



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

**“Diseño de una línea de producción de 500,000 L de diluyente  
mediante técnicas de diseño de plantas y las especificaciones de  
estándares técnicos de diseño de equipos”**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

**Previo a la obtención del Título de:**

**MAGÍSTER EN INGENIERIA Y ADMINISTRACIÓN DE LA  
MANUFACTURA**

**Presentada por:**

**Márquez Rivera Sanddy Judith  
Villón Barona Richard Jairo**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año: 2025**

## DEDICATORIA

Este proyecto realizado con esfuerzo se lo dedico a Dios por su infinita bondad, a mi esposo por su apoyo incondicional en cada paso de este camino.

A mis padres, hermanos por su apoyo y confianza.

**Sanddy Márquez**

A mi esposa, con profundo amor y gratitud, por su incondicional apoyo, paciencia y compañía en cada paso de este camino. Su aliento fue fundamental para alcanzar esta meta.

A mis padres y hermanos, pilares constantes en mi vida, cuyo respaldo y confianza han sido clave a lo largo de toda mi formación profesional.

**Richard Villón**

# TRIBUNAL DE TITULACIÓN

---

**Emerita Delgado P., Ph.D.**

Profesor de Materia

---

**Kleber Barcia V., Ph.D.**

Tutor de proyecto

## DECLARACIÓN EXPRESA

Nosotros Márquez Rivera Sanddy y Villón Barona Richard Jairo acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 22 de abril del 2025.

---

Sanddy Judith Márquez Rivera

---

Richard Jairo Villón Barona

## RESUMEN

El presente estudio se centra en el diseño de una nueva línea de producción de diluyente laca con capacidad para 500,000 litros mensuales, utilizando metodologías de ingeniería de diseño y normas técnicas aplicables como la NFPA 30 y API 650 para garantizar seguridad y eficiencia operativa.

La empresa objeto de estudio es una industria del sector químico, dedicada a la producción y comercialización de diluyentes, pinturas y barnices, especializada en el tratamiento y recubrimiento de superficies del sector automotriz e industrial.

El objetivo del proyecto fue diseñar el proceso integral para la elaboración del diluyente, mientras que los objetivos específicos incluyeron la definición del flujo de fabricación, la propuesta de diseño y distribución óptima de la planta y el dimensionamiento de equipos de producción y tanques, siguiendo los lineamientos técnicos establecidos en las normativas mencionadas.

La metodología aplicada comprendió la evaluación de la demanda para identificar patrones de ventas y ventas no realizadas entre los años 2018 al 2024 y establecer la capacidad necesaria, un estudio de localización basado en criterios de uso de suelo, accesibilidad vial y disponibilidad de servicios, que determinó la zona de Petrillo en la ciudad de Guayaquil como la opción idónea. El diseño del proceso de producción mediante diagramas de flujo (BFD y PFD), que permitió definir etapas críticas como recepción, dosificación y mezclado de solventes, el desarrollo del diseño de planta y distribución de áreas, asegurando el cumplimiento de estándares de técnicos de la norma NFPA 30 y optimización del flujo de materiales y el dimensionamiento de los tanques de almacenamiento, dosificación y mezclado mediante cálculos basados en la norma API 650 y herramientas como Mathcad, garantizando la integridad estructural y el manejo seguro de productos inflamables.

Como resultado, se obtuvo un modelo de planta con área total de 9,000 m<sup>2</sup> que integra de forma coherente las áreas de producción, almacenamiento y servicios, así como un diseño de tanques acorde a la normativa API para el manejo y almacenamiento seguro de líquidos combustibles. El estudio demuestra la viabilidad técnica y operativa de la nueva línea de producción, la cual responde a las necesidades de expansión de la empresa y contribuye a mejorar la competitividad en el sector químico, manteniendo altos estándares de seguridad y eficiencia.

# ÍNDICE GENERAL

|                                                                  |      |
|------------------------------------------------------------------|------|
| RESUMEN.....                                                     | ii   |
| ÍNDICE GENERAL .....                                             | iii  |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                                           | v    |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                                           | vi   |
| ABREVIATURAS .....                                               | vii  |
| SIMBOLOGÍA .....                                                 | viii |
| GLOSARIO .....                                                   | ix   |
| CAPÍTULO 1.....                                                  | 1    |
| <b>1. GENERALIDADES</b> .....                                    | 1    |
| 1.1. Antecedentes .....                                          | 1    |
| 1.2. Justificación de la problemática .....                      | 2    |
| 1.3. Objetivo general y específicos .....                        | 3    |
| 1.4. Metodología del proyecto .....                              | 3    |
| CAPÍTULO 2.....                                                  | 5    |
| <b>2. METODOLOGÍA E IMPLEMENTACIÓN</b> .....                     | 5    |
| 2.1. Evaluación elemental de la demanda .....                    | 5    |
| 2.2. Estudio de localización .....                               | 7    |
| 2.3. Diseño del proceso de elaboración.....                      | 10   |
| 2.4. Diseño de ingeniería.....                                   | 12   |
| 2.4.1. Diseño de planta.....                                     | 13   |
| 2.4.2. Consideraciones Norma NFPA 30 .....                       | 14   |
| 2.4.3. Consideraciones Norma API 650 .....                       | 17   |
| CAPÍTULO 3.....                                                  | 18   |
| <b>3. RESULTADOS</b> .....                                       | 18   |
| 3.1. Distribución de planta .....                                | 18   |
| 3.2. Diseño de tanques de proceso .....                          | 21   |
| 3.2.1. Diseño de tanques de almacenamiento de materia prima..... | 22   |
| 3.2.2. Diseño de tanques de dosificación.....                    | 23   |
| 3.2.3. Diseño de tanques de mezclado .....                       | 25   |
| CAPÍTULO 4.....                                                  | 26   |

|                                                |           |
|------------------------------------------------|-----------|
| <b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b> | <b>26</b> |
| 4.1. Conclusiones.....                         | 26        |
| 4.2. Recomendaciones.....                      | 26        |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b>                            |           |
| <b>ANEXOS</b>                                  |           |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.1 Diagrama de flujo de la metodología del desarrollo del proyecto .....               | 4  |
| Figura 2.1 Ventas anuales de litros de diluyente .....                                         | 5  |
| Figura 2.2 Ventas no realizadas de diluyente presentación galón.....                           | 6  |
| Figura 2.3 Ventas no realizadas de diluyente en presentación tanque.....                       | 7  |
| Figura 2.4 Mapa de usos específicos cabecera cantonal de Guayaquil .....                       | 9  |
| Figura 2.5 Diagrama de bloques (BFD) de elaboración de diluyente .....                         | 10 |
| Figura 2.6 Diagrama del flujo de proceso de producción de diluyente (PFD) .....                | 12 |
| Figura 2.7 Diagrama de bloques entre departamentos .....                                       | 14 |
| Figura 2.8 Distancia mínima entre tanques de almacenamiento .....                              | 16 |
| Figura 3.1 Diseño de planta de producción de diluyente .....                                   | 19 |
| Figura 3.2 Diseño vista frontal de la línea de producción de diluyente .....                   | 20 |
| Figura 3.3 Diseño vista planta de la línea de producción de diluyente .....                    | 20 |
| Figura 3.4 Ordenamiento de los racks de material de empaque tanques metálicos y galones .....  | 21 |
| Figura 3.5 Ordenamiento de racks de producto terminados en presentación tanque y galones ..... | 21 |
| Figura 3.6 Diseño de tanque de almacenamiento de materia prima de 50 m <sup>3</sup> .....      | 22 |
| Figura 3.7 Diseño de tanque de dosificación de materias primas de 5m <sup>3</sup> .....        | 24 |
| Figura 3.8 Diseño de tanque de mezclado de 5m <sup>3</sup> .....                               | 25 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 Receta de elaboración del diluyente .....                               | 11 |
| Tabla 2 Áreas requeridas por departamentos .....                                | 13 |
| Tabla 3 Clasificación de la materia prima según la NFPA 30 .....                | 15 |
| Tabla 4 Resultados de diseño de tanque de almacenamiento de materia prima ..... | 23 |
| Tabla 5 Resultados de diseño de tanques de dosificación de materia prima .....  | 24 |
| Tabla 6 Diseño de tanque de mezclado de 5m <sup>3</sup> .....                   | 25 |

## ABREVIATURAS

|             |                                                                                          |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>AISI</b> | American Iron and Steel Institute                                                        |
| <b>ANSI</b> | American National Standards Institute                                                    |
| <b>ASME</b> | American Society of Mechanical Engineers                                                 |
| <b>API</b>  | American Petroleum Institute.                                                            |
| <b>ASTM</b> | American Society for Testing and Materials                                               |
| <b>NFPA</b> | Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (National Fire Protection Association) |
| <b>BFD</b>  | Diagrama de Bloques                                                                      |
| <b>PFD</b>  | Diagrama de flujo de Procesos                                                            |
| <b>MP</b>   | Materia Prima                                                                            |
| <b>PT</b>   | Producto Terminado                                                                       |
| <b>SLP</b>  | Planificación sistemático del diseño                                                     |
| <b>GAD</b>  | Gobiernos Autónomos descentralizados                                                     |

## SIMBOLOGÍA

|                       |                          |
|-----------------------|--------------------------|
| <b>mm</b>             | Milímetros               |
| <b>m</b>              | metros                   |
| <b>m<sup>2</sup></b>  | metros cuadrados         |
| <b>m<sup>3</sup></b>  | metros cúbicos           |
| <b>Kg</b>             | Kilogramos               |
| <b>L</b>              | litros                   |
| <b>CO<sub>2</sub></b> | Dióxido de Carbono       |
| <b>HP</b>             | horse power              |
| <b>TK</b>             | Tanque de almacenamiento |
| <b>TA</b>             | Tanque de mezclado       |
| <b>P</b>              | Pump (bomba)             |

## GLOSARIO

**Agitador:** Dispositivo mecánico utilizado para mezclar o mantener en suspensión los fluidos dentro de un tanque.

**Bomba:** Dispositivo mecánico utilizado para transferir fluidos de un lugar a otro, incrementando su presión.

**Capacidad del Tanque:** Volumen máximo de fluido que un tanque puede contener, generalmente expresado en metros cúbicos (m<sup>3</sup>) o barriles (bbl).

**Caudal:** Volumen de fluido que fluye a través de una sección transversal en una unidad de tiempo, generalmente expresado en metros cúbicos por hora (m<sup>3</sup>/h) o litros por segundo (L/s).

**Diluyente:** Sustancia utilizada para reducir la viscosidad de otro fluido, facilitando su transporte o procesamiento.

**Espesor de Pared:** Grosor del material con el que está construido el cuerpo del tanque.

**Estándar:** Documento técnico que establece requisitos, especificaciones, directrices o características que pueden utilizarse consistentemente para asegurar que los materiales, productos, procesos y servicios son aptos para su propósito.

**Fluido:** Sustancia que tiene la capacidad de fluir y adoptar la forma del recipiente que lo contiene (líquido o gas).

**Ingeniería de Procesos:** Rama de la ingeniería que se encarga del diseño, desarrollo, operación y optimización de procesos químicos, físicos y biológicos.

**Normativa:** Conjunto de leyes, reglamentos, normas y especificaciones técnicas que regulan el diseño, la construcción y la operación de plantas industriales y equipos.

**Presión de Diseño:** Presión máxima que un equipo o sistema está diseñado para soportar de manera segura durante su operación.

**Recipiente a Presión:** Tanque o equipo diseñado para contener fluidos a una presión significativamente diferente de la presión atmosférica.

**Revestimiento:** Capa protectora aplicada a la superficie interior o exterior de un tanque para prevenir la corrosión o la contaminación.

**Sistema de Contención:** Conjunto de medidas y equipos diseñados para prevenir o controlar fugas o derrames de fluidos peligrosos.

**Tanque de Almacenamiento:** Recipiente diseñado para contener fluidos (líquidos o gases) a presión atmosférica o ligeramente superior.

# CAPÍTULO 1

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. Antecedentes

La industria química es un sector de gran importancia en la economía global, esta importancia radica en que posee una amplia gama de actividades relacionadas con la producción y procesamiento de productos químicos utilizados en diversos sectores como la agricultura, medicina, energía y manufactura. Actualmente, el sector de mayor crecimiento, que se ve reflejado en el consumo de producto y materiales auxiliares como el diluyente, es la industria de la construcción por el crecimiento de las ciudades, infraestructuras y el aumento de la demanda de automóviles.

En el Ecuador, esta industria de productos químicos dedicada a la producción diluyentes y revestimientos (pinturas, lacas y barnices) es relativamente pequeña en comparación a las demás industrias manufactureras y se encuentra en crecimiento y desarrollo en el país (CEER, 2020).

Este tipo de industrias de acuerdo con la *Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU)* se identifican bajo el código C2022.01 - 06 Fabricación de pinturas, barnices y productos de revestimiento similares, tinta de imprenta y masillas.

En Ecuador en el año 2023 el tamaño del mercado de la industria de químicos en revestimientos y productos auxiliares alcanzó un valor alrededor de USD 301,36 millones de dólares en inversión, se espera que este mercado crezca a una tasa TCAC (Tasa de crecimiento anual compuesta) del 4.7% en el periodo del 2024 – 2032, con el objetivo de alcanzar un valor aproximado de USD 446,81 millones de dólares en 2032 (EMR, 2024).

Las empresas con mayor representación del rubro en el mercado ecuatoriano son Pinturas Condor S.A., Adheplats S.A. Industrial Latina S.A. Laindusa, Pinturas Ecuatorianas S.A. Pintuco, Fabrica de diluyentes y adhesivos DISTHER C. Ltda. Localizándose el mayor número de estas empresas en las ciudades de Guayaquil y Quito, en 46% y 38 % respectivamente (Silvia Mejía-Matute et al., 2022).

Además, un desafío común para estas empresas son el complejo manejo de las materias primas utilizadas en el proceso de fabricación de productos como los diluyentes, barnices y pinturas, estos se caracterizan por ser volátiles, lo que significa que se evaporan a temperatura y presión ambiental generando vapores, tienen bajo punto de chispa y alta inflamabilidad (Jose Carlos Mora-Barrantes et al. , 2022).

De acuerdo con Amezcua Urrutia en su trabajo de investigación siendo de referencia a nivel de solvente con el tema “Diseño y operación de plantas de almacenamiento de solventes de bajo punto de chispa” realizado en el año 1995 da lineamientos técnicos en base a normativas y procedimiento de operación válidos a ser aplicados en la actualidad para la operación segura de este tipo de industrias químicas, y el diseño de nuevas líneas de producción (Urrutia, 1995).

La problemática central que debe abordarse en el proyecto es la expansión de la capacidad de producción de diluyente, la cual está limitada por la infraestructura y maquinaria actual. Esta expansión debe llevarse a cabo de manera segura y eficiente, teniendo en cuenta los riesgos asociados con el manejo de productos químicos peligrosos durante el proceso de

diseño y distribución de la planta. Además, se debe seleccionar de manera estratégica la ubicación de la nueva planta, asegurando que cumpla con los requisitos logísticos, normativos en uso de suelo y de seguridad necesarios para el funcionamiento eficiente y seguro de la nueva línea de producción.

## **1.2. Justificación de la problemática**

El diluyente es un producto esencial en la cadena de valor de la empresa, utilizado ampliamente en diversas industrias. Actualmente, la empresa produce un promedio mensual de 40,000 litros de este producto, lo cual cubre la demanda presente, pero es insuficiente para satisfacer los objetivos de expansión y aumentar la participación en el mercado, metas prioritarias de la compañía a mediano y largo plazo. Esta limitación en la capacidad de producción representa un obstáculo significativo para el crecimiento de la empresa, que busca consolidarse en el sector químico.

El crecimiento sostenible de la empresa depende directamente de la ampliación de su capacidad de producción, lo cual permitirá no solo cubrir la demanda existente, sino también posicionarse de manera competitiva en un mercado cada vez más exigente. La incorporación de una nueva línea de producción de diluyente es esencial para alcanzar estos objetivos, ya que la infraestructura y maquinaria actuales resultan insuficientes para cumplir con las expectativas de expansión. Esta expansión implica, además, la necesidad de integrar una configuración de procesos que no solo incremente la capacidad productiva, sino que también garantice altos estándares de seguridad y eficiencia operativa. Considerando los riesgos asociados con el manejo de productos químicos. Es indispensable que la nueva línea de producción esté diseñada de acuerdo con las mejores prácticas en términos de seguridad industrial y medioambiental, con el fin de proteger tanto a los trabajadores como al entorno.

La ubicación de la nueva planta es otro factor clave de este proyecto. Es fundamental que la nueva instalación se localice en una zona permitida por el GAD Municipal de Guayaquil para el desarrollo industrial de alto impacto o bajo riesgo, ya que las sustancias utilizadas en la fabricación del diluyente se clasifican como de alto riesgo debido a su potencial de incendio, explosión o emisión de gases peligrosos. En este sentido, la elección de una ubicación estratégica debe considerar aspectos como la disponibilidad de infraestructura logística adecuada, el acceso a servicios básicos (energía, agua, redes de internet), y el cumplimiento de las normativas locales. Esto garantizará una operación segura, eficiente y alineada con las normativas medioambientales y de seguridad.

Además de la expansión de la capacidad productiva, este proyecto tiene como objetivo proporcionar una solución integral para el crecimiento sostenido de la empresa, priorizando la seguridad operativa, la eficiencia y la ubicación estratégica como pilares fundamentales. La incorporación de equipos más eficientes permitirá optimizar la producción, reducir los costos operativos y minimizar el consumo energético.

En relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), este proyecto se alinea principalmente con el ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura), ya que la expansión de la línea de producción requiere la incorporación de maquinaria más eficiente, lo que

optimiza los procesos industriales, reduce el consumo energético y mejora la competitividad de la empresa dentro del sector químico. Asimismo, el proyecto contribuye al ODS 12 (Producción y Consumo Responsable), al tratarse de una industria química que debe gestionar eficientemente las materias primas y minimizar la generación de residuos peligrosos, implementando normas estrictas de seguridad y sostenibilidad en la producción. La adopción de estos enfoques no solo mejora la eficiencia de la empresa, sino que también minimiza su impacto ambiental, promoviendo un desarrollo industrial responsable y sostenible.

En resumen, el presente proyecto no solo busca ampliar la capacidad de producción de diluyentes, sino también fortalecer la infraestructura de la empresa, mejorar la competitividad en el sector químico y garantizar el cumplimiento de las normativas de seguridad y sostenibilidad, lo que permitirá a la empresa consolidarse en el mercado.

### **1.3. Objetivo general y específicos**

#### **Objetivo general**

- Diseñar una nueva línea de elaboración de diluyente laca mediante la evaluación técnica de diseño general y especificaciones técnicas para la obtención de una capacidad de producción de 500,000 litros mensuales.

#### **Objetivos específicos**

- Diseñar el flujo de fabricación para la elaboración de diluyente laca.
- Desarrollar el esquema de distribución de la planta empleando criterios de mejoramiento de procesos y la norma NFPA30.
- Dimensionar los equipos de la línea de producción empleando criterios técnicos de la norma API 650.

### **1.4. Metodología del proyecto**

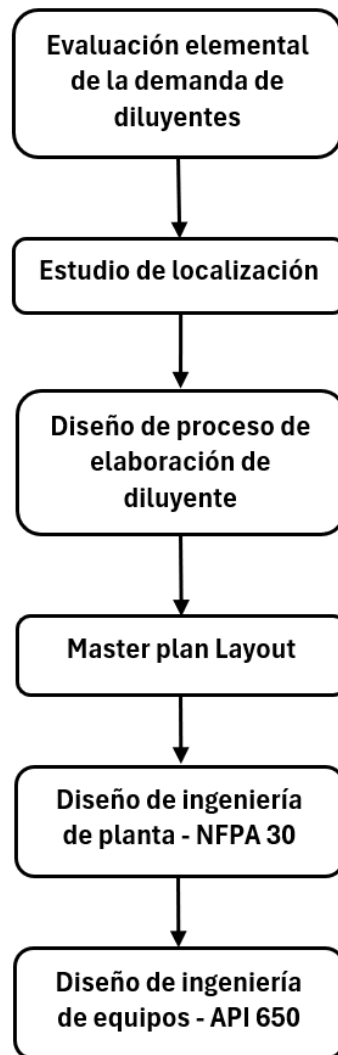
El proyecto se desarrolló bajo un enfoque metodológico estructurado, garantizando el cumplimiento de los objetivos planteados. El primer paso en la metodología fue evaluar la demanda de diluyente, utilizando datos recopilados por la empresa entre los años 2018 a 2024, este análisis permitió establecer patrones de consumo y proyectar la capacidad de producción necesaria para satisfacer la demanda futura. Luego, se llevó a cabo un estudio de localización, considerando normativas de uso de suelo, infraestructura vial y disponibilidad de servicios básicos, asegurando que la nueva planta cumpla con las regulaciones del GAD Municipal de Guayaquil y garantice viabilidad operativa y seguridad industrial.

Posteriormente, se diseñó el proceso de producción mediante diagramas de flujo (BFD y PFD), estableciendo los parámetros operativos y medidas de seguridad necesarias para la manipulación de solventes inflamables. Finalmente, se definió la distribución de la planta aplicando la metodología Systematic Layout Planning (SLP), asegurando un flujo eficiente

de materiales. Además, los equipos se dimensionaron conforme a las normativas NFPA 30 y API 650 para garantizar su seguridad y eficiencia operativa.

Como resultado, este proyecto proporcionó un análisis detallado de la viabilidad de localización, el diseño del proceso de elaboración del diluyente, la distribución óptima de la planta bajo criterios técnicos y normativos, y el dimensionamiento de los equipos requeridos para garantizar una producción segura y eficiente.

En la figura 1.1 se muestra un diagrama de la metodología a desarrollar en el proyecto.



**Figura 1.1 Diagrama de flujo de la metodología del desarrollo del proyecto**

## CAPÍTULO 2

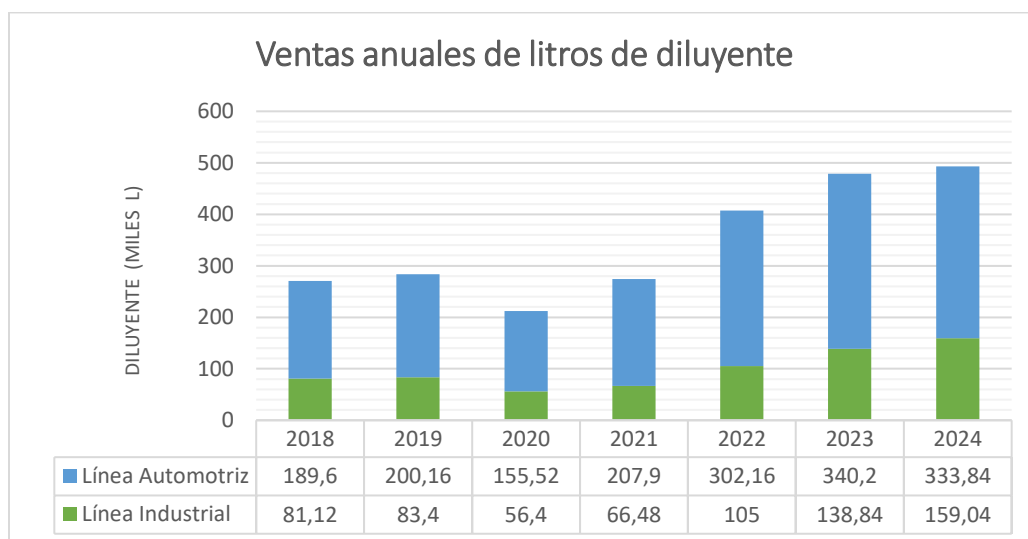
### 2. METODOLOGÍA E IMPLEMENTACIÓN

#### 2.1. Evaluación elemental de la demanda

Para el desarrollo de este proyecto de diseño de una planta química, se llevó a cabo un análisis del comportamiento de la demanda de diluyente en litros, el mismo que ha sido distribuido en presentación de galón (4 L) como en tanque (200 L) durante los últimos siete años. Además, se evaluó la demanda histórica de este producto por ventas no realizadas en los últimos tres años, con el fin de proporcionar una base sólida para la expansión de la capacidad de producción.

En la actualidad, la empresa opera en dos líneas de negocio principales: la línea automotriz y la línea industrial, cada una enfocada en diferentes segmentos del mercado. La línea automotriz tiene como mercado objetivo a almacenes y distribuidores de productos para la pintura de carrocerías, donde el diluyente juega un papel crucial en el proceso de pintado. Por otra parte, la línea industrial está orientada a proporcionar soluciones integrales para el acabado de superficies en diversas industrias manufactureras, incluyendo empresas químicas que requieren diluyentes tanto para procesos base de elaboración de otros productos químicos como para tareas de limpieza.

En la figura 2.1 se presentan las ventas anuales de diluyente en litros por línea comercial, desde el año 2018 hasta el año 2024. En ella se observa que, durante los años 2018 y 2019, la compañía experimentó una tendencia creciente en las ventas. Sin embargo, a partir del año 2020 y durante el 2021, esta tendencia disminuyó debido a factores externos, como la pandemia del COVID-19. A raíz de esto, la empresa estableció como objetivo para principios del año 2022 un crecimiento sostenido en sus ventas anuales.

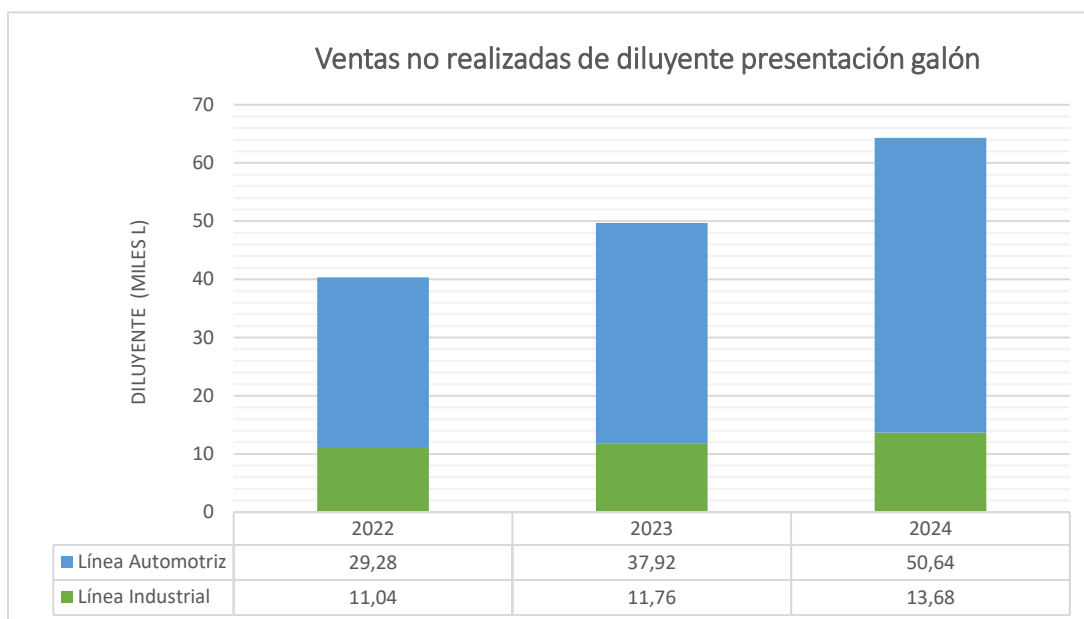


**Figura 2.1 Ventas anuales de litros de diluyente**

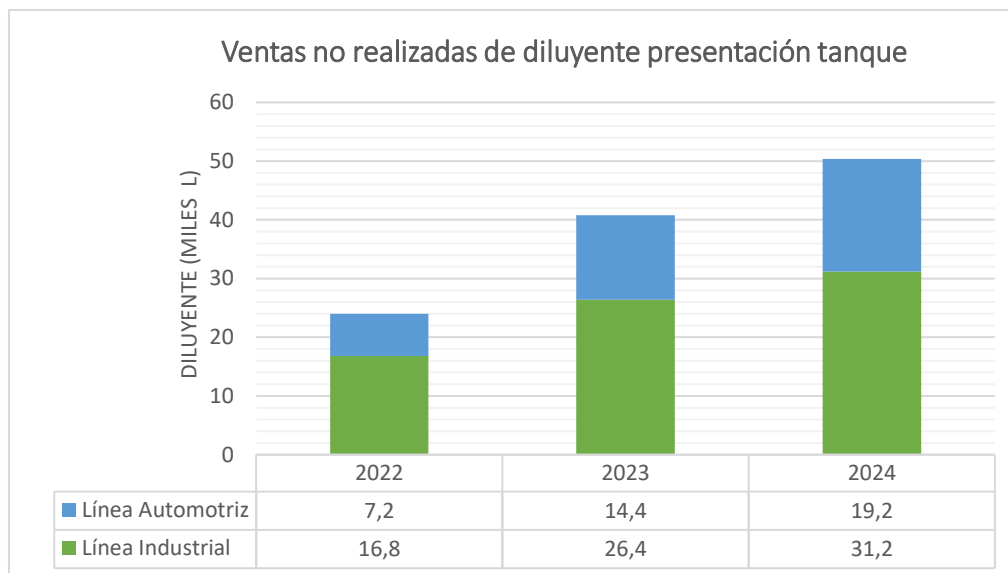
Desde el año 2022, la empresa ha comenzado a registrar las ventas no realizadas de diluyente en sus distintas presentaciones, tanto en la línea automotriz como en la industrial.

La empresa cuenta con una cartera de productos para revestimiento de superficies, tanto nacional como importada desde Corea del Sur. La capacidad de producción mensual de diluyente es de 40,000 litros, cifra limitada principalmente por la baja capacidad de los equipos y la restricción de espacio en las bodegas, para la materia prima como para el producto terminado. Debido a estas limitaciones, los costos de producción son elevados y cualquier intento de aumentar la producción mediante la extensión de horarios o cambios en la línea de productos de igual demanda resultaría en pérdidas. El precio promedio de venta del litro de diluyente es de \$2.67 dólares.

Según los datos presentados en las figuras 2.2 y 2.3, que muestran las ventas no realizadas de diluyente en presentación de galón y tanque, se estima que los litros no vendidos anualmente ascienden a 259,920 litros. Esta situación ha generado una pérdida de ingresos aproximada de 719,620 dólares durante el período comprendido entre los años 2022 y 2024.



**Figura 2.2 Ventas no realizadas de diluyente presentación galón**



**Figura 2.3 Ventas no realizadas de diluyente en presentación tanque**

Actualmente, la empresa planea aumentar la capacidad de producción mediante una inversión a largo plazo en una nueva planta y maquinaria, con el objetivo de abordar nuevos mercados. El enfoque inicial es la línea industrial, ya que esta genera mayor rentabilidad por litro de diluyente y presenta un menor costo de elaboración. En cuanto a los costos de producción, la presentación en galón tiene un costo de \$1.77 por litro, mientras que la presentación en tanque tiene un costo de \$1.39 por litro. Esto se debe a que el envase en tanque requiere menos tiempo de operación, menores costos de embalaje y menos espacio de almacenamiento en comparación con los galones plásticos.

## **2.2. Estudio de localización**

La selección de la ubicación óptima para la planta en la ciudad de Guayaquil es un aspecto estratégico fundamental para garantizar su viabilidad operativa y el cumplimiento de las normativas legales y técnicas aplicables. Para ello, se han establecido criterios específicos de evaluación, priorizados de la siguiente manera:

**Zonificación según el GAD de Guayaquil:** La normativa vigente, establecida por el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de Guayaquil a través del Plan de Uso y Gestión del Suelo (PUGS) y ordenanzas municipales, regula el uso del territorio en el cantón. Estas disposiciones delimitan las áreas aptas para la instalación de industrias, particularmente aquellas de carácter químico. La selección de la ubicación de la planta se realizó en concordancia con estas regulaciones, asegurando el cumplimiento de estándares de desarrollo territorial sostenible, protección ambiental y seguridad ciudadana. En este contexto, se identificaron zonas con uso de suelo industrial donde se permite la operación de industrias de alto impacto, considerando factores como la compatibilidad con otras actividades industriales, restricciones ambientales y viabilidad técnica.

**Accesibilidad vial:** La conectividad y el acceso a infraestructura vial son factores críticos para optimizar las operaciones logísticas, minimizar costos de transporte y garantizar la seguridad en la cadena de suministro. Se evaluaron las principales rutas de acceso a las posibles ubicaciones, considerando parámetros como la capacidad estructural de las vías para soportar tráfico de vehículos de carga pesada, el estado de la infraestructura, la cercanía a corredores logísticos y la fluidez del tránsito en la zona.

**Disponibilidad de servicios básicos:** El acceso a servicios esenciales es un criterio determinante para la viabilidad operativa de la planta. Se analizaron las condiciones de infraestructura en las posibles localizaciones, verificando la disponibilidad y confiabilidad de agua potable, energía eléctrica, alcantarillado y conectividad a redes de telecomunicaciones. Se priorizaron aquellas áreas que cuentan con cobertura suficiente y capacidad para satisfacer los requerimientos energéticos e hidráulicos del proceso productivo.

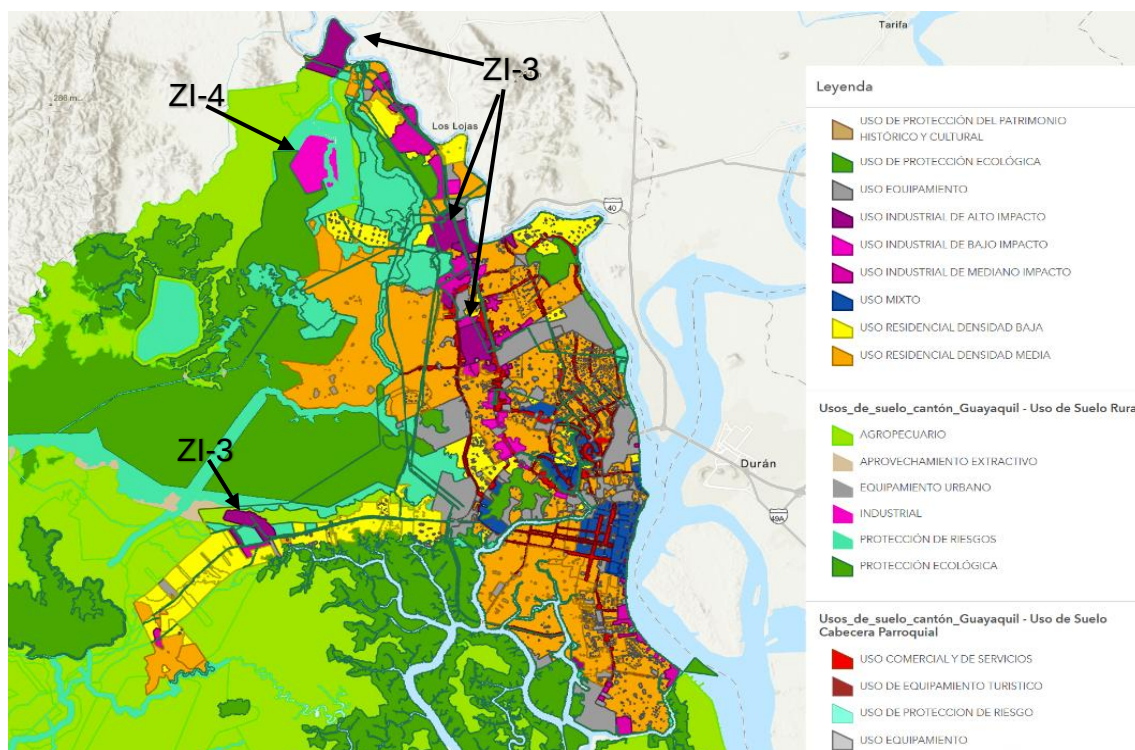
### **Clasificación del suelo y zonificación industrial**

Según la clasificación del GAD de Guayaquil, las industrias químicas de alto impacto y bajo riesgo deben ubicarse en zonas con designación ZI-3 y ZI-4<sup>1</sup>, destinadas a actividades industriales con potenciales riesgos ambientales y de seguridad. Estas áreas están destinadas a procesos productivos que implican la manipulación de materiales con alto potencial de combustión, riesgo de incendio, explosión o emanación de gases, conforme a las características fisicoquímicas de las sustancias utilizadas (GAD DE GUAYAQUIL, 2021).

En la figura 2.4 se presenta un mapa de usos específicos del suelo en la cabecera cantonal de la ciudad de Guayaquil, donde se delimitan, mediante codificación cromática, las zonas habilitadas para la instalación de la planta de producción de diluyentes.

---

<sup>1</sup> ZI-3 y ZI-4: Subzonas de la cabecera cantonal de Guayaquil para los destinos de usos de suelo.



**Figura 2.4 Mapa de usos específicos cabecera cantonal de Guayaquil**  
**Autor: GAD de Guayaquil**

Enlace: Web Map Usos del Suelo del cantón Guayaquil | Geoportal del GAD Municipal de Guayaquil

A partir del análisis de viabilidad y zonificación industrial, la zona de Petrillo ha sido identificada como la opción más estratégica para la instalación de la planta de producción de diluyentes. Su selección responde a una serie de factores clave que garantizan eficiencia operativa, cumplimiento normativo y competitividad logística.

### Infraestructura y conectividad vial

Petrillo cuenta con una infraestructura vial robusta, con acceso directo a arterias principales de transporte, lo que facilita el tránsito de vehículos de carga pesada. Entre sus ventajas destacan:

- Proximidad a la vía Perimetral y la red vial nacional, permitiendo un rápido desplazamiento hacia otras zonas industriales, puertos y mercados de consumo.
- Acceso a corredores logísticos estratégicos, lo que reduce los tiempos de transporte y costos operativos (BID, 2021).

**Acceso a zonas francas y centros de distribución:** La planta se beneficiará del acceso a zonas francas y parques industriales especializados, donde se concentran actividades de almacenamiento, distribución y exportación (PROECUADOR, 2023). Esto representa:

- Facilidades tributarias y aduaneras para la importación de insumos sin costos arancelarios adicionales.
- Posibilidad de operar bajo regímenes especiales de comercio exterior que optimizan costos y agilizan procesos administrativos.
- Sinergias con empresas del sector logístico para reducir costos de almacenamiento y transporte.

### 2.3. Diseño del proceso de elaboración

El diseño del proceso de elaboración del diluyente se fundamenta en el desarrollo de diagramas de flujo que describen cada una de las etapas involucradas en la producción, se presentan el Diagrama de Bloques (BFD) y el Diagrama de Flujo de Procesos (PFD), los cuales detallan las operaciones y los equipos involucrados (Turton, R., Bailie, R., Whiting, W., Shaeiwitz, & Bhattacharyya, D., 2013)

El proceso de elaboración de diluyente cuenta de las siguientes etapas como se muestra en figura 2.5 en el diagrama de bloques (BFD) que representa el proceso de elaboración por batch:

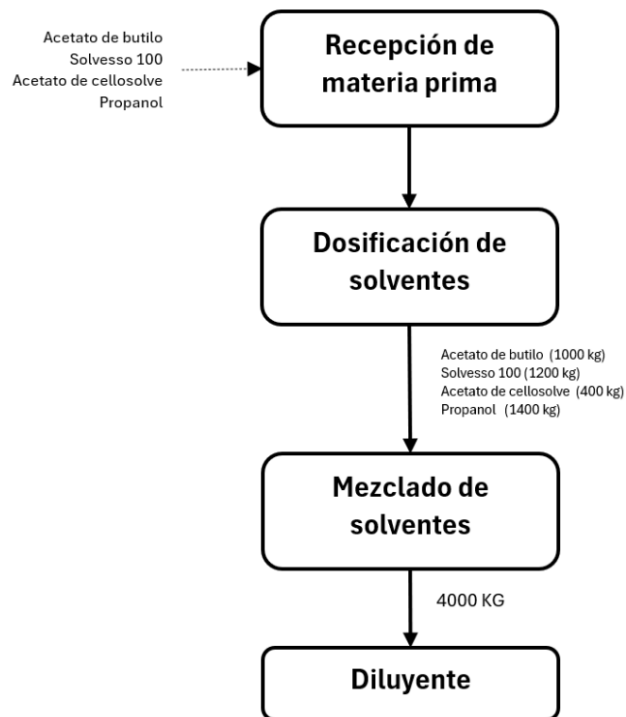


Figura 2.5 Diagrama de bloques (BFD) de elaboración de diluyente

### Recepción de materia prima

La materia prima es recibida en tanqueros y transferida mediante bombeo a los tanques de almacenamiento con capacidad de 50 m<sup>3</sup>. El sistema de transferencia está equipado con un medidor de flujo en la línea de alimentación y un transmisor de nivel alto en cada tanque. Este transmisor activa el apagado automático de la bomba y el cierre de la válvula de compuerta cuando el nivel del líquido alcanza su límite máximo, evitando sobrellenados y garantizando un manejo seguro del producto.

### Dosificación de solventes

Una vez almacenados, los solventes son bombeados a los tanques de dosificación de 5 m<sup>3</sup> cada uno. La dosificación se controla mediante transmisores de nivel alto y bajo, los cuales regulan la activación o desactivación de las bombas y la apertura o cierre de las válvulas de salida según los requerimientos del proceso.

### Mezclado de solventes

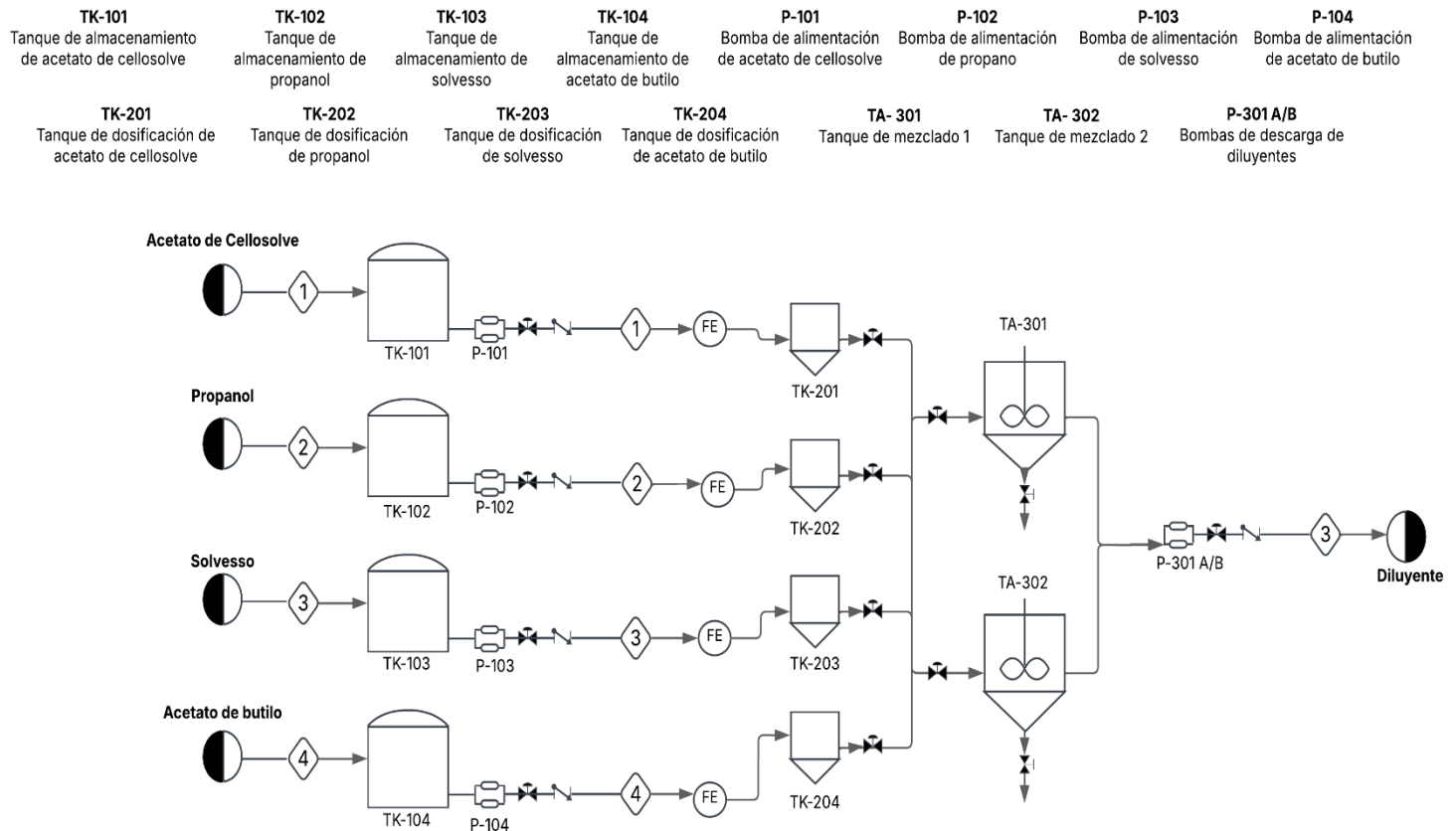
La formulación del diluyente se realiza mediante la dosificación precisa de cada solvente de acuerdo con la receta establecida en la Tabla 1. La transferencia de los solventes a los tanques de mezclado es regulada por un sistema de control que integra transmisores de flujo y válvulas de control automatizadas, garantizando la exactitud de cada batch.

**Tabla 1**  
**Receta de elaboración del diluyente**

| <i>Solvente</i>       | <i>Porcentaje en receta</i> | <i>Volumen por Batch (m<sup>3</sup>)</i> | <i>Peso por Batch (Kg)</i> |
|-----------------------|-----------------------------|------------------------------------------|----------------------------|
| Acetato de butilo     | 25%                         | 1.25                                     | 1000                       |
| Solvesso 100          | 30%                         | 1.5                                      | 1200                       |
| Acetato de cellosolve | 10%                         | 0.5                                      | 400                        |
| Propanol              | 35%                         | 1.75                                     | 1400                       |

La etapa de mezclado tiene una duración de 15 minutos por batch, tiempo en el que los solventes alcanzan la homogeneidad requerida. Finalizado este proceso, la mezcla obtenida es transferida para su posterior envasado.

El diagrama del flujo de proceso (PFD) se muestra en la figura 2.6, en el que se incluyen los equipos necesarios para cada etapa del proceso, para mejor visualización del diagrama revisar el anexo A.



**Figura 2.6 Diagrama del flujo de proceso de producción de diluyente (PFD)**

## 2.4. Diseño de ingeniería

El diseño de la nueva planta de producción de diluyente se desarrolló bajo un enfoque estructurado que integra criterios de distribución, normativas de seguridad y estándares técnicos aplicables a la industria química. Inicialmente, se realizó un diseño de planta, con el objetivo de definir la distribución óptima de las áreas operativas, garantizando un flujo eficiente de materiales, minimizando riesgos y optimizando la utilización del espacio utilizando la metodología Front-to-Chart asegurando la integración de los sistemas productivos con la infraestructura de la planta.

Para el diseño de la instalación, se adoptó los lineamientos de la norma NFPA 30 (Flammable and Combustible Liquids Code), la cual establece los requisitos para el almacenamiento, manejo y control de líquidos inflamables y combustibles. Esta norma proporciona directrices específicas sobre la separación de áreas de almacenamiento,

ventilación, sistemas de contención secundaria, distancias mínimas de seguridad, garantizando que la planta cumpla con estándares de seguridad reconocidos internacionalmente.

Adicionalmente, los equipos de almacenamiento y procesamiento serán diseñados conforme a las normas API 650, que regula la construcción, inspección y mantenimiento de tanques de almacenamiento de líquidos combustibles, asegurando su integridad estructural y operación segura a lo largo de su vida útil.

La implementación de este enfoque metodológico permitió desarrollar una planta eficiente, segura y alineada con las mejores prácticas de la ingeniería de manufactura y los estándares internacionales de seguridad industrial.

### 2.4.1. Diseño de planta

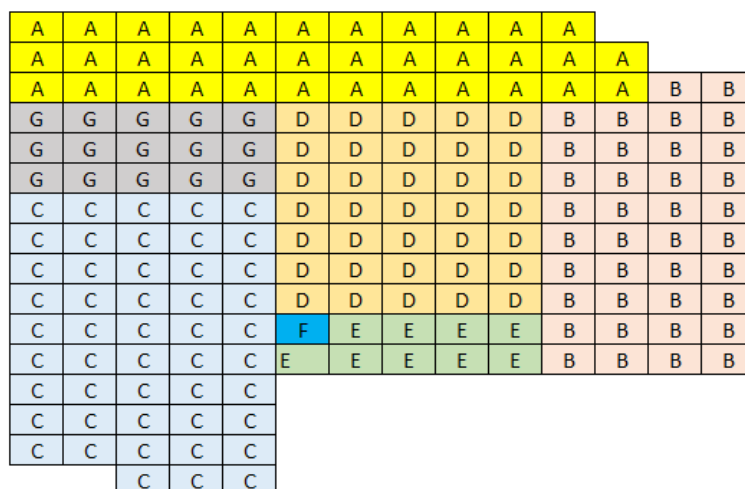
Una vez que se identificó el proceso productivo de elaboración de diluyente mediante los diagramas de flujo BFD y PFD, se determinó los requerimientos de áreas de las distintas operaciones tanto auxiliares como de servicios que den apoyo a la continuidad del proceso.

En la tabla 2 se detalla el área requerida para el correcto funcionamiento para cada departamento necesario para la operación. A la vez se define los metros cuadrados que representa cada bloque para el diseño de diagrama de bloques, representando cada uno de estos 20 m<sup>2</sup>.

**Tabla 2**  
**Áreas requeridas por departamentos**

| <i>Nomenclatura</i> | <i>Departamentos</i>    | <i>Color</i> | <i>Área (m<sup>2</sup>)</i> | <i>Número de bloques</i> |
|---------------------|-------------------------|--------------|-----------------------------|--------------------------|
| <b>A</b>            | Bodega de materia prima |              | 704                         | 35,00                    |
| <b>B</b>            | Bodega de envases       |              | 747                         | 37,50                    |
| <b>C</b>            | Bodega de PT            |              | 963                         | 48,75                    |
| <b>D</b>            | Producción              |              | 693                         | 35,00                    |
| <b>E</b>            | Área administrativa     |              | 168                         | 8,75                     |
| <b>F</b>            | Laboratorio de calidad  |              | 18                          | 1,00                     |
| <b>G</b>            | Equipos auxiliares      |              | 289                         | 15,00                    |

En la figura 2.7 se muestra la propuesta del diagrama de bloques de los departamentos, configurado de tal manera que se guarde relación entre los flujos de actividades para la operación, a partir del mismo se lleva a escala de diseño de planta.



**Figura 2.7 Diagrama de bloques entre departamentos**

#### 2.4.2. Consideraciones Norma NFPA 30

Para el diseño de la planta, se aplicó la NFPA 30, normativa que establece criterios esenciales para garantizar la seguridad y minimizar los riesgos asociados al manejo de líquidos inflamables y combustibles (National Fire Protection Association, 2024).

Para esto se identifican las siguientes consideraciones clave:

**Cap. 4 Clasificación y características de los líquidos:** Es imperativo identificar y clasificar cada uno de los líquidos de acuerdo con sus propiedades inflamables y combustibles.

En la tabla 3 se muestra la clasificación de los líquidos usados en la elaboración del diluyente.

**Tabla 3**  
**Clasificación de la materia prima según la NFPA 30**

|                              | <i>Punto de inflamación (°C)</i> | <i>Punto de ebullición (°C)</i> | <i>Clase NFPA 30</i> | <i>Capacidad máx. en interiores (gal)</i> | <i>Capacidad máx. en exteriores (gal)</i> |
|------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <i>Acetato de butilo</i>     | 24                               | 126 -128                        | <b>Clase I B</b>     | 60,000                                    | Sin límite de almacenamiento              |
| <i>Acetato de cellosolve</i> | 46                               | 156                             | <b>Clase II</b>      | 120,000                                   | Sin límite de almacenamiento              |
| <i>Solvesso 100</i>          | 42                               | 160 -180                        | <b>Clase II</b>      | 120,000                                   | Sin límite de almacenamiento              |
| <i>Propanol</i>              | 15                               | 97                              | <b>Clase I B</b>     | 60,000                                    | Sin límite de almacenamiento              |

**Cap. 18 Ventilación y control de vapores:** La norma enfatiza la importancia de contar con sistemas de ventilación adecuados que eviten la acumulación de vapores inflamables. Esto incluye el diseño de áreas abiertas y la instalación de sistemas mecánicos en zonas cerradas, asegurando una adecuada renovación del aire y reduciendo el riesgo de explosiones o incendios.

**Cap. 21 Diseño y construcción de tanques:** La norma establece criterios rigurosos para la construcción de tanques, incluyendo la selección de materiales y la ubicación estratégica de los mismos. Si requieren recubrimientos especiales para evitar la corrosión.

Los tanques deben cumplir con NFPA 30 (Sección 21.4) y pueden ser de acero al carbono con recubrimiento especial si se requiere compatibilidad química.

Protección contra corrosión y recubrimiento adecuados según el tipo de material almacenado.

Se deben construir diques en la granja de tanques para contención con capacidad de al menos 110% del volumen del tanque más grande para evitar derrames fuera del área de almacenamiento la altura promedio de las paredes de estos es de 1.8 m con una distancia mínima entre los tanques de almacenamiento y la pared de 1.5 m, además de diques en los tanques de proceso, zanjas o barreras físicas, que permitan confinar derrames o fugas en el proceso. Estas medidas son cruciales para evitar la dispersión de sustancias peligrosas y mitigar la magnitud de un eventual incidente, esto diques deben contener cajas

separadoras de aguas lluvias y cisterna de recolección de producto derramado para la evacuación.

Puesta a tierra y conexión equipotencial de tanques y tuberías para evitar chispas.

Las bombas deben ser colocadas fuera del dique y con protección en un cuarto de bombas.

**Cap.22 Distancias de seguridad:** Se deben respetar las distancias mínimas entre tanques y entre estos y edificaciones u otras instalaciones, de modo que se garantice un aislamiento adecuado y se prevenga la propagación de incidentes en caso de fugas o derrames.

La norma específica distancias mínimas entre tanques y estructuras, Para tanques de 50 m<sup>3</sup> (50,000 L) de líquidos Clase I B, la separación mínima es de 1/6 del diámetro del tanque, pero no menos de 3 metros.

En la figura 2.8 se muestra las distancias mínimas a edificios o instalaciones ocupadas: Aproximadamente 15 metros (según disposición del tanque y tipo de construcción).

Table 22.4.1.1(a) Location of Aboveground Storage Tanks Storing Stable Liquids — Internal Pressure Not to Exceed a Gauge Pressure of 2.5 psi (17 kPa)

| Type of Tank                                                                                                         | Protection                                                                                           | Minimum Distance (ft)                                                                                     |                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                      |                                                                                                      | From Property Line That Is or Can Be Built Upon, Including the Opposite Side of a Public Way <sup>a</sup> | From Nearest Side of Any Public Way or from Nearest Important Building on the Same Property <sup>a</sup> |
| Floating roof                                                                                                        | Protection for exposures <sup>b</sup>                                                                | $\frac{1}{2} \times$ diameter of tank                                                                     | $\frac{1}{6} \times$ diameter of tank                                                                    |
|                                                                                                                      | None                                                                                                 | Diameter of tank but need not exceed 175 ft                                                               | $\frac{1}{6} \times$ diameter of tank                                                                    |
| Vertical with weak roof-to-shell seam                                                                                | Approved foam or inerting system <sup>c</sup> on tanks not exceeding 150 ft in diameter <sup>d</sup> | $\frac{1}{2} \times$ diameter of tank                                                                     | $\frac{1}{6} \times$ diameter of tank                                                                    |
|                                                                                                                      | Protection for exposures <sup>b</sup>                                                                | Diameter of tank                                                                                          | $\frac{1}{3} \times$ diameter of tank                                                                    |
|                                                                                                                      | None                                                                                                 | $2 \times$ diameter of tank but need not exceed 350 ft                                                    | $\frac{1}{3} \times$ diameter of tank                                                                    |
| Horizontal and vertical tanks with emergency relief venting to limit pressures to 2.5 psi (gauge pressure of 17 kPa) | Approved inerting system <sup>c</sup> on the tank or approved foam system on vertical tanks          | $\frac{1}{2} \times$ value in Table 22.4.1.1(b)                                                           | $\frac{1}{2} \times$ value in Table 22.4.1.1(b)                                                          |
|                                                                                                                      | Protection for exposures <sup>b</sup>                                                                | Value in Table 22.4.1.1(b)                                                                                | Value in Table 22.4.1.1(b)                                                                               |
|                                                                                                                      | None                                                                                                 | $2 \times$ value in Table 22.4.1.1(b)                                                                     | Value in Table 22.4.1.1(b)                                                                               |
| Protected above ground tank                                                                                          | None                                                                                                 | $\frac{1}{2} \times$ value in Table 22.4.1.1(b)                                                           | $\frac{1}{2} \times$ value in Table 22.4.1.1(b)                                                          |

For SI units, 1 ft = 0.3 m.

<sup>a</sup>The minimum distance cannot be less than 5 ft (1.5 m).

<sup>b</sup>See definition 3.3.46, Protection for Exposures.

<sup>c</sup>See NFPA 69.

<sup>d</sup>For tanks over 150 ft (45 m) in diameter, use "Protection for Exposures" or "None," as applicable.

**Figura 2.8 Distancia mínima entre tanques de almacenamiento**  
 Autor: National Fire Protection Association, 2024

**Cap. 27 Manejo seguro de líquidos inflamables:** Uso de equipos eléctricos a prueba de explosión, sistema de cableado, bombas, etc.

Válvulas de cierre de emergencia en tuberías de carga y descarga.

#### **2.4.3. Consideraciones Norma API 650**

Se detallan algunas de las consideraciones clave extraídas de la norma API 650 que deben tenerse en cuenta para el diseño de un tanque de 50 m<sup>3</sup> destinado al almacenamiento de solventes orgánicos (acetato de butilo, solvesso 100, propanol y acetato de cellosolve) (American Petroleum Institute, 2020):

**Cap. 4 Selección de materiales y compatibilidad química:** Especifica que deben emplearse materiales que eviten reacciones adversas, corrosión o agrietamiento. Esto implica revisar los requisitos mínimos de composición y propiedades mecánicas para garantizar la integridad a largo plazo del tanque.

**Cap. 5 Control de corrosión y asignación de espesores:** Según lo expuesto en el cap. 5. “corrosión allowance” que compense la pérdida de espesor debido a la acción de los solventes y vapores presentes en el ambiente de almacenamiento. Este ajuste es fundamental para determinar los espesores mínimos de las placas del tanque y de los componentes estructurales, asegurando así la durabilidad y seguridad del diseño.

**Cap. 5. Dimensionamiento del tanque:** El cálculo de las dimensiones diámetro, altura y espesores, se ha realizado conforme a las fórmulas y tablas presentadas en el Capítulo 5, así como en los anexos aplicables. Esto permite que el tanque cumpla con la capacidad de 50 m<sup>3</sup>, manteniendo un margen de seguridad estructural y facilitando la fabricación.

Estas consideraciones serán documentadas en la hoja de datos del tanque, especificando cada punto de la norma API 650 que se está aplicando, para asegurar una correcta implementación en el caso de almacenamiento de solventes orgánico.

## CAPÍTULO 3

### 3. RESULTADOS

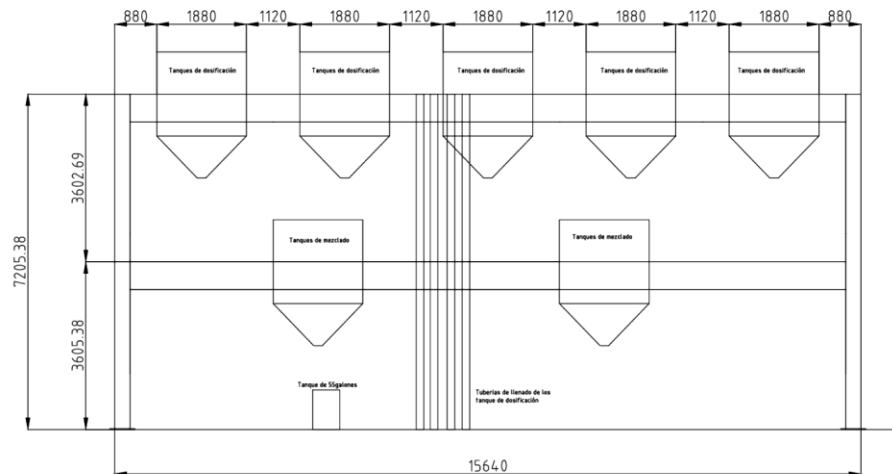
#### 3.1. Distribución de planta

De acuerdo con lo planteado en la metodología del proyecto, en la figura 3.1. se desarrolló un modelo de planta de producción de diluyente utilizando AutoCAD, que integra de manera óptima los diferentes departamentos y áreas funcionales, garantizando el cumplimiento de las consideraciones de seguridad de la NFPA 30.

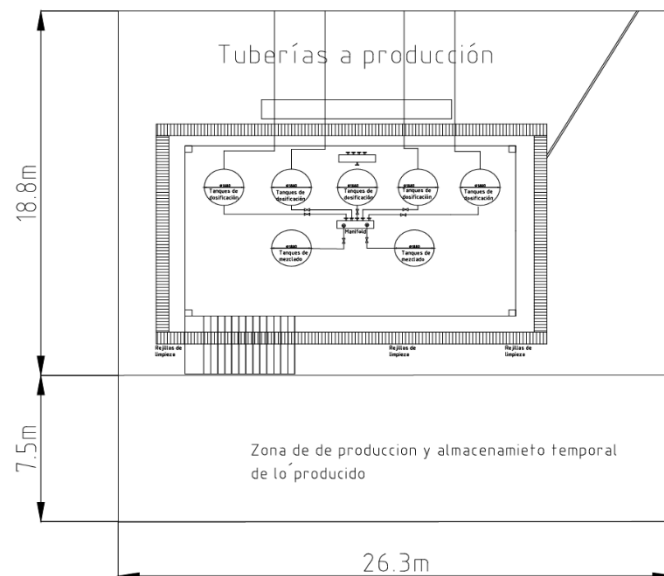
La planta, con un área total de 9,000 m<sup>2</sup>, se organiza de forma que se asegure un flujo continuo y seguro de materiales y personal, de las que:

- Se incorporó una garita de ingreso y salida destinada a la verificación de vehículos (tanqueros de materia prima, camiones y automóviles particulares). Asimismo, se han dispuesto dos puntos de encuentro para emergencias, ubicados estratégicamente cerca de la salida de la planta y en las áreas adyacentes a las bodegas de materia prima y producto terminado, las mismas que cuentan con dos salidas de emergencias cada una de las bodegas.
- El área de descarga de materia cuenta con un muelle de estacionamiento de tanqueros, con las consideraciones de seguridad indicadas por la norma, que son puesta a tierra, válvulas de seguridad, elementos de seguridad como lavajos y duchas ante emergencias.
- Debido a los requerimientos de almacenamiento de materia prima, se propone la construcción de inicial de 4 tanques, con asignación de área para la construcción final de 11 tanques al alcanzar la producción diaria de 500.000 L diarios de diluyente, con un distanciamiento mínimo de 3 m. entre tanques según lo especificado en la norma.
- La planta cuenta con una cisterna de recolección de líquidos, diseñada para gestionar derrames. Esta cisterna se conecta mediante un sistema de tuberías subterráneas a las áreas de granja de tanques, cuarto de bombas y mezanine de tanques de producción. Se ha previsto la instalación de una bomba sumergible que permita evacuar el líquido almacenado, facilitando su adecuado tratamiento como desecho químico.



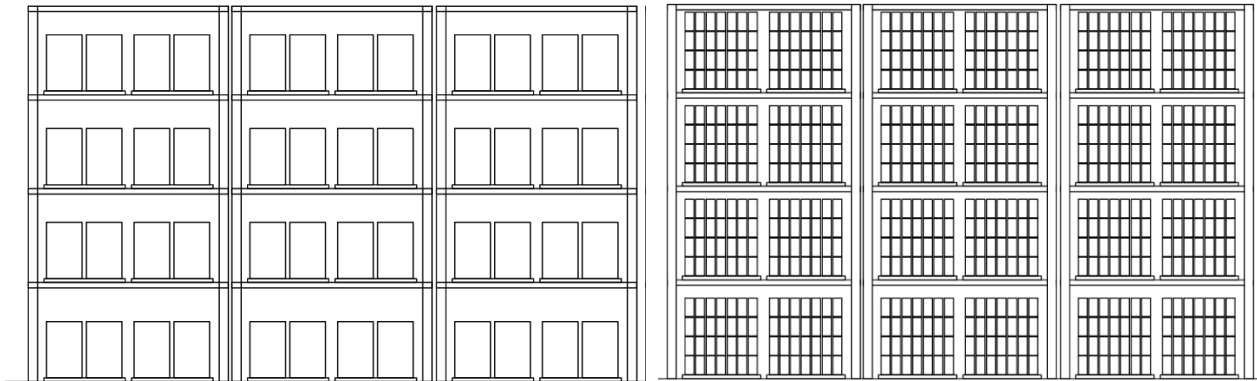


**Figura 3.2 Diseño vista frontal de la línea de producción de diluyente**

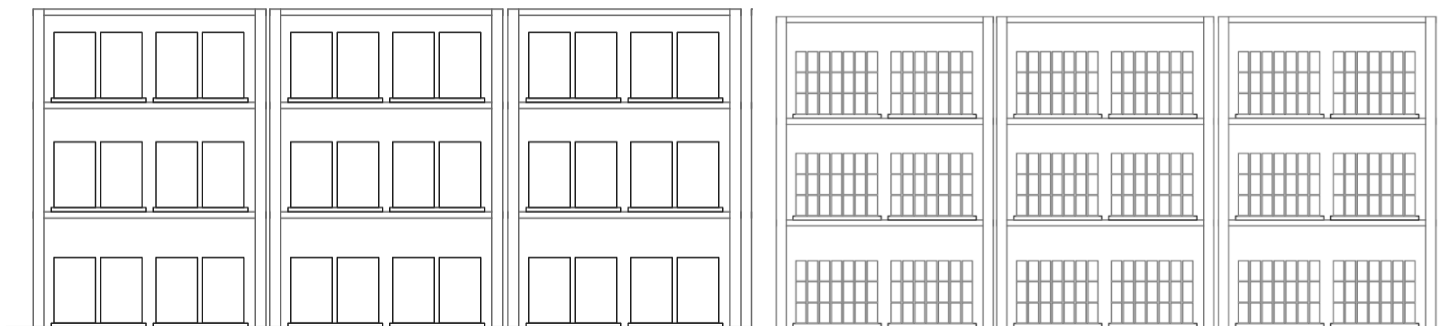


**Figura 3.3 Diseño vista planta de la línea de producción de diluyente**

En las figuras 3.4 y 3.5 se presentan la configuración de la bodega para materiales empaque (tanques metálicos y galones plásticos) y producto terminado se ha diseñado mediante un sistema de racks selectivos simples. Estos estantes, con pallet de profundidad, aseguran una manipulación rápida y segura de productos inflamables. Se ha considerado el uso de carretillas convencionales de contrapeso (montacargas a combustión), previendo pasillos de 4 m de ancho para el tránsito seguro y eficiente durante las operaciones de carga y descarga.



**Figura 3.4 Ordenamiento de los racks de material de empaque tanques metálicos y galones**



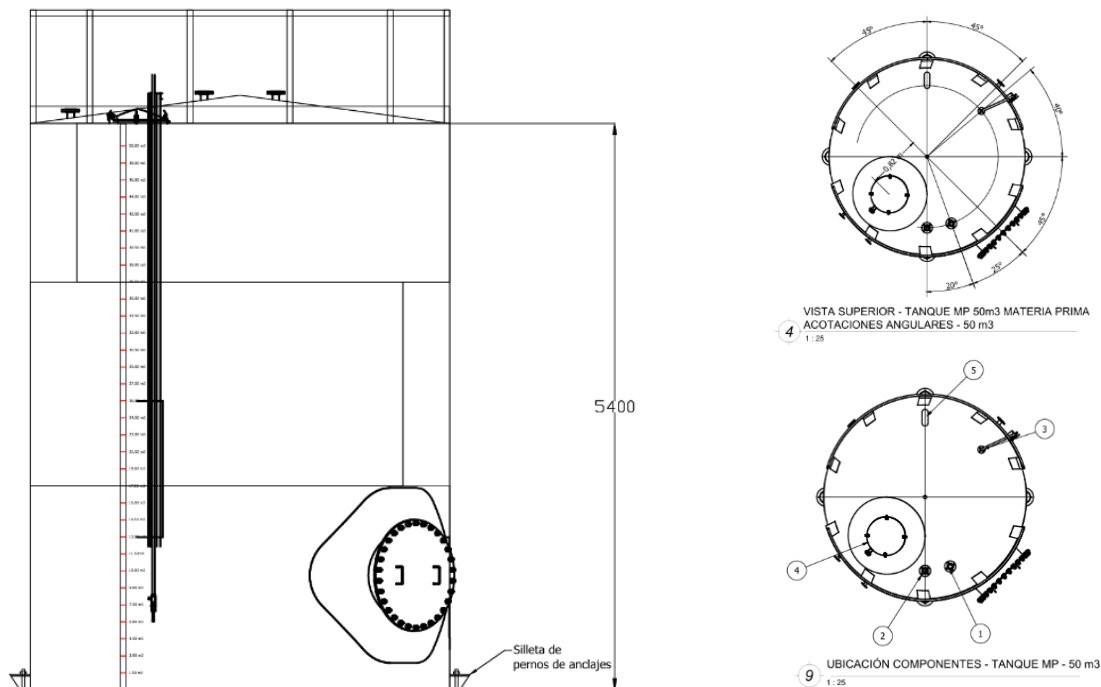
**Figura 3.5 Ordenamiento de racks de producto terminado en presentación tanque y galones**

### **3.2. Diseño de tanques de proceso**

En este apartado se exponen los resultados obtenidos en el dimensionamiento y diseño de los tanques que integran el proceso productivo del diluyente, elaborados de acuerdo con los lineamientos de la norma API 650 y las disposiciones de la NFPA 30 para el manejo seguro de líquidos inflamables. El desarrollo del diseño se fundamentó en el uso de herramientas de cálculo matemático, como Mathcad, y en modelados en AutoCAD, lo que permitió determinar de forma precisa los parámetros críticos para las tres propuestas de tanques. Estas propuestas abarcan los tanques destinados al almacenamiento de materia prima, dosificación y mezclado, asegurando no solo la integridad estructural y la seguridad operativa, sino también la optimización del espacio y la eficiencia en el flujo del proceso productivo.

### 3.2.1. Diseño de tanques de almacenamiento de materia prima

Los tanques para almacenamiento de materia prima fueron diseñados para una capacidad de 50 m<sup>3</sup>, contemplando una planificación de abastecimiento mensual conforme al consumo proyectado. Como se muestra en la figura 3.6 se optó por un diseño estandarizado para todos los tanques, con el objetivo de maximizar la optimización del espacio y la utilización de recursos.



**Figura 3.6 Diseño de tanque de almacenamiento de materia prima de 50 m<sup>3</sup>**

La validación del diseño se realizó mediante el programa Mathcad, cuyos resultados se resumen en la Tabla 4, donde se detallan las dimensiones del equipo, el tipo de material de construcción, los espesores mínimos de las láminas según la sección (cuerpo, fondo y techo), así como el número de anillos de planchaje. Además, se incluye la especificación del sistema de recubrimiento para proteger el material de construcción contra la corrosión debido al contacto con la materia prima y las condiciones ambientales: para el interior, se seleccionó un sistema epoxi-fenólico bicomponente que ofrece alta resistencia al ataque químico, es muy empleado en la protección de tanques que almacenan una alta gama de solventes aromáticos y alifáticos, mientras que, para el exterior, se propuso la aplicación de recubrimientos de tipo epoxi-poliamida y poliuretano, diseñados para soportar las condiciones ambientales y prevenir la corrosión.

Todos estos elementos aseguran que el tanque cumpla con los requisitos de seguridad y durabilidad estipulados en la normativa API 650, permitiendo un almacenamiento seguro de solventes inflamables. Los cálculos detallados y planos del tanque se presentan en los Anexos C y D, además de la ficha técnica guía para la selección del recubrimiento interior, la misma se presenta en el Anexo E.

**Tabla 4**

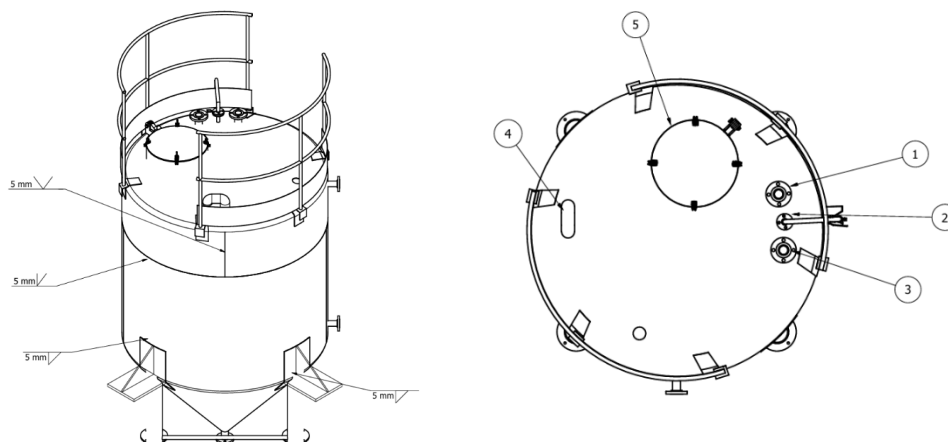
**Resultados de diseño de tanque de almacenamiento de materia prima.**

|                                                     |                                                       |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| <b>Altura:</b>                                      | 5.4 m                                                 |
| <b>Diámetro:</b>                                    | 3.57 m                                                |
| <b>Perímetro del tanque:</b>                        | 11.21 m                                               |
| <b>Número de anillos:</b>                           | 3                                                     |
| <b>Material de construcción:</b>                    | Acero ASTM A-36                                       |
| <b>Espesor min. de lámina de cuerpo del tanque:</b> | 6 mm                                                  |
| <b>Espesor min. lámina de fondo:</b>                | 8 mm                                                  |
| <b>Espesor min. lámina de techo:</b>                | 5mm                                                   |
| <b>Válvula arrastra llamas:</b>                     | Si                                                    |
| <b>Válvula de blanketing:</b>                       | Si                                                    |
| <b>Sistema de gas inerte:</b>                       | CO <sub>2</sub>                                       |
| <b>Tipo de revestimiento interno:</b>               | Pintura sistema epoxi – fenólico (Anexo E)            |
| <b>Tipo de revestimiento externo:</b>               | Pintura blanca sistema epoxi poliamida y poliuretano. |

Para el almacenamiento de materia prima, se propone el uso de un sistema de llenado por presión de gas inerte (CO<sub>2</sub>) lo que ayuda a presurizar el tanque, previniendo la formación de atmosferas explosivas ya que reduce las volatilizaciones del solvente).

### **3.2.2. Diseño de tanques de dosificación**

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en el dimensionamiento y diseño de los tanques de dosificación de materia prima, la propuesta contempla un diseño estandarizado de cinco tanques de dosificación con una capacidad de 5 m<sup>3</sup> cada uno, se propone la construcción de un quinto tanque que funcione como backup en caso de mantenimiento de la estructura de un equipo o de los componente del mismo como válvulas o sensores y que esto no afecte la productividad de la planta por mantenimientos programados o correctivos, en la figura 3.7. se presenta el diseño de los tanques de dosificación, optimizado para el control exacto del volumen de materia prima.



**Figura 3.7 Diseño de tanque de dosificación de materias primas de 5m<sup>3</sup>**

En la tabla 5 se muestran los resultados de los cálculos de diseño del tanque de dosificación los cuales se han realizado conforme a los criterios técnicos definidos en la norma API 650, garantizando un desempeño confiable y seguro durante la operación, En ella se detallan las dimensiones de los tanques, así como la selección del material, optándose por acero inoxidable AISI 304 o 316 L por su alta resistencia a la corrosión y compatibilidad química para el manejo de líquidos inflamables. Asimismo, se especifica un espesor mínimo de lámina de 5 mm, según lo estipulado por la norma para tanques con diámetros menores a 15 m, ya que por cálculo de esfuerzo da como resultado el uso de láminas de 1.1 mm.

Adicionalmente, se propone un diseño de proceso con sistemas de control de nivel automatizados, que permiten la activación o desactivación de bombas y la regulación de válvulas, optimizando así la dosificación y reduciendo la probabilidad de errores. Los cálculos detallados y planos del tanque se presentan en los Anexos F y G.

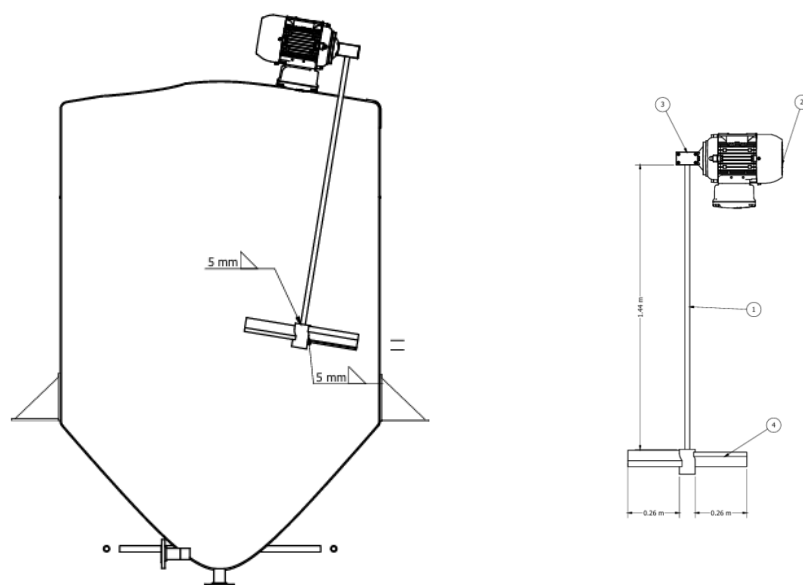
**Tabla 5**

**Resultados de diseño de tanques de dosificación de materia prima**

|                                  |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| <b>Altura:</b>                   | 2.77 m                |
| <b>Diámetro:</b>                 | 1.75 m                |
| <b>Número de anillos:</b>        | 3                     |
| <b>Material de construcción:</b> | AISI 304 / AISI 316 L |
| <b>Espesor min. de lámina:</b>   | 5 mm                  |

### 3.2.3. Diseño de tanques de mezclado

En el presente apartado se detallan los resultados obtenidos para el diseño de los tanques de mezclado mostrado en la figura 3.8, los cuales comparten los cálculos de dimensionamiento aplicados a los tanques de dosificación (punto 3.2.2- Anexo G), con la incorporación adicional de un sistema de agitación. El diseño estandarizado contempla un tanque de 5 m<sup>3</sup>, cuya función es asegurar la homogeneidad de la mezcla mediante la acción de un agitador.



**Figura 3.8 Diseño de tanque de mezclado de 5m<sup>3</sup>**

En la tabla 6 se presentan dichos resultados, la selección del agitador se realizó basándose en catálogos técnicos, considerando variables críticas como la potencia del motor determinada en 2 hp, y optándose por un equipo fabricado en acero inoxidable AISI 304 o AISI 316 L, lo que garantiza una alta resistencia a la corrosión y compatibilidad con los solventes manejados. El plano correspondiente y catálogo de apoyo para selección del agitador se muestran en los Anexos H e I.

**Tabla 6**

**Diseño de tanque de mezclado de 5m<sup>3</sup>**

|                                  |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| <b>Altura:</b>                   | 2.77 m                |
| <b>Diámetro:</b>                 | 1.75 m                |
| <b>Número de anillos:</b>        | 3                     |
| <b>Material de construcción:</b> | AISI 304 / AISI 316 L |
| <b>Espesor min. de lámina:</b>   | 5 mm                  |
| <b>Motor:</b>                    | 2 hp                  |

## **CAPÍTULO 4**

### **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1. Conclusiones**

1. Se diseñó una línea de producción para diluyente laca con capacidad de 500,000 L mensuales, integrando de forma coherente la evaluación de demanda, lo que va a permitir un flujo de fabricación eficiente y el cumplimiento de la demanda de producción en crecimiento.
2. Posterior a la revisión de la Ordenanza del plan de uso de suelo y gestión del suelo del Municipio de Guayaquil, se propone una localización para la ubicación de la nueva planta de producción, conforme a los criterios regulatorios en las zonas permitidas en la ordenanza.
3. Se desarrolló una propuesta de diseño de planta que propone un esquema de distribución óptimo de la disposición de las áreas y equipos, aplicando metodologías como SLP y cumpliendo con los criterios de la norma NFPA 30, asegurando un manejo seguro de líquidos inflamables y un flujo continuo que minimiza riesgos operativos y potenciales cuellos de botella.
4. El dimensionamiento y diseño de los tanques de producción para almacenamiento, dosificación y mezclado, se realizó bajo los lineamientos de la norma API 650. Dicho enfoque técnico asegura la integridad estructural, prolonga la vida útil de los equipos y respalda la seguridad en el manejo de solventes, contribuyendo de forma decisiva a la viabilidad técnica y operativa del proyecto.

#### **4.2. Recomendaciones**

- Se recomienda profundizar en el estudio de ingeniería de la planta, enfatizando la integración y cumplimiento riguroso de las medidas de seguridad establecidas en la norma NFPA 30. Es fundamental detallar e implementar de manera específica los sistemas contra incendios y las medidas de protección para el manejo de líquidos inflamables.
- Se recomienda llevar a cabo un análisis financiero que evalúe la viabilidad y el impacto económico de las propuestas de diseño de la planta y la construcción de los equipos. Este análisis permitirá identificar oportunidades para optimizar costos y recursos, asegurando la sostenibilidad del proyecto a mediano y largo plazo.

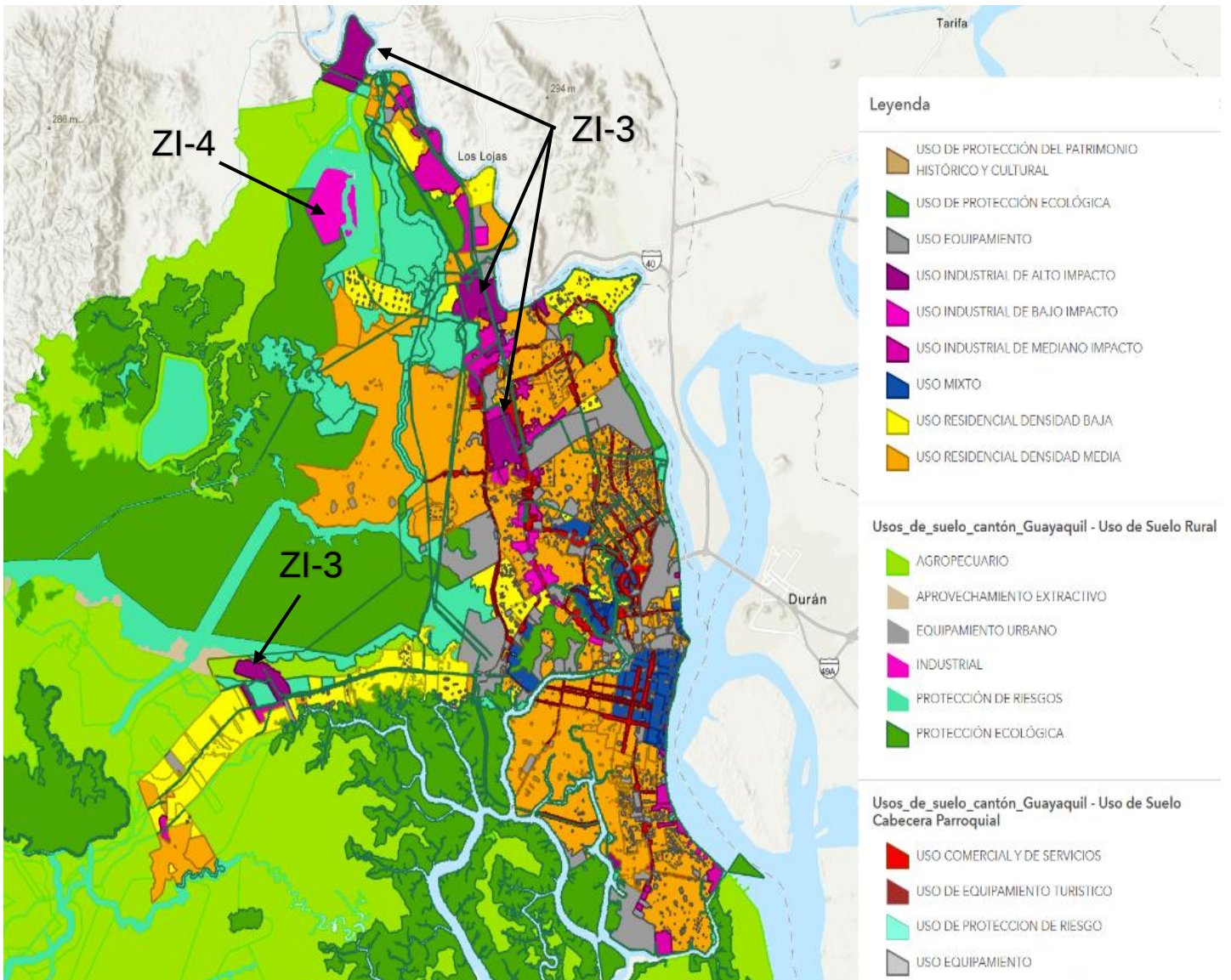
## BIBLIOGRAFÍA

- American Petroleum Institute. (2020). *API Standard 650: Welded tanks for oil storage* (13 ed.). API.
- BID, B. I. (2021). *La logística como motor de la competitividad en América Latina y el Caribe*. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/publicacion/15035/la-logistica-como-motor-de-la-competitividad-en-america-latina-y-el-caribe>
- CEER, C. E. (Mayo de 2020). *ESTUDIO DE LÍNEA BASE DEL MERCADO DE LA PINTURA EN ECUADOR -Proyecto SAICM GEF Componente Plomo en Pintura*. Obtenido de Saicmknowledge:  
[https://saicmknowledge.org/sites/default/files/resources/L%C3%ADnea\\_Base\\_Ecuador\\_SP.pdf](https://saicmknowledge.org/sites/default/files/resources/L%C3%ADnea_Base_Ecuador_SP.pdf)
- EMR, C. a. (2024). *INFORME DE EXPERTOR*. Obtenido de ECUADOR PAINTS MARKET REPORT AND FORECAST 2024-2032:  
<https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-de-pintura-en-ecuador>
- GAD DE GUAYAQUIL. (2021). *GACETA #37: ORDENANZA DE ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL 2019-2023; Y, DEL PLAN DE USO Y GESTIÓN DEL SUELO DEL CANTÓN GUAYAQUIL*. Guayaquil: MUY ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE GUAYAQUIL.
- ISO 12944-5, I. S. (2018-02). *Paint and varnishes- Corrosion protection os steel structures by protective paint systems Part 5: Protective paint systems*.
- Jose Carlos Mora-Barrantes et al. . (2022). Clasificación del riesgo químico de solventes orgánicos mediante la aplicación del método "CHEM21 selection guide of classicaland less classical-solvents. *Revista Tecnología en Marcha*.
- National Fire Protection Association. (2024). *NFPA 30: Flammable and combustible liquids code* (2024 ed.). NFPA.
- PROECUADOR. (2023). *Zonas francas y regímenes aduaneros especiales en Ecuador*. Obtenido de <https://www.proecuador.gob.ec/zonas-francas/>
- Silvia Mejía-Matute et al. (2022). *Análisis del entorno para el sector de fabricación de sustancias y productos químicos en el Ecuador en el período 2010 - 2020*. Azuay: Univerisidad del Azuay.
- Turton, R., Bailie, R., Whiting, W., Shaeiwitz, J. y Bhattacharyya, D. (2013). *Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes* (4ta ed. ed.). New Jersey, United States of America : Prentice Hall.

Urrutia, C. M. (1995). *UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA* . Obtenido de <https://repositorio.uvg.edu.gt/static/flowpaper/template.html?path=/bitstream/handle/123456789/1197/0de%20almacenamiento%20de%20solventes%20de%20bajo%20punto%20de%20chispa%5b1%5d.%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

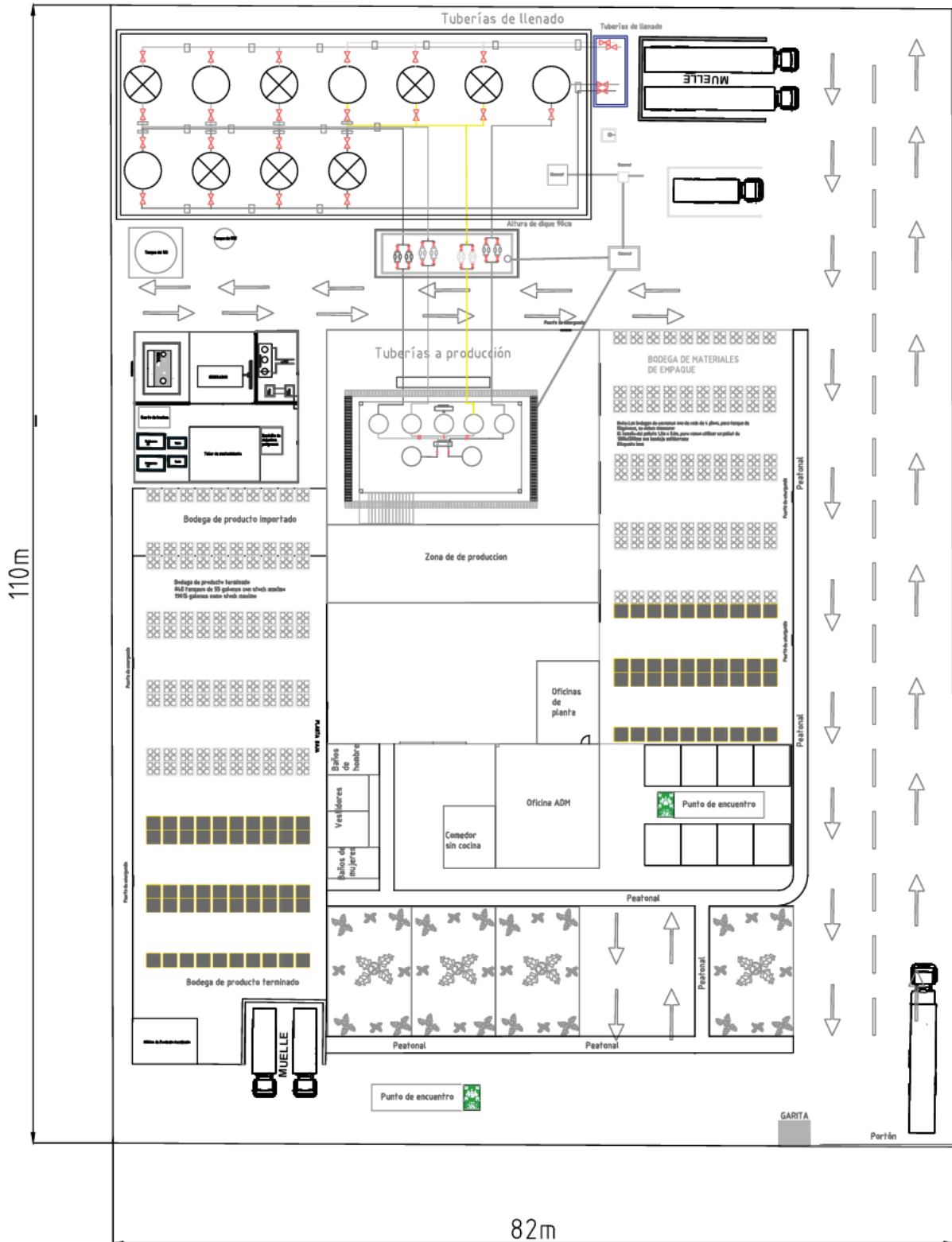
## **ANEXOS**

**ANEXO A**  
**Mapa de usos específicos cabecera cantonal de guayaquil**



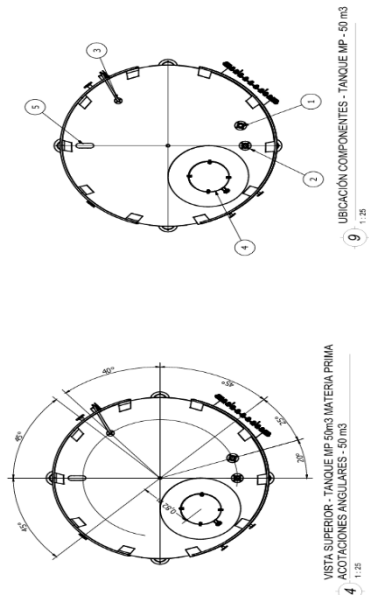
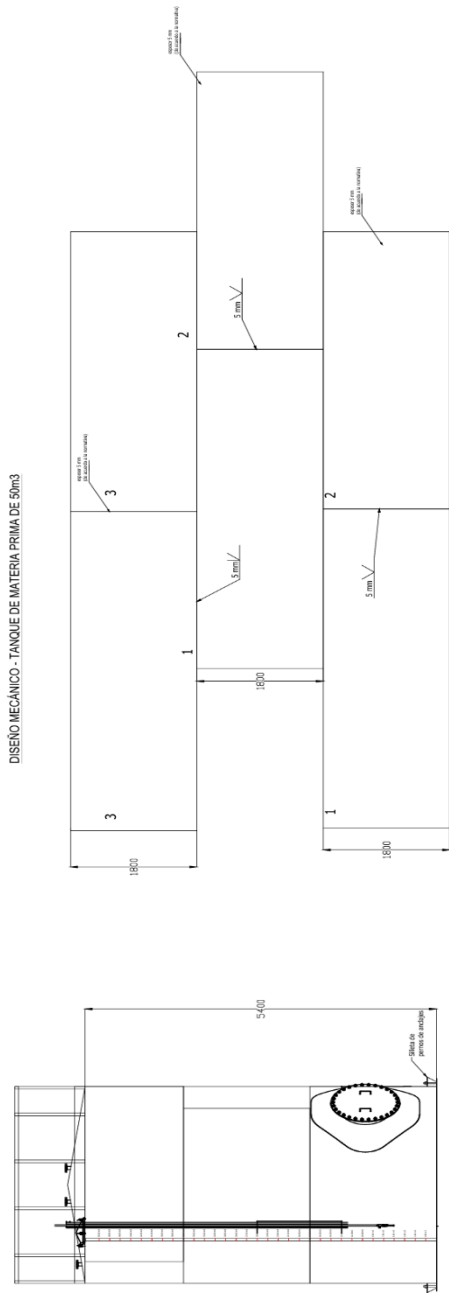
## ANEXO B

### Plano de planta de elaboración de diluyente



ANEXO C

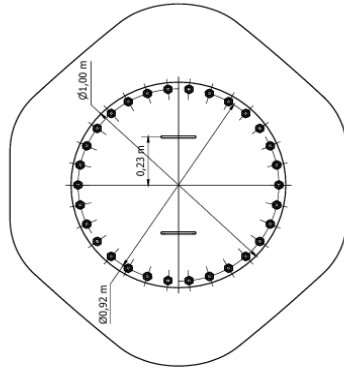
Plano de tanques de almacenamiento de materia prima de 50 m<sup>3</sup>



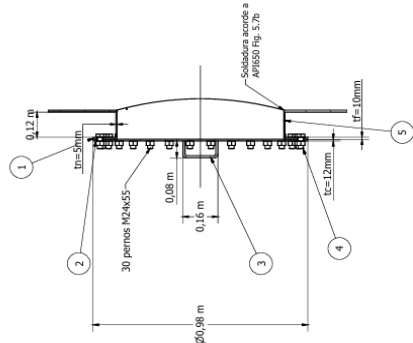
| Item | Descripción           | Cant. | Unidad | Cálculo | Cant. Total | Descripción |
|------|-----------------------|-------|--------|---------|-------------|-------------|
| 1    | Alcance para el fondo | 1     | 2"     | 40      | 150         | Tubo        |
| 2    | Alcance para el fondo | 1     | 2"     | 40      | 150         | Tubo        |
| 3    | Alcance para el fondo | 1     | 2"     | 40      | 150         | Tubo        |
| 4    | Alcance para el fondo | 1     | 2"     | 40      | 150         | Tubo        |
| 5    | Alcance para el fondo | 1     | 2"     | 40      | 150         | Tubo        |
| 6    | Alcance para el fondo | 1     | 2"     | 40      | 150         | Tubo        |
| 7    | Alcance para el fondo | 1     | 2"     | 40      | 150         | Tubo        |
| 8    | Alcance para el fondo | 1     | 2"     | 40      | 150         | Tubo        |
| 9    | Alcance para el fondo | 1     | 2"     | 40      | 150         | Tubo        |
| 10   | Alcance para el fondo | 1     | 2"     | 40      | 150         | Tubo        |
| 11   | Alcance para el fondo | 1     | 2"     | 40      | 150         | Tubo        |
| 12   | Alcance para el fondo | 1     | 2"     | 40      | 150         | Tubo        |
| 13   | Alcance para el fondo | 1     | 2"     | 40      | 150         | Tubo        |



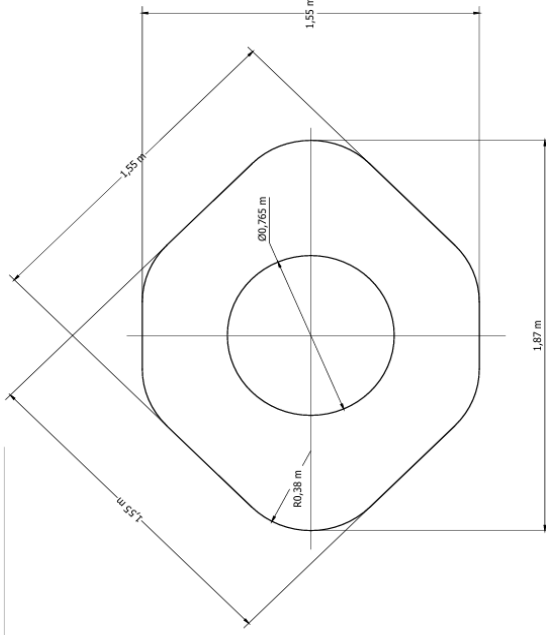
| Item | Cantidad | Descripción                |
|------|----------|----------------------------|
| 1    | 1        | Manguera 03/4"             |
| 2    | 1        | LAM 209x1000x1.5 mm        |
| 3    | 4        | LAM 332x50x1.5 mm          |
| 4    | 1        | Brida 3.0 W C.150          |
| 5    | 2        | Codo 1"                    |
| 6    | 2        | Adaptador 1"-3/4" manguera |
| 7    | 1        | Tee hembra 3/4"            |
| 8    | 2        | Válvula de bola 3/4"       |



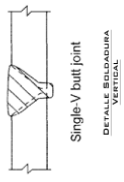
17 VISTA FRONTAL MANHOLE - TANQUE MP - 50 m3  
1 : 10



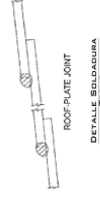
18 VISTA LATERAL MANHOLE - TANQUE MP  
ACOTACIONES Y UBICACIÓN ELEMENTOS - 50 m3  
1:10



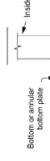
19 VISTA FRONTAL REFUERZO MANHOLE - TANQUE MP - 50 m3  
1 : 10



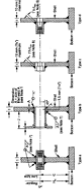
### Single-V butt joint



## ROOF-PLATE JOINT



BOTTOM-TO-SHELL JOINT

**DETALLE SOLDADUR**

### DETALLE SOLDADURA

| Item | Cantidad | Descripción            |
|------|----------|------------------------|
| 1    | 1        | LAM Ø1 m x 10          |
| 2    | 1        | LAM Ø1 m x 12          |
| 3    | 2        | Eje Ø10 mm x276        |
| 4    | 30       | Pernos M24x55 / Tuerca |
| 5    | 2        | LAM 140 mm x5          |

| Item | Cantidad | Descripción        |
|------|----------|--------------------|
| 1    | 2        | Tubo Ø1" x12000 mm |
| 2    | 20       | Tubo Ø1" x800 mm   |
| 3    | 1        | PL 200X12000 mm    |
| 4    | 10       | Platina Ø70 mm     |

[illegible]

**ANEXO D**  
**Cálculos de tanque de almacenamiento de materia prima de 50 m<sup>3</sup>**

**Diseño de tanque metálico apoyado sobre  
terreno según criterio API-650-2020**

**Acciones Gravitacionales, Viento y Sismo**



Elaborado por: Ing. Richard Villón

Revisado por: Ing. Sanddy Marquez

Fecha de elaboración: 25-febrero-2025

Datos para el diseño del tanque

$$D := 3.57 \text{ m} \quad \text{Diámetro Indicado por el cliente}$$

$$V_{req} := 50 \text{ m}^3 \quad \text{Volumen del contenido del tanque requerido por el cliente}$$

Consideraciones:

a) Para los anillos se utilizaran lamina (De acuerdo al mercado):

$$A_{lamina} := 1.8 \text{ m} \quad \text{Ancho mínimo dado en el estándar API650-2020}$$

$$L_{lamina} := 6 \text{ m} \quad \text{Longitud de la plancha}$$

b) Con la finalidad de aprovechar la dimensión de las láminas y evitar desperdicio, las dimensiones definidas del tanque serán:

$$P := \pi \cdot D = 11.215 \text{ m} \quad \text{Perímetro del tanque}$$

$$N_{laminas} := \frac{P}{L_{lamina}} = 1.869 \quad \text{Número de láminas}$$

Datos de diseño:

Se desea almacenar un volumen aproximado:

$$V_{req} := 50 \text{ m}^3$$

Se empleará Acero ASTM A-36, por lo que:

$$f_y := 2530 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{Esfuerzo de cedencia}$$

$$H := \frac{V_{req}}{\left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot \pi} = 4.995 \text{ m}$$

$$N_{anillo} := \frac{H}{A_{lamina}} = 2.775 \quad \text{Debe ser un numero exacto---> } N_{anillos} := \text{ceil}(N_{anillo})$$

$$N_{anillos} = 3$$

$$H := N_{anillos} \cdot A_{lamina} = 5.4 \text{ m}$$

Se selecciona esto porque es mayor y dentro del volumen requerido.

Dimensionado del techo:

En este caso se utilizará techo cónico autosoportado:

$$\theta := 9.5^\circ \quad \text{Ángulo del techo ( } 9.5^\circ \leq \theta < 37^\circ \text{ )}$$

$$T_{t\_req} := \frac{D}{4800 \cdot \sin(\theta)} \quad T_{t\_req} = 4.506 \text{ mm} \quad \text{Espesor de techo requerido}$$

Espesor del techo debe un valor comercial por lo tanto se escoge **5mm**

$$T_t := 5 \text{ mm} \quad \text{Espesor de techo diseñado ( } 4.76 \text{ mm} \leq T_t < 12.7 \text{ mm)}$$

En caso de considerarse este espesor excesivo o antieconómico pudiese ser requerido incrementar la pendiente del techo siempre que el proceso de fabricación lo permita o en cuyo caso instalar una estructura de soporte adicional para soportar el techo. Esto se decidirá en función de la relación costo/beneficio entre ambas propuestas.

Verificando si el espesor obtenido requiere ser mayorado

Para  $CV+CP > 220 \text{ kgf/m}^2$ , el espesor sera mayorado con la siguiente relacion

$$CV := 100 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$CP := 8000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \cdot T_t = 40 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$CV + CP = 140 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$FM := \sqrt{\frac{CV + CP}{220 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}}}$$

$$FM = 0.798 \quad \text{Si FM es menor que 1 no requiere ser mayorado}$$

Calculo de altura del techo

$$h_{techo} := \frac{D}{2} \cdot \tan(\theta) = 0.299 \text{ m} \quad \text{Altura del techo}$$

### Geometría del tanque (Varia de acuerdo al proyecto)

$$CG_{cuerpo} := \frac{H}{2} = 2.7 \text{ m}$$

Centro de gravedad del cuerpo

$$CG_{techo} := H + \frac{h_{techo}}{2} = 5.549 \text{ m}$$

Centro de gravedad considerando el techo

$$V_{tanque} := \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H = 54.05 \text{ m}^3$$

Volumen del tanque diseñado

$$V_{req} = 50 \text{ m}^3$$

if ( $V_{tanque} > V_{req}$ , “Si cumple”, “No cumple”) = “Si cumple”

### Diseño de las láminas del cuerpo del tanque (anillos)

$$G := 0.78$$

Densidad específica del Diluyente

$$CA := 1.6 \text{ mm}$$

Corrosión Admisible

$$H_L := H = 5.4 \text{ m}$$

Altura máxima de diseño del líquido

## 5.6 Shell Design

### 5.6.1 General

5.6.1.1 The required shell thickness shall be the greater of the design shell thickness, including any corrosion allowance, or the hydrostatic test shell thickness, but the shell thickness shall not be less than the following:

| Nominal Tank Diameter |             | Nominal Plate Thickness |       |
|-----------------------|-------------|-------------------------|-------|
| (m)                   | (ft)        | (mm)                    | (in.) |
| < 15                  | < 50        | 5                       | 3/16  |
| 15 to < 38            | 50 to < 120 | 6                       | 1/4   |
| 38 to 60              | 120 to 200  | 8                       | 5/16  |
| > 60                  | > 200       | 10                      | 3/8   |

- NOTE 1 Unless otherwise specified by the Purchaser, the nominal tank diameter shall be the centerline diameter of the bottom shell-course plates.
- NOTE 2 The thicknesses specified are based on erection requirements.
- NOTE 3 When specified by the Purchaser, plate with a nominal thickness of 6 mm may be substituted for 1/4-in. plate.
- NOTE 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 (1/4 in.).

Copyright 2010, American Institute of Steel Construction, Inc.

$$D = 3.57 \text{ m}$$

De acuerdo al diámetro, el espesor mínimo de la lamina de metal debe ser:

$$t_{min} := 5 \text{ mm}$$

$$t_{1min} := 6 \text{ mm} \quad \text{se admite el 6mm por corrosión admisible}$$

De acuerdo, al material seleccionado A36:

$$f_{diseño} := 160 \text{ MPa} \quad f_{prueba\_hidrostatica} := 171 \text{ MPa} \quad f_y := 250 \text{ MPa} \quad f_u := 400 \text{ MPa}$$

Table 5.2a—Permissible Plate Materials and Allowable Stresses (SI)

| Plate Specification        | Grade | Nominal Plate Thickness $t$<br>mm | Minimum Yield Strength<br>MPa | Minimum Tensile Strength<br>MPa | Product Design Stress $S_d$<br>MPa | Hydrostatic Test Stress $S_t$<br>MPa |
|----------------------------|-------|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>ASTM Specifications</b> |       |                                   |                               |                                 |                                    |                                      |
| A283M                      | C     |                                   | 205                           | 380                             | 137                                | 154                                  |
| A285M                      | C     |                                   | 205                           | 380                             | 137                                | 154                                  |
| A131M                      | A, B  |                                   | 235                           | 400                             | 157                                | 171                                  |
| A36M                       | —     |                                   | 250                           | 400                             | 160                                | 171                                  |
| A131M                      | EH 36 |                                   | 360                           | 490 <sup>a</sup>                | 196                                | 210                                  |
| A573M                      | 400   |                                   | 220                           | 400                             | 147                                | 165                                  |
| A573M                      | 450   |                                   | 240                           | 450                             | 160                                | 180                                  |
| A573M                      | 485   |                                   | 290                           | 485 <sup>a</sup>                | 193                                | 208                                  |
| A516M                      | 380   |                                   | 205                           | 380                             | 137                                | 154                                  |

## Aplicando el método de 1ft para determinar el espesor de los anillos

### Anillo #1

$$t_{d1} := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H_L - 1 \text{ ft}) \cdot G}{f_{\text{diseño}}} \cdot \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ m}} + CA$$

$$t_{d1} = 2.035 \text{ mm} \quad \text{Espesor por condiciones de diseño}$$

$$t_{t1} := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H_L - 1 \text{ ft})}{f_{\text{prueba\_hidrostatica}}} \cdot \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ m}}$$

$$t_{t1} = 0.521 \text{ mm} \quad \text{Espesor por prueba hidrostática}$$

if ( $t_{d1} > t_{t1}$ , “Por fluencia del Diseño”, “Por fluencia por P. hidrostática”) = “Por fluencia del Diseño”

$$t_1 := t_{d1} = 2.035 \text{ mm}$$

$$t_1 := 6 \text{ mm}$$

---

### Anillo #2

$$A := A_{\text{lamina}} = 1.8 \text{ m}$$

$$t_{d2} := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H_L - A - 1 \text{ ft}) \cdot G}{f_{\text{diseño}}} \cdot \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ m}} + CA$$

$$t_{d2} = 1.881 \text{ mm} \quad \text{Espesor por condiciones de diseño}$$

$$t_{t2} := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H_L - A - 1 \text{ ft})}{f_{\text{prueba\_hidrostatica}}} \cdot \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ m}}$$

$$t_{t2} = 0.337 \text{ mm} \quad \text{Espesor por prueba hidrostática}$$

if ( $t_{d2} > t_{t2}$ , “Por fluencia del Diseño”, “Por fluencia por P. hidrostática”) = “Por fluencia del Diseño”

$$t_2 := t_{d2} = 1.881 \text{ mm}$$

$$t_2 := 6 \text{ mm}$$

---

### Anillo #3

$$A := A_{\text{lamina}} = 1.8 \text{ m}$$

$$t_{d3} := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H_L - 2 \cdot A - 1 \text{ ft}) \cdot G}{f_{\text{diseño}}} \cdot \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ m}} + CA$$

$$t_{d3} = 1.728 \text{ mm} \quad \text{Espesor por condiciones de diseño}$$

$$t_{t3} := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H_L - A - 1 \text{ ft})}{f_{\text{prueba_hidrostatica}}} \cdot \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ m}}$$

$$t_{t3} = 0.337 \text{ mm} \quad \text{Espesor por prueba hidrostática}$$

if  $(t_{d1} > t_{t1}, \text{"Por fluencia del Diseño"}, \text{"Por fluencia por P. hidrostática"}) = \text{"Por fluencia del Diseño"}$

$$t_3 := t_{d3} = 1.728 \text{ mm}$$

$$t_3 := 6 \text{ mm}$$

### Resultados

$$t_1 = 6 \text{ mm} \quad \text{1er anillo}$$

$$t_2 = 6 \text{ mm} \quad \text{2do anillo}$$

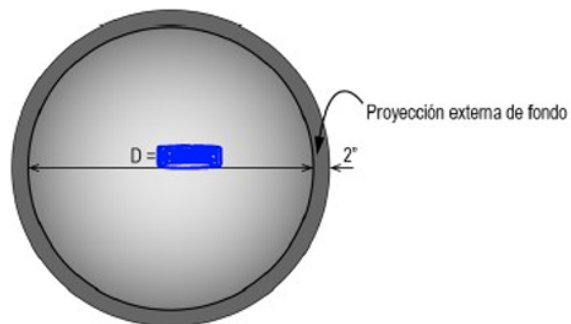
$$t_3 = 6 \text{ mm} \quad \text{3er anillo}$$

### Diseño de las láminas del fondo del tanque

$$t_{b\_min} := 6 \text{ mm} \quad \text{Espesor mínimo nominal}$$

La lamina de fondo tendrá por lo menos 2 pulgadas adicionales al ancho del filete de soldadura de la unión y el fondo.

$$\text{ProyExt} := 2 \text{ in} = 50.8 \text{ mm} \quad \text{Proyección Externa del fondo}$$



El esfuerzo de diseño viene dado por:

$$S_d = \frac{4.9 \cdot D \cdot (H_L - 1 \text{ ft}) \cdot G}{t_d}$$

Luego el espesor de la lamina estará en función de la siguiente tabla

**Table 5.1a—Annular Bottom-Plate Thicknesses ( $t_b$ ) (SI)**

| 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 =  $(t_d - C.A / \text{corroded } t) (S_d)$

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.

$$t_d := t_1 = 6 \text{ mm}$$

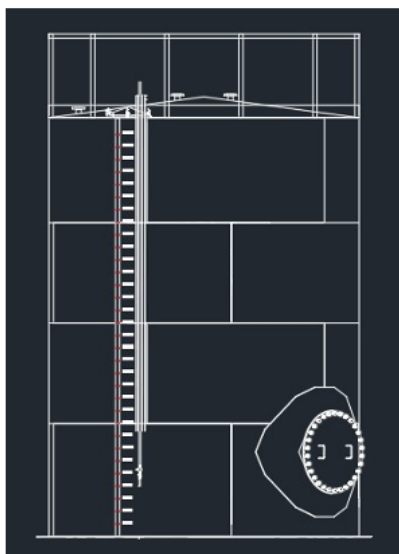
$$S_d := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H_L - 1 \text{ ft}) \cdot G}{t_d} \cdot \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ m}} = 11.587 \text{ MPa}$$

Finalmente el espesor de la lamina de fondo se obtiene de la tabla anterior por:

$$S_d \leq 190 \text{ MPa} \quad t_d \leq 19 \text{ mm}$$

$$t_{\text{bottom}} := 6 \text{ mm}$$

Esquema de resultados del diseño del tanque



### Diseño del tanque por acción del viento

Velocidad < 190 kph

Velocidad del viento menor a 190kph, de acuerdo a API650-2020

$V := 75 \text{ kph}$

$$P_{ws} := 88 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \cdot \left( \frac{V}{190 \text{ kph}} \right)^2 = 13.712 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

Presión de diseño sobre el cuerpo del tanque

$$P_{wr} := 146 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \cdot \left( \frac{V}{190 \text{ kph}} \right)^2 = 22.749 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

Presión de diseño por levantamiento sobre el techo

$$P_i := 0 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

Presión interna de diseño

$$f_y = 250 \text{ MPa}$$

Fluencia del acero del tanque ASTM A-36

$$W_{\text{cuerpo}} := 7850 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \cdot D \cdot \pi \cdot (3 \cdot t_1) \cdot A = 2852.547 \text{ kgf}$$

Peso del cuerpo

$$R_{te} := \sqrt{\left( \frac{D}{2} \right)^2 + h_{techo}^2} = 1.81 \text{ m}$$

Radio del techo

$$W_{techo} := 7850 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \cdot \pi \cdot R_{te}^2 \cdot T_t = 403.888 \text{ kgf}$$

Peso del techo

$$W_{\text{total}} := W_{techo} + W_{\text{cuerpo}} = 3256.434 \text{ kgf}$$

Peso total

Momentos resistentes debido al peso propio del tanque y el contenido

$$M_{pi} := 0 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \text{Momento debido a presión interna es nulo}$$

$$M_{DL} := W_{cuerpo} \cdot \frac{D}{2} = 5091.796 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \text{Momento debido al peso del cuerpo}$$

$$M_{DLR} := W_{techo} \cdot \frac{D}{2} = 720.939 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \text{Momento debido al peso del techo}$$

$$t_{fondo\_corroido} := t_{bottom} - 0.8 \text{ mm} = 5.2 \text{ mm} \quad \text{Espesor corroído de la placa del fondo, el valor de corrosión es fijado por el cliente}$$

$$f_{by} := f_y = 250 \text{ MPa} \quad \text{Esfuerzo de cedencia del material de la chapa del fondo}$$

$$w_L := \min \left( 140.8 \text{ Pa} \cdot H \cdot \frac{D}{m}, 59 \text{ Pa} \cdot t_{fondo\_corroido} \cdot \frac{m}{mm} \cdot \sqrt{\frac{f_{by}}{\text{MPa}} \cdot \frac{H}{m}} \right) \cdot \pi \cdot D$$

$$w_L = 3104.288 \text{ kgf} \quad \text{Peso del liquido que participa en la resistencia del tanque al volcamiento.}$$

$$M_F := w_L \cdot \frac{D}{2} = 5541.155 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \text{Momento debido al peso del líquido}$$

Momentos de volcamiento debido a la acción de la presión horizontal y vertical del viento

$$M_{ws} := (P_{ws} \cdot D \cdot H) \cdot \frac{H}{2} = 713.71 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \text{Momento debido a la presión lateral sobre el cuerpo}$$

$$M_{wv} := P_{wr} \cdot \pi \cdot \left( \frac{D}{2} \right)^2 \cdot \frac{D}{2} = 406.47 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \text{Momento debido a la presión sobre el techo}$$

$$M_w := M_{ws} + M_{wv} = 1120.187 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Momento de volcamiento total

Verificación de la condiciones de anclajes

### Condición 1....

$$\text{if} \left( 0.6 \cdot M_w + M_{pi} < \frac{M_{DL}}{1.5} + M_{DLR}, \text{"cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"cumple"}$$

$$0.6 \cdot M_w + M_{pi} = 672.112 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \frac{M_{DL}}{1.5} + M_{DLR} = 4115.47 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

### Condición 2...

Factor de combinación de presión normal respecto a la de diseño interna con un valor mínima de 0.4

$$F_p := 0.4$$

$$\text{if} \left( M_w + F_p \cdot M_{pi} < \frac{M_{DL} + M_F}{2} + M_{DLR}, \text{"cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"cumple"}$$

$$M_w + F_p \cdot M_{pi} = 1120.187 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \frac{M_{DL} + M_F}{2} + M_{DLR} = 6037.415 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

### Condición 3...

$$\text{if} \left( M_{ws} + F_p \cdot M_{pi} < \frac{M_{DL}}{1.5} + M_{DLR}, \text{"cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"cumple"}$$

$$M_{ws} + F_p \cdot M_{pi} = 713.713 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \frac{M_{DL}}{1.5} + M_{DLR} = 4115.47 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Necesita\_anclajes\_por\_viento? = "No, El tanque se considera autoanclado"

Entonces se necesita anclar al tanque de acuerdo las siguientes cargas:

$$M_{wh} := P_{ws} \cdot \frac{H^2}{2} \cdot D = 6999.136 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$P_{wr} = 0.223 \text{ kPa}$$

$$W_{total} = 31934.712 \text{ N}$$

$$\left( \frac{4 \cdot M_{wh}}{D} \right) = 7842.169 \text{ N} \quad P_{wr} \cdot D^2 \cdot \frac{785}{1000} = 2232.004 \text{ N}$$

$$U_1 := P_{wr} \cdot D^2 \cdot \frac{785}{1000} + \left( \frac{4 \cdot M_{wh}}{D} \right) - W_{total} = -2.186 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$U_1 = -21860.539 \text{ N}$$

$$U_2:=\left(F_p\cdot Pi+P_{wr}-0.08\frac{kPa}{mm}\cdot T_t\right)\cdot D^2\cdot \frac{785}{1000}+\left(4\cdot \frac{M_{wh}}{D}\right)-W_{cuerpo}$$

$$U_2=-21901.653\text{ }\textcolor{blue}{N}$$

$$P_{wr}-0.08\frac{\textcolor{blue}{kPa}}{\textcolor{blue}{mm}}\cdot T_t=-0.177\text{ }\textcolor{blue}{kPa}$$

$$W_{cuerpo}=27973.927\text{ }\textcolor{blue}{N}$$

$$T_t=5\text{ }\textcolor{blue}{mm}$$

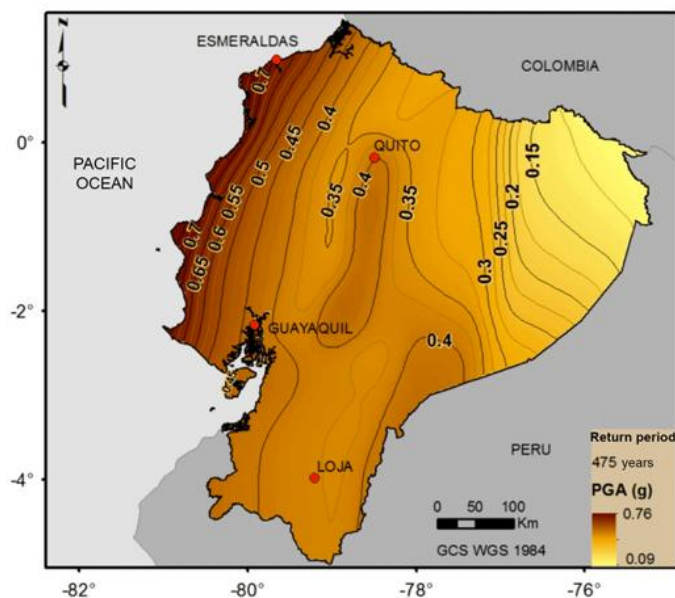
## Diseño del tanque por acción sísmica

Determinación de parámetros de aceleración espectral, usando la aceleración máxima según código API-650 y la ASCE 7-10.

1. Procedimiento aplicable para regiones fuera de EEUU
2. Se considerará que el tanque es Anclado
3. Grupo sísmico SUG II  $I=1.25$
4. Se considera un periodo de retorno de 475 años (amortiguamiento de 5%)
5. No se dispones del espectro de respuesta
6. A partir de 475años de intervalo de recurrencia  $Q=1$

Determinación de parámetros:  
Según API-650 basado en ASCE7-10

$$I := 1.25 \quad Q := 1$$



Seismic hazard map of Continental Ecuador in terms of PGA (g) for a return period of 475 years (Parra et al., 2016). The seismic catalog contains records from 1587 to June 2014, includes historical and instrumental information published in specific studies and by different agencies of seismic monitoring, such as the Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional del Ecuador, the International Seismological Center (ISC), and the National Earthquake Information Center-Preliminary Determination of Epicenters (NEIC-PDE, 2016), as well as information of historic earthquakes obtained by Rivadeneira et al. (2007), Beauval et al (2010; 2013) and Alvarado (2012).

$$S_p := 0.23 \cdot g$$

$$S_n := 0.23$$

$$S_s := 2.5 \cdot S_p = 0.575 \quad (g)$$

$$S_1 := 1.25 \cdot S_p = 0.288 \quad (g)$$

Aceleración pico del terreno

Parámetro de aceleración de respuesta espectral para periodos cortos (0.2s) con 5% de amortiguamiento, para el máximo sismo considerando

Parámetro de aceleración de respuesta espectral para un periodo de 1s, con 5s de amortiguamiento para el

### máximo sismