Stress =  $(t_d - CA / \text{corroded } t) (S_d)$

Hydrostatic Test Stress =  $(t_t / \text{nominal } t) (S_t)$

Note: The thicknesses specified in the table, as well as the width specified in 5.5.2, are based on the foundation providing uniform support under the full width of the annular plate. Unless the foundation is properly compacted, particularly at the inside of a concrete ringwall, settlement will produce additional stresses in the annular plate.

### Imagen 6.- Espesores de plancha anular de fondo API 650

Las notas de la tabla nos indican que debemos calcular el esfuerzo por prueba hidrostática y el esfuerzo generado por el producto que contenga el tanque usando las siguientes formulas:

Esfuerzo por producto:

$$S_p = \frac{t_d - CA}{t} * S_d$$

Donde:

$S_p$  = Esfuerzo por producto (MPa)

$t_d$  = Espesor de diseño de casco (mm)

$t$  = Espesor de casco sin incluir tolerancia de corrosión (mm)

$CA$  = Tolerancia de corrosión (mm)

$S_d$  = Esfuerzo admisible de diseño (MPa)

Reemplazando en la fórmula:

$$S_p = \frac{6\text{mm} - 1.6\text{mm}}{4.4\text{mm}} * 160\text{MPa}$$

$$S_p = 160\text{MPa}$$

Esfuerzo por prueba hidrostática:

$$S_h = \frac{t_t}{t} * S_t$$

Donde:

$S_h$  = Esfuerzo por prueba hidrostática (MPa)

$t_t$  = Espesor de plancha por prueba hidrostática (mm)

$t$  = Espesor de casco sin incluir tolerancia de corrosión (mm)

$S_t =$  Esfuerzo admisible bajo condicion de prueba hidrostatica (MPa)

Reemplazando en la fórmula:

$$S_h = \frac{1.97}{4.4mm} * 171MPa$$

$$S_h = 76.56MPa$$

En este caso, después de haber realizado ambos cálculos tomaremos el valor de Sp para ingresar a la tabla 5-1a de donde obtenemos que el valor mínimo para la plancha anular de nuestro tanque sería de 6mm.

Después de este cálculo podemos concluir que nuestro tanque no requeriría placa anular por sus dimensiones y esfuerzos, por lo que todo el fondo de nuestro tanque será de 8mm.

#### 4.1.9.3. Cálculo Del Anillos Rigidizadores

Como nuestro tanque tiene en su diseño considerado planchas de espesores bajos, debemos de verificar si requiere de anillos rigidizadores. Estos anillos por lo general van en la parte superior del casco y dependiendo de la altura del tanque podría también requerir anillos rigidizadores intermedios.

El mayor esfuerzo que recibirá el tanque durante su operación será la ejercida por la fuerza del viento.

La fórmula para el cálculo de la sección mínima que debe tener el rigidizador superior es la siguiente:

$$Z = \frac{D^2 * H_2}{17} * \left(\frac{V}{120}\right)^2$$

Donde:

$Z =$  Minimo modulo de seccion requerido ( $cm^3$ )

$D =$  Diámetro nominal de tanque (m)

$H_2 =$  Altura total de casco de tanque (m)

$V =$  Velocidad de diseño del viento ( $\frac{km}{h}$ )

Del atlas eólico del Perú, obtenemos la velocidad promedio que suele tener cada departamento, para el caso de Arequipa, cercano a la ciudad, las zonas más críticas tienen una velocidad de 5 m/s

de viento (18 km/h), sin embargo, la norma API 650 en el punto 5.2 “Consideraciones de Diseño” en el literal “k” indica que para este cálculo la velocidad del viento a considerar debe ser de 190 km/h en ráfagas de 3 segundos, esto para estar en concordancia también con la normativa ASCE 7.

Reemplazando los valores en la ecuación:

$$Z = \frac{(8.3m)^2 * 9.0m}{17} * \left(\frac{190}{190}\right)^2$$

$$Z = 36.47 \text{ cm}^3$$

Con este valor procedemos a buscar un ángulo de refuerzo en la tabla 5-20a de la normativa API 650. En esta tabla encontramos que podemos utilizar un ángulo de 75x75x6 (todas las dimensiones en mm) y que el detalle de instalación sería según la figura 5-24c de la norma.

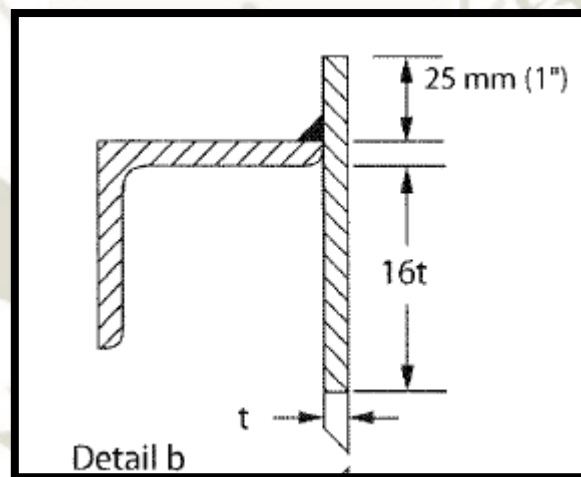


Imagen 7.- Detalle de rigidizador (API 650, imagen 5-24b)

Ahora realizaremos la verificación y cálculo de anillos rigidizadores intermedios, para esto usaremos la siguiente fórmula:

$$H_1 = 9.47 * t * \sqrt{\left(\frac{t}{D}\right)^3 * \left(\frac{190}{V}\right)^2}$$

Donde:

$H_1$  = Distancia vertical entre rigidizador intermedio y superior (m)

$t$  = Espesor nominal de plancha de casco (mm)

$D$  = Diámetro nominal de tanque (m)

$V =$  Velocidad del viento para diseño (ráfaga de 3 segundos) (km/h)

Reemplazando los valores en la fórmula:

$$H_1 = 9.47 * 5mm * \sqrt{\left(\frac{5mm}{8.3m}\right)^3 * \left(\frac{190}{190}\right)^2}$$

$$H_1 = 22.13m$$

Como esta altura es mayor a la altura del tanque, se interpreta que el tanque no requiere rigidizadores intermedios.

#### 4.1.9.4. **Cálculo Del Techo De Tanque**

Los tanques diseñados bajo normativa API 650 pueden ser abiertos o con techo. Dentro de los techos que pueden tener los tanques tenemos:

Techo cónico soportado: Son los techos que cuentan con una estructura sobre la cual apoyan, por lo general se usan en tanques de grandes diámetros y tienen la característica de ser bastante planos.

Techo cónico autoportado: Son techos que no cuentan con estructuras de apoyo, estos techos por lo general tienen pendientes entre 9° y 37°. Debido al ángulo que requieren formar para autoportarse es que no se utilizan en tanques de diámetros muy grandes.

Techo tipo domo autoportado: Son techo que no cuentan con estructuras de apoyo, que tienen forma esférica, son usados por lo general en tanques de grandes diámetros o tanques con presiones relativamente bajas.

Techo tipo sombrilla autoportado: Son techo que no cuentan con estructuras de apoyo, que tienen forma esférica seccionada, son usados por lo general en tanques de grandes diámetros o tanques con presiones relativamente bajas.

Para el cálculo del espesor nominal de plancha para el techo del tanque se tiene la siguiente formula:

$$e_t = \frac{D}{4.8 * \sin\emptyset} * \sqrt{\frac{T}{2.2}} + CA$$

O la siguiente formula

$$e_t = \frac{D}{5.5 * \sin\emptyset} * \sqrt{\frac{U}{2.2}}$$

Donde

$D$  = Diámetro nominal de tanque (m)

$T$  = Combinación mayor de cargas por nieve balanceada (kPa)

$U$  = Combinación mayor de cargas por nieve no balanceada (kPa)

$\emptyset$  = Angulo del techo conico (grados)

$CA$  = Tolerancia por corrosión (mm)

Para nuestro caso en particular, por estar ubicados en Arequipa, no contamos con temporadas en las cuales cae nieve, por lo que las cargas de nieve son nulas, de esta manera las ecuaciones se reducen a:

$$e_t = \frac{D}{4.8 * \sin\emptyset} + CA$$

Y

$$e_t = \frac{D}{5.5 * \sin\emptyset}$$

Se va a considerar que la elevación del techo de nuestro tanque es de 1 metro, siendo 8.3 metros el diámetro del tanque, tenemos un ángulo de:

$$\emptyset = 13.55^\circ$$

Reemplazando los datos en las ecuaciones tenemos los siguientes valores:

$$e_t = \frac{8.3 \text{ m}}{4.8 * \sin(13.55^\circ)} + 1.6 \text{ mm}$$

$$e_t = 7.37 \text{ mm} + 1.6 \text{ mm} = 9 \text{ mm}$$

Realizando el reemplazo con la segunda ecuación:

$$e_t = \frac{8.3 \text{ m}}{5.5 * \sin(13.55^\circ)}$$

$$e_t = \frac{8.3 \text{ m}}{5.5 * \sin(13.55)}$$

$$e_t = 6.44 \text{ mm}$$

Finalmente definimos que el espesor mínimo requerido es de 7.37 mm, aumentando la tolerancia por corrosión y verificando con espesores comerciales, utilizaríamos una plancha de 9mm para el techo del tanque.

#### 4.1.9.5. **Calculo De Volteo Del Tanque**

Según la norma API 650 la estabilidad del tanque debe ser calculada utilizando la presión generada por el viento.

Adicionalmente para los tanques sin anclajes a la cimentación deben cumplir con los siguientes criterios:

$$0.6 * M_w + M_{Pi} < \frac{M_{DL}}{1.5} + M_{DLR}$$

Y también

$$M_w + F_p * (M_{Pi}) < \frac{M_{DL} + M_F}{2} + M_{DLR}$$

Donde:

$F_p$  = Factor de presión (segun anexo R API 650)

$M_{Pi}$  = Momento por presión interna en la zona de unión casco a fondo

$M_w$  = Momento de volteo por presión horizontal y vertical del viento

$M_{DL}$  = Momento por peso de casco y techo en la zona de unión casco a fondo

$M_F$  = Momento por peso de liquido en la zona de unión casco a fondo

$M_{DLR}$  = Momento por peso de techo y estructuras en zona de unión casco y fondo

Iniciando el cálculo de la condición de volteo, debemos primero resolver todos los factores de las ecuaciones a cumplir.

a. Calculando el momento de volteo por viento:

Sabemos que los momentos se generan por una fuerza ejercida a cierta distancia de un punto de giro o volteo. Para nuestro tanque representa la fuerza que el viento ejerce sobre

la proyección lateral del tanque y multiplicada por la mitad de la altura del tanque:

$$M_W = F_V * \frac{H_{TK}}{2}$$

Donde

$$F_V = \text{Fuerza del viento (kg.m)}$$

$$H_{TK} = \text{Altura de tanque (m)}$$

La fuerza del viento está representada por la presión que este ejerce sobre el área correspondiente a la proyección del tanque:

$$P_w = P_V + P_H$$

Donde:

$$P_V = \text{Presión del viento en sentido vertical (kPa)}$$

$$P_H = \text{Presión del viento en horizontal vertical (kPa)}$$

En la normativa API 650, punto 5.2.1 literal “k” se especifica cómo realizar el cálculo de cada uno de estas presiones:

$$P_V = 0.86 * \left(\frac{V}{190}\right)^2$$

$$P_H = 1.44 * \left(\frac{V}{190}\right)^2$$

Reemplazando los valores en la ecuación (máxima velocidad del viento 100km/h), tenemos las presiones de:

$$P_V = 0.23 \text{ kPa} = 23.8 \text{ kg/m}^2$$

$$P_H = 0.39 \text{ kPa} = 39.9 \text{ kg/m}^2$$

El área lateral proyectada por nuestro tanque en diseño sería de:

$$A_{TK} = B_{TK} * H_{TK}$$

$$A_{TK} = 8.3\text{m} * 9\text{m} = 74.7 \text{ m}^2$$

Teniendo el área del tanque y la presión ejercida por el viento tenemos la siguiente fuerza:

$$F_V = P_V * A_{TK} = 4,758.4 \text{ kg}$$

Finalmente, el momento generado por el viento sería:

$$M_W = 4,758.4\text{kg} * \frac{9\text{m}}{2}$$

$$M_W = 21,412.76 \text{ kg.m}$$

- b. Calculando Momento por presión interna:

Continuando con los cálculos, debemos obtener  $M_{Pi}$  sin embargo como nuestro tanque es atmosférico y no contiene presiones interiores, este momento para nosotros será equivalente a cero.

- c. Calculando Momento por cargas muertas (Techo, Casco):

El siguiente momento a calcular es el generado por las cargas muertas del tanque (casco, techo):

$$M_{DL} = (W_s + W_r) * \frac{D}{2}$$

Donde:

$$W_s = \text{Peso del casco (kg)}$$

$$W_r = \text{Peso del techo (kg)}$$

$$D = \text{Diámetro del tanque (m)}$$

Calculando los pesos respectivos:

$$W_s = \pi * D * H * t_d$$

$$W_s = \left( \pi * 8.3M * 1.5m * \frac{6}{1000}m + \pi * 8.3M * 7.5m * \frac{5}{1000}m \right) * 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$W_s = 9,518.11 \text{ kg}$$

$$W_r = \frac{\pi * D^2}{4} * e_t * 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$W_r = 3,822.6 \text{ kg}$$

Reemplazando en la fórmula del momento de carga muerta:

$$M_{DL} = (9,518.11 \text{ kg} + 3,822.6 \text{ kg}) * \frac{8.3}{2}$$

$$M_{DL} = 55,363.95 \text{ kg.m}$$

- d. Calculando momento por el líquido:

Para este caso la norma API 650 nos indica que el peso del líquido considera una gravedad específica de 0.7 y una altura máxima de llenado equivalente a la mitad del nivel de diseño

del líquido. Para la estimación del peso del líquido nos da la condición que debe ser menor a:

$$W_L = 140.8 * H * D$$

$$W_L = 140.8 * 9 * 8.3$$

$$W_{L1} = 10,517.76 \text{ N/m}$$

O al valor que arroje la siguiente formula:

$$W_L = 59 * t_b * \sqrt{F_{by} * H}$$

$$W_L = 59 * 4.4\text{mm} * \sqrt{250\text{Mpa} * 7.8\text{m}}$$

$$W_{L2} = 11,463.63 \text{ N/m}$$

Teniendo estas dos limitantes pasamos a calcular el peso real del tanque lleno a la mitad con una gravedad especifica de 0.7:

$$W_{Lr} = \frac{\pi * D^2}{4} * H * 700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$W_{Lr} = 147,709.6 \text{ kg}$$

Comparando tendríamos:

$$W_{L1} = 27,954.4 \text{ kg}$$

$$W_{L2} = 30,470.6 \text{ kg}$$

Los cuales serían menores al peso calculado directamente como indicaba la norma. Para el cálculo del momento causado por el líquido tomamos el menor valor:

$$M_F = W_L * \frac{H}{2}$$

$$M_F = 109,022.16 \text{ kg.m}$$

e. Calculando momento por estructuras en el techo:

Este cálculo nos sirve en caso tengamos estructuras significativas adosadas al techo del tanque, como pasarelas que comunican techos de varios tanques. Nuestro tanque solo tendrá barandas de seguridad en el techo, las cuales según ratios de construcción oscilan en peso alrededor de 20kg/m, teniendo como peso final 522kg. El peso de las barandas genera un momento de:

$$M_{DLR} = (522) * \frac{8.3}{2}$$

$$M_{DLR} = 2,166.3 \text{ kg.m}$$

f. Comparando ecuaciones:

Finalmente, para definir si podemos tener el tanque sin anclajes debemos verificar que se cumplan las condiciones expresadas por las ecuaciones al inicio de este cálculo:

$$0.6 * M_w + M_{Pi} < \frac{M_{DL}}{1.5} + M_{DLR}$$

Y también

$$M_w + F_p * (M_{Pi}) < \frac{M_{DL} + M_F}{2} + M_{DLR}$$

Reemplazando los valores en cada una de las ecuaciones tendríamos lo siguiente:

$$0.6 * 21,417.76 \text{ kg.m} + 0 < \frac{55,363.95 \text{ kg.m}}{1.5} + 2,166.3 \text{ kg.m}$$

$$12,847.66 \text{ kg.m} + 0 < 39,075.6 \text{ kg.m}$$

Y también

$$21,417.76 \text{ kg.m} + F_p * (M_{Pi}) < \frac{55,363.95 + 109,022.16}{2} + 2,166.3 \text{ kg.m}$$

$$21,417.76 \text{ kg.m} + 0 < 84,359.36 \text{ kg.m}$$

Como podemos observar ambas ecuaciones se cumplen, por lo que concluimos que nuestro tanque no requiere de anclajes para las condiciones descritas.

#### 4.1.9.6. **Calculo Sísmico Del Tanque**

Como el Perú y sobre todo el departamento de Arequipa son zonas sísmicas, es más que necesario realizar la comprobación sísmica del tanque. Para esto procederemos según el Apéndice E de la Norma API 650.

El objetivo de realizar el cálculo sísmico del tanque es verificar si este requiere de un sistema adicional de anclaje, por esto es que la comparativa final que nos indique si el tanque es estable o inestable y requiere anclajes se reduce a la siguiente tabla del Apéndice E de la norma API 650.

Anchorage Ratio $J$	Criteria
$J \leq 0.785$	No calculated uplift under the design seismic overturning moment. The tank is self-anchored.
$0.785 < J \leq 1.54$	Tank is uplifting, but the tank is stable for the design load providing the shell compression requirements are satisfied. Tank is self-anchored.
$J > 1.54$	Tank is not stable and cannot be self-anchored for the design load. Modify the annular ring if $L < 0.035D$ is not controlling or add mechanical anchorage.

**Imagen 8.- Tabla 6 de Apéndice E – Diseño Sísmico API 650.**

De la tabla podemos decir que la ratio de anclaje a calcular deberá ser menor a 1.54.

Calculo de ratio de anclaje:

$$J = \frac{M_{rw}}{D^2 * [w_t * (1 - 0.4 * A_v) + w_a - 0.4 * w_{int}]}$$

Donde:

$$J = \text{Ratio de anclaje}$$

$M_{rw}$  = Momento en la base del perimetro del casco del tanque (Nm)

$D$  = Diámetro nominal de tanque (m)

$w_t$  = Peso del techo del tanque (N/m)

$A_v$  = Coeficiente de aceleracion vertical por sismo (%g)

$w_a$  = Fuerza que resiste levantamiento de tanque (N/m)

$w_{int}$  = Fuerza de levantamiento por presión interna de tanque (N/m)

Para poder resolver esta ecuación requerimos calcular todos sus componentes. Antes de empezar a desarrollar formulas debemos identificar las características del terreno donde se instalará el tanque.

Definición de Grupo de uso Sísmico (SUG):

Para iniciar el cálculo debemos definir el grupo sísmico de la zona donde se instalará el tanque, los grupos están definidos en el punto E.3.1 de la norma API 650. Según las definiciones, nuestro tanque estaría en el grupo sísmico 1, es decir no es un tanque que contenga materiales peligrosos para el público o personas circundantes y tampoco es indispensable para los trabajos de recuperación post sismo.

$$SUG = 1$$

Definición aceleraciones según zona de terreno:

Continuamos definiendo las aceleraciones laterales a las que se vería sometido el tanque en caso de un sismo. Para calcular estas aceleraciones podríamos utilizar el mapeo realizado y presentado en la norma ASCE 7, sin embargo, esto solo aplica para los Estados Unidos, para toda instalación fuera del alcance de esta norma se puede utilizar un método un poco más antiguo, el cual se basa en el método de los factores de zona, denominados factores “Z”.



Imagen 9.- Zonas Sísmicas. Norma RNE E.030

Nuestro proyecto está en la zona 3 según la imagen adjunta y las tablas del RNE E0.30, tomaremos el factor crítico  $Z=0.35$ .

Ahora podemos calcular el parámetro de aceleración por un periodo de 1 segundo:

$$S_1 = 1.25 * S_p$$

Y también calcular el parámetro de aceleración para periodos muy cortos:

$$S_s = 2.5 * S_p$$

Para todo proyecto en que se instalen estructuras pesadas que pueden ser afectadas por sismos es requerido realizar un estudio de suelos, el cual nos dé información certera sobre el tipo de suelo sobre el que se harán las instalaciones y que permita dimensionar las mejoras de terreno requeridas según la facilidad a instalar. En nuestro caso vamos a considerar que el terreno tipo S2, que según la definición del RNE este es un suelo intermedio, medianamente rígido, esto debido a que nuestra instalación teóricamente estaría instalada en la ciudad de Arequipa.

Habiendo definido esto, y según la descripción del Anexo E de API 650, nuestra Zona sería de la clase D.

Table E-3—Site Classification

Site Class	$\bar{v}_s$	$\bar{N}$ or $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$
E	(< 180 m/s) (< 600 fps)	< 15	< 50 kPa (< 1,000 psf)
D	180 m/s – 360 m/s (600 to 1,200 fps)	15 to 50	50 kPa – 100 kPa (1,000 psf – 2,000 psf)
C	360 m/s – 760 m/s (1,200 fps – 2,500 fps)	> 50	100 kPa (> 2,000 psf)
B	760 m/s – 1500 m/s (2,500 fps – 5,000 fps)		
A	> 1500 m/s (5,000 fps)		

Note: <sup>a</sup> If the  $\bar{s}_u$  method is used and the  $\bar{N}_{ch}$  and  $\bar{s}_u$  criteria differ, select the category with the softer soils (for example, use Site Class E instead of D).

**Imagen 10.- Clasificación de Sitio API 650 Anexo E**

Parámetros de sitio (RNE E.030):

Continuamos con la definición de los parámetros del terreno de la zona del proyecto, para esto usamos la siguiente tabla:

ZONA \ SUELO	FACTOR DE SUELO "S"			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0,80	1,00	1,05	1,10
Z <sub>3</sub>	0,80	1,00	1,15	1,20
Z <sub>2</sub>	0,80	1,00	1,20	1,40
Z <sub>1</sub>	0,80	1,00	1,60	2,00

**Imagen 11.- Factores de Suelo RNE E.030**

Tabla N° 4 PERÍODOS “T <sub>p</sub> ” Y “T <sub>L</sub> ”				
	Perfil de suelo			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
T <sub>p</sub> (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T <sub>L</sub> (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Imagen 12.- Periodos de sismo RNE E.030

Con estas tablas y los datos que ya tenemos encontramos los factores:

$$S = 1.15$$

$$T_p = 0.6$$

$$T_L = 2.0$$

Factores de amplificación sísmica (C):

Con los factores identificado en el punto anterior calculamos la amplificación sísmica de acuerdo a las siguientes condiciones:

$$T < T_p ; C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L ; C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L ; C = 2.5 * \left(\frac{T_p * T_L}{T^2}\right)$$

Siendo “T” el periodo de acuerdo a la siguiente formula:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

$$T = \frac{9m}{35} = 0.257 \text{ seg}$$

Reemplazando el periodo “T” en las ecuaciones anteriores tenemos que C=2.5.

Haciendo la similitud con lo requerido por API 650 tendríamos dos escenarios:

$$T = 0.2 \text{ segundos} ; C = 2.5$$

$$T = 1.0 \text{ segundos} ; C = 1.5$$

Categoría de edificación y Factor de uso:

Para este factor debemos apoyarnos de la tabla que nos brinda la RNE E.030.

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.  También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Imagen 13.- Categoría de edificaciones y Factor U (RNE E.030)

En nuestro caso estaríamos dentro de la categoría "B", como edificaciones importantes. El Factor "U" para este tipo de edificaciones es de 1,3.

Aceleración Espectral:

Finalmente, para calcular la aceleración, según norma RNE E.030, usamos la siguiente formula:

$$S_a = \frac{Z * U * C * S}{R} * g$$

Para un tiempo equivalente a 0.2 segundos como se indica para el factor S<sub>s</sub> (API 650) tendríamos el siguiente valor:

$$S_a = \frac{0.35 * 1.3 * 2.5 * 1.15}{6} * 9.81$$

$$S_a = 2.14$$

$$S_s = \frac{S_a}{9.81} = 0.22$$

Mientras que para un tiempo equivalente a 1 segundo como se indica para el factor  $S_1$  (API 650) tendríamos este segundo valor:

$$S_a = \frac{0.35 * 1.3 * 1.5 * 1.15}{6} * 9.81$$

$$S_a = 1.28$$

$$S_1 = \frac{S_a}{9.81} = 0.13$$

Ahora que se tiene identificado los valores de aceleración podemos utilizar las siguientes tablas de la norma API 650:

**Mapped Maximum Considered Earthquake Spectral Response Accelerations at Short Periods**

Site Class	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.0$	$S_s \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	a	a	a	a	a

<sup>a</sup>Site-specific geotechnical investigation and dynamic site response analysis is required.

**Imagen 14.- Aceleraciones espectrales máximas en periodos cortos (API 650 Anexo E).**

**Mapped Maximum Considered Earthquake Spectral Response Accelerations at 1 Sec Periods**

Site Class	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	a	a	a	a	a

<sup>a</sup>Site-specific geotechnical investigation and dynamic site response analysis is required.

**Imagen 15.- Aceleraciones espectrales máximas en periodos de 1 segundo (API 650 Anexo E).**

De las cuales identificamos los siguientes factores:

$$F_a = 1.6$$

$$F_v = 2.3$$

Definición de relación geométrica del tanque:

Esta relación es la existente entre el diámetro y altura del tanque, consideración que tomamos en cuenta en nuestro pre dimensionamiento

$$\frac{D}{H} = 0.92$$

Factor de importancia:

Según la tabla que nos facilita la norma API 650 podemos determinar este factor. Este factor varía según el SUG definido al inicio del cálculo.

$$I = 1.0$$

Factor de reducción:

Según la tabla que nos facilita la norma API 650 podemos determinar los factores de reducción de aceleración impulsiva y convectiva.

$$R_{Wi}(\text{Impulsivo}) = 3.5$$

$$R_{Wc}(\text{Convectivo}) = 2.0$$

Coefficientes de aceleración espectral:

Los coeficientes de aceleración están relacionados al movimiento ocasionado por un sismo. Estos coeficientes nos permitirán calcular las fuerzas y momentos generados durante un evento de este tipo. Para calcular la aceleración impulsiva tenemos la siguiente formula:

$$A_i = S_{DS} * \left(\frac{I}{R_{Wi}}\right) \geq 0.007$$

En este caso debemos primero calcular:

$$S_{DS} = Q * F_a * S_S = 0.235$$

En la anterior formula donde se calcula  $S_{DS}$  consideramos que el valor de "Q" (factor de escala de diseño) es igual a 1 debido a que así lo indica en el punto E.4.6.1 de la norma API 650 para zonas donde la norma ASCE 7 no aplica.

$$A_i = 0.235 * \left(\frac{1}{3.5}\right) = 0.067$$

$$A_i = 0.067 \geq 0.007 \text{ (Si se cumple esta condición)}$$

Procedemos entonces a calcular la aceleración convectiva causada por un sismo:

$$T_C \leq T_L ; A_C = K * S_{D1} * \left(\frac{1}{T_C}\right) * \left(\frac{I}{R_{WC}}\right) \leq A_i$$

$$T_C > T_L ; A_C = K * S_{D1} * \left(\frac{T_L}{T_C^2}\right) * \left(\frac{I}{R_{WC}}\right) \leq A_i$$

Para este cálculo primero debemos definir el valor del periodo de la onda de aceleración con la siguiente formula:

$$T_C = 1.8 * K_S * \sqrt{D}$$

$$K_S = \left( \frac{0.578}{\sqrt{\tanh\left(\frac{3.68 * H}{D}\right)}} \right) = 0.58$$

$$T_C = 1.8 * 0.58 * \sqrt{8.3}$$

$$T_C = 3.01 \text{ seg}$$

Para determinar el factor de “T<sub>L</sub>” debemos referirnos nuevamente al punto E.4.6.1 de la norma API 650, en el cual se especifica que debe usarse un valor de 4 segundos para diseños en zonas con SUG igual a 1 o 2, en nuestro caso tenemos SUG equivalente a 1, por lo que podemos usar este valor.

$$T_L = 4.0 \text{ seg}$$

Entonces usaremos la primera ecuación para la aceleración convectiva:

$$T_C \leq T_L ; A_C = K * S_{D1} * \left(\frac{1}{T_C}\right) * \left(\frac{I}{R_{WC}}\right) \leq A_i$$

Como no tenemos especificado el coeficiente “K” debemos considerarlo con un valor de 1.5 de acuerdo a lo indicado en la norma API 650.

$$K = 1.5$$

Además, el factor S<sub>DS</sub> está definido por la fórmula:

$$S_{D1} = Q * F_V * S_1$$

$$S_{D1} = 0.667 * 2.3 * 0.13 = 0.199$$

Reemplazando estos valores en la ecuación de aceleración tenemos:

$$A_C = 1.5 * (0.2) * \left(\frac{1}{3.01}\right) * \left(\frac{1.0}{2.0}\right) \leq 0.067$$

$$A_C = 0.05 \leq 0.067 \text{ (Si se cumple esta condición)}$$

#### Cargas de diseño:

Primero es necesario calcular el peso efectivo del tanque para continuar con el diseño, para esto la norma nos da las siguientes formulas:

Para el peso efectivo impulsivo:

$$W_I = \left(1 - 0.218 * \frac{D}{H}\right) * W_P$$

Utilizamos esta ecuación debido a que es la que aplica a la relación D/H menor a 1.333 y este factor ya lo habíamos calculado anteriormente para nuestro tanque.

Para el peso efectivo convectivo:

$$W_C = 0.230 * \frac{D}{H} * \tanh\left(\frac{3.67 * H}{D}\right) * W_P$$

Calculamos el peso del volumen contenido en el tanque:

$$W_P = 422 \text{ TON} = 4'140,088.99 \text{ N}$$

Este valor lo reemplazamos en las ecuaciones anteriores:

$$W_I = 3'307,747.1 \text{ N} = 337.2 \text{ TON}$$

$$W_C = 877,757.2 = 89.5 \text{ TON}$$

También es importante calcular el punto de acción de las fuerzas de diseño sísmico, por eso hacemos los siguientes cálculos, según la norma.

Para la aceleración impulsiva tenemos la ecuación siguiente:

$$X_i = \left(0.5 - 0.094 * \frac{D}{H}\right) * H$$

$$X_i = 3.72 \text{ m}$$

Para la aceleración convectiva tenemos esta otra ecuación:

$$X_C = \left[1.0 - \frac{\cosh\left(\frac{3.67 * H}{D}\right) - 1}{\frac{3.67 * H}{D} * \sinh\left(\frac{3.67 * H}{D}\right)}\right] * H$$

$$X_C = \left[1.0 - \frac{\cosh(3.98) - 1}{3.98 * \sinh(3.98)}\right] * 9$$

$$X_C = \left[1.0 - \frac{27 - 1}{3.98 * 27}\right] * 9$$

$$X_C = 6.84 \text{ m}$$

Continuando con el cálculo de las cargas y centros de gravedad de cada uno, realizamos el cálculo de la estructura del tanque.

El peso del casco del tanque está definido de la siguiente manera:

$$W_S = \pi * D * H * t * 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$W_S = 9,518.11 \text{ kg} = 93,372.66 \text{ N}$$

El peso del techo del tanque está definido de la siguiente manera:

$$W_r = \frac{\pi * D^2}{4} * e_t * 7850 \frac{kg}{m^3}$$

$$W_r = 3,822.6 kg = 37,499.71 N$$

Para efectos de la ecuación donde se reemplazarán estos valores de pesos, debemos de expresarlos en relación a metros lineales de plancha.

De esta manera tenemos el siguiente valor para el peso del casco:

$$w_s = \frac{93,372.66 N}{\pi * D} = 3,580.9 N/m$$

Y el siguiente valor para el peso del techo actuando a lo largo del perímetro del casco:

$$w_{rs} = \frac{37,499.71}{\pi * D} = 1,438.14 N/m$$

Es necesario también calcular la distancia respecto del fondo del tanque en la que actuará cada una de estas fuerzas.

Para el casco del tanque, el centro de gravedad

$$CG_{cil} = \frac{H}{2} = 4.5 m$$

Para el techo del tanque, el centro de gravedad:

$$CG_{cil} = \frac{1}{4} = 0.25 m$$

Recordemos que al centro de gravedad se le ha tomado en referencia desde la parte superior del casco, por lo que para el cálculo habría que sumarle la altura del casco (9m).

Calculo Momento de volteo:

Una vez que hemos calculado los pesos, fuerzas y centros de gravedad donde se aplican, procedemos a reemplazarlos en la ecuación de momento de volteo.

$$M_{rw} = \sqrt{[A_i * (W_i * X_i + W_s * X_s + W_r * X_r)]^2 + [A_c * (W_c * X_c)]^2}$$

$M_{rw}$

$$= \sqrt{[0.067 * (3307747 * 3.72 + 93371 * 4.5 + 37499 * 9.25)]^2 + [0.05 * (877757 * 6.84)]^2}$$

$$M_{rw} = \sqrt{[0.067 * (13'071,854.1)]^2 + [0.05 * (6'003,857.88)]^2}$$

$$M_{rw} = \sqrt{[875,814.23]^2 + [300,192]^2}$$

$$M_{rw} = 925,832.49 N.m$$

Resistencia de plancha anular:

El fondo del tanque cuenta con una plancha anular en todo el perímetro del casco, esta plancha también resiste o impide en cierta manera que el tanque se voltee durante un sismo o aplicación de las fuerzas que trabajan sobre el tanque. Para esto tenemos la siguiente formula, de modo que podemos calcular la fuerza de resistencia al volteo que aporta esta plancha anular.

$$w_a = 99 * t_a * \sqrt{F_y * H * G_e} \leq 201.1 * H * D * G_e$$

$$w_a = 99 * 6.4 * \sqrt{250 * 9 * 1} \leq 201.1 * 9 * 8.3 * 1$$

$$w_a = 30,054.29 \leq 15,022.17$$

Después de la comparación y según la recomendación de la norma:

$$w_a = 15,022.17 \text{ N/m}$$

Con todos estos valores encontrados podemos reemplazar en la ecuación de ratio de anclaje de tanque:

$$J = \frac{M_{rw}}{D^2 * [w_t * (1 - 0.4 * A_v) + w_a - 0.4 * w_{int}]}$$

$$w_t = \left[ \frac{W_s}{\pi * D} + w_{rs} \right]$$

$$w_t = \left[ \frac{93,371.58 \text{ N}}{\pi * 8.3\text{m}} + 1,438.14 \text{ N/m} \right]$$

$$w_t = 4,947.04 \text{ N/m}$$

$$925,832.49 \text{ N.m}$$

$$J = \frac{925,832.49 \text{ N.m}}{8.3\text{m}^2 * [4,907.04 * (1) + 15,022.17]}$$

$$J = 0.674$$

Con este resultado confirmamos que nuestro tanque en proceso de diseño no requiere de anclajes adicionales para contrarrestar los momentos de volteo y que es estable con la geometría y accesorios ya incluidos.

## 5. CAPITULO V

### Costos

#### 5.1. Costos de tuberías.

Para la determinación del metrado del presupuesto, se utilizó principalmente del Anexo 2 al Anexo 6. Planos generales del proyecto en el que se aprecia la distribución de los equipos y las tuberías involucradas.

Se calculó la cantidad de tubería, accesorios y sus características según esta documentación en su formato nativo.

Se identificaron los equipos principales, sus características y cantidad según las hojas de datos anexas.

Para la obtención de los costos asociadas a cada material, equipo y actividad de instalación se tomó en cuenta precios de cotizaciones a proveedores locales, pudiendo estos variar según la localidad de otros proyectos y/o proveedores.

A continuación, el presupuesto resumen de lo que costaría la implementación del proyecto desarrollado.

Tabla 22. Costo de tuberías.

ITEM	DESCRIPCION	MEDIDA	UND	CANT	P.U. S/ MATERIAL	P.U. S/ INSTAL	P.U. S/ PARCIAL MATERIAL	P.U. S/ PARCIAL INSTAL.	TOTAL
1.00	OBRAS GENERALES								10,000.00
1.01	OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES						0.00	10,000.00	10,000.00
2.00	OBRAS TUBERÍAS								90,920.00
2.01	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS, VÁLVULAS, ACCESORIOS						66,735.00	21,685.00	88,420.00
2.01.01	Linea 6"- HIDRANTE								
2.01.02	Linea succion bomba contra incendios								
2.01.03	Linea descarga bomba contra incendios								
2.01.04	Linea espuma 2 1/2"- TANQUE DIESEL 1								
2.01.05	Linea espuma 2 1/2"- TANQUE DIESEL 2								
2.01.06	Linea espuma 2 1/2"- TANQUE DIESEL								
2.02	PRUEBAS						0.00	2,500.00	2,500.00
3.00	OBRAS MECÁNICAS Y DE INSTRUMENTACION								317,000.00
3.01	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE EQUIPOS						278,750.00	38,250.00	317,000.00
4.00	QA/QC, PREOPERACIONES Y COMISIONAMIENTO								23,500.00
SUMATORIA PARCIAL MATERIAL Y PARCIAL INSTALACIÓN							345,485	95,935	
						COSTO DIRECTO			441,420.00
						GASTOS GENERALES		20%	69,097.00
						UTILIDAD		12%	41,458.20
						ADMINISTRACIÓN Y SUPERVISIÓN		2%	6,909.70
						TOTAL SIN IGV S/.			641,224.50
						TOTAL SIN IGV US\$			194,310.45

Fuente: Propia, datos tomados cotizaciones varias.

## 6. CAPITULO VI

### Conclusiones

- La teoría de cálculo de pérdidas de Hazem-Williams si se puede aplicar para el cálculo de pérdidas en sistemas tuberías contra incendio que funcionan con agua o mezcla agua espuma hasta el 35.
- Se puede adecuar toda instalación de almacenamiento de combustible a los lineamientos de las normas peruanas de seguridad en el almacenamiento de hidrocarburos y sus derivados.
- Si es factible realizar el diseño de un tanque de almacenamiento de agua y fabricarlo de acuerdo a la normativa API 650.
- Las normas peruanas son claras en sus exigencias, mostrando tablas y criterios que permiten su correcta interpretación y utilización en los cálculos correspondientes.
- El sistema diseñado cumple con todas las exigencias de la normativa peruana actual y tiene la capacidad para ser accionado y combatir un incendio en el escenario más crítico identificado.
- Para el diseño no se considera la simultaneidad de escenarios y/o incendios en los tanques o instalaciones conexas.
- La solución desarrollada es la óptima en diseño hidráulico y costos para mayor beneficio del usuario.
- Los sistemas contra incendio requieren estar siempre presurizados, de acuerdo a norma estos deben tener 100psi en cada punto de abastecimiento de agua, por esto todo equipo debe contar con un sistema de presurización confiable, de preferencia impulsado por un motor autónomo que no sea afectado por cortes o fallas en el suministro de energía.
- Los estudios de riesgos son documentos complementarios para el dimensionamiento de los sistemas contra incendio, ya que indican medidas adicionales al sistema principal de mitigación de fuego, además de identificar los focos de peligro y poder tener un diseño más enfocado a su protección.
- La normativa peruana hace mucha referencia a normas internacionales, como la NFPA en sus diferentes ejemplares, por lo que los diseños deben ser basados en ambos tipos de documentos.

- Todos los equipos contra incendio deben ser normados y aprobados por UL/FM.
- Los sistemas de protección contra incendios deben ser probados mensualmente de acuerdo a norma y para garantizar su correcto funcionamiento por seguridad para la instalación.
- Las características principales de los equipos más importantes en el sistema contra incendio diseñado han sido plasmadas en las hojas de datos de equipos anexadas a esta tesis y a la vez se han indicado las exigencias normativas aplicables.
- Los sistemas contra incendio pueden ser de activación manual o automática. Para esta tesis se consideró automática, con sensores de flama. Sin embargo, si es requerido que las instalaciones bajo todo escenario cuenten con alarmas contra incendio, manuales como mínimo.
- El costo de desarrollar una ingeniería conceptual, luego básica y finalmente de detalle ayuda a minimizar costos en el proceso de construcción de los proyectos, por lo que para proyectos nuevos esta evaluación y diseño de sistemas de protección deben considerarse desde el inicio.
- Es importante contar con un suministro confiable de agua limpia para los sistemas de protección contra incendio, es por eso que dependiendo la ubicación de la instalación debe garantizarse una fuente de agua, en nuestro caso se consideró un tanque de agua de 422 metros cúbicos útiles.
- Los principales objetivos de la normativa peruana es garantizar que las instalaciones que manejan hidrocarburos y/o sus derivados sean seguros para el personal que labora en ellas, personas civiles que puedan encontrarse en los alrededores de la instalación y también para el medio ambiente.
- Cada espuma contra incendio funciona correctamente solamente con los hidrocarburos que indica en su ficha técnica.

## 7. CAPITULO VII

### Recomendaciones

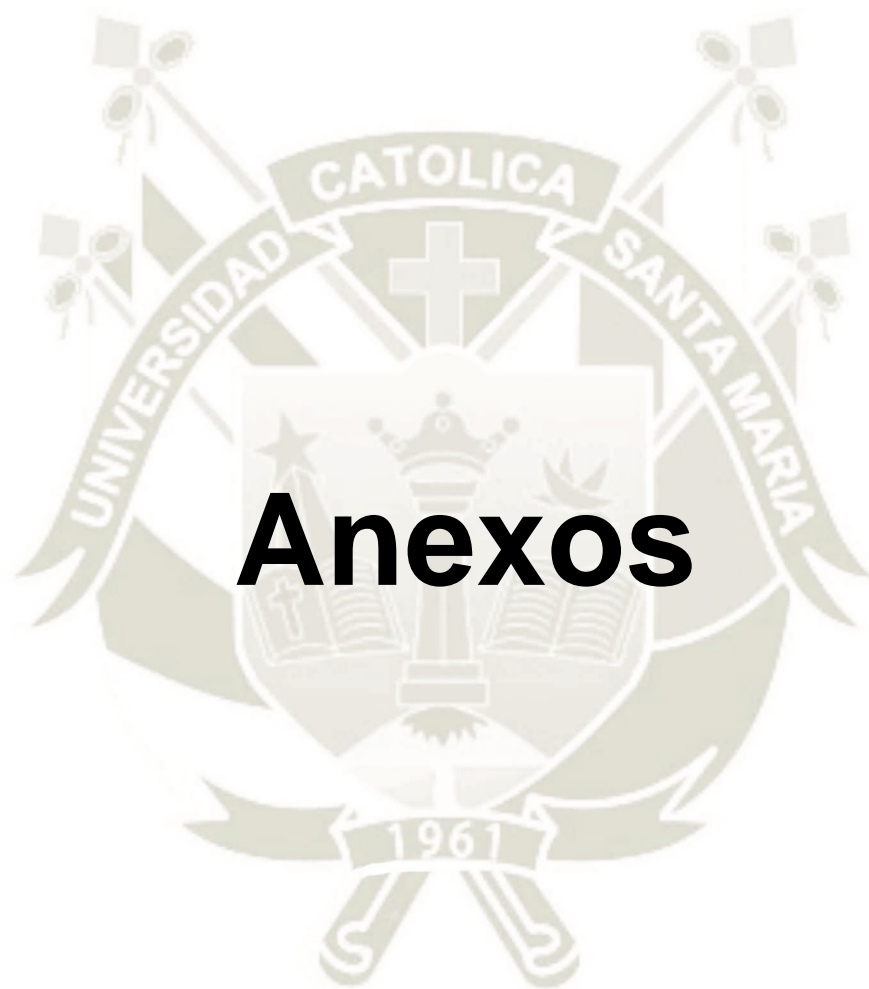
- Se recomienda determinar inicialmente la capacidad de almacenamiento de hidrocarburos o sus derivados, así como el tipo de almacenaje y operación, de esta forma se puede aplicar la normativa peruana y alinear estos diseños iniciales a las exigencias.
- Se recomienda tener en cuenta las distancias de seguridad indicadas en la normativa peruana antes de decidir donde realizar el proyecto.
- Se recomienda siempre contar con una fuente de suministro de energía que garantice el funcionamiento sin interrupciones de las instalaciones tanto de almacenamiento como de protección.
- Se recomienda que el personal operativo de la instalación sea periódicamente capacitado en cómo actuar en caso de emergencia.
- Se sugiere que se realice el mantenimiento de las instalaciones de acuerdo a las recomendaciones de las normas bajo las cuales fueron diseñadas y fabricadas, sobre todo en instalaciones de almacenamiento y las que trabajen a presión.
- Se recomienda que se verifique anualmente los diques estancos de los tanques de almacenamiento de hidrocarburos o sus derivados.
- Se recomienda realizar evaluaciones adicionales a las instalaciones si estas cambien en dimensiones, capacidades de almacenamiento o bombeo y/o si cambian de hidrocarburo almacenado.
- Se recomienda que anualmente se tomen muestras del agente extintor, así como del agua contra incendios para garantizar que siguen manteniendo sus propiedades iniciales y no se han degradado.
- Se recomienda que, para climas adversos, sobre todo a temperaturas muy bajas, se utilice químicos que prevengan la congelación del agua contra incendios, así como del agente espumógeno.
- Se recomienda revisar la normativa de diseño y fabricación tanques API 650 cada 4 años que es el tiempo promedio en el cual se actualizan.
  - Se recomienda realizar mantenimientos periódicos a todos los sistemas de ventilación de operación y también de emergencia de los tanques y tuberías.

## Bibliografía


- American National Standard. (1992). *ISA-5.1 Instrumentation Symbols and Identification [Símbolos de Instrumentación e Identificación]*. U.S.A.: ISA.
- American Petroleum Institute. (2014). *API 653: Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction*. Washington D.C.: API Publishing Services.
- American Petroleum Institute, API. (2012). *API 650: Welded Tanks for Oil Storage*. Washington D.C.: API Publishing Services.
- American Petroleum Institute. (2005). *API RP 2350: Overfill Protection for Storage Tanks in Petroleum Facilities*. Washington D.C.: API Publishing Services.
- American Society of Mechanical Engineers. (2009). *B16.5 Pipe Flanges and Flanged Fittings*. U.S.A.: ASME.
- API. (2010). *API 5L Specification for Line Pipe [Especificación para Tuberías de Línea]*. Washington D. C.: API.
- Boulandier, J. J. (11 de Abril de 2001). *Bomberos de Navarra*. Obtenido de [http://www.bomberosdenavarra.com/documentos/ficheros\\_documentos/indice.pdf](http://www.bomberosdenavarra.com/documentos/ficheros_documentos/indice.pdf)
- Centro de Entrenamiento Movil de Incendios, C. (s.f.). *Academia Nacional de Bomberos Argentina*. Obtenido de [http://www.academiadebomberos.org.ar/images/descargas/Cap%202\\_Fuego\\_CEMI.pdf](http://www.academiadebomberos.org.ar/images/descargas/Cap%202_Fuego_CEMI.pdf)
- Deutsches Institut für Normung. (2002). *DIN EN 13484-3: Tuberías industriales de metal*.
- Ministerio de Energía y Minas. (2006). *Código Nacional de Electricidad - Suministro*. Lima: MEM.
- National Fire Protection Association. (2005). *NFPA 11: Norma Para Espumas de Baja, Media y Alta Expansión*. Quincy, Massachusetts.: National Fire Protection Association Inc.
- National Fire Protection Association. (2011). *NFPA 70: National Electrical Code*. Massachusetts: NFPA.
- National Fire Protection Association. (2012). *NFPA 30: Código de Líquidos inflamables y Combustibles*. Quincy, Massachusetts.: National Fire Protection Association Inc.
- Osinermin. (18 de Noviembre de 1993). *D.S. 052-93-EM : Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos*. Obtenido de Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería: [http://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/Decreto%20Supremo%20N%C2%BA%20052-93-EM.pdf](http://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/Decreto%20Supremo%20N%C2%BA%20052-93-EM.pdf)

- Osinergmin. (02 de Marzo de 2016). *Normas Legales: El Peruano*. Obtenido de El Peruano:  
<http://busquedas.elperuano.com.pe/normaslegales/condiciones-generales-del-servicio-de-distribucion-de-gas-na-resolucion-no-054-2016-oscd-1356016-1/>
- Rodriguez, N. (2008). *Universidad de Castilla La Mancha*. Obtenido de Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real:  
[https://previa.uclm.es/area/ing\\_rural/Instalaciones/GeneralidadesProteccionIncendios.pdf](https://previa.uclm.es/area/ing_rural/Instalaciones/GeneralidadesProteccionIncendios.pdf)
- Wagner, W. (2008). *Rohrleitungstechnik, Vogel-Buchverlag* (Vol. 10ª edición). Sikla. Obtenido de <http://www.sikla.nl/upl/website/pdf/PDFmontagetekniek018.pdf>





# Anexos



# **Anexo 1. Hojas de Datos de Equipos**



**UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARÍA**

**TESIS DE GRADO**

**DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIO PARA 03 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE  
DIESEL B5 DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD TOTAL**

**HD-001**

**HOJA DE DATOS  
CÁMARAS DE ESPUMA**

**Rev. 0**


Elaborado por: José Andrinich Herrera \_\_\_\_\_

Fecha: 11 de Octubre, 2018. \_\_\_\_\_


Revisión	Elaborado Por	Descripción	Fecha	Revisado	Aprobado
0	J. Andrinich H.	Adjunto de tesis	11/10/2018	J. Donayre	J. Donayre

COMENTARIOS: Este documento es referencial.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD TOTAL HOJA DE DATOS CÁMARAS DE ESPUMA					
HD-001					
Rev. 0					
 <b>F</b> <b>Fecha:</b> 2018					
1.0 GENERAL	Und.	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	VENDOR
1.1 Ubicación		Tanque T-01	Tanque T-02	Tanques T-03	
		Tanque Diesel B5	Tanque Diesel B5	Tanque Diesel B5	
1.2 Tipo de Tanques		Techo Fijo (Cónico)	Techo Fijo (Cónico)	Techo Fijo (Cónico)	
2.0 CONDICIONES DE PROCESO	Und.	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	VENDOR
2.1 Nombre del Fluido		Espuma	Espuma	Espuma	
2.2 Tipo de Fluido		AFFF 3%	AFFF 3%	AFFF 3%	
2.2 Viscosidad Dinamica de Concentrado	cP	3-3.2	3-3.2	3-3.2	
2.3 Gravedad Especifica del Fluido		1.02	1.02	1.02	
2.4 Caudal Nominal de ingreso	gpm	55	55	55	
2.5 Presión nominal de la cámara	psig	73.5	70.8	68	
2.6 Presión de Ruptura Máxima de Sello Interno de Camara	psig	20	20	20	
2.7 K - Factor de pérdidas Calculado a la presión y caudal de ingreso		9.5	10	8.5	
2.8 K - Factor Sugerido		Por Proveedor	Por Proveedor	Por Proveedor	
2.9 Cantidad	Und.	1	1	1	
3.0 DIMENSIONES	Und.	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	VENDOR
3.1 Dimensiones de la cámara de Espuma.		Por Proveedor	Por Proveedor	Por Proveedor	
3.2 Diámetro de Brida de conexión ingreso / salida.		Ø 2.5" / Ø 4"	Ø 2.5" / Ø 4"	Ø 2.5" / Ø 4"	
3.3 Tipo de Conexión a la línea de espuma.		Brida Slip on ANSI B16.5, FF, Clase 150	Brida Slip on Ø2" ANSI B16.5, FF, Clase 150	Brida Slip on Ø2" ANSI B16.5, FF, Clase 150	
3.4 Tipo de Conexión al Tanque.		Empernado	Empernado	Empernado	
4.0 MATERIALES	Und.	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	VENDOR
4.1 Placa Orificio		Por Proveedor	Por Proveedor	Por Proveedor	
4.2 Entrada y Salida		Por Proveedor	Por Proveedor	Por Proveedor	
4.3 Sello de Cámara		Por Proveedor	Por Proveedor	Por Proveedor	
4.4 Recubrimiento de Cámara		Por Proveedor	Por Proveedor	Por Proveedor	
4.5 Trím de la Cámara		Por Proveedor	Por Proveedor	Por Proveedor	
4.6 Escotilla de Inspección		Por Proveedor	Por Proveedor	Por Proveedor	
4.7 Gasket		Por Proveedor	Por Proveedor	Por Proveedor	
4.8 Deflector de Espuma		Por Proveedor	Por Proveedor	Por Proveedor	
5.0 MARCA / MODELO	Und.	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	VENDOR
5.1 Fabricantes		ANSUL o Similar Técnico	ANSUL o Similar Técnico	ANSUL o Similar Técnico	
5.2 Modelo (sugerido)		AFC-90 o Similar Técnico	AFC-90 o Similar Técnico	AFC-90 o Similar Técnico	



HD-001  Rev. 0	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD TOTAL HOJA DE DATOS CÁMARAS DE ESPUMA	 F Fecha: 2018
----------------------	--	--

6.0 CERTIFICACIÓN	Und.	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	VENDOR
6.1 Norma de Aplicación		NFPA 11	NFPA 11	NFPA 11	
6.2 Listado y/o Aprobado		UL / FM	UL / FM	UL / FM	
6.3 Pruebas Hidrostáticas		Por Proveedor	Por Proveedor	Por Proveedor	

7.0 NOTAS
7.1.- El diámetro de la placa orificio deberá ser verificado por el proveedor.
7.2.- El proveedor debe suministrar la placa orificio, cámara, deflector de espuma y sus respectivos accesorios.
7.3.- El proveedor debe indicar los parámetros de funcionamiento en la etiqueta de cada cámara.
7.4.- El proveedor deberá suministrar el equipo con los diámetros de brida de conexión indicados.





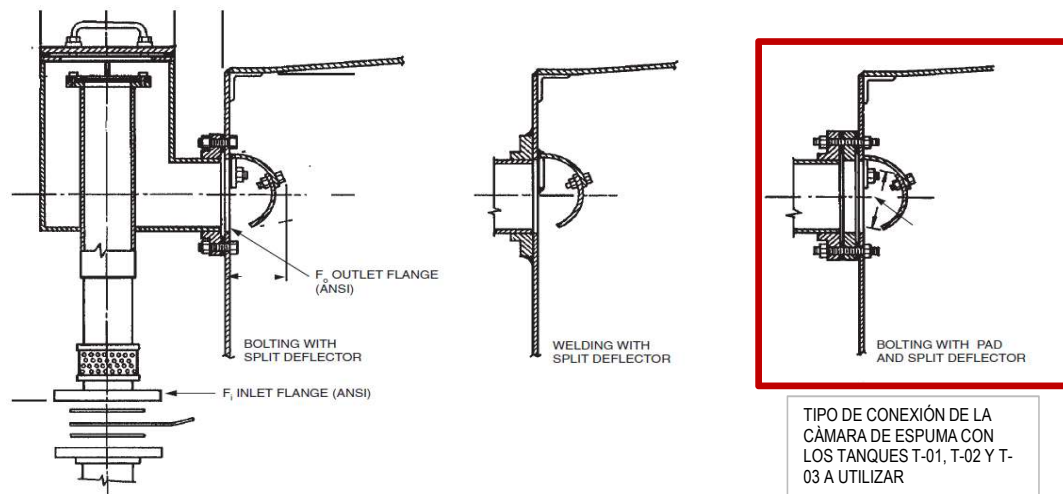
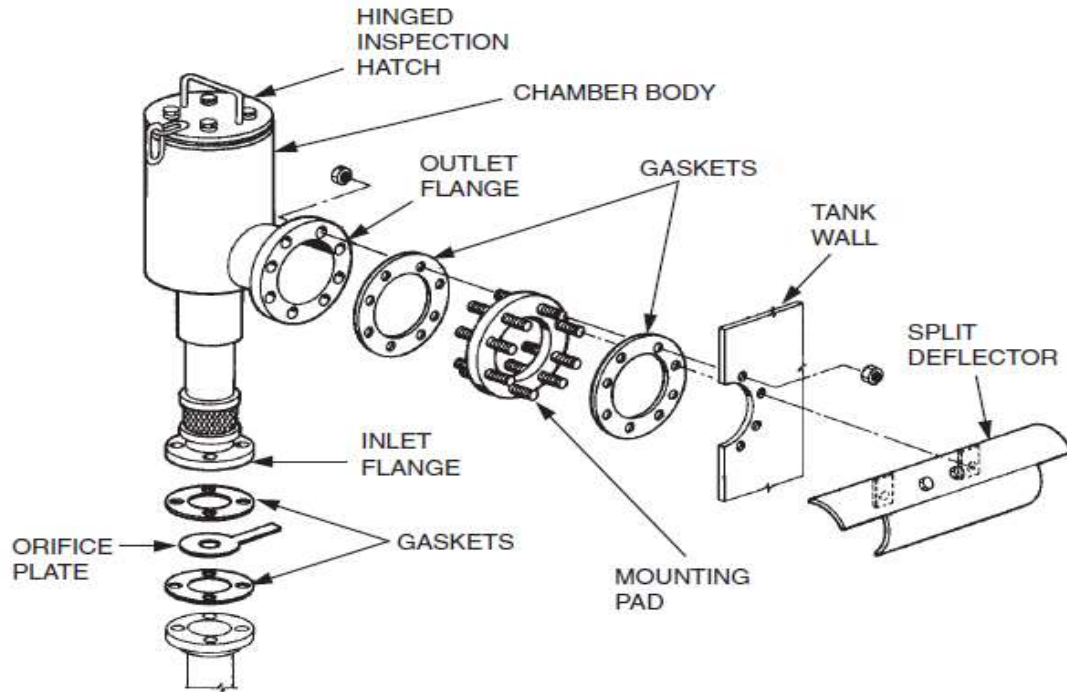
Fecha:  
2018

HD-001

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA  
DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE  
ALMACENAMIENTO DE DIESEL DE 330,000 GALONES DE  
CAPACIDAD TOTAL  
HOJA DE DATOS  
CÁMARA DE ESPUMA

Rev. 0

CATALOGO: MODELO ANSUL AFC-90 (REFERENCIAL)



**Nota:**

1. La selección de la cámara de espuma es referencial. El proveedor deberá indicar el modelo de acuerdo a las características requeridas.



**UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARÍA**

**TESIS DE GRADO**

**DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIO PARA 03 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE  
DIESEL B5 DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD TOTAL**

**HD-002**

**HOJA DE DATOS**

**VÁLVULA DE COMPUERTA OS&Y**

**Rev. 0**

Elaborado por: José Andrinich Herrera

Fecha: 11 de Octubre, 2018.

Revisión	Elaborado Por	Descripción	Fecha	Revisado	Aprobado
0	J. Andrinich H.	Adjunto de tesis	11/10/2018	J. Donayre	J. Donayre

COMENTARIOS: Este documento es referencial.



Fecha  
2018


UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA  
DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES  
DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL DE 330,000 GALONES DE  
CAPACIDAD TOTAL  
HOJA DE DATOS  
VÁLVULA DE COMPUERTA OS&Y

HD-002

Rev. 0

1.0 GENERAL		DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	VENDOR
1.1 Descripción		Válvula Compuerta OS&Y de Ø6"	Válvula Compuerta OS&Y de Ø2.5"	
1.2 Ubicación		Línea nueva enterrada para conexión a hidrante nuevo	Línea nueva para sistema de espuma tanques diesel B5 (T-01, T-02 y T-03)	
1.3 Tags		6"-GA-001 / 002 / 003	2.5"-GA-001 / 002 / 003	
1.4 Línea		1, 2, 3	4, 5, 6	
1.5 Cantidad	Und.	3	3	
<b>2.0 CONDICIONES DE SITIO (Según documento C-DC-10-002 Site Conditions.)</b>				
2.1 Ubicación		Arequipa, Perú		
2.2 Altura del Proyecto	msnm	2700		
2.3 Latitud del Proyecto	(grados/min.)	--		
2.4 Longitud	(grados/min.)	--		
2.5 Altitud	msnm	2700		
2.6 Temperatura Ambiente				
a) Promedio anual máximo	(°C)	24.7		
b) Promedio anual mínimo	(°C)	3.7		
c) Promedio de variación diaria	(°C)	16.6		
d) Diseño máximo	(°C)	30		
e) Diseño mínimo	(°C)	0 (algunas veces)		
2.7 Viento				
a) Ráfagas máximas	(Km/h)	100		
b) Viento predominante		Suroeste		
2.8 Precipitaciones				
a) Precipitación anual promedio	(mm/año)	40.7		
b) Precipitación máxima en 24 horas	(mm)	81.5		
2.9 Evaporación				
a) Evaporación diaria promedio	(mm/año)	6.1		
2.10 Radiación solar				
a) Radiación diaria promedio	(W/m <sup>2</sup> )	6270		
b) Rango	(W/m <sup>2</sup> )	4230-7850		
2.11 Presión Barométrica				
a) Promedio anual	(mm Hg)	555		
b) Rango	(mm Hg)	551-559		
2.12 Humedad Relativa				
a) Promedio anual	(%)	56.1		
b) Rango	(%)	8-100		
<b>3.0 CONDICIONES DE PROCESO</b>		<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VENDOR</b>
3.1 Fluido		Agua potable	Agua mezclado con espuma AFFF 3%	
3.2 Viscosidad Dinámica	cP	1.0	1.0	
3.3 Gravedad Específica		1.0	1.0	
3.4 Caudal Nominal	gpm	555	55	
3.5 Presión de Trabajo	psig	250	300	
3.6 Presión Operación	psig	110	110	
3.7 Temperatura del Fluido	°C	15	15	
<b>4.0 CARACTERÍSTICAS</b>		<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VENDOR</b>



HD-002		<b>UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA</b>		
Rev. 0		<b>DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD TOTAL</b>		
		<b>HOJA DE DATOS</b>		<b>Fecha</b> 2018
		<b>VÁLVULA DE COMPUERTA OS&amp;Y</b>		
4.1 Tipo de Válvula		Vástago no ascendente (OS&Y)	Vástago ascendente y yugo (OS&Y)	
4.2 Diámetro Nominal	pulg	Ø 6"	Ø 2"	
4.3 Accionamiento		Poste indicador vertical.	Volante	
4.4 Conexiones	pulg	Ingreso y Salida de Ø6" Brida ANSI B.16.5; FF; Clase 150.	Ingreso y Salida de Ø2" Brida ANSI B16.5; FF; Clase 150	
<b>5.0 MATERIALES</b>		<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VENDOR</b>
5.1 Cuerpo de válvula		Ductile Iron ASTM A536	Ductile Iron ASTM A536	
5.2 Vástago		Bronze ASTM B150 UNS C61400	Bronze ASTM B150 UNS C61400	
5.3 Yugo		Hierro fundido ASTM-A126, CLASS B	Hierro fundido ASTM-A126, CLASS B	
5.4 Bonete		Ductile Iron ASTM A536	Ductile Iron ASTM A536	
5.5 Volante		Hierro fundido ASTM-A126, CLASS B	Hierro fundido ASTM-A126, CLASS B	
5.6 Estopas		Por proveedor	Por proveedor	
<b>6.0 MARCA / MODELO</b>				
6.1 Fabricantes (sugerido)		MUELLER, KENNEDY VALVE, NIBCO	KENNEDY VALVE, NIBCO	
6.2 Modelo de válvula (sugerido)		MUELLER A-2360, KENNEDY KS-FW C 509-8068A, NIBCO F-609 - NIP 1AJ	KENNEDY KS-FW C 509-8068A, NIBCO F-609 - NIP 1AJ	
<b>7.0 CERTIFICACIÓN</b>				
7.1 Norma de Aplicación		NFPA 24 (Edición 2010), UL 262, UL 789		
7.2 Listado y/o Aprobado		UL/FM		
<b>8.0 NOTAS</b>				
8.1. Las presiones de trabajo se obtuvo según la curva de la motobomba propuesta.				
8.2. La válvulas compuerta para manguera de Ø 2 1/2" serán de conexión roscada a hose, NST, de bronce ASTM B62. Listada UL y/o FM aprobada.				
8.3. El accionamiento de la Válvula Compuerta OS&Y de Ø 6" debe ser con un poste indicador vertical.				

HD-002  Rev 0	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD TOTAL HOJA DE DATOS VÁLVULA DE COMPUERTA OS&Y	 Fecha: 2018
---------------------	--	--------------------

**9.0 CATALOGOS**

9.1 PARA VÁLVULA 6"-GA-001 / 002 / 003. MUELLER (Referencial)

**10.10**

**2"-12" A-2360 RESILIENT WEDGE GATE VALVE - FL. x FL.**

Rev. 9-09 Shaded area indicates change.

- Catalog number – A-2360-6 flanged ends
  - Sizes – 2", 2-1/2", 3", 4", 6", 8", 10", 12"
  - Meets or exceeds all applicable requirements of ANSI/AWWA C509 Standard, UL Listed, FM Approved, and certified to ANSI/NSF 61.†
  - Flanged end dimensions and drilling comply with ANSI B16.1, class 125
  - Iron body with nominal 10 mils MUELLER® Pro-Gard™ Fusion Epoxy Coated interior and exterior surfaces
  - Epoxy coating meets or exceeds all applicable requirements of ANSI/AWWA C550 Standard and is certified to ANSI/NSF 61
  - Iron wedge, symmetrical & fully encapsulated with molded rubber; no exposed iron
  - Non-rising stem (NRS)
  - Triple O-ring seal stuffing box (2 upper & 1 lower O-rings), with fourth O-ring serving as dirt seal††
  - Handwheel (2" square wrench nut optional) – open left or open right
  - 250 psig (1723 kPa) maximum working pressure, 500 psig (3447 kPa) static test pressure
  - 2-1/2"-12" sizes – UL Listed, FM Approved; 200 psig (1379 kPa)
- † Approved for backflow prevention devices by USC (for 2-1/2" - 10" sizes)  
†† Dirt seal on 4"-12" valves



A-2360-6

**Options**

See page 10.40 for more information on Resilient Wedge Gate Valve options

- Position indicators
- ASTM B98-C66100/H02 stem
- Stainless steel fasteners: Type 316
- 2" square wrench nut
- PN 10/16 Drilling

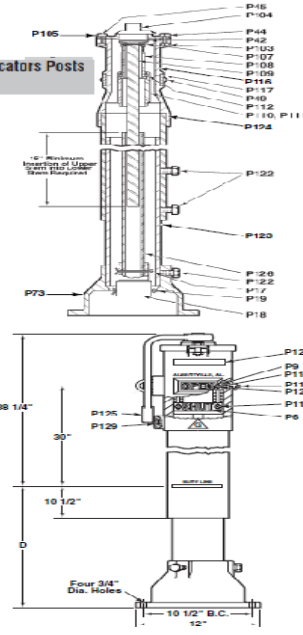
**UL / FM**



**ADJUSTABLE INDICATOR POST REPLACEMENT PARTS**


Replacement parts for A-20801: UL/FM Indicators Posts manufactured from 1991 - 1999.

Parts No.	Description	Material	Material Standard
P6	Target sign plate (SHUT)	Nylon	
P9	Target sign plate (OPEN)	Nylon	
P17	Cotter Pin (short)	Brass	ASTM B21
P18	Coupling	Steel	ASTM A500 GR.B
P19	Cotter Pin (long)	Brass	ASTM B21
P42	Retaining ring	Stainless Steel	AISI 302
P44	Hex bolt (not shown)	Steel/zinc plated	ASTM A307 GR.A
P45	Hex bolt for cape	Steel/galvanized	ANSI B18.2.1
P49	Washer	Steel/zinc plated	
P103	Hex nut for cap bolts	Steel/galvanized	ANSI B18.2.1
P104	Operating nut	Ductile iron	ASTM A536 GR.65-45-12
P105	Cap	Cast Iron	Class B
P107	Groove pin	Silicon Bronze	ASTM B124
P108	Threaded sleeve	Nylon	
P109	Upper stem	Steel	ASTM A108 C101B
P110	Target half	Nylon	
P111	Target screw	Steel/zinc plated	
P112	Target bushing	Nylon	
P113	Stove bolt (short)	Steel/galvanized	ASTM A164 type RS
P114	Nut for "open" & "shut" sign	Steel	
P115	Pipe plug - hex socket	Steel	
P116	Post Head	Cast Iron	Class B
P117	Window	Plexiglass	
P121	Stove bolt (long)	Steel/galvanized	ASTM A164 type RS
P122	Hex head screw	Steel	ANSI B18.2.1
P123	Lower Barrel	Ductile Iron	Class 5.1
P124	Upper Barrel	Carbon Steel	GR. A or B
P125	Wrench	Ductile iron	ASTM A536 GR. 65-45-12
P126	Adjustable stem	Steel tubing	ASTM A500 GR.B
P127	Name Plate	Polyester fill	
P129	Spline head set screw	Steel	ANSI B18.3



**Nota:**

- La selección de la válvula es referencial. El proveedor deberá indicar el modelo de acuerdo a las características requeridas.
- El accionamiento de la Válvula Compuerta debe ser mediante un poste indicador vertical.
- La profundidad del poste indicador vertical deberá ser verificada antes de su instalación.

HD-002  Rev. 0	<b>UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA</b> <b>DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES</b> <b>DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL DE 330,000 GALONES DE</b> <b>CAPACIDAD TOTAL</b> <b>HOJA DE DATOS</b> <b>VÁLVULA DE COMPUERTA OS&amp;Y</b>	 <b>Fecha:</b> 2018
----------------------	--	--

9.2 PARA VÁLVULAS 2.5"-GA-001 / 002 / 003 TYCO (Referencial)



Technical Data	
Size Range:	DN50 – DN300 (2"– 12")
Maximum operating pressure:	UL - 300 Psi (20,87 bar) FM- 232 Psi (16 bar)
Maximum test pressure:	348 Psi (24bar)
Manufacturing Standard:	UL / FM / EN1074 / ISO 7259
Flanges:	EN 1092-2 / ISO 7005.2 or ASME B16.1 / ASME B16.42
Drilling:	PN10 / PN16 or ANSI 125 / 150
Datasheet:	TFP 1540

Valve Size * (DN mm)		50	65	80	100	150	200	250	300
Face to face (L) * (mm)		7.00 (178)	7.50 (190)	8.00 (203)	9.00 (229)	10.50 (267)	11.50 (292)	13.00 (330)	14.00 (356)
	Centre Height Open (CL1) * (mm)	15.50 (395)	16.14 (410)	18.9 (480)	22.56 (573)	29.53 (750)	37.64 (956)	46.25 (1175)	51.99 (1319)
Centre Height Closed (CL2) * (mm)		13.07 (332)	13.31 (338)	14.96 (380)	17.72 (450)	23.21 (592)	29.46 (748)	34.96 (898)	39.57 (1006)
Grooved version OD * (mm)	OD1	2.375 (60.3)	2.975 (73.0)	3.500 (88.9)	4.500 (114.3)	6.500 (165.1)	8.625 (219.1)	10.750 (273.0)	12.750 (323.9)
	OD2	2.375 (60.3)	3.000 (76.1)	3.500 (88.9)	4.500 (114.3)	6.625 (168.3)	8.625 (219.1)	10.750 (273.0)	12.750 (323.9)
Weight Lbs. (Kg)	FL-FL	29.8 (13.5)	35.3 (16)	41.9 (19)	57.3 (26)	97.0 (44)	154.4 (70)	264.6 (120)	330.8 (150)
	FL-GR	27.6 (12.5)	30.9 (14)	36.4 (16.5)	50.7 (23)	88.2 (40)	143.2 (65)	242.6 (110)	297.7 (135)
	GR-GR	25.4 (11.5)	26.5 (12)	30.9 (14)	44.1 (20)	79.4 (36)	110.3 (50)	220.5 (100)	275.6 (125)

**Nota:**

1. La selección de las válvulas son referenciales. El proveedor deberá indicar el modelo de acuerdo a las características requeridas.

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA  
DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES  
DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL DE 330,000 GALONES DE  
CAPACIDAD TOTAL  
HOJA DE DATOS  
VÁLVULA DE COMPUERTA OS&Y



Fecha:  
2018

HD-002

Rev. 0

9.3 PARA VÁLVULAS 2.5" - 001 / 002 / 003 KENNEDY (Referencial)

**UL LISTED**

**FM APPROVED**

**UL LISTED**

Complies with applicable requirements of AWWA C509

**2" - 12" R/S VALVE FLANGE ENDS  
OS&Y GENERAL DIMENSIONS**

KENNEDY VALVE MODEL KS-FW

8068A

VALVE SIZE	A	B	C	D	E	F	G	H	WEIGHT
2	7	3 1/2	6	11/16	12	10	4 5/8	7 1/4	N/A
2 1/2	7 1/2	3 3/4	7	11/16	13 7/8	16 3/8	4 5/8	7 1/4	51
3	8	4	7 1/2	3/4	15 5/8	18 7/8	4 5/8	10	64
4	9	4 1/2	9	15/16	18 1/4	22 3/4	8 5/8	10	105
6	10 1/2	5 1/4	11	1	23 3/4	30 1/8	8 3/4	12	152
8	11 1/2	5 3/4	13 1/2	1 1/8	29 1/4	37 3/4	8 3/4	14	253
10	13	6 1/2	16	1 3/16	35 3/8	45 3/4	12 7/8	18	427
12	14	7	19	1 1/4	40 5/8	53 1/8	12 7/8	18	581

ALL FLANGE VALVES TAPPED & PLUGGED @ POSITION "A"

**Nota:**

- La selección de las válvulas son referenciales. El proveedor deberá indicar el modelo de acuerdo a las características requeridas.



**UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARÍA**

**TESIS DE GRADO**

**DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIO PARA 03 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE  
DIESEL B5 DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD TOTAL**

**HD-003**

**HOJA DE DATOS  
HIDRANTE**

**Rev. 0**

Elaborado por: José Andrinich Herrera

Fecha: 11 de Octubre, 2018.

Revisión	Elaborado Por	Descripción	Fecha	Revisado	Aprobado
0	J. Andrinich H.	Adjunto de tesis	11/10/2018	J. Donayre	J. Donayre

COMENTARIOS: Este documento es referencial.



Fecha:  
2018

HD-004  Rev. 0	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD TOTAL HOJA DE DATOS HIDRANTE	
----------------------	---	--

**1.0 GENERAL**

Cliente : UCSM  
Localización : Tanques Diesel B5 (TK-01, 02, 03)  
Identificación / Designación : Hidrante de tambor Seco  
Servicio : Sistema Contra Incendio  
Estándar de aplicación : NFPA 24  
Cantidad : 1

**2.0 CONDICIONES DE SITIO**

2.1 Ubicación de la Mina		Arequipa, Perú
2.2 Altura del Proyecto	msnm	2700
2.3 Latitud del Proyecto	(grados/min.)	--
2.4 Longitud	(grados/min.)	--
2.5 Altitud	msnm	2700
2.6 Temperatura Ambiente		
a) Promedio anual máximo	(°C)	24.7
b) Promedio anual mínimo	(°C)	3.7
c) Promedio de variación diaria	(°C)	16.6
d) Diseño máximo	(°C)	30
e) Diseño mínimo	(°C)	0 (algunas veces)
2.7 Viento		
a) Ráfagas máximas	(Km/h)	100
b) Viento predominante		Suroeste
2.8 Precipitaciones		
a) Precipitación anual promedio	(mm/año)	40.7
b) Precipitación máxima en 24 horas	(mm)	81.5
2.9 Evaporación		
a) Evaporación diaria promedio	(mm/año)	6.1
2.10 Radiación solar		
a) Radiación diaria promedio	(W/m2)	6270
b) Rango	(W/m2)	4230-7850
2.11 Presión Barométrica		
a) Promedio anual	(mm Hg)	555
b) Rango	(mm Hg)	551-559
2.12 Humedad Relativa		
a) Promedio anual	(%)	56.1
b) Rango	(%)	8-100

**3.0 CONDICIONES DE PROCESO**

		DESCRIPCIÓN	VENDOR
3.1 Fluido		Agua industrial	
3.2 Viscosidad Dinamica	cP	1.0	
3.3 Gravedad Especifica		1.0	
3.4 Caudal Nominal	gpm	155	
3.5 Rango de Presión de Trabajo	(Δ) psig	50-75	
3.6 Presión Máxima	psig	100	
3.7 Rango de Temperatura del Fluido	°C	15	


**4.0 CARACTERÍSTICAS**

		DESCRIPCIÓN	VENDOR
4.1 Cantidad de hidrantes	Und.	01	
4.2 Color		Color Rojo	
4.3 Profundidad enterrada	m	Ver nota 8.5	
4.4 Ingreso	pulg	6" Bridada 150# FF	
4.5 Salidas	pulg	Dos de 2 1/2" NST macho, una salida de 4" para conexión a camión de bomberos (Nota 8.1)	
4.6 Tuerca de operación	pulg	Pentagonal 1 1/2", apertura sentido antihorario	

**5.0 MATERIALES**

		DESCRIPCIÓN	VENDOR
5.1 Cuerpo		Hierro dúctil o fundido (Ver nota 8.6)	
5.2 Cople de Vástago		Acero Inoxidable (Ver nota 8.6)	
5.3 O- Ring		Buna N (Ver nota 8.6)	
5.4 Boquillas (salida)		Bronce (Ver nota 8.6)	
5.5 Cap		Bronce con cadena de acero (Ver nota 8.6)	
5.6 Anillo de Asiento		Bronce (Ver nota 8.6)	



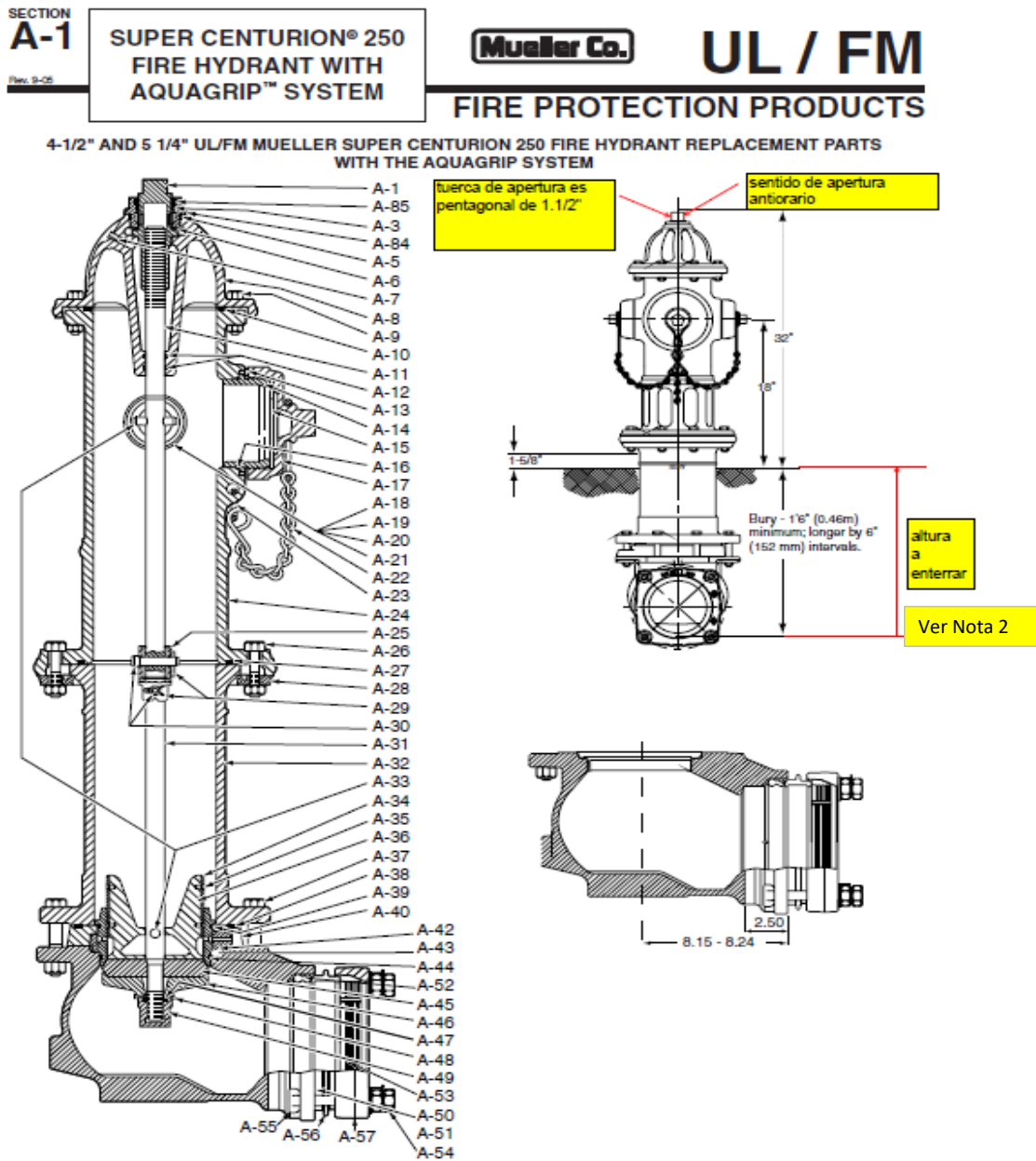
HD-004  Rev. 0	<b>UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA</b> <b>DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES</b> <b>DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL DE 330,000 GALONES DE</b> <b>CAPACIDAD TOTAL</b> <b>HOJA DE DATOS</b> <b>HIDRANTE</b>	 <b>Fecha:</b> 2018	
6.0 MARCA / MODELO		DESCRIPCION	VENDOR
6.1 Fabricantes		Mueller Co.	
6.2 Modelo		Super Centurion A-423 (Referencial)	
7.0 CERTIFICACIÓN		DESCRIPCION	VENDOR
7.1 Norma de Aplicación		NFPA 24 (edición 2010)	
7.2 Listado y/o Aprobado		UL y/o FM	
8.0 OBSERVACIONES			
8.1.- Indicar con una flecha y la palabra "ABRIR" en la cabeza del hidrante para indicar la dirección de apertura. 8.2.- Deberá tener impreso en el pedestal el nombre, marca o iniciales del fabricante, presión de diseño y el año de fabricación. 8.3.- Deberá proveerse con tapones de seguridad con tuercas de operación pentagonal de 1 1/2" y asegurados con cadena. 8.4.- El material de construcción indicado es referencial, dependerá del modelo a comprar. 8.5.- Se deberá proveer el hidrante con el equipo de mantenimiento básico.			



HD-004  Rev. 0	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD TOTAL HOJA DE DATOS HIDRANTE	 Fecha: 2018
----------------------	---	--------------------

9.0 CATALOGO

9.1. SUPER CENTURION A-423 (Referencial)



Nota:

1. La selección del hidrante es referencial. El proveedor deberá indicar el modelo de acuerdo a las características requeridas.

HD-003  Rev. 0	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD TOTAL HOJA DE DATOS HIDRANTE	 Fecha: 2018
----------------------	---	--------------------

9.0 CATALOGO

9.1. SUPER CENTURION A-423 (Continuación) (Referencial)

## Hidrante Super Centurion de Mueller®

Presión de trabajo de 250 psig—presión de prueba de 500 psig

A-421	4-1/2"	tres-vías	2 Tomas para manguera y 1 toma para bomba
A-423	5-1/4"	tres-vías	2 Tomas para manguera y 1 toma para bomba

Presión de trabajo de 200 psig—presión de prueba de 400 psig  
(Ofrece casi las mismas características del Hidrante Centurion 250")

A-420	4-1/2"	dos-vías	2 Tomas para manguera
A-422	5-1/4"	dos-vías	2 Tomas para manguera
A-424	4-1/2"	una-vía	1 Toma para bomba
A-425	5-1/4"	dos-vías	2 Tomas para bomba

Para ordenar, especifique:

- La cantidad necesaria de cada tamaño y tipo.
- Tamaño de la abertura de la válvula y número del catálogo.
- Profundidad enterrada (desde el nivel del piso a la parte más baja de la tubería de conexión).
- Tipo y tamaño de la conexión de entrada (ver cuadro).
- Tamaño y forma de la tuerca de operación (el tamaño estándar es de 1-1/2" pentagonal, otros tamaños están disponibles).
- Dirección de apertura.
- Roscado de la toma de manguera. Especifique el tamaño y el roscado en caso de ser diferente del National Standard o si es diferente de otros hidrantes de Mueller que usted anteriormente haya ordenado.
- Roscado de la toma para bomba (siga el mismo procedimiento No 7).
- Color. Si no está especificado, el hidrante será "color rojo hidrante." Otros colores están disponibles para coincidir con estándares existentes.

Tamaños y tipos de las conexiones de entrada

Tamaño del Hidrante	con Brida*	Junta Mecánica	Junta Mecánica D-150	Tipo Enchufe
4-1/2"	4", 5"	4", 5", 8"	4", 5"	5"
5-1/4"	4", 5"	4", 5", 8"	4", 6"	6"

(Válvulas de compuerta auxiliares con salida brida y entrada a elección pueden ser como estas al hidrante con entrada brida.)  
\* Disponibles con entrada horizontal o vertical.

**Accesorios Mueller (Ordene de acuerdo a cantidad y número del catálogo.)**

**Llave para asiento A-359**—de ajuste universal, se usa para extraer la válvula principal y el anillo del asiento desde el nivel del bonete o la línea del piso. Esta llave se centra por sí misma en las bridas del barril.

**Llave de operación de tuercas A-311**—opera las tapas de las tomas, coples para manguera tipo pasador y agarradera y las tuercas de operación y presión hacia abajo del hidrante.

**Manga de Bronce A-367**—protege los anillos en "O" de daños cuando el bonete es retirado del vástago superior.

**Aceite de lubricación A-51 para el hidrante**—envase de 10.5 oz, resiste todas las temperaturas, y llena exactamente el reservorio de aceite.

1  
2  
3  
4  
5

**1 Juego de reparación del bonete**  
Sello para intemperie. Anillo en "O" de la tuerca de presión hacia abajo.  
Anillos "O" del vástago. Arandela Anti-Fricción.  
Anillo en "O" de brida del bonete y empaque.\*  
Aceite de lubricación del hidrante.

**2 Juego de reparación de la brida de Seguridad**  
Cople del vástago. Brida de seguridad.  
Empaque de la brida. Aceite de lubricación del hidrante.  
Tornillos y tuercas de reemplazo.  
Anillo en "O" y empaque de la brida del bonete.\*

**3 Juego de Extensión**  
Barril de extensión. Vástago de extensión.  
Brida. 8 tornillos y tuercas.  
Anillo en "O" y empaque de la brida.\*  
Aceite de lubricación del hidrante.  
Cople del vástago y accesorios.  
Anillo en "O" y empaque de la brida del bonete.\*

**4 Juego de la válvula principal**  
Anillos en "O" de la parte superior del asiento. Placa inferior de la válvula.\*  
Anillos en "O" de la parte inferior del asiento. Sello de la tuerca tapa.  
Válvula principal.\* Arandela de fijación.  
Anillo del asiento en Bronce. <sup>†</sup>Reversible

**5 Juego de reparación de la zapata**  
Sellos de la válvula de drenado. Sello de la tuerca tapa.  
Anillos en "O" del asiento superior. Válvula principal.  
Placa inferior de la válvula. Arandela de fijación.  
Anillos en "O" de la parte inferior del asiento. Tornillos y tuercas de la zapata.  
Anillos en "O" y empaque del cuerpo del anillo de drenado.\* Tornillos del sello de la válvula de drenado.

\* El juego incluye ambos anillos en "O" y empaques para acomodar ya sea los hidrantes de 250 psig o 200 psig.

Nota:

1. La selección del hidrante es referencial. El proveedor deberá indicar el modelo de acuerdo a las características requeridas.



**UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARÍA**

**TESIS DE GRADO**

**DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIO PARA 03 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL B5 DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD TOTAL**

**HD-004**

**HOJA DE DATOS  
GABINETE CONTRA INCENDIOS**

**Rev. 0**

Elaborado por: José Andrinich Herrera

Fecha: 11 de Octubre, 2018.

Revisión	Elaborado Por	Descripción	Fecha	Revisado	Aprobado
0	J. Andrinich H.	Adjunto de tesis	11/10/2018	J. Donayre	J. Donayre

COMENTARIOS: Este documento es referencial.



HD-004		UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD TOTAL HOJA DE DATOS GABINETE CONTRA INCENDIOS		Fecha 2018	
Rev. 0					
1.0 GENERAL		DESCRIPCIÓN		VENDOR	
1.1 Ubicación		Línea para sistema contra incendios			
		Tanques diesel B5			
1.2 Número de Línea		3			
1.3 Conexión de la Línea		6" a 2 1/2"			
1.4 Cantidad de Gabinetes	Und.	1			
2.0 CONDICIONES DE PROCESO		DESCRIPCIÓN		VENDOR	
2.1 Fluido		Agua y espuma AFFF(3%)			
2.2 Viscosidad Dinamica del fluido	cP	1.0			
2.3 Gravedad Especifica		1.0			
2.5 Rango de Presión Fluido ( Min - Mâx)	psig	110			
2.6 Temperatura del Fluido	°C	15			
3.0 CARACTERÍSTICAS DEL GABINETE		DESCRIPCIÓN		VENDOR	
3.1 Dimensiones		Ver hoja 3 (Referencial)			
4.0 CARACTERÍSTICAS DE LA MANGUERA		DESCRIPCIÓN		VENDOR	
4.1 MANGUERA CONTRA INCENDIO (AGUA DE ENFRIAMIENTO)					
4.1.1 Cantidad de mangueras	Und.	2	1		
4.1.2 Diámetro de manguera	Pulg.	2 1/2"	2 1/2"		
4.1.3 Longitud de la manguera	m	30	15		
4.1.4 Acoples de la manguera	Und.	2	1		
4.1.5 Rosca de Manguera		NST	NST		
4.1.6 Caudal Nominal	gpm	230	230		
4.1.7 Δ Presión Fluido ( Min - Mâx)	psig	110-90	110-90		
4.2 MANGUERA CONTRA INCENDIO (SISTEMA DE ESPUMA)					
4.2.1 Cantidad de mangueras	Und.	1	1		
4.2.2 Diámetro de manguera	Pulg.	1 1/2"	2 1/2"		
4.2.3 Longitud de la manguera	m	45	30		
4.2.4 Acoples de la manguera	Und.	1	1		
4.2.5 Rosca de Manguera		NST	NST		
4.2.6 Caudal Nominal	gpm	100	55		
4.2.7 Δ Presión Fluido ( Min - Mâx)	psig	170-325	170-325		
4.3 MANGUERA ADICIONAL					
4.3.1 Cantidad de mangueras	Und.	0			
4.3.2 Diámetro de manguera	Pulg.	0			
4.3.3 Longitud de la manguera	m	0			
4.3.4 Acoples de la manguera	Und.	0			
4.3.5 Caudal Nominal	gpm	0			
4.3.6 Δ Presión Fluido ( Min - Mâx)	psig	0			
5.0 CARACTERÍSTICAS DE LANZADOR DE ESPUMA		DESCRIPCIÓN		VENDOR	
5.1 Cantidad de Lanzadores de Espuma	Und.	1 (Ver Nota 10.2)			
5.2 Diámetro de Lanzador de Espuma	Pulg.	1 1/2"			
5.3 Tipo		Eductor Portátil			
5.4 Regulación		Regulable a mezclas de 3% a 6%			
5.5 Caudal requerido	gpm	100			
5.6 Presión de operación	psig	75			
5.7 Conexión		Roscado NST - Female			
6.0 CARACTERÍSTICAS DE ACCESORIOS		DESCRIPCIÓN		VENDOR	
6.3 Llaves		01 Llave para manguera del tipo universal (ver nota 8.4)			
6.4 Otros		02 empaquetaduras de 1 1/2" (Ver nota 10.4)			



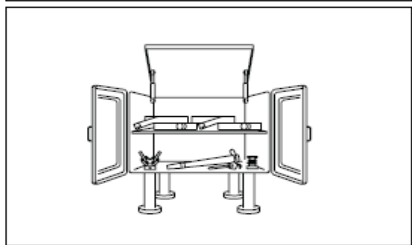
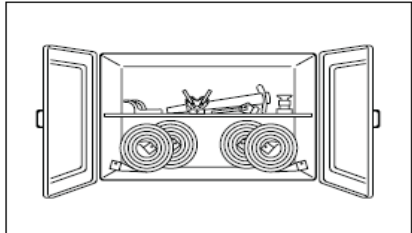
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD TOTAL HOJA DE DATOS GABINETE CONTRA INCENDIOS		
HD-004		
Rev. 0		
<b>7.0 MATERIALES</b>		
	DESCRIPCIÓN	VENDOR
7.1 Gabinete	Metálico con recubrimiento anticorrosivo o Similar Técnico (Ver Nota 10.2)	
7.2 Manguera Contra incendios	Nitrilo o Similar Técnico (Ver Nota 10.2)	
7.3 Lanzador de Espuma	Acero Inoxidable o Similar Técnico (Ver Nota 10.2)	
7.4 Manguera para Motobomba	Caucho sintético extruido en chaqueta de Poliamida (Ver nota 10.2)	
7.5 Acoples	Bronce o Similar Técnico (Ver Nota 10.2)	
<b>8.0 MARCA / MODELO (REFERENCIAL)</b>		
	DESCRIPCION	VENDOR
8.1 Fabricantes	Guardian , ANSUL, TFT o Similar Técnico	
8.2 Modelo de Gabinete (Ver hoja 3)	8135 o Similar Técnico	
8.3 Modelo de Manguera contra incendios (Ver hoja 4)	3472 o Similar Técnico	
8.4 Modelo de lanzador de Espuma (Ver hoja 5)	KR-S4 o Similar Técnico	
8.5 Modelo de Manguera para autobomba (Ver hoja 6)	Duraline Hi-Vol o Similar Técnico	
8.6 Modelo de Acople Manguera (Ver hoja 4)	3483 o Similar Técnico	
<b>9.0 CERTIFICACIÓN</b>		
	DESCRIPCION	VENDOR
9.1 Norma de Aplicación	NFPA 14	
9.2 Certificación: Listada y/o Aprobada	UL / FM	
<b>10.0 NOTAS</b>		
10.2.- El proveedor deberá considerar un lanzador de espuma tipo educor portátil regulable para conexión a manguera de Ø1 1/2".		
10.3.- Los materiales indicados son referenciales, dependerá del modelo a comprar.		
10.4.- Contenido de Caseta de acuerdo a NFPA 24 numeral 8.6		

HD-004  Rev. 0	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD TOTAL HOJA DE DATOS GABINETE CONTRA INCENDIOS	  Fecha: 2018
----------------------	--	------------------------

**9.0 CATALOGO**

9.1 Modelo de gabinete (referencial)

**8100 Series  
Fiberglass Storage Cabinets & Houses  
(Corrosion-Resistant)**



**Function**

- Used to protect fire equipment from salt-air, chemicals and other hazards associated with certain manufacturing environments

**Construction & Features**

- High quality, hand-laid fiberglass construction, 1/2" thick sandwich cabinet body and 1/8" thick overlapping door
- Full-length stainless steel hinges, rivets and quick-opening latches
- Positive seal trim-lock bulb gasket
- Solid brass pull handles
- Clear acrylic windows standard on extinguisher cabinets, optional on others
- UV-inhibited red gel-coat exterior\*, black interior
- Choice of identification lettering (die-cut)

\*Other colors available upon request

Model No.	Outside Dimensions			Inside Dimensions		
	Width	Height	Depth	Width	Height	Depth
8110	15 1/2"	26"	9 3/4"	13"	24"	9 1/2"
8112	14 3/4"	30 3/4"	11 1/2"	12 1/2"	28 1/2"	10 1/2"
8114	18 3/4"	36"	13"	16 3/4"	32 3/4"	12 1/4"

Model No.	Outside Dimensions			Inside Dimensions		
	Width	Height	Depth	Width	Height	Depth
8120	29 1/2"	29 1/4"	12 1/2"	27"	27"	10 1/2"
8122	37 1/2"	37 1/4"	12"	34 3/4"	34 3/4"	11 1/4"
8124	36 1/2"	48 3/4"	11 3/4"	33"	45 1/4"	10 1/2"

Model No.	Outside Dimensions			Inside Dimensions		
	Width	Height	Depth	Width	Height	Depth
8130	58"	28"	16"	56"	26 1/2"	14 1/2"
8135*	45 1/2"	35 1/4"	44 1/2"	44 1/2"	34"	43 1/2"

\* Additional Features Include:

- Gas shocks for lift-top
- Stainless steel pull handles
- 3" schedule 80 PVC legs (24" high) and flanges with stainless steel bolts

**Notas:**  
1.- La selección del gabinete es referencial. El proveedor deberá indicar el modelo de acuerdo a las características requeridas.



Fecha:  
2018

HD-004

Rev. 0

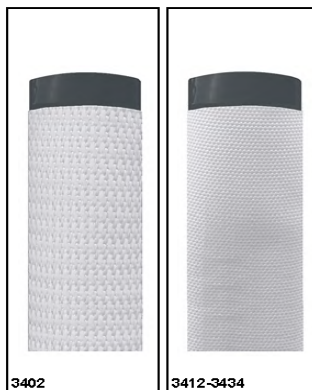
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA  
DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES  
DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL DE 330,000 GALONES DE  
CAPACIDAD TOTAL  
HOJA DE DATOS  
GABINETE CONTRA INCENDIOS

9.0 CATALOGO (CONTINUACIÓN)

9.2 Modelo de mangueras (Referencial)

3400 Series  
Fire Hose

**GUARDIAN**  
FIRE EQUIPMENT, INC.



3402

3412-3434

**Rack and Reel Hose**

- Lightweight, thermo-plastic lined (50', 75' and 100' lengths)  
**Storage:** Semi-automatic hose racks and reels  
**Use:** Interior fire protection

1 1/2" Hose		Acceptance/Service Test
Model No.	Bowl (coupling no.)	
3402	1 1/2" (3480)	500/250 PSI

Options: Add suffix **-UL** for UL label, **-FM** for FM stencil

**Industrial Single Jacket Hose**

- Single jacket, EPDM rubber lined (50', 75' and 100' lengths)  
**Storage:** Reels, hump racks, hangers, carts and hose houses  
**Use:** Interior/exterior fire protection and washdown

1 1/2" Hose		2 1/2" Hose		Acceptance/Service Test
Model No.	Bowl (coupling no.)	Model No.	Bowl (coupling no.)	
3422	1 1/2" (3482)	3424	2 1/2" (3486)	500/250 PSI
3432	1 1/2" (3482)	3434	2 1/2" (3486)	600/300 PSI

Options: Add suffix **-UL** for UL label, **-FM** for FM stencil, **-HY** for Hypalon impregnated jacket



3442-3454

3472-3474

**Industrial Double Jacket Hose**

- Double jacket, EPDM rubber lined (50', 75' and 100' lengths)  
**Storage:** Reels, hump racks, hangers, carts and hose houses  
**Use:** Interior/exterior fire protection and washdown

1 1/2" Hose		2 1/2" Hose		Acceptance/Service Test
Model No.	Bowl (coupling no.)	Model No.	Bowl (coupling no.)	
3442	1 1/2" (3483)	3444	3" (3487)	600/300 PSI
3452	1 1/2" (3483)	3454	3" (3487)	800/400 PSI

Options: Add suffix **-UL** for UL label, **-FM** for FM stencil, **-HY** for Hypalon impregnated jacket

**Industrial Nitrile/Rubber Covered Hose**

- Extruded thru-the-weave, chemical and heat resistant (50', 75' and 100' lengths)  
**Storage:** Reels, hump racks, hose houses  
**Use:** Interior/exterior fire protection and washdown

1 1/2" Hose		2 1/2" Hose		Acceptance/Service Test
Model No.	Bowl (coupling no.)	Model No.	Bowl (coupling no.)	
3472	1 1/2" (3482)	3474	2 1/2" (3487)	500/250 PSI

**Fire Hose Couplings (sets)**

- Brass pin lug\* or aluminum rocker lug, with expansion rings and gaskets

Brass Model No.	Aluminum Model No.	Bowl Size	Hose Size	Lug Configuration	Hose Type
3480	3490	1 1/2"	1 1/2"	Single	Rack & Reel
3481	3491	1 3/4"	1 1/2"	Single	Single Jacket
3482	3492	1 1/2"	1 1/2"	Double	Single Jacket
3483	3493	1 1/2"	1 1/2"	Double	Double Jacket
3484	3494	2 1/2"	2"	Double	Single Jacket
3485	3495	2 1/2"	2 1/2"	Double	Single Jacket
3486	3496	2 1/2"	2 1/2"	Double	Single Jacket
3487	3497	3"	2 1/2"	Double	Double Jacket

\*Add suffix **-RL** for rocker lug

Optional Brass Finishes: **-B** Polished; **-C** Rough Chrome Plated; **-D** Polished Chrome Plated



3480-3497

Nota:

1.- La selección de las mangueras y acople son referenciales. El proveedor deberá indicar el modelo de acuerdo a las características requeridas.

HD-004  Rev. 0	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA <b>DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD TOTAL</b> HOJA DE DATOS GABINETE CONTRA INCENDIOS	 Fecha: 2018
----------------------	---	--------------------

**9.0 CATÁLOGO (CONTINUACIÓN)**

9.3 Modelo de Lanzador de Espuma (Referencial)

**HANDLINE NOZZLES AND EDUCTORS**  
 Data/Specifications

**LOW-EXPANSION FOAM HANDLINE NOZZLES**

**FEATURES**

- Noncorrosive materials
- Easy-to-operate ball shut off valve
- Light weight for ease of handling
- Good foam quality with pressure of 45 psi (310 kPa) and greater

**APPLICATION**

The ANSUL® KR-S low-expansion foam handline nozzles can be used with all low expansion foam agents such as fluoroprotein, AFFF, alcohol resistant AFFF, and Class A foam concentrates. These portable, air aspirating nozzles can be used in a variety of flammable liquid hazard areas using ANSULITE® Class B foam concentrates. Typical applications include municipal fire departments and crash-fire-rescue (CFR) vehicles, or for handline applications around tank farms, loading racks, aircraft hangars, and chemical plants.

Using SILV-EX® Class A foam concentrate, an effective blanketing foam is produced for use for structural fire attack and other deep-seated fires involving tires, rolled paper, baled cotton and coal bunkers.

The advantage of low expansion compared to medium expansion foam is the greater throw range and superior cooling effect achieved by the higher water content.

**DESCRIPTION**

Two sizes are available for nominal flow rates of 60 gpm (227 Lpm) and 120 gpm (454 Lpm) @ 100 psi (689 kPa). Foam solution is sprayed through the nozzle and foam is produced in the tube as air is drawn in. Each nozzle has a ball shut-off valve. The nozzle tube is constructed of stainless steel with a tough polyurethane handle providing optimum protection against corrosion. Although the normal operating pressure is 75 – 100 psi (517 – 689 kPa), a minimum operating pressure of 45 psi (310 kPa) is recommended. Foam concentrate is usually proportioned to the nozzle using the matching ANSUL Model Z eductor.

**TECHNICAL DATA TABLE**

Model Number	KR-S2	KR-S4
Flow rate @ 100 psi (689 kPa)	60 gpm (227 Lpm)	120 gpm (454 Lpm)
Normal Operating Pressure	75-100 psi (517-689 kPa)	75-100 psi (517-689 kPa)
Expansion Ratio	8:1 – 15:1	8:1 – 15:1
Stream Range	75 ft (23 m)	85 ft (25.9 m)
Overall Length	30 in (76 cm)	39 in (99 cm)
Maximum Width	9 in (20 cm)	9 in (20 cm)
Recommended Eductor	ANSUL Z-2	ANSUL Z-4


**ORDERING INFORMATION**

The models listed below are provided with 1 1/2 in. NHT female inlet threads. Other thread types are available upon request. The flow rates listed are nominal; see Technical Data Table for performance characteristics.

Part No.	Description	Approximate Shipping Weight lb (kg)
415981	KR-S2 Low Expansion Nozzle 60 gpm (227 Lpm)	9 (4.1)
415982	KR-S4 Low Expansion Nozzle 120 gpm (454 Lpm)	11 (5.0)

Notas:

1.- La selección del lanzador es referencial. El proveedor deberá indicar el modelo de acuerdo a las características requeridas..

HD-004  Rev. 0	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD TOTAL HOJA DE DATOS GABINETE CONTRA INCENDIOS	 Fecha: 2018
----------------------	--	---

**9.0 CATÁLOGO (CONTINUACIÓN)**

9.4 Modelo de Manguera de Motobomba (Referencial)



**Duraline Hi-Vol**  
 Large Diameter Water  
 Delivery Hose

- Outstanding performance
- Exceptional storage life
- Simple deployment and retrieval
- Low maintenance

**Duraline Hi-Vol**  
 Large Diameter Water Delivery Hose

Nominal Technical Specification				
Diameter	inch	4	5	6
	mm	100	125	152
Standard colours *		Red/Yellow	Red/Yellow	Red/Yellow
Wall thickness	mm	3.0	3.5	4.0
Maximum length	m	200	200	200
Nominal weight	kg/m	1.4	1.5	2.2
Minimum short length burst pressure	bar	35	35	35
Maximum working pressure **	bar	15	15	15
Elongation	%	2	2	2
Temperature range	°C	-20 to +70	-20 to +70	-20 to +70

\* Black available on request  
 \*\* Using Angus Corru-Grip Storz couplings

**Notas**

1.- La selección de la manguera para el gabinete es referencial. El proveedor deberá indicar el modelo de acuerdo a las características requeridas.



**UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARÍA**

**TESIS DE GRADO**

**DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIO PARA 03 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE  
DIESEL B5 DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD TOTAL**

**HD-005**

**HOJA DE DATOS  
SISTEMA PROPORCIONADOR DE ESPUMA EN LÍNEA**

**Rev. 0**

Elaborado por: José Andrinich Herrera

Fecha: 11 de Octubre, 2018.

Revisión	Elaborado Por	Descripción	Fecha	Revisado	Aprobado
0	J. Andrinich H.	Adjunto de tesis	11/10/2018	J. Donayre	J. Donayre

COMENTARIOS: Este documento es referencial.

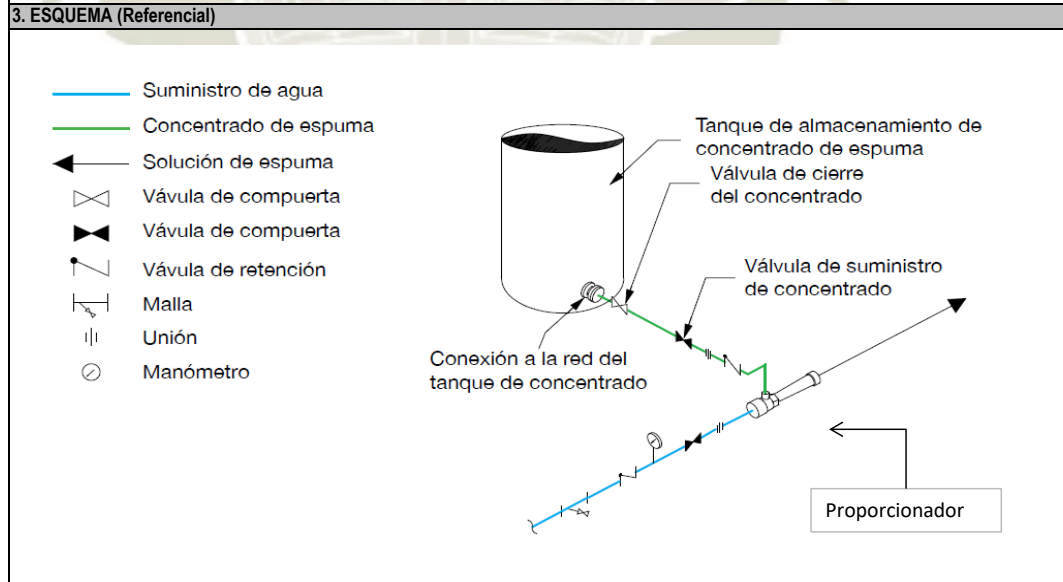
HD-005  Rev. 0	<b>UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA</b> <b>DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD TOTAL</b> <b>HOJA DE DATOS</b> <b>SISTEMA PROPORCIONADOR DE ESPUMA EN LÍNEA</b>	 <b>Fecha</b> 2018
----------------------	--	--------------------------

**1. GENERAL**


Cliente: UCSM	Localización: AREQUIPA
Identificación / Designación del tanque: TANQUE - SCI - 002	
Servicio: SISTEMA PROPORCIONADOR DE ESPUMA EN LÍNEA	
Tipo de concentrado: AFFF 3%	Viscosidad Dinamica: 3-3.2 Cp. Gravedad específica: 1.02

**2. DATOS**

Capacidad nominal: 60 gal	Fabricación: Por vendor	Certificación: Listado UL o FM
Accionamiento: Manual <input checked="" type="checkbox"/> Automático <input type="checkbox"/>	Presión de operación: Por vendor psig	
Recipiente: Horizontal <input type="checkbox"/> Vertical <input checked="" type="checkbox"/>	Presión de prueba: Por vendor psig	
<b>Materiales</b>		
Tanque: Por vendor		
Tubería interna: Por vendor	Tubería externa (lado agua): Carbon Steel, SCH 40	
Pintura exterior: Por vendor	Marca: Por vendor	
<b>Conexiones</b>		
Ingreso de concentrado a línea de agua: 2.5 in		
Ingreso de solución a recipiente de almacenamiento: Por vendor in	Purga: Por vendor in	
Conexión a suministro de agua: Por vendor		
<b>Proporcionadores</b>		
Cantidad: 1	Diámetro: Vendor in	Conexión: Vendor in
Caudal de espuma + agua saliente máx.: 55 gpm		
<b>Equipamiento</b>		
Válvula de compuerta (cierre): Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Válvula de purga: Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Válvula de check (retención): Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Válvula automática de apertura: Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	
Válvula de alivio: Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	Tuberías y conex. para proporcionador: Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Manómetro: Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Visor nivel: Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	
Válvula compuerta (suministro de concentrado): Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
<b>Espuma AFFF</b>		
Cantidad de espuma en tanque: 200 gal		





HD-005  Rev. 0	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD TOTAL HOJA DE DATOS SISTEMA PROPORCIONADOR DE ESPUMA EN LÍNEA	 Fecha 2018
----------------------	--	--

**4. NOTAS**

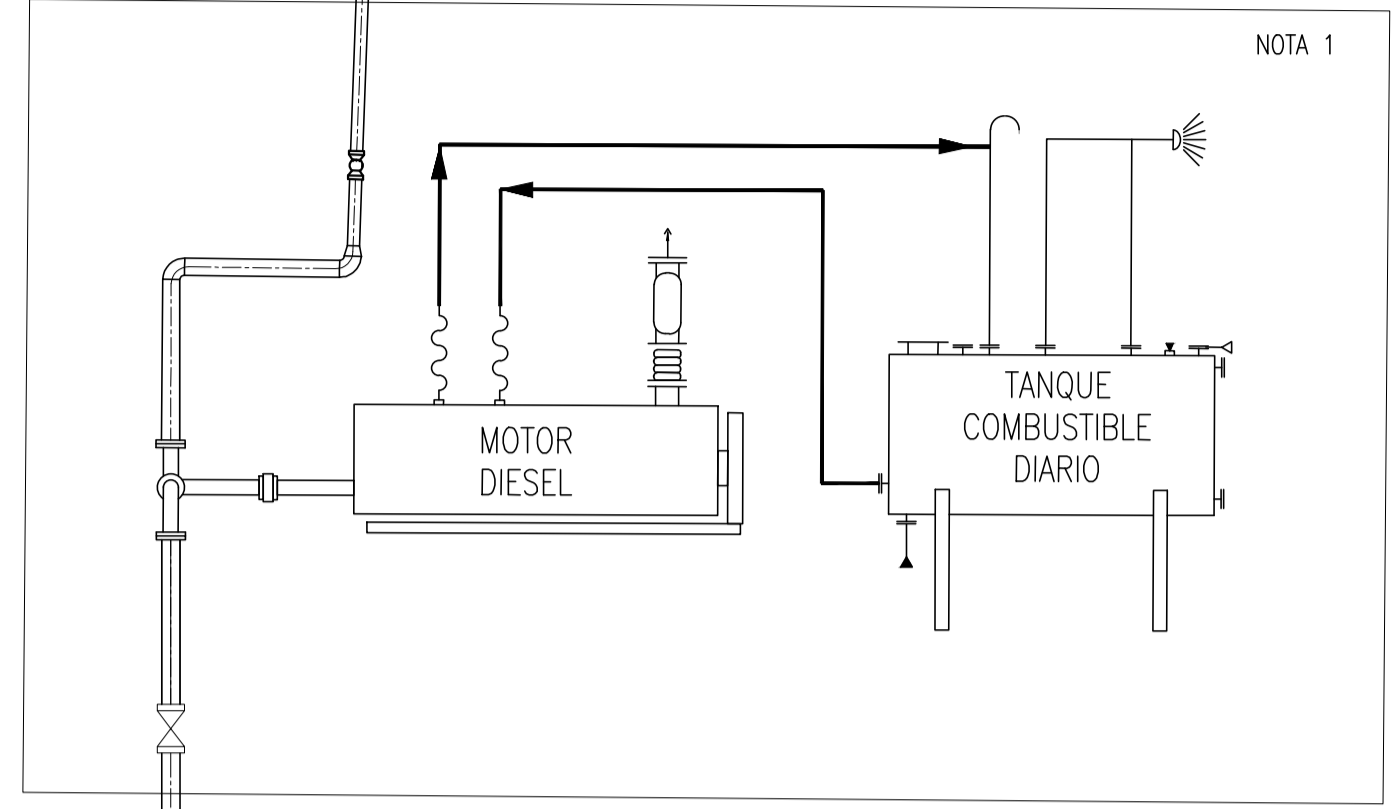
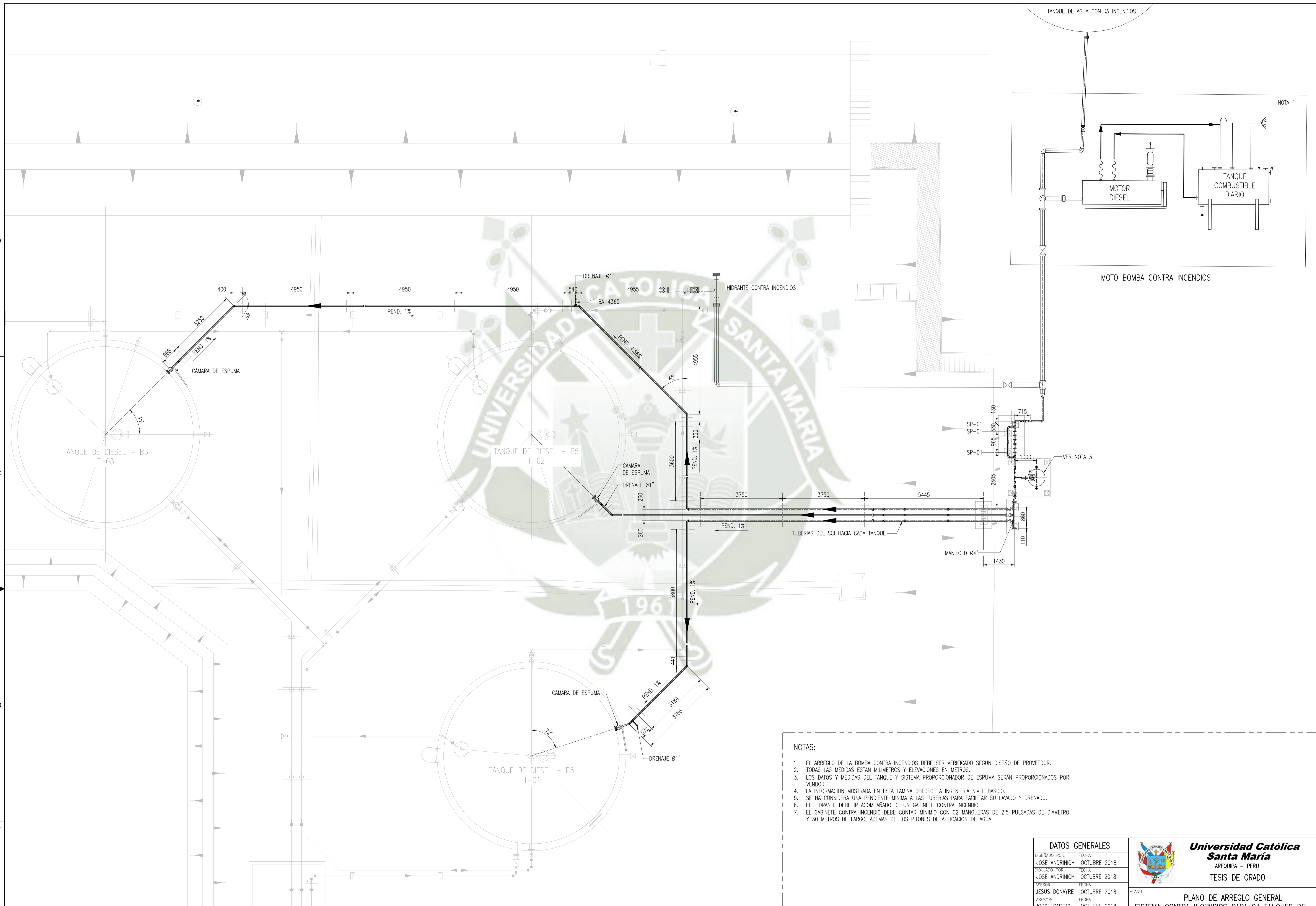
- 4.1 El color final exterior del cuerpo del tanque de almacenamiento de espuma debe ser rojo.
- 4.2 Esta hoja de datos no es limitante para los accesorios que el proveedor crea necesario para el correcto funcionamiento del suministro de espuma.
- 4.3 El proveedor deberá indicar el espacio necesario mínimo para la instalación del sistema.





## Anexo 2. Plano de Arreglo General

HTL-080-2-SA  
 ESCALA METRICA 1:75  
 11:25  
 11:00  
 1:75



MOTO BOMBA CONTRA INCENDIOS

NOTA 1

VER NOTA 3

**NOTAS:**

1. EL ARREGLO DE LA BOMBA CONTRA INCENDIOS DEBE SER VERIFICADO SEGUN DISEÑO DE PROVEEDOR.
2. TODAS LAS MEDIDAS ESTAN MILIMETROS Y ELEVACIONES EN METROS.
3. LOS DATOS Y MEDIDAS DEL TANQUE Y SISTEMA PROPORCIONADOR DE ESPUMA SERÁN PROPORCIONADOS POR VENDOR.
4. LA INFORMACION MOSTRADA EN ESTA LAMINA OBEDECE A INGENIERIA NIVEL BASICO.
5. SE HA CONSIDERADO UNA PENDIENTE MINIMA A LAS TUBERIAS PARA FACILITAR SU LAVADO Y DRENADO.
6. EL HIDRANTE DEBE IR ACOMPAÑADO DE UN GABINETE CONTRA INCENDIO.
7. EL GABINETE CONTRA INCENDIO DEBE CONTAR MINIMO CON 02 MANGUERAS DE 2.5 PULGADAS DE DIAMETRO Y 30 METROS DE LARGO, ADEMAS DE LOS PITONES DE APLICACION DE AGUA.

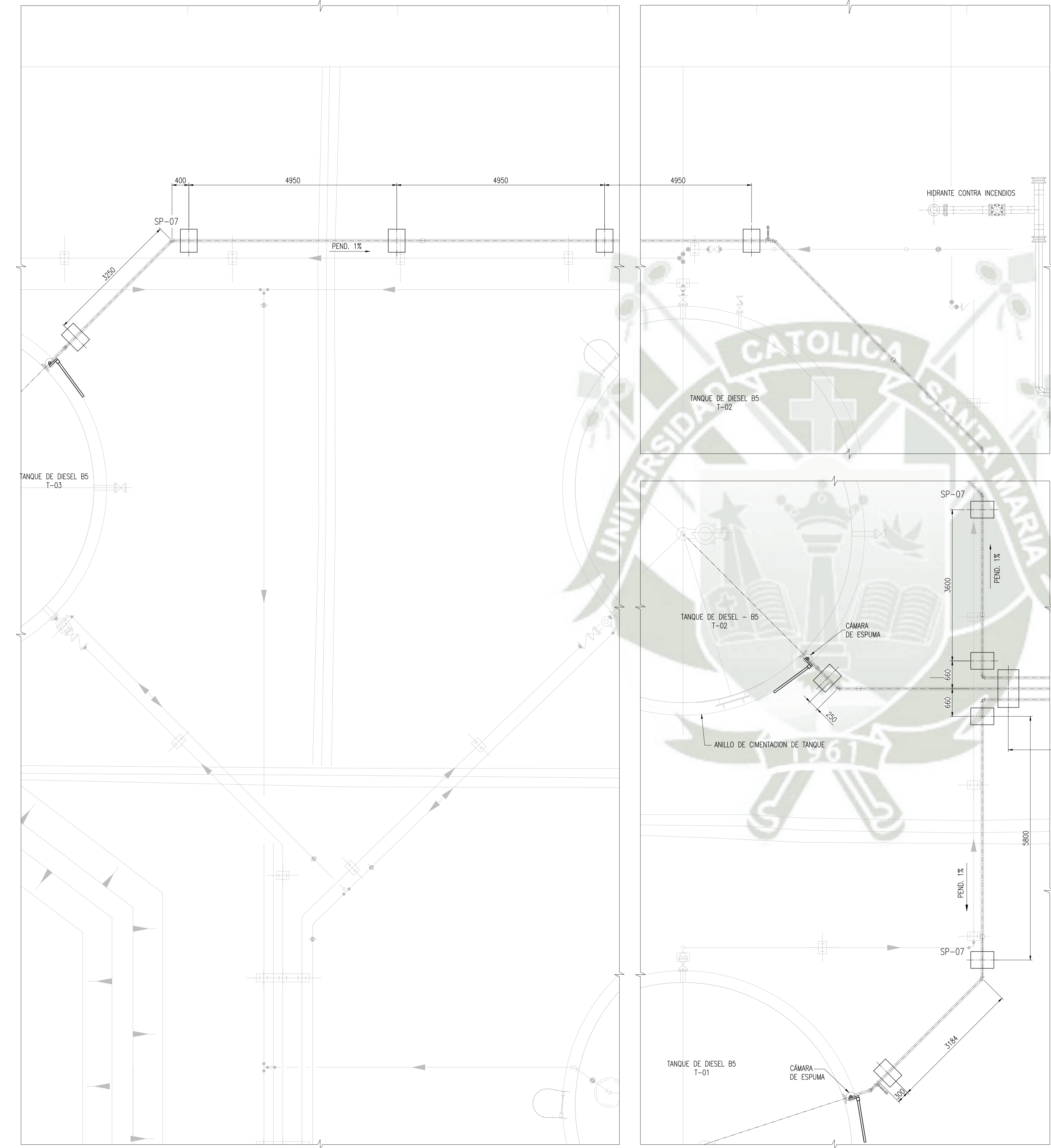
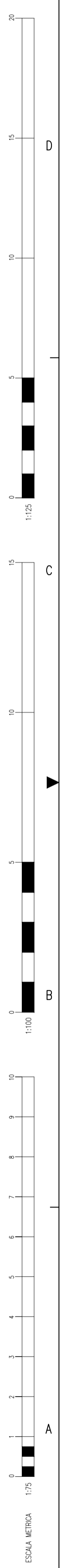
VISTA DE PLANTA  
 ESCALA: 1/75

DATOS GENERALES		 <b>Universidad Católica Santa María</b> AREQUIPA - PERU TESIS DE GRADO
DISEÑADO POR: JOSE ANDRINICH	FECHA : OCTUBRE 2018	
DIBUJADO POR: JOSE ANDRINICH	FECHA : OCTUBRE 2018	
ASESOR: JESUS DONAYRE	FECHA : OCTUBRE 2018	
ASESOR: JORGE CASTRO	FECHA : OCTUBRE 2018	
CLIENTE : UCSM	FECHA : OCTUBRE 2018	
ESCALA INDICADA	NUMERO DE PLANO PLANO-001	REV. 0

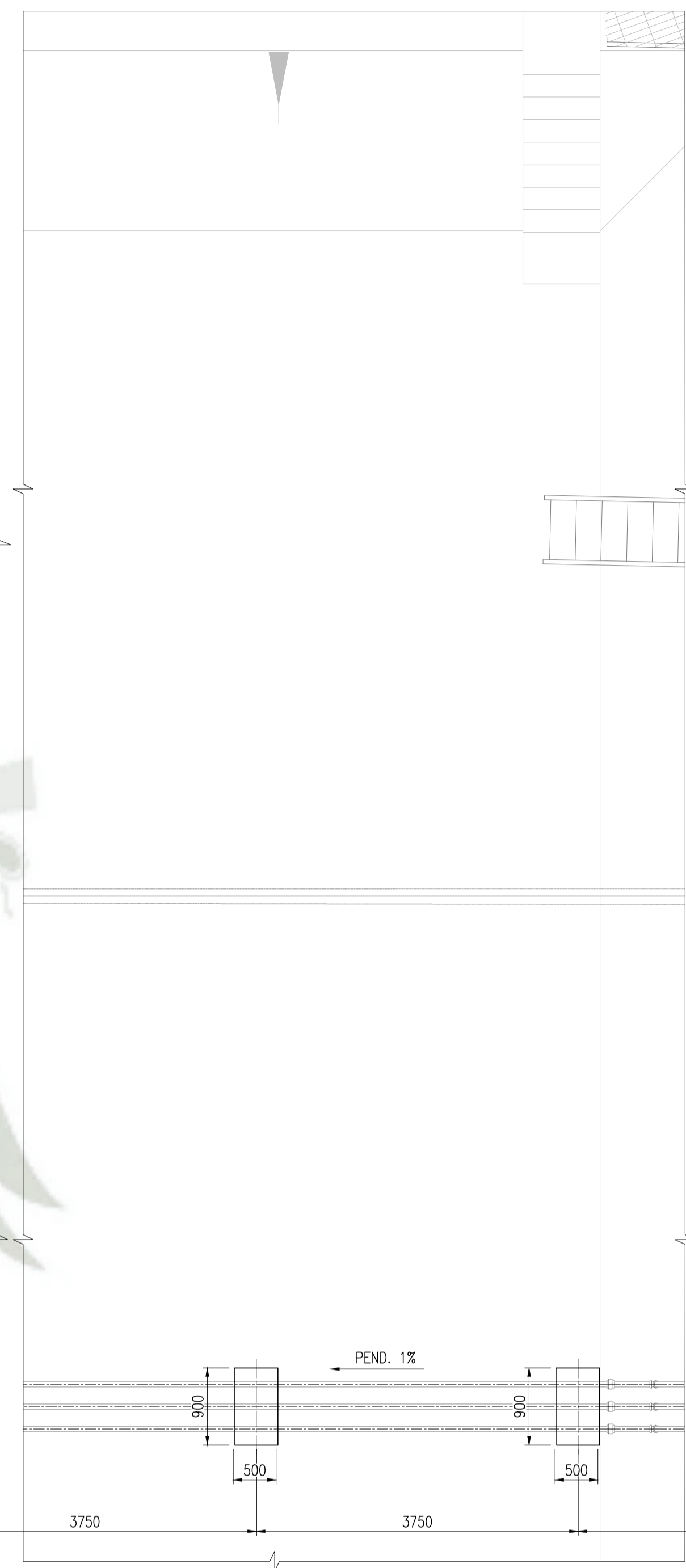
PLANO DE ARREGLO GENERAL  
 SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE  
 COMBUSTIBLES DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD



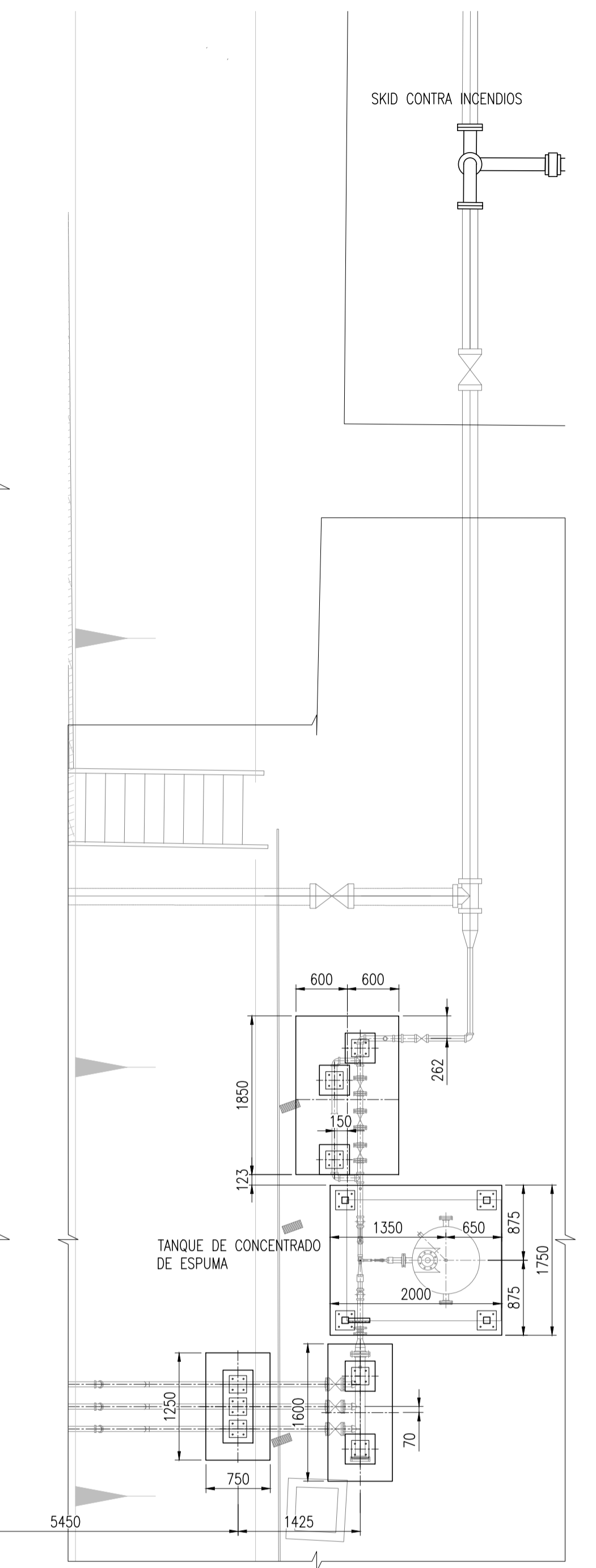
# Anexo 3. Plano de Tuberías y Soportes



PLANTA SOPORTES SP-06, SP-07 Y SP-08  
ESCALA 1:50



PLANTA SOPORTE SP-06  
ESCALA 1:50



PLANTA SOPORTE SP-01, SP-02, SP-03  
Y BASE DE TANQUE DE ESPUMA  
ESCALA 1:50

- NOTAS:**
- EL ARREGLO DE LA BOMBA CONTRA INCENDIOS DEBE SER VERIFICADO SEGUN DISEÑO DE PROVEEDOR.
  - TODAS LAS MEDIDAS ESTAN MILIMETROS Y ELEVACIONES EN METROS.
  - LOS DATOS Y MEDIDAS DEL TANQUE Y SISTEMA PROPORCIONADOR DE ESPUMA SERÁN PROPORCIONADOS POR VENDOR.
  - LA INFORMACION MOSTRADA EN ESTA LAMINA OBEDECE A INGENIERIA NIVEL BASICO.
  - SE HA CONSIDERA UNA PENDIENTE MINIMA A LAS TUBERIAS PARA FACILITAR SU LAVADO Y DRENADO.
  - EL HIDRANTE DEBE IR ACOMPAÑADO DE UN GABINETE CONTRA INCENDIO.
  - EL GABINETE CONTRA INCENDIO DEBE CONTAR MINIMO CON 02 MANGUERAS DE 2.5 PULGADAS DE DIAMETRO Y 30 METROS DE LARGO, ADEMAS DE LOS PITONES DE APLICACION DE AGUA.

DATOS GENERALES	
DISEÑADO POR: JOSE ANDRINICH	FECHA : OCTUBRE 2018
DEBILADO POR: JOSE ANDRINICH	FECHA : OCTUBRE 2018
ASESOR: JESUS DONAYRE	FECHA : OCTUBRE 2018
ASESOR: JORGE CASTRO	FECHA : OCTUBRE 2018
CLIENTE : UCSM	FECHA : OCTUBRE 2018

 <p><b>Universidad Católica Santa María</b> AREQUIPA - PERU TESIS DE GRADO.</p>	PLANO
	<p>PLANO TUBERÍAS Y SOPORTES SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE COMBUSTIBLES DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD</p>
ESCALA INDICADA	NUMERO DE PLANO PLANO-002
REV	0



## Anexo 4. Diagrama de Flujo

**TANQUE-SCI-001**

TANQUE VERTICAL  
 CAPACIDAD NOM : 90,000 GAL.  
 SERVICIO : TANQUE CONTRA INCENDIO  
 DIAMETRO : 9.6 m  
 ALTURA : 5.25 m  
 MATERIAL : ACERO AL CARBONO

**TANQUE-SCI-002**

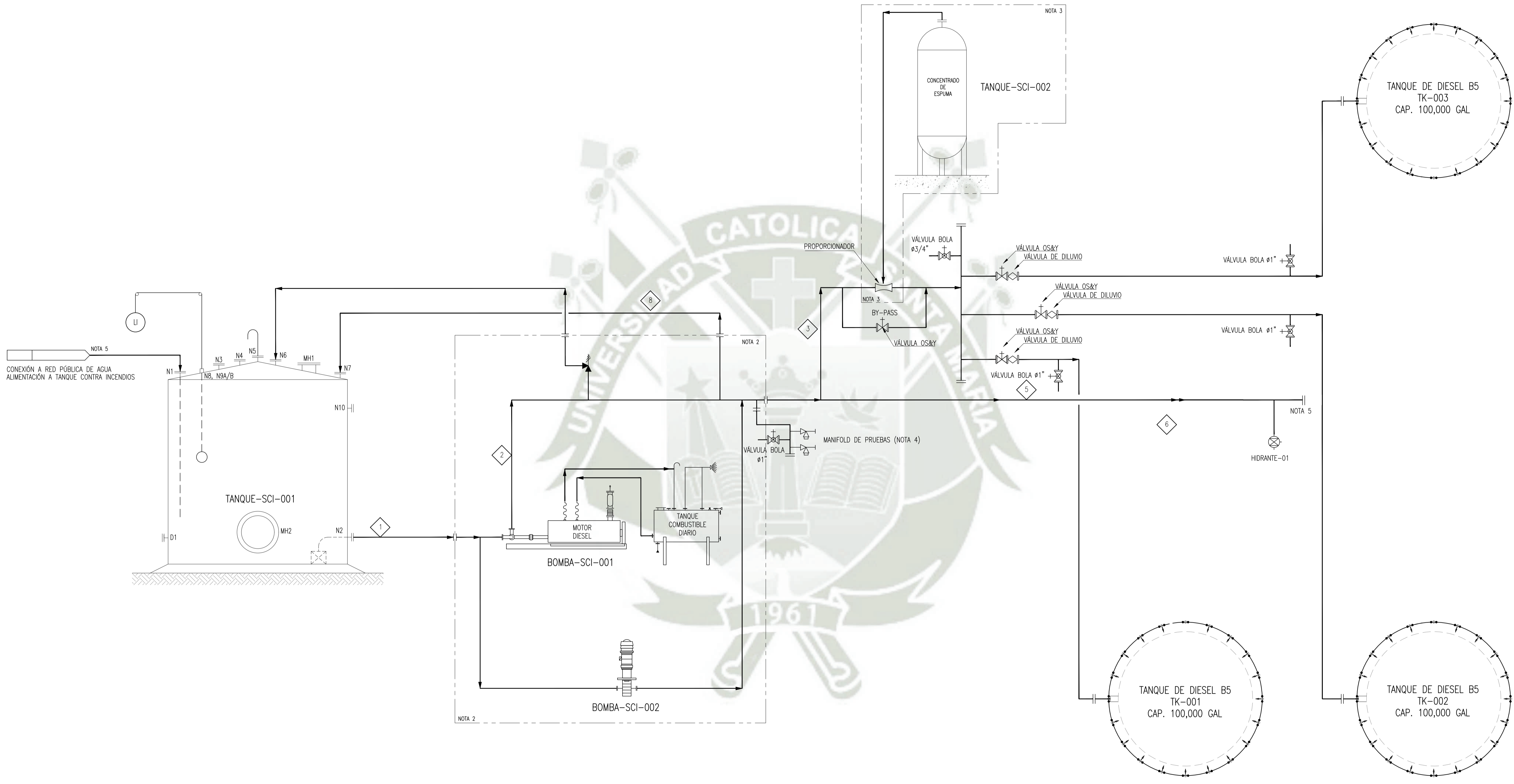
TANQUE PROPORCIONADOR DE ESPUMA CONTRA INCENDIO  
 CAPACIDAD NOM : 200 GAL.  
 SERVICIO : RECIPIENTE DE ESPUMA CONCENTRADA  
 DIAMETRO : 0.8 m  
 ALTURA : 1.8 m  
 MATERIAL TANQUE : POLIETILENO REFORZADO

**BOMBA-SCI-001**

MOTOBOMBA  
 SERVICIO : SISTEMA CONTRA INCENDIO  
 CAUDAL NOMINAL : 500 gpm  
 PRESIÓN DE DESCARGA : 120 psig  
 POTENCIA NOMINAL : 104 HP

**BOMBA-SCI-002**

BOMBA  
 SERVICIO : BOMBA JOCKEY DE SCI  
 CAUDAL NOMINAL : 5 GPM (NOTA 3)  
 PRESIÓN DE DESCARGA : 125 psig (NOTA 3)  
 POTENCIA NOMINAL : 1.0 HP (NOTA 3)



- NOTAS.**
- 1.- TAGS PROPORCIONADOS POR SMOY DE ACUERDO A SUS ESTÁNDARES (NOMENCLATURA/NUMERACIÓN).
  - 2.- LOS DETALLES DEL SKID CONTRA INCENDIO DEBEN VERIFICADOS/CONFIRMADOS CON PROVEEDOR FINALMENTE SELECCIONADO.
  - 3.- INFORMACIÓN A SER VERIFICADA/CONFIRMADA POR PROVEEDOR FINALMENTE SELECCIONADO.
  - 4.- MANIFOLD DE PRUEBAS: NO FORMA PARTE DEL ALCANCE DEL PRESENTE PROYECTO.
  - 5.- CONEXIÓN A RED PÚBLICA A DEFINIR SEGUN ZONA DE IMPLEMENTACIÓN.

DATOS GENERALES		 Universidad Católica Santa María AREQUIPA - PERU TESIS DE GRADO.
DISEÑADO POR: JOSE ANDRINICH	FECHA : OCTUBRE 2018	
DIBUJADO POR: JOSE ANDRINICH	FECHA : OCTUBRE 2018	
ASESOR: JESUS DONAYRE	FECHA : OCTUBRE 2018	
ASESOR: JORGE CASTRO	FECHA : OCTUBRE 2018	
CLIENTE : UCSM	FECHA : OCTUBRE 2018	
ESCALA S/E	NUMERO DE PLANO PLANO-003	REV 0

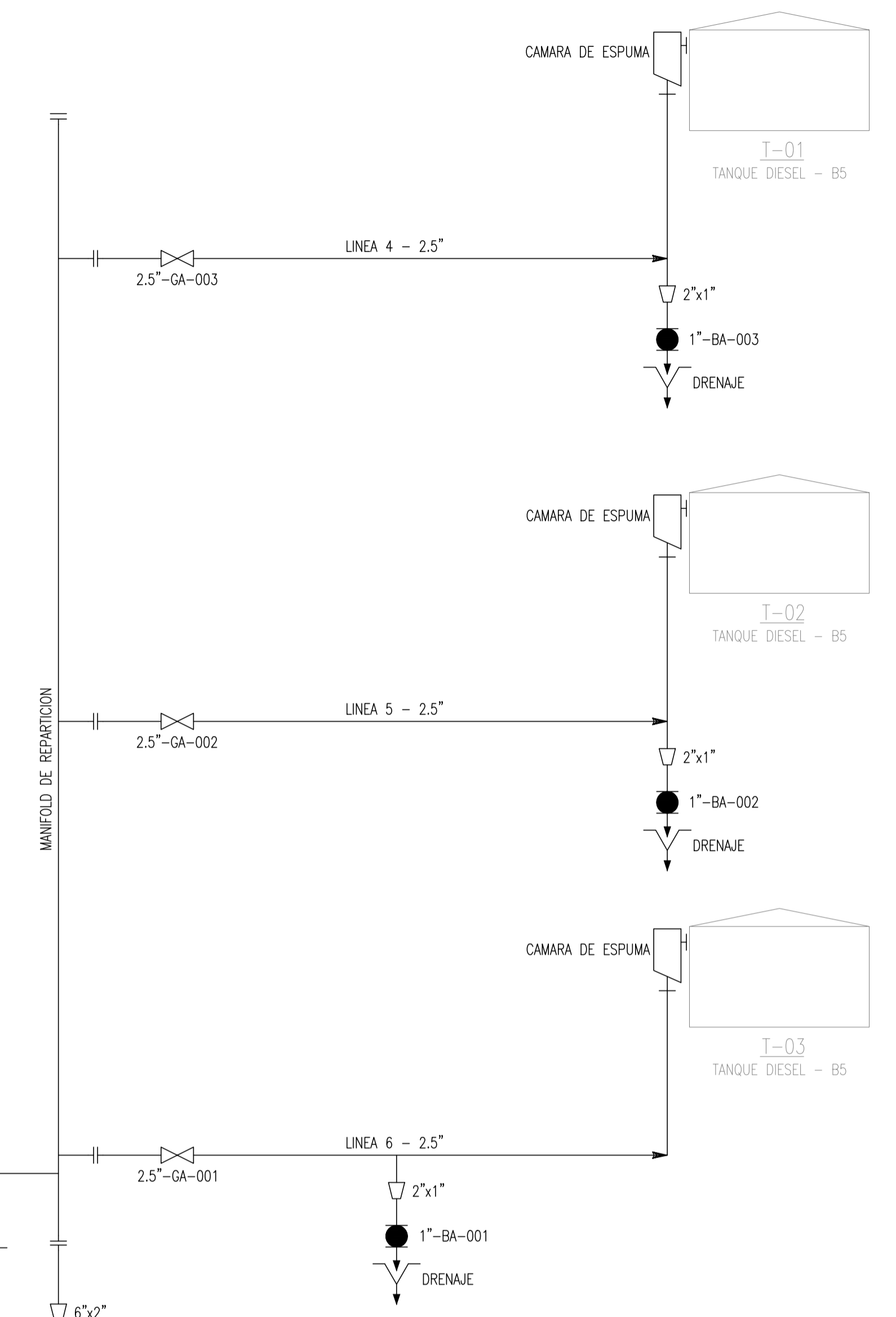
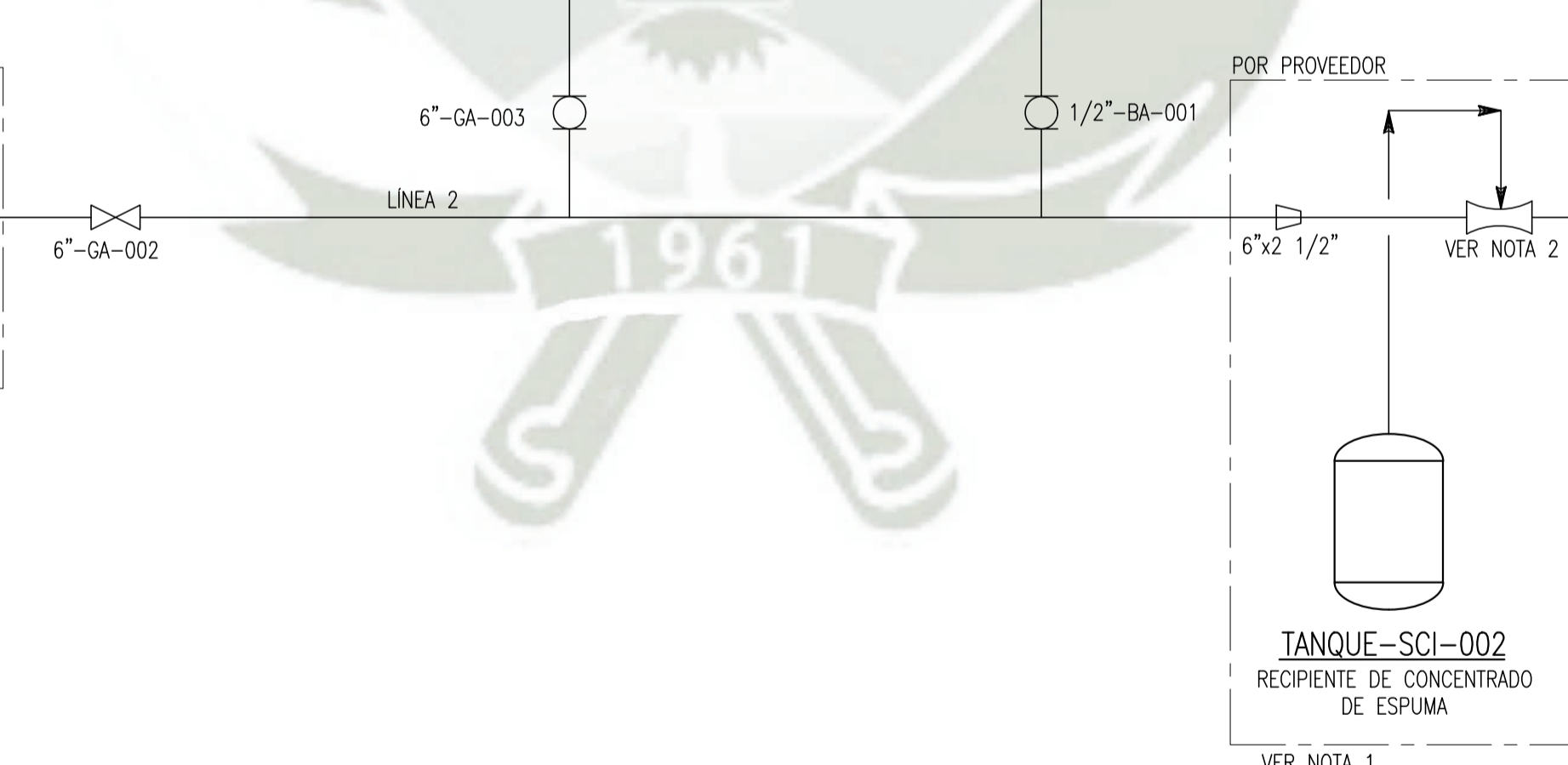
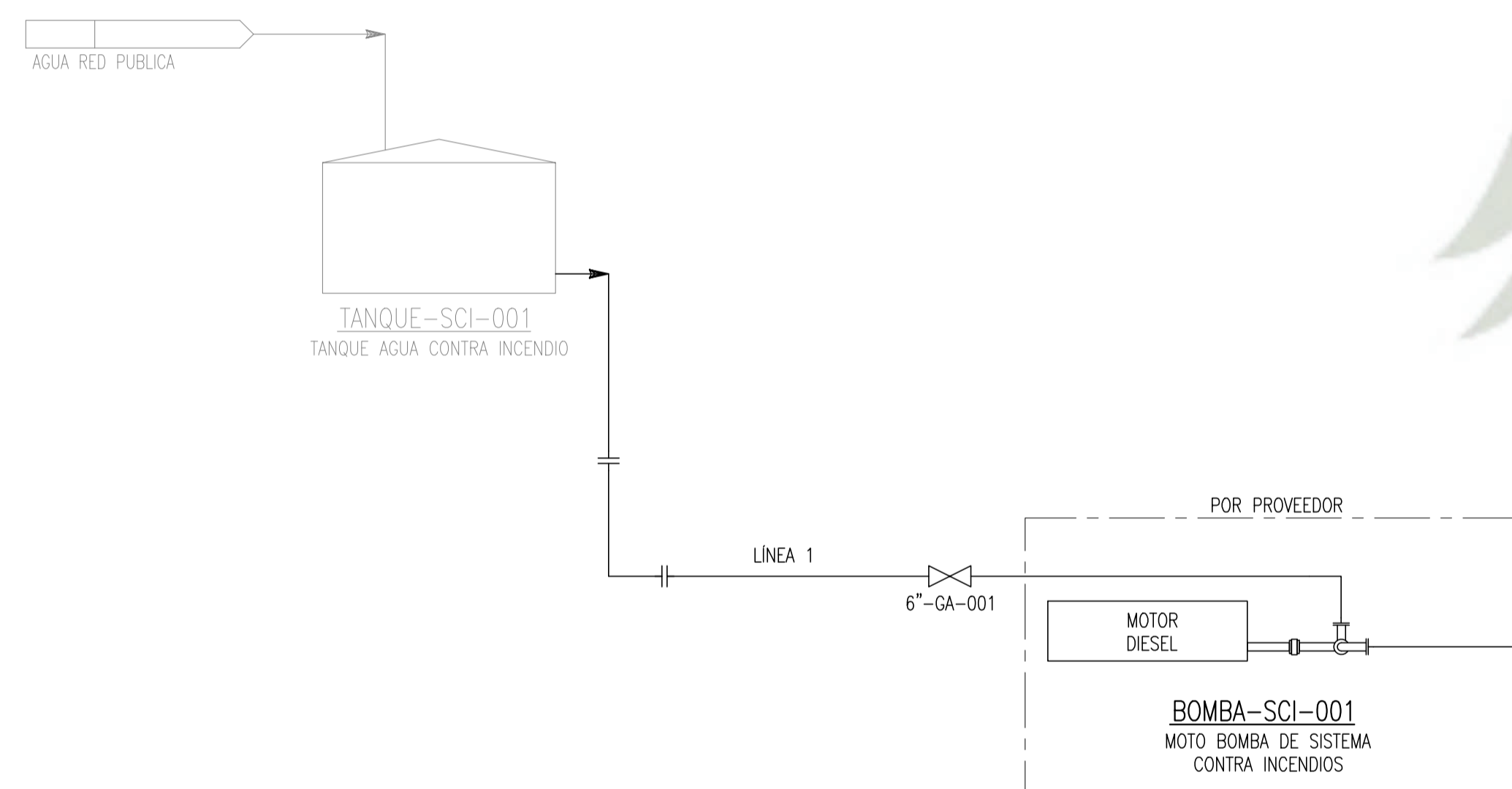
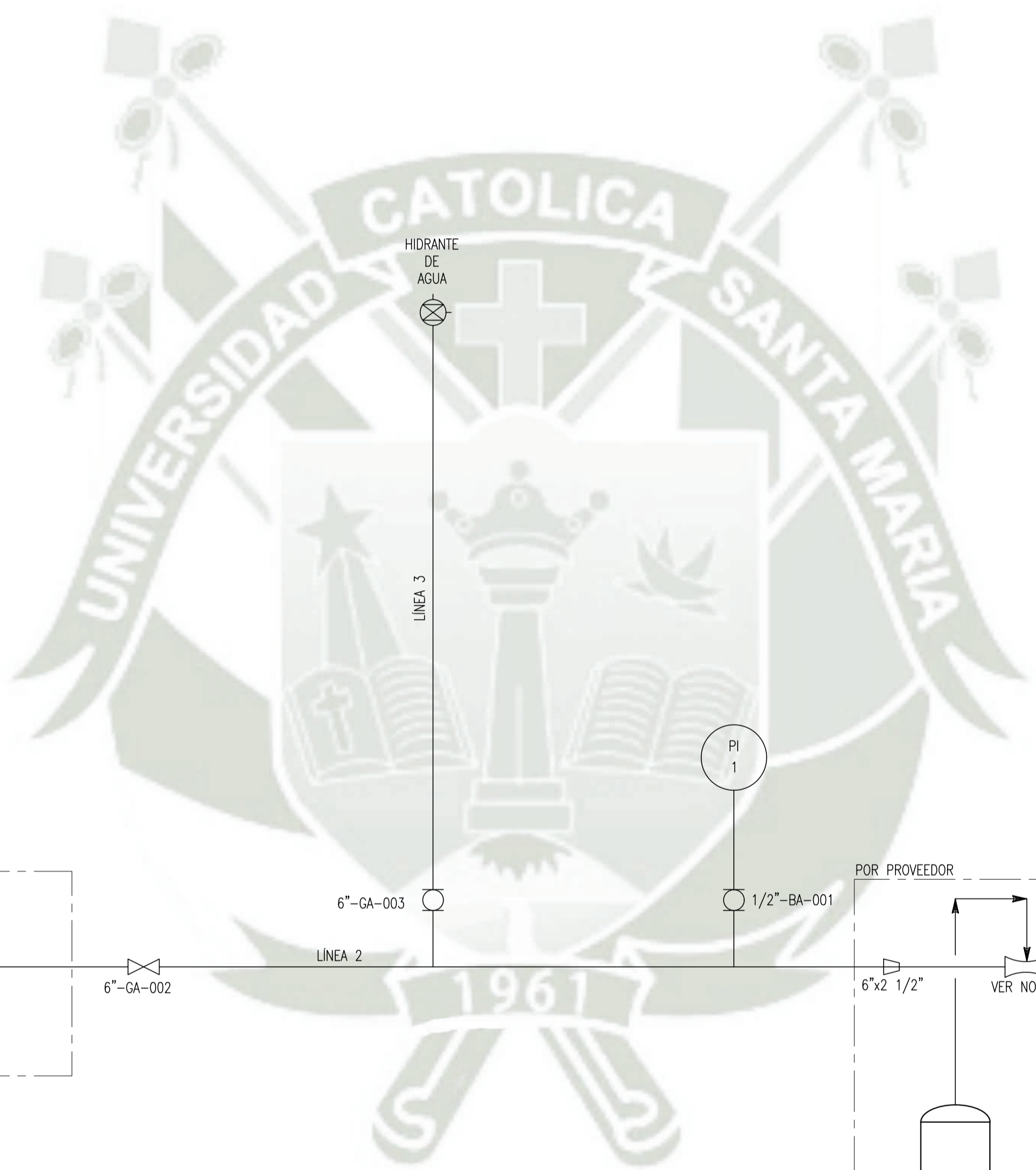
ESCALA METRICA 1:25

ESCALA METRICA 1:25



## Anexo 5. Diagramas de Procesos

ESCALA METRICA 1:25  
1:100  
1:25



**TANQUE-SCI-001**  
SERVICIO: ALMACENAMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIO  
CAPACIDAD NOMINAL: 110,000 GALONES  
PRESION DE DISEÑO: ATMOSFERICO  
MATERIAL: ACERO A-36

**TANQUE-SCI-002**  
SERVICIO: RECIPIENTE DE CONCENTRADO DE ESPUMA  
CAPACIDAD NOMINAL: 200 GALONES  
PRESION DE DISEÑO: ATMOSFERICO  
MATERIAL: POLIETILENO REFORZADO

LINEA	INICIO	FIN	CAUDAL	PRESION
1	TANQUE-SCI-001	BOMBA-SCI-001	555 GPM	12 PSI
2	BOMBA-SCI-001	MANIFOLD-001	555 GPM	110 PSI
3	MANIFOLD-001	HIDRANTE	500 GPM	110 PSI
4	MANIFOLD-001	TANQUE 1	55 GPM	110 PSI
5	MANIFOLD-001	TANQUE 2	55 GPM	110 PSI
6	MANIFOLD-001	TANQUE 3	55 GPM	110 PSI


- NOTAS:**
1. LOS DATOS DEL RECIPIENTE DE CONCENTRADO SE ACTUALIZARAN SEGUN INFORMACION VENDOR CERTIFICADA.
  2. EL DIAMETRO DEL PROPORCIONADOR DEBERA COORDINARSE CON LAS DIMENSIONES FINALES DEL EQUIPO.
  3. TODOS LOS DRENAJES HACIA EL PISO DE LOS TANQUES DEBEN SER DIRIGIDOS HACIA EL PUNTO BAJO DEL CANAL DE DRENAJE.
  4. SE CONSIDERÓ PENDIENTE DE 1% EN TODAS LAS LINEAS DEL PROYECTO PARA SU DRENAJE.
  5. NO SE CONSIDERÓ DATOS DE LA LINEA DE LLENADO DE TANQUE DE AGUA CONTRA INCENDIOS YA QUE NO SE CUENTA CON SUS DATOS.
  6. SE CONSIDERÓ EL USO DE 01 CAMARA DE ESPUMA Y EL HIDRANTE A LA VEZ. SI SE OPERARA LAS 03 CAMARAS DE ESPUMA A LA VEZ, LOS DATOS DE LA TABLA PRESENTADA VARIARIAN.

DATOS GENERALES	
DISEÑADO POR: JOSE ANDRINICH	FECHA : OCTUBRE 2018
DIBUJADO POR: JOSE ANDRINICH	FECHA : OCTUBRE 2018
ASESOR: JESUS DONAYRE	FECHA : OCTUBRE 2018
ASESOR: JORGE CASTRO	FECHA : OCTUBRE 2018
CLIENTE : UCSM	FECHA : OCTUBRE 2018

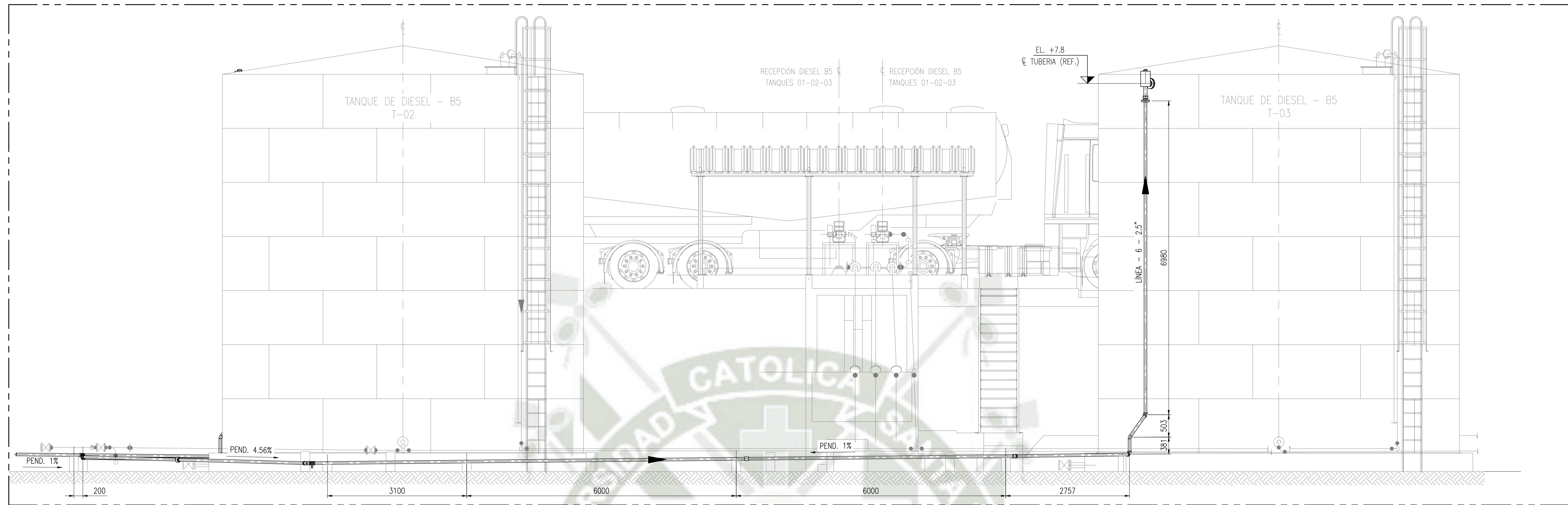


**Universidad Católica  
Santa María**  
AREQUIPA - PERU  
TESIS DE GRADO

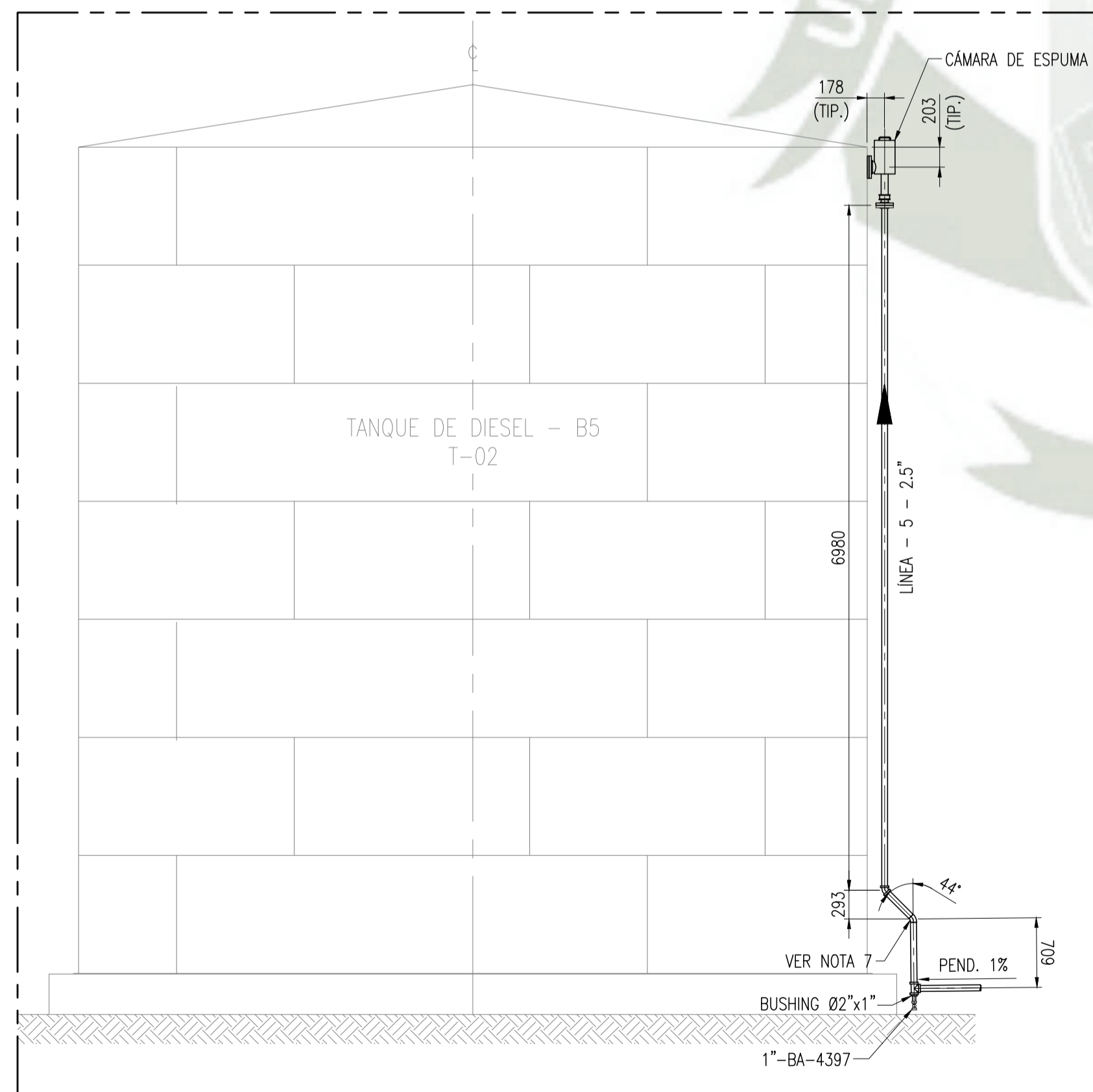
PLANO DIAGRAMA DE PROCESOS SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE COMBUSTIBLES DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD	ESCALA S/E	NUMERO DE PLANO PLANO-004	REV 0
--	---------------	------------------------------	----------



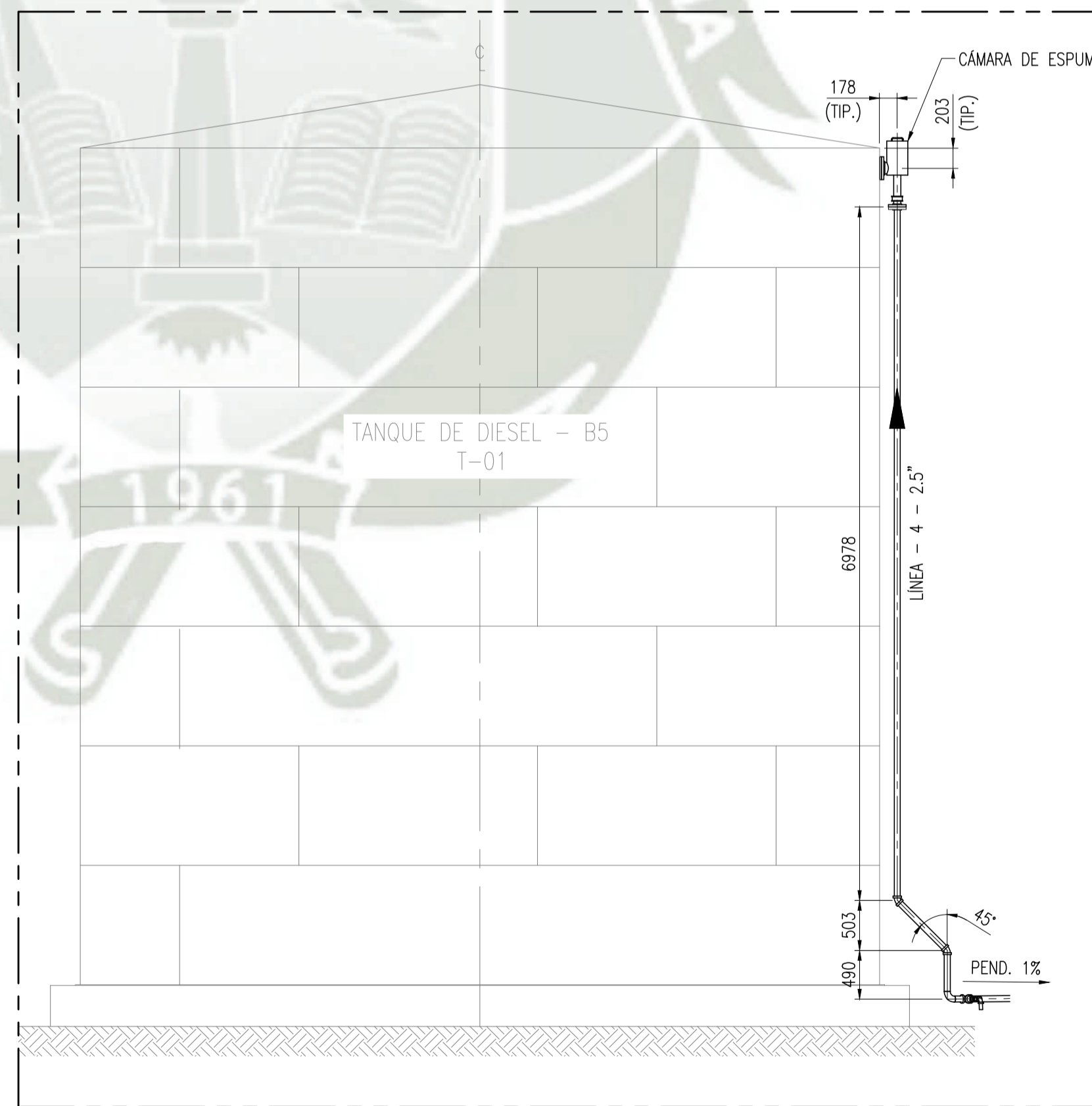
# **Anexo 6. Plano de Detalle Instalación Cámaras de Espuma Contraincendios**



DETALLE CAMARA DE ESPUMA TANQUE 03  
ESCALA 1:50



DETALLE CAMARA DE ESPUMA TANQUE 2  
ESCALA 1:50



DETALLE CAMARA DE ESPUMA TANQUE 1  
ESCALA 1:50

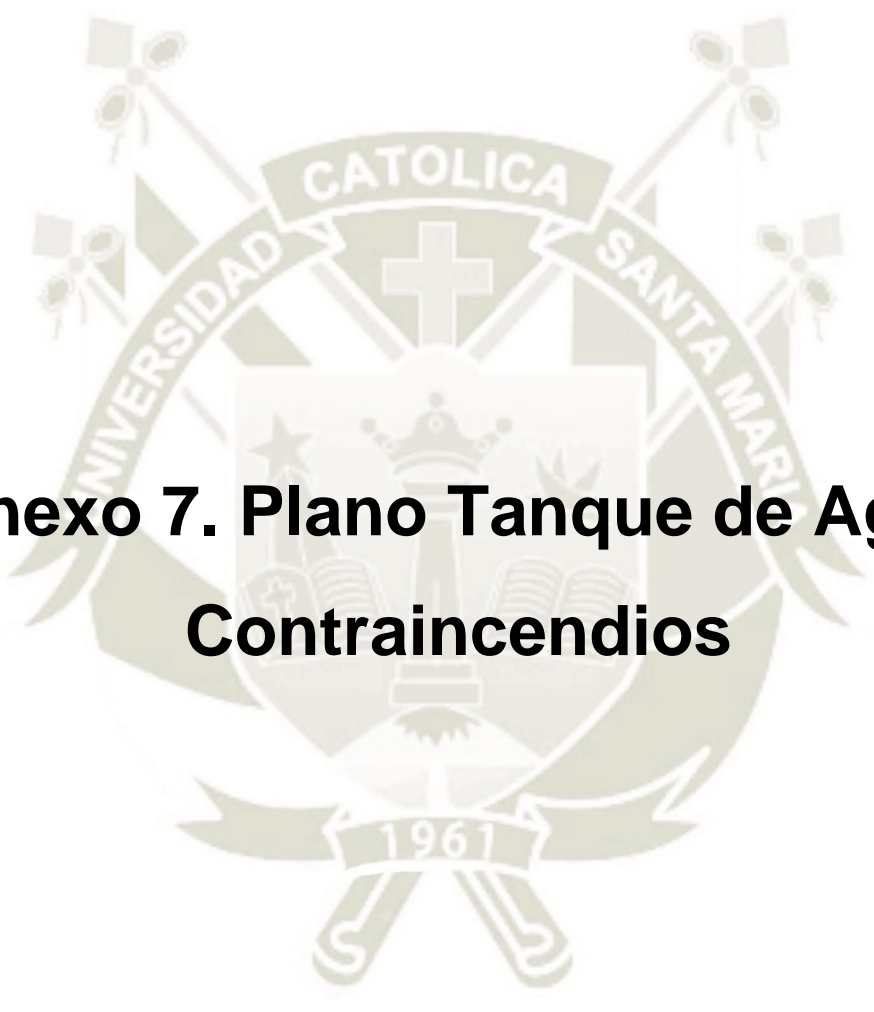
NOTAS:

1. TODAS LAS MEDIDAS ESTAN MILIMETROS Y ELEVACIONES EN METROS.
2. LOS SOPORTES DE TUBERIA VERTICAL PARA ACOMETIDA A CAMARAS DE ESPUMA DEBERAN SER DISEÑADOS POR LA DISCIPLINA CIVIL.
3. LA INFORMACION MOSTRADA EN ESTA LAMINA OBEDECE A LA ETAPA DE INGENIERIA BASICA.
4. LAS DIMENSIONES DE LAS CAMARAS DE ESPUMA DEBERAN SER VERIFICADAS DE ACUERDO A LOS CATALOGOS DE LOS PROVEEDORES.

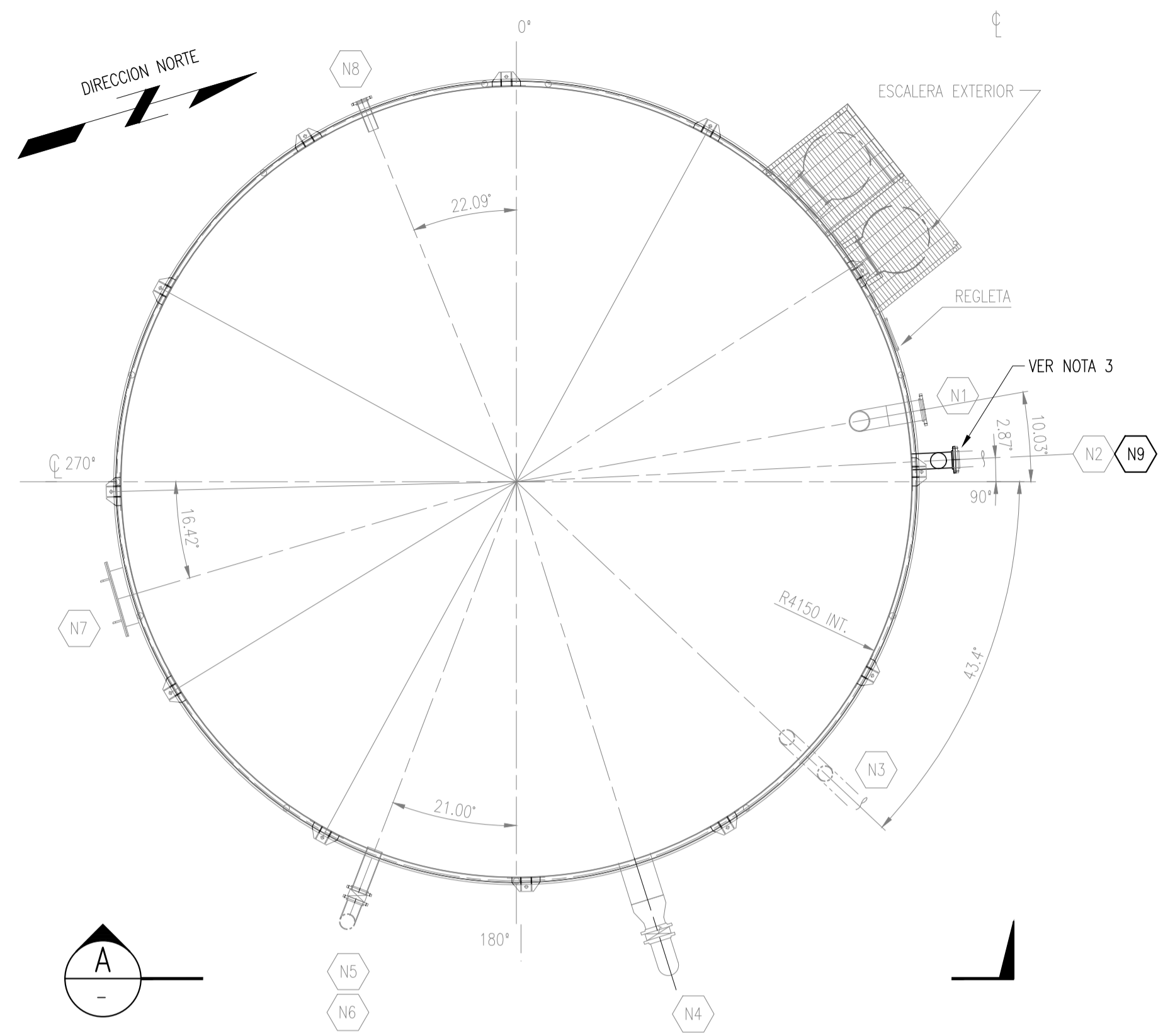
DATOS GENERALES		 <b>Universidad Católica Santa María</b> AREQUIPA - PERU TESIS DE GRADO
DISEÑADO POR: JOSE ANDRINICH	FECHA : OCTUBRE 2018	
DIBUJADO POR: JOSE ANDRINICH	FECHA : OCTUBRE 2018	
ASESOR: JESUS DONAYRE	FECHA : OCTUBRE 2018	
ASESOR: JORGE CASTRO	FECHA : OCTUBRE 2018	
CLIENTE : UCSM	FECHA : OCTUBRE 2018	
ESCALA INDICADA	NUMERO DE PLANO PLANO-005	REV 0

ESCALA METRICA 1:25

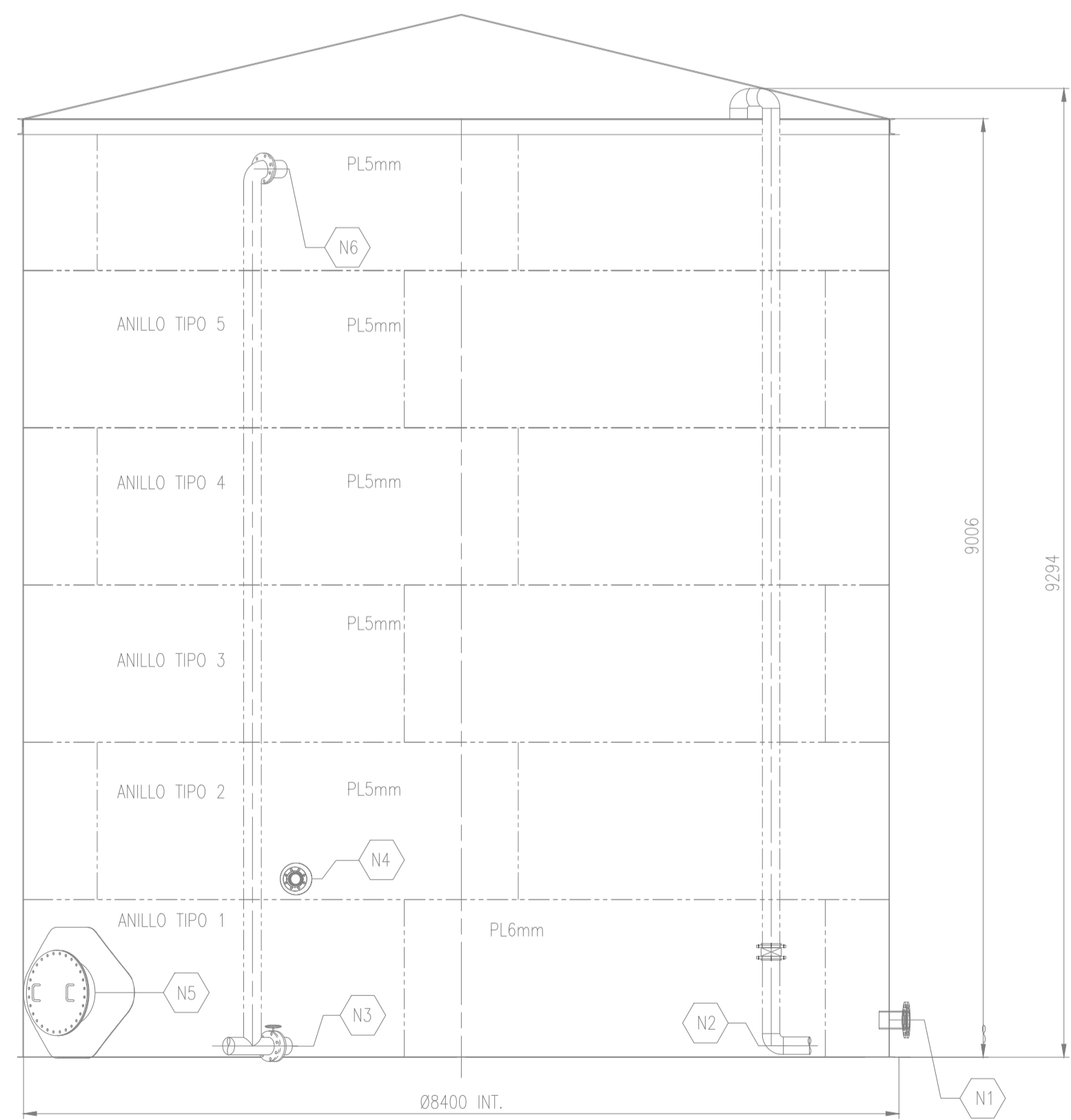
ESCALA METRICA 1:25



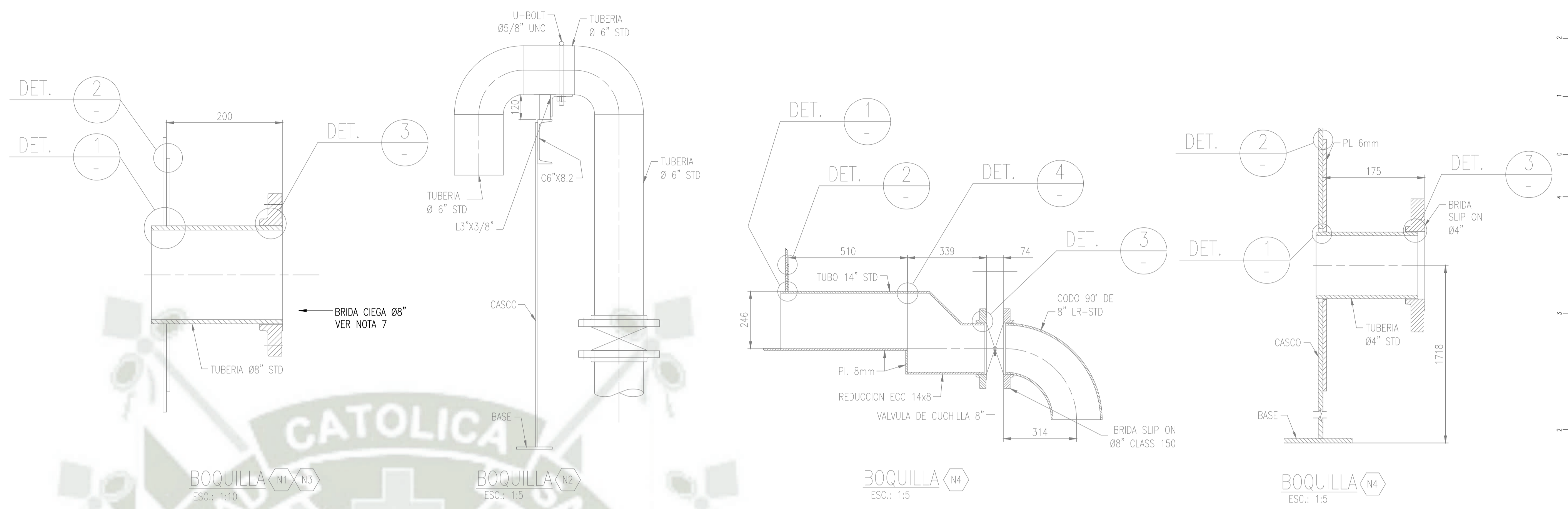
# Anexo 7. Plano Tanque de Agua Contraincendios



VISTA DE PLANTA  
ESCALA: 1:50



VISTA A  
ESCALA: 1:75

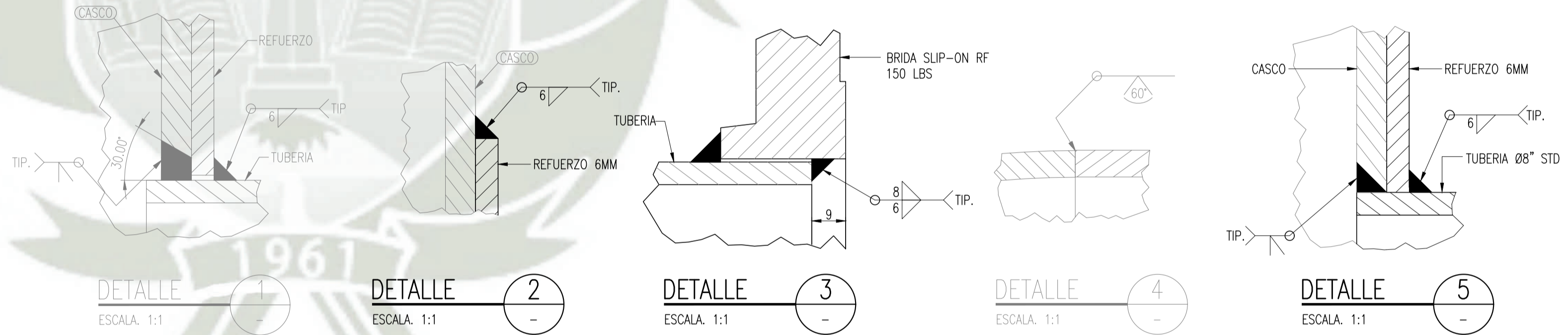


BOQUILLA N1, N3  
ESC.: 1:10

BOQUILLA N2  
ESC.: 1:5

BOQUILLA N4  
ESC.: 1:5

BOQUILLA N4  
ESC.: 1:5



DETALLE 1  
ESCALA: 1:1

DETALLE 2  
ESCALA: 1:1

DETALLE 3  
ESCALA: 1:1

DETALLE 4  
ESCALA: 1:1

DETALLE 5  
ESCALA: 1:1

NOTAS:

1. TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EN MILIMETROS SALVO INDICACION CONTRARIA.
2. LA INFORMACION MOSTRADA EN ESTA LAMINA OBEDECE A LA ETAPA DE INGENIERIA BASICA.
3. PARA LA ETAPA DE CONSTRUCCION REALIZAR PLANOS DE INGENIERIA DE DETALLE.
4. EL VOLUMEN REQUERIDO PARA EL NUEVO SISTEMA DE ESPUMA TANQUE B5 ZONA SUR SEGUN EL ESTUDIO DE RIESGO REALIZADO ES DE 108,000 GALONES CONSIDERANDO UN TIEMPO DE RESERVA DE 4 HORAS SEGUN LO ESTABLECIDO POR EL ART. 87 DEL D.S. 052-93-EM.

DATOS GENERALES		 <b>Universidad Católica Santa María</b> AREQUIPA - PERU TESIS DE GRADO
DISEÑADO POR: JOSE ANDRINICH	FECHA: OCTUBRE 2018	
DIBUJADO POR: JOSE ANDRINICH	FECHA: OCTUBRE 2018	
ASESOR: JESUS DONAYRE	FECHA: OCTUBRE 2018	
ASESOR: JORGE CASTRO	FECHA: OCTUBRE 2018	
CLIENTE: UCSM	FECHA: OCTUBRE 2018	
PLANO <b>TANQUE DE AGUA CONTRA INCENDIOS</b> <b>SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE</b> <b>COMBUSTIBLES DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD</b>		
ESCALA INDICADA	NUMERO DE PLANO PLANO-006	REV. 0



# **Anexo 8. Cálculo Hidráulico con Software AFT Fathom 9**

**Universidad Católica Santa María**

**Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales**

**Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica**



**“DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIO PARA 03 TANQUES DE  
ALMACENAMIENTO DE DIESEL B5 DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD  
TOTAL”**

**MEMORIA DE CALCULO CON SOFTWARE AFT FATHOM 9**

**ELABORADO POR: JOSE ANDRINICH HERRERA**

**REVISADO POR: JESUS DONAYRE**

**FECHA: 13 DE OCTUBRE 2018**

**AREQUIPA – PERÚ**

**2018**

## 1. OBJETIVO

El presente documento contiene información sobre el cálculo realizado en el Software AFT FATHOM 9 con la finalidad de verificar los cálculos realizados siguiendo las teorías y recomendaciones del libro de “Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas” del autor Claudio Mataix.

## 2. PARAMETROS DE DISEÑO

### 2.1 Características del Fluido

Gravedad Específica: 1000 kg/m<sup>3</sup>.

Cantidad de Sólidos: 0.02% (agua potable de red pública).

Temperatura del Fluido: 15.0 °C.

Velocidades recomendadas:

### 2.2 Características del sistema

Diámetro tuberías: 2.5 pulgadas, 4 pulgadas, 5 pulgadas y 6 pulgadas.

Material de tuberías: Acero al Carbono según API 5L.

## 3. CONSIDERACIONES

3.1 Los cálculos hidráulicos han sido realizados considerando la fórmula de Hazen Williams.

3.2 Se ha considerado una eficiencia de bomba del 60%, teniendo en cuenta que este es un valor solamente referencial y que puede variar según las diferentes marcas de este equipo.

3.3 Se han considerado escenarios en los que se tiene la presión de tubería fija y también escenarios con caudal en cada punto de salida como valores fijos.

3.4 Se considera para el cálculo hidráulico el escenario más crítico respecto a la bomba y nivel de agua en el tanque, es decir tanque casi vacío.

3.5 Los valores iniciales de presión y caudal introducidos al software han sido tomados del cálculo realizado en la tesis.

3.6 Los valores del factor K para los accesorios de tubería que han sido ingresados manualmente se han determinado según las recomendaciones del manual de Crane Apéndice A.

#### 4. ESCENARIOS DE CALCULO

##### 4.1 Escenario 1:

En el escenario 1 se ha ensayado el cálculo hidráulico indicando como valores fijos las presiones en las salidas según el escenario más crítico identificado en la tesis, el cual indica la operación en paralelo del hidrante con 500gpm a 100psi y de 01 cámara de espuma con 55gpm a 40psi como mínimo.

Las líneas punteadas en el esquema identifican a las líneas sin flujo de agua.

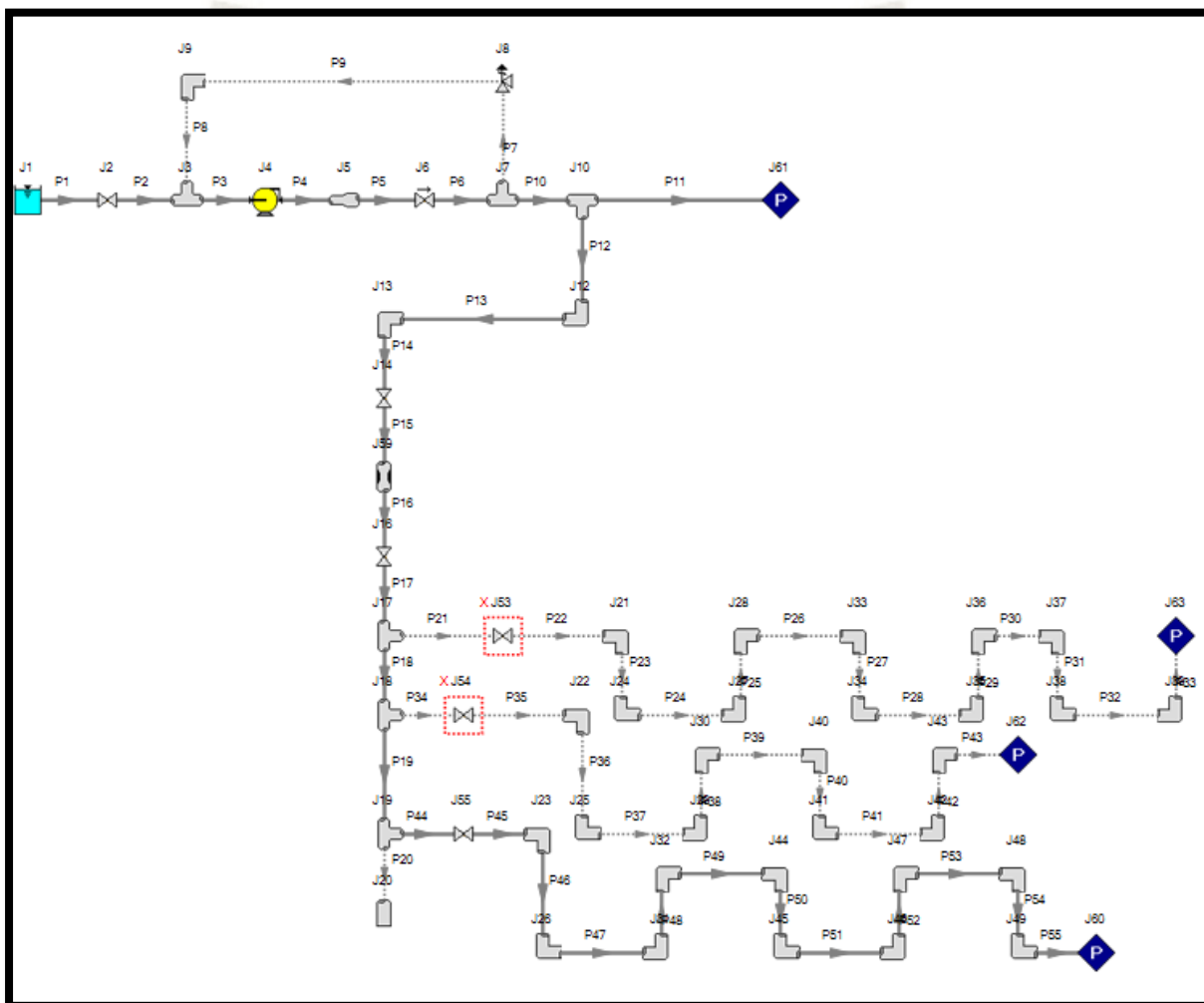


Imagen 1.- Escenario 1

Para el caso de la bomba se definió el caudal fijo de 555gpm.

Los resultados de este escenario son los siguientes:

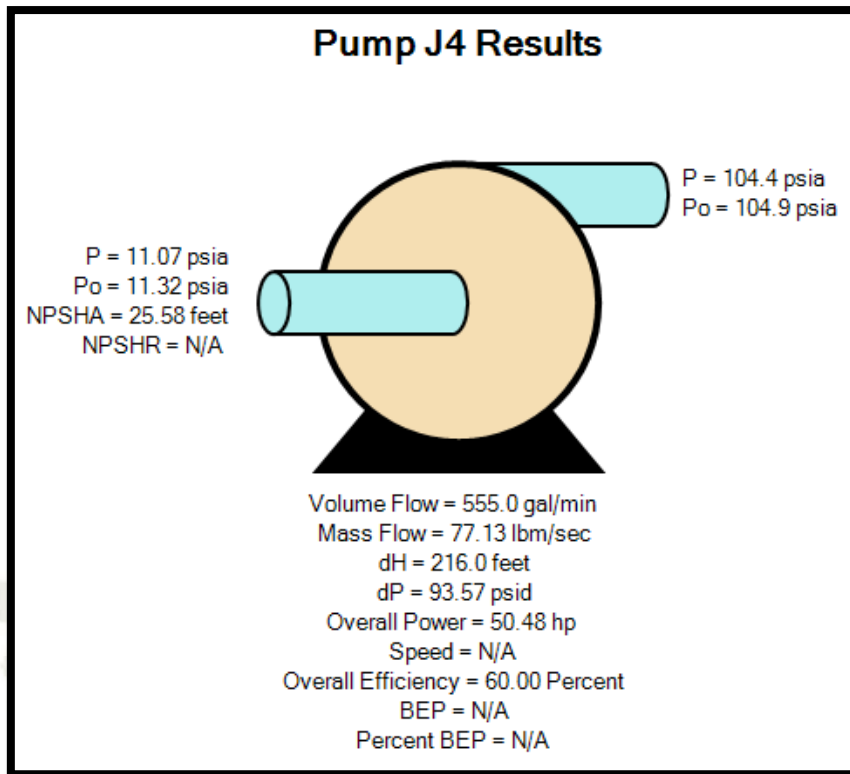


Imagen 2.- Datos sugeridos para bomba escenario 1

Jct	Results Diagram	Name	Vol. Flow (gal/min)	Mass Flow (lbm/sec)	dP (psid)	dH (feet)	Overall Efficiency (Percent)	Speed (Percent)	Overall Power (hp)	BEP (gal/min)	% of BEP (Percent)	NPSHA (feet)	NPSHR (feet)
4	Show	Pump	555.0	77.13	93.57	216.0	60.00	N/A	50.48	N/A	N/A	25.58	N/A

Imagen 3. Potencia sugerida según escenario 1

Pump	Name	P Static In (psia)	P Static Out (psia)	P Stag. In (psia)	P Stag. Out (psia)	Vol. Flow Rate Thru Jct (gal/min)	Mass Flow Rate Thru Jct (lbm/sec)	Loss Factor (K)
4	Pump	11.07	104.364	11.32	104.897	555.00	77.132	0.00000

Imagen 4.- Máxima presión a la salida de la bomba

Assigned Pressure	Name	P Static In (psia)	P Static Out (psia)	P Stag. In (psia)	P Stag. Out (psia)	Vol. Flow Rate Thru Jct (gal/min)	Mass Flow Rate Thru Jct (lbm/sec)	Loss Factor (K)
60	Assigned Pressure	50.00	50.000	50.00	50.000	0.00	0.000	0.00000
61	Assigned Pressure	100.00	100.000	100.48	100.484	528.57	73.459	0.00000
62	Assigned Pressure	50.00	50.000	50.00	50.000	0.00	0.000	0.00000
63	Assigned Pressure	50.00	50.000	50.02	50.021	26.43	3.673	0.00000

Imagen 5.- Datos de presión y caudal a las salidas

#### 4.2 Escenario 2:

En el escenario 2 se ha ensayado el cálculo hidráulico indicando como valores fijos los caudales en las salidas según el escenario más crítico identificado en la tesis, el cual indica la operación en paralelo del hidrante con 500gpm a 100psi y de 01 cámara de espuma con 55gpm a 40psi como mínimo.

Las líneas punteadas en el esquema identifican a las líneas sin flujo de agua.

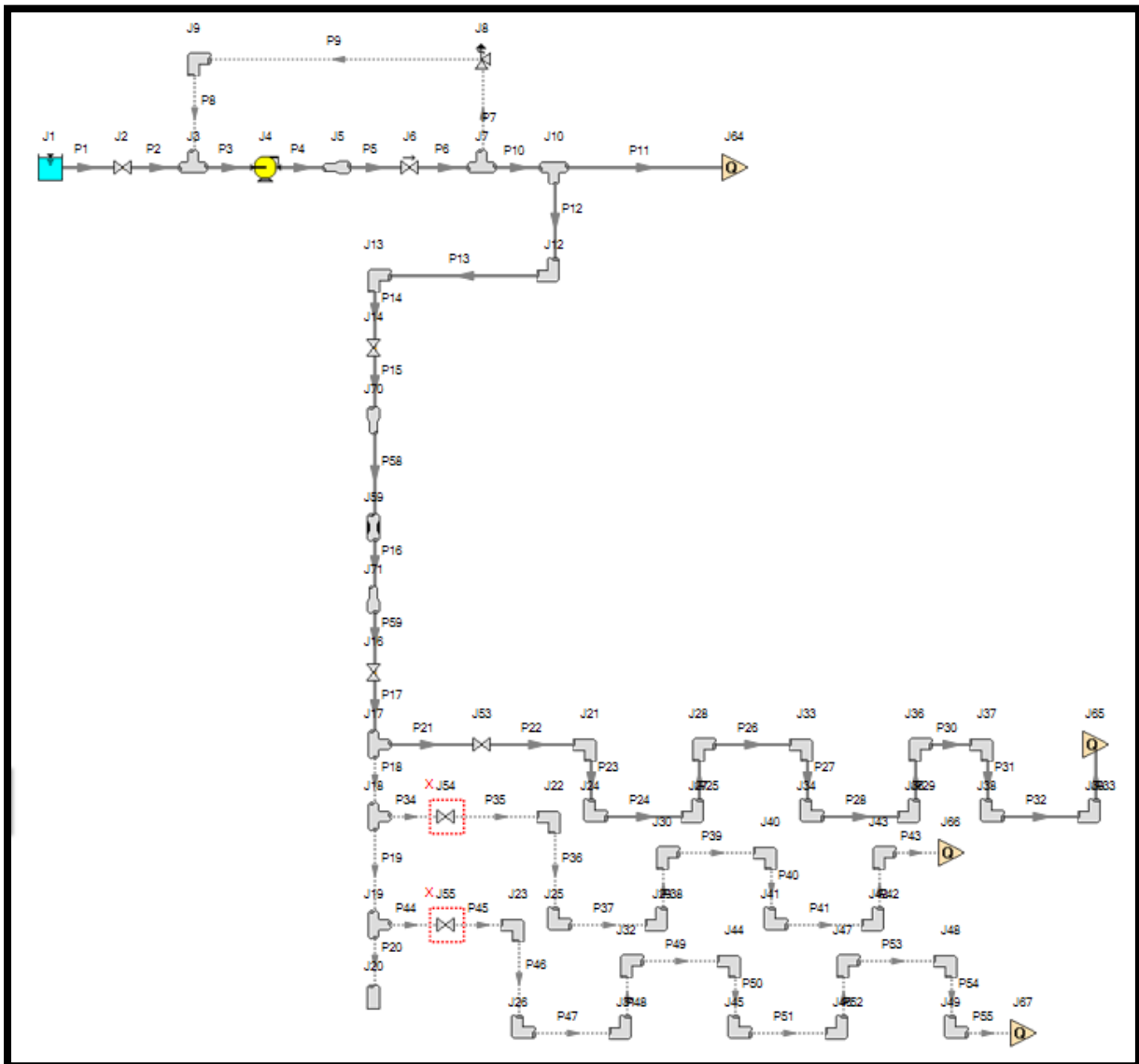


Imagen 6.- Esquema de escenario 2

Para el caso de la bomba se definió una presión fija de 107psi.

Los resultados de este escenario son los siguientes:

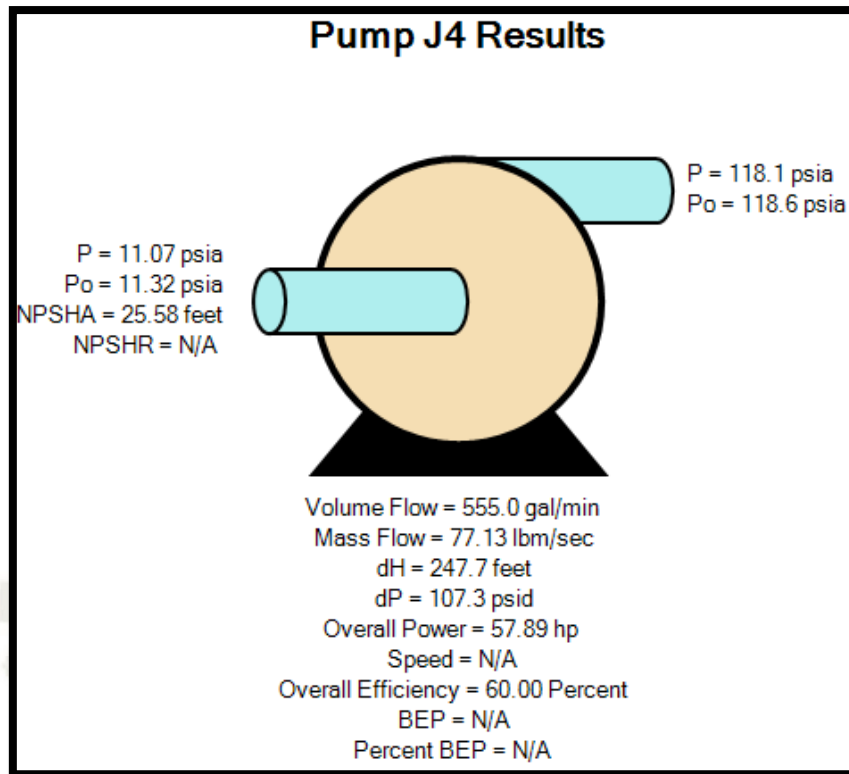


Imagen 7.- Datos Sugeridos para la bomba según escenario 2

Jct	Results Diagram	Name	Vol. Flow (gal/min)	Mass Flow (lbm/sec)	dP (psid)	dH (feet)	Overall Efficiency (Percent)	Speed (Percent)	Overall Power (hp)	BEP (gal/min)	% of BEP (Percent)	NPSHA (feet)	NPSHR (feet)
4	Show	Pump	555.0	77.13	107.3	247.7	60.00	N/A	57.89	N/A	N/A	25.58	N/A

Imagen 8.- Potencia sugerida para la bomba según escenario 2

Pump	Name	P Static In (psia)	P Static Out (psia)	P Stag. In (psia)	P Stag. Out (psia)	Vol. Flow Rate Thru Jct (gal/min)	Mass Flow Rate Thru Jct (lbm/sec)	Loss Factor (K)
4	Pump	11.07	118.089	11.32	118.623	555.00	77.132	0.00000

Imagen 9.- Máxima presión a la salida de la bomba

Assigned Flow	Name	P Static In (psia)	P Static Out (psia)	P Stag. In (psia)	P Stag. Out (psia)	Vol. Flow Rate Thru Jct (gal/min)	Mass Flow Rate Thru Jct (lbm/sec)	Loss Factor (K)
64	Assigned Flow	114.44	114.437	114.86	114.864	500.00	69.489	0.00000
65	Assigned Flow	57.53	57.529	57.62	57.621	55.00	7.644	0.00000
66	Assigned Flow	No Solution	No Solution	No Solution	No Solution	0.00	0.000	0.00000
67	Assigned Flow	No Solution	No Solution	No Solution	No Solution	0.00	0.000	0.00000

Imagen 10.- Datos de presión y caudal a las salidas

## 5. RESULTADOS FINALES

Después de haber simulado 02 escenarios diferentes y analizar los resultados obtenidos en cada uno de ellos, hemos identificado los valores más críticos de potencia y ADT requeridos para la bomba, así como las pérdidas en las tuberías y accesorios.

Para la bomba, los valores a considerar deben ser:

ITEM	EQUIPO	ADT (PSI)	POTENCIA (HP)	EFICIENCIA MINIMA
1	BOMBA SCI	107	57.89	60%

Los valores de caudal y presiones en cada una de las salidas del sistema serían:

Línea	Inicio	Fin	Presión 1 (psi)	Presión 2 (psi)	Diferencial (psi)	Caudal (gpm)
1	Tanque	Bomba	11.06	10.84	0.22	555
2	Bomba	Manifold	118.1	116.7	1.4	555
3	Manifold	Hidrante	116.6	114.9	1.7	500
4	Manifold	TK-1	116.6	57.62	58.98	55
5	Manifold	TK-2	116.6	59.75	56.85	55
6	Manifold	TK-3	116.6	59.57	57.03	55

## 6. CONCLUSIONES

6.1 Los valores calculados en la tesis y los del software son muy cercanos, por lo que concluimos que son correctos.

6.2 El sistema no cuenta con restricciones o modificaciones en los parámetros de funcionamiento de las válvulas instaladas en las líneas del sistema.

6.3 Los diámetros de tuberías han sido correctamente seleccionados y se respetan las velocidades máximas y mínimas recomendadas.



# **Anexo 9. Hoja de Cálculo Tanque Contraincendios según API 650**



**UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARÍA**

**TESIS DE GRADO**

**DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIO PARA 03 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE  
DIESEL B5 DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD TOTAL**

**MC-01**

**MEMORIA DE CÁLCULO  
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIO**

**Rev. 0**

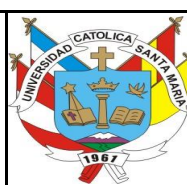
APROBADO POR:

Elaborado por: José Andrinich Herrera

Fecha: 11 de Octubre, 2018

Revisión	Hecho por:	Descripción	Fecha	Revisado	Aprobado
0	J. Andrinich H.	Adjunto de tesis	11/10/2018	J. Donayre	J. Donayre

COMENTARIOS DEL CLIENTE:

MC-01  Rev. 0	<p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA</b> <b>DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE</b> <b>ALMACENAMIENTO DE DIESEL B5 DE 330,000 GALONES DE</b> <b>CAPACIDAD TOTAL</b> <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b> <b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIO</b></p>	
---------------------	---	---

INDICE

	Página.
1.0 OBJETIVO	3
2.0 PARÁMETROS DE DISEÑO	3
2.1 CARACTERÍSTICAS DEL FLUIDO	3
2.2 CARACTERÍSTICAS DEL TANQUE	3
3.0 CONSIDERACIONES	3
3.1 GENERALES	3
3.2 NIVELES DE OPERACIÓN DEL TANQUE	4
4.0 RESULTADOS	4
5.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	4
6.0 REFERENCIAS	4
7.0 TANQUE DE AGUA CONTRA INCENDIO H-495-TK-1441	5

MC-01  Rev. 0	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL B5 DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD TOTAL  MEMORIA DE CÁLCULO TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIOS	
---------------------	---	--

### 1.0 OBJETIVO

El presente cálculo tiene por objetivo dimensionar el tanque de almacenamiento para el agua contra incendios. Este tanque se ubicará a 2700 msnm y deberá ser capaz de almacenar el volumen de agua residual según lo indica en los documentos anteriores (110,000 galones mínimo).

### 2.0 PARÁMETROS DE DISEÑO

#### 2.1 CARACTERÍSTICAS DEL FLUIDO

**Agua Fresca**  
Gravedad específica: 1.00  
Cantidad de sólidos: 0.02%

#### 2.2 CARACTERÍSTICAS DEL TANQUE

Tag Tanque	Tipo	Función	Fluido	Caudal de suministro (gpm)	Duración del servicio (minutos)	Volumen neto (gal)	Volumen neto (m <sup>3</sup> )
TANQUE-SCI-001	Vertical - techo cónico	Tanque de Almacenamiento	Agua Fresca	237.8	480	114122.30	432.00

**Nota:** Los valores del caudal y tiempo de duración del suministro de agua contra tratada fueron asumidos para el proyecto.

Caudal de llenado del tanque: 15 l/s (dato asumido) Caudal supuesto, verificar según zona de instalacion  
237.8 gpm

### 3.0 CONSIDERACIONES


#### 3.1 GENERALES

- 3.1.1 El dimensionamiento del tanque ha sido efectuado tomando en cuenta las indicaciones de la norma API 650 (para tanques atmosféricos).
- 3.1.2 El tanque estará conformado por planchas de acero estructural ASTM A36 de 1.5 m de ancho por 6.0 m de longitud. De acuerdo con lo mencionado las dimensiones del tanque, en lo posible, serán múltiplos de estas planchas a fin de emplearlas enteras o fraccionadas.
- 3.1.3 Se han considerado los siguientes niveles de fluido (ref. API 650, párrafo 5.2.6.3), los cuales se mencionan a continuación:
  - Nivel bajo: Es el nivel mínimo de operación del tanque.
  - Nivel bajo - bajo: Nivel de alerta donde se indica la baja cantidad de fluido en el tanque y se efectuará la parada del sistema de bombeo que succiona del tanque (protección de la bomba).
  - Nivel alto: Es aquel nivel a partir del cual deberá cesar el proceso de llenado del tanque.
  - Nivel de sobrellenado: Es aquel nivel de fluido a partir del cual el líquido empieza a rebalsarse del tanque a través de la boquilla de rebose.
- 3.1.4 La capacidad neta del tanque está contemplada entre el nivel bajo y el nivel alto (432 m<sup>3</sup>).
- 3.1.5 La altura de nivel bajo - bajo del fluido se ha estimado con el fin de evitar el ingreso de aire a la bomba.
- 3.1.6 Las siguientes alturas han sido consideradas en base al diámetro de boquilla y a los valores que figuran en la Tabla 5-6b, API 650:
  - Altura boquilla del fondo: entre el centro de la boquilla de descarga y fondo del tanque.
  - Altura boquilla parte superior: entre el centro de la boquilla de rebose y parte superior del tanque.
- 3.1.7 El tanque tendrá una boquilla de ingreso y salida para los fluidos que almacena.
- 3.1.8 Se han considerado los límites mínimos según los siguientes valores:
  - Ángulo de inclinación del techo: entre 9.5° y 37°, pendiente entre 2:12 a 9:12, según 5.10.5.1 API 650.
  - Espesor mínimo de placa de techo: 3/16" (5 mm), según párrafo 5.10.2.2, API 650.
  - Espesor mínimo de placa de fondo: 1/4" (6 mm), según párrafo 5.4.1, API 650.
- 3.1.9 Para el cálculo del espesor de diseño del casco  $t_d$  se han considerado una tolerancia a la corrosión de 1/16". En caso que el espesor obtenido  $t_d$  sea menor al mínimo requerido por API 650, se elegirá este último mas la tolerancia a la corrosión.

#### 3.2 NIVELES DE OPERACIÓN DEL TANQUE

- 3.2.1 Tanque-SCI-001 (Tanque de almacenamiento de Agua Contra Incendios)

Nivel considerado	Comentarios
Nivel alto	Indica el nivel máximo correspondiente a la capacidad neta de líquido. En este nivel se deberá detener el proceso de llenado del tanque.
Nivel sobrellenado	Nivel en donde estará ubicada la boquilla de rebose.
Nivel bajo	Indica el nivel mínimo correspondiente a la capacidad neta de líquido. En este nivel se activa la primera alarma para indicar que el volumen de agua en el tanque está disminuyendo y llegará al nivel bajo - bajo.
Nivel bajo - bajo	Una alarma indicará que se alcanzó este nivel y detendrá la bomba de descarga del tanque.

MC-01  Rev. 0	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL B5 DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD TOTAL  MEMORIA DE CÁLCULO TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIOS	
---------------------	---	---

#### 4.0 RESULTADOS


Tag Tanque	Capacidad máxima (m <sup>3</sup> )	Número de anillos	Diámetro (m)	Altura (m)	Espesor mínimo calculado (mm)	Espesor mínimo recomendado (mm)	Peso Total del Tanque vacío (kg)	Peso Total del Tanque lleno (kg)
Tanque-SCI-001	457.30	6	8.30	9.00	6.35	8.00	33429.29	490733.87

#### 5.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 5.1 Para el valor del espesor del casco del tanque se han considerado espesores comerciales.
- 5.2 De acuerdo con el párrafo 5.6.1.1 de API 650, el espesor requerido deberá ser mayor que el espesor de diseño del casco incluyendo tolerancia a la corrosión o el espesor del casco para prueba hidrostática. Para un tanque cuyo diámetro sea menor de 15 m y mayor que 3.2 m, el espesor mínimo de las planchas superiores debe ser de 5 mm (3/16") y el espesor mínimo de la plancha más baja se incrementará a 6 mm (1/4"). De esta manera se tendrán los siguientes espesores:  
Espesor de plancha, anillos del casco del tanque: Se obtuvo un espesor de 5 mm (3/16"); para el anillo inferior del casco se ha considerado un espesor de 1/4".  
Por temas de fabricación se recomienda utilizar plancha de 1/4" para todo el casco del tanque.
- 5.3 Los volúmenes de cada nivel de operación fueron asumidos según los datos descritos en la memoria descriptiva del proyecto, de esta forma permitirán proteger los equipos de bombeo así como controlar el llenado del tanque.
- 5.4 Anclajes: Se considerarán anclajes de acuerdo a lo obtenido por el análisis sísmico, el cual representa el caso más crítico.
- 5.5 La presente memoria de cálculo tiene como objetivo determinar el dimensionamiento del tanque. El diseño detallado para fabricación será de entera responsabilidad del fabricante.

#### 6.0 REFERENCIAS

API Estándar 650

MC-01  Rev. 0	<b>UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA</b> <b>DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE</b> <b>ALMACENAMIENTO DE DIESEL B5 DE 330,000 GALONES DE</b> <b>CAPACIDAD TOTAL</b> <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b> <b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIO</b>	
---------------------	---	---

**7.0 TANQUE DE AGUA CONTRA INCENDIO H-495-TK-1441**

**A) DIMENSIONES: DIÁMETROS Y ALTURAS**

**Diámetros**

Diámetro Interior del Tanque, D	8.30 m
Diám. int. boquilla de descarga (diam. nominal: 5 pulg)	4.760 pulg
Diám. int. boquilla de sobrellenado (diam. nominal: 8 pulg)	7.761 pulg

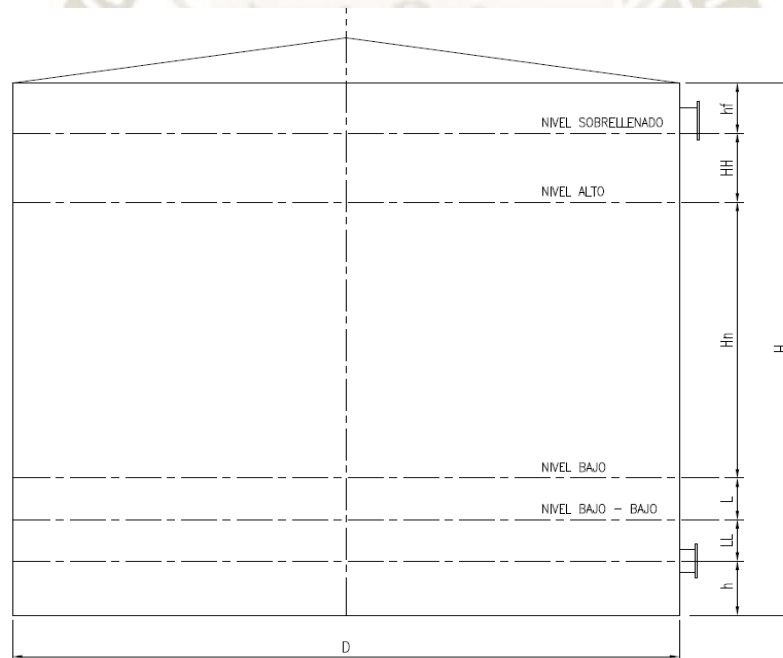
**Altura de nivel de operación (Fondo del Tanque)**

Altura mínima del fondo del tanque al centro de boquilla de descarga, h	0.35 m	(Referencia: API 650, Tabla 5-6 a)
Altura mínima del centro de la boquilla de descarga al nivel bajo - bajo, LL	0.10 m	Dato asumido
Altura mínima del nivel bajo a nivel bajo - bajo, L	0.10 m	Dato estimado en base a la capacidad neta
Altura para capacidad neta de trabajo: nivel alto - nivel bajo, H <sub>n</sub>	7.80 m	Dato estimado en base a la capacidad neta


**Altura de nivel de operación (Parte superior del Tanque)**

Altura mínima del nivel de sobrellenado, HH	0.10 m	Dato asumido
Altura para instalación de boquilla de sobrellenado, h <sub>r</sub>	0.55 m	

**Altura Total del casco, H** **9.00 m**



Sketch Tanque TK-01

MC-01  Rev. 0	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL B5 DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD TOTAL MEMORIA DE CÁLCULO TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIO	
---------------------	---	---

**7.0 TANQUE DE AGUA CONTRA INCENDIO H-495-TK-1441**  
**B) CAPACIDADES Y TIEMPOS DE OPERACIÓN**

Volúmen del consumo a condiciones de operación normales, $V_n$	422.03 m <sup>3</sup>	111647.47	galones
Volúmen del nivel bajo, $V_L$	5.4 m <sup>3</sup>		
Volumen mínimo de nivel de sobrellenado, $V_{HH}$	5.4 m <sup>3</sup>		
Tiempo de consumo de $V_n$ , $T_L$	469 minutos		
Tiempo de consumo nivel bajo, $T_L$	6 minutos		
Tiempo de llenado nivel de rebose, $T_{HH}$	6 minutos		
<b>Capacidad de trabajo neta, <math>V_N</math></b>	<b>422.03 m<sup>3</sup></b>	<b>111647.47</b>	<b>galones</b>
<b>Capacidad máxima, <math>V_{MÁX}</math></b>	<b>457.30 m<sup>3</sup></b>	<b>120980.05</b>	<b>galones</b>

**C) GEOMETRIA DEL TANQUE**

Ancho plancha	1.50 m	Norma	API 650 - 2010
Longitud plancha	6.00 m	Pendiente máx. Fondo	Fondo plano
Cant. horiz	4.50	Velocidad del viento	100.00 Km/h
Cant. vert	6.50		62.50 mph
Cant. total planchas	29.3 (aprox.)		
Diámetro del tanque	8.30 m		
Altura del casco	9.00 m		

**D) DATOS DE DISEÑO**

Gravedad específica del líquido	1.00	Agua Fresca
Densidad del acero	7,850.00	kg/m <sup>3</sup>
Margen por corrosión	1/16	pulg
Margen por corrosión en el fondo	1/16	pulg
Diámetro del tanque, D	27.39	pies
Altura total del tanque, H	29.71	pies
Número de anillos	6	
Material	A-36	
Mínimo esfuerzo de fluencia	36000	psi
Esfuerzo permisible por diseño, Sd	23200	psi
Esfuerzo permisible por prueba, St	24900	psi
Altura del primer anillo	60	pulg
Radio nominal del tanque, r	164.34	pulg
Espesor mínimo del casco	0.1875	pulg

Según API 650 - 2010 Tabla 5.2b  
Según API 650 - 2010 Tabla 5.2b  
Según API 650 - 2010 Tabla 5.2b  
Según API 650 - 2010 Sección 5.6.1.1

**E) ESPESORES DEL CASCO (MÉTODO DE 1 PIE SEGÚN API 650, SECCIÓN 5.6.3)**

Anillo	Esponsor de diseño	Esp. Prueba hidrostática	t	t comercial	t mínimo recomendado	Peso del casco
	t <sub>d</sub>	t <sub>t</sub>				
1	0.1506	0.0821	0.2131	1/4	5/16	2,524
2	0.1353	0.0678	0.1978	4/16	5/16	2,524
3	0.1199	0.0535	0.1824	3/16	1/4	2,019
4	0.1046	0.0392	0.1671	3/16	1/4	2,019
5	0.0892	0.0263	0.1517	3/16	1/4	2,019
6	0.0739	0.0106	0.1875	3/16	1/4	2,019
7	0.0000	0.0000	0.0000	0	1/16	

Peso Total casco **13,122 kg**

MC-01 Rev. 0	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL B5 DE 330,000 GALONES DE CAPACIDAD TOTAL MEMORIA DE CÁLCULO TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIO	
-----------------	---	--

**7.0 TANQUE DE AGUA CONTRA INCENDIO H-495-TK-1441**  
**F) ESPESOR DE PLANCHA DEL FONDO DEL TANQUE**

Según el párrafo 5.4.1, API 650 el espesor mínimo es de 6 mm (1/4") sin considerar ninguna tolerancia a la corrosión.

Pendiente mínima fondo 1/120

API 650 nos entrega la siguiente tabla respecto a espesores mínimos de planchas de fondo excluyendo cualquier tolerancia por corrosión. Este cálculo se hace en relación a la plancha del primer anillo y de los esfuerzos del producto y de prueba hidrostática en el anillo.

Tabla 5-1 b. Espesores de placas anulares del fondo ( $t_b$ ), API 650 2010

Espesor de placa del primer anillo del casco (pulg)		Esfuerzo en el primer anillo del casco (MPa)			
		$\leq 190$	$\leq 210$	$\leq 230$	$\leq 250$
1/8	$t \leq 3/4$	1/4	1/4	9/32	11/32
3/4	$t \leq 1$	1/4	9/32	3/8	7/16
1	$t \leq 1 1/4$	1/4	11/32	15/32	9/16
1 1/4	$t \leq 1 1/2$	5/16	7/16	9/16	11/16
1 1/2	$t \leq 1 3/4$	11/32	1/2	5/8	3/4

El esfuerzo en el primer anillo del casco se determina luego de elegir el mayor valor entre los siguientes esfuerzos (5.5.3, API 650 2010):

Esfuerzo del producto ( $t_p/(t$  de construcción sin corrosión)( $S_d$ ) 13977.25 psi  
96.37 MPa

Esfuerzo de prueba hidrostática ( $t_p/(t$  de construcción)( $S_t$ ) 6541.80 psi  
45.10 MPa

El mayor valor de esfuerzo a considerar es **13977.25 psi**

De acuerdo con la Tabla 5-1b, el espesor del primer anillo del casco y considerando la tolerancia a la corrosión se tiene el espesor del fondo del tanque:

$$t_b = t_{\text{fondo}} + CA = 0.31 \text{ pulg} + 7.94 \text{ mm} = 8.25 \text{ pulg} \approx 8.25 \text{ pulg}$$

Se elige un espesor de **5/16 pulg**

**G) ESPESOR DE PLANCHA DEL TECHO DEL TANQUE**

Según el párrafo 5.10.2.2, API 650 el espesor mínimo es de 4.8 mm (3/16") sin considerar ninguna tolerancia a la corrosión.

Tipo de techo Cónico autoportado  
 Altura Techo, h 1 m  
 Angulo Techo, 13.55 °, entre 9.5° y 37°, pendiente entre 2:12 a 9:12, según 5.10.5.1 API 650 2010.  
 Pendiente Techo 0.24  
 Diámetro Techo, D 8.3 m

$$T_r = \frac{D}{4.8 * \text{sen } \alpha}$$

$$T_e = 7.38 \text{ mm} = 0.292 \text{ pulg.}$$


Adicionalmente considerar espesores por corrosión.

Normalizando, se tiene que:

$$T_r = 7.9375 \text{ mm} = 5/16 \text{ pulg.}$$

Adicionalmente considerar espesores por corrosión.

Cargas muertas:  
 Peso de la plancha del techo 3467.81 kg  
 Peso de barandas 200.0 kg (asumido)  
 Peso descanso escalera 90 kg (asumido)  
 Peso manway 120 kg (asumido)  
 Otros 100 kg (asumido)

MC-01  Rev. 0	<b>UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA</b> <b>DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE</b> <b>ALMACENAMIENTO DE DIESEL B5 DE 330,000 GALONES DE</b> <b>CAPACIDAD TOTAL</b> <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b> <b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIO</b>	
---------------------	---	---

### 7.0 TANQUE DE AGUA CONTRA INCENDIO H-495-TK-1441

Calculamos:  $C_{mr} =$  Suma de cargas muertas / Area proyectada del techo  
 $C_{mr} =$  **73.5** kg/m<sup>2</sup>

Cargas vivas:  
 Carga del viento  $K(V/190)^2$  40.68 kg/m<sup>2</sup> (según 5.2.1.(k) y 5.11.1, API 650 2010)  
 Carga de personas 140.0 kg/m<sup>2</sup>  
 Otros 50 kg/m<sup>2</sup>

Calculamos:  $C_{vr} =$  Suma de cargas vivas  
 $C_{vr} =$  **230.68** kg/m<sup>2</sup>

Combinación de cargas  $C_{mr}+C_{vr}$  304.19 kg/m<sup>2</sup>  
 2.98 kPa

Espesor mínimo según 5.10.5.1, API 650

$T_E =$  **7.39** mm  
**5/16** pulg.

Peso estructura del techo **3887.81** kg

### H) ANILLO SUPERIOR DEL TANQUE

#### Anillo superior del casco del Tanque

Espesor mayor de plancha del casco: 7.94 mm  
 Ancho máximo del techo participante,  $w_h$ : 108.42 mm Según API 650, Apéndice F, Figura F-2.  
 Ancho máximo del casco participante,  $w_c$ : 108.8 mm Según API 650, Apéndice F, Figura F-2.  
 Velocidad de diseño del viento,  $V$ : 190 km/h (Ver API 650, 5.2.1(k))  
 Altura del casco del tanque,  $H$  9.0 m  
**Módulo de sección mínimo del anillo,  $z$ :** 36.48 cm<sup>3</sup> (Ver API 650, 5.9.6.1)

Con el valor de  $z$  y tomando como referencia el valor  $w_c$ , se selecciona el perfil del anillo rigidizador según las tablas 5-20a y 5-20b (API 650).

Para un espesor de plancha de 3/16" se requiere un perfil de:

75 x 75 x 6 mm  
 3 x 3 x 1/4 pulg. **Peso del anillo 176.85** kg

### I) CARGAS POR VIENTO

#### Esfuerzos de Tensión y Compresión causado por las cargas de viento

Según 5.11.2, API 650:

La presión del viento sobre la pared del tanque:

$$P_w = P_v + P_h = 0.86*(v/190)^2 + 1.44*(v/190)^2 = 0.62 \text{ kPa} = 63.68 \text{ kg/m}^2$$

Fuerza del viento 4,758 kg  
 Momento de volteo  $M_w$  **21,414** kg.m  
 Momento por presión interna  $M_{pi}$  **0.00**  
 Peso casco,  $W_c$  13,122 kg  
 Peso muerto,  $W_d$  7435.98 kg  
 $W = (W_c + W_m)$  20,558 kg  
 Momento por carga muerta  $M_{DL}$  **85,317** kg.m

**Peso del líquido  $w_L$  1,197** lbf/pie (según 5.11.2, API 650)  
 1623 N/m

Peso del líquido  $W_L$  42323 N  
 4316 kg  
 Momento por peso del líquido,  $M_f$  **17910.20** kg.m

MC-01  Rev. 0	<b>UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA</b> <b>DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE</b> <b>ALMACENAMIENTO DE DIESEL B5 DE 330,000 GALONES DE</b> <b>CAPACIDAD TOTAL</b> <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b> <b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIO</b>	
---------------------	---	--

**7.0 TANQUE DE AGUA CONTRA INCENDIO H-495-TK-1441**

Para que se llegue a la conclusión que el Tanque no requiere anclajes, considerando solamente los efectos de las cargas de viento, es necesario que se cumplan las dos condiciones de la parte inferior de la hoja de cálculo:

$0.6M_w + M_{pi} < M_{DL}/1.5$                       Cumple  
 $M_w + 0.4M_{pi} < (M_{DL} + M_i)/2$                       Cumple

Por lo tanto:                      **El tanque no requiere anclajes.**

**J) ANÁLISIS SÍSMICO**


Según Apéndice E, API 650 2010

**Estabilidad de volteo**

Relación D/H	0.98	
Site Class	<b>B</b> (Apéndice E.4.4, API 650)	
Parámetro de aceleración, periodo de 1 seg, S <sub>1</sub>	0.13 (Apéndice E.4.4, API 650)	
Parámetros de aceleración, cortos periodos, S <sub>s</sub>	0.22	2
Coefficiente de Aceleración, Fa	1.6 Tabla E-1	3
Coefficiente de Velocidad, Fv	2.3 Tabla E-2	4
Parámetro de aceleración según ASCE 7, S <sub>DS</sub>	<b>0.235</b> %g	5
Zona Sísmica	<b>IV</b>	
Coefficiente de Importancia, I	1 Tabla E-5	6
Factor de reducción para el modo inductivo R <sub>wi</sub>	3.5 Table E-4	7
Coefficiente de aceleración impulsivo Ai	0.07 Cumple!	8
Peso total del contenido del tanque Wp	<b>4484626.00</b> N	9
Peso de la porción impulsiva del liquido Wi	<b>3524559.47</b> N (API 650, E.6.1.1)	
Altura de acción de la fuerza impulsiva Xi	3.4458 m, (API 650, E.6.1.2)	
Peso total del cilindro Ws	128,686 N	#
Altura del centro de gravedad del cilindro Xs	5.13 m	
Peso total del techo Wr	<b>38,126</b> N	
Altura del centro de gravedad del techo Xr	9.34 m	
Factor de escala del nivel de diseño Q	0.67 API 650, E.4.6.1	
Coefficiente para ajustar la aceleración espectral K	1.5	
Factor de reducción para el modo convectivo R <sub>wc</sub>	2 Table E-4	
Aceleración espectral en cualquier periodo Sa	0.4 %g	
Coefficiente de periodo de convección, K <sub>s</sub>	0.58	(API 650, E.4.5.2)
Periodo natural convectivo T <sub>c</sub>	<b>3.01</b> s	(API 650, E.4.5.2)
Periodo de transición para periodos mas largos T <sub>L</sub>	4 s	(API 650, E.4.6.1)
Parametro de Aceleración espectral S <sub>D1</sub>	0.199 %g	
Coefficiente de aceleración convectivo Ac	<b>0.050</b> Cumple!	
Peso de la porción convectiva del liquido Wc	<b>1011765.4</b> N	(API 650, E.6.1.1)
Altura de acción de la fuerza convectiva Xc	6.30 m	(API 650, E.6.1.2)
Momento de volteo M <sub>w</sub>	<b>938586.3</b> N.m	
Peso del techo actuando en el cilindro w <sub>rs</sub>	1462.17 N/m	
Peso del tanque y del techo específico w <sub>t</sub>	<b>6397.37</b> N/m	
Coefficiente de Aceleración vertical A <sub>v</sub>	0 %g	(API 650 E.6.1.3)
Fuerza resistente a la volcadura en el anillo w <sub>a</sub> 201.1HDG	28793.8 N/m 14107.5 N/m	No Cumple pues Wa> 201.1HDG
Fuerza resistente a la volcadura en el anillo w <sub>a</sub>	<b>14107.5</b> N/m	(API E.6.2.1.1)
Carga de volcadura por presión interna w <sub>int</sub>	0 N/m	
Ratío de anclaje J	<b>0.664</b>	(API 650 E.6.2.1.1)

Anillo	t(in)	h(m)	t x h
1	1/4	1.50	0.01
2	12/61	3	0.02
3	12/61	4.5	0.02
4	12/61	6	0.03
5	12/61	7.5	0.04
6	12/61	9	0.05
<b>Total</b>	<b>1 2/8</b>		<b>0.16</b>

Conclusión (caso análisis sísmico, carga de volteo) según API 650 2010, E.6.2.1.1.1:  
**J<1.54 El tanque es estable al volteo y no requiere anclajes**

MC-01  Rev. 0	<b>UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA</b> <b>DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA 03 TANQUES DE</b> <b>ALMACENAMIENTO DE DIESEL B5 DE 330,000 GALONES DE</b> <b>CAPACIDAD TOTAL</b> <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b> <b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIO</b>	
---------------------	---	---

**7.0 TANQUE DE AGUA CONTRA INCENDIO H-495-TK-1441**

**Verificación por Compresión**

**Cálculo de la Máxima Fuerza de Compresión Longitudinal en la base del casco:**

Para  $J \leq 0.785$ :

Máximo esfuerzo de compresión longitudinal  $\sigma_c$  **3.739 MPa** (API 650 2010, E 6.2.2)

Para  $0.785 < J \leq 1.54$ :

Máximo esfuerzo de compresión longitudinal  $\sigma_c$  **No aplica MPa** (API 650 2010, E 6.2.2)

Para  $J > 1.54$ :

Máximo esfuerzo de compresión longitudinal  $\sigma_c$  **No aplica MPa** (API 650 2010, E 6.2.2)

**Máximo esfuerzo de compresión admisible en el casco:** (en caso por precaución el propietario del tanque desee implementarlos)

GHD<sup>2</sup>/ft<sup>2</sup> **14.44** (API 650 2010, E 6.2.2.3)

Máximo esfuerzo de compresión admisible Fc **47.90 MPa** (API 650 2010, E 6.2.2.3)

**¡Correcto, s no excede a Fc!**

**¡Correcto! Fc es menor que 0.5Fy (18,000 lb/pulg2)** (API 650, E 6.2.2.3)

**Anclajes**

Espaciamiento máximo entre pernos de anclaje	3.05 m	(API 650: 3.12.3, E.7.1.2)
Cantidad mínima de pernos de anclaje	9 pernos	Cumple número de pernos >6
Cantidad de diseño pernos de anclaje	9 (Colocar a criterio)	
Espaciamiento real	2.9 m	¡Correcto!
Tensión del perno de anclaje SAE 1045 P <sub>AB</sub>	0.00 N	(API 650 E.6.2.1.2)
Diámetro de los pernos de anclaje	1 in	(Colocar a criterio)
Esfuerzo a la tensión (Debe ser menor a 0,8*Fy)	0 N/m <sup>2</sup>	¡Correcto! <=36,000 lb/pulg2

**K) PESO TOTAL DEL TANQUE**

Peso Total casco:	<b>13,299</b> kg
Peso Total fondo:	<b>3,371</b> kg
Peso Total techo:	<b>3,888</b> kg
Peso Escaleras:	<b>300</b> kg (asumido)
Peso del Tanque	<b>20,858</b> kg
Peso Carga Muerta adic.	<b>90</b> kg
Peso Carga Viva	<b>12,481</b> kg
Peso tanque con cargas:	<b>33,429</b> kg
Peso del líquido	<b>457,305</b> kg
Peso Total tanque lleno	<b>490,734</b> kg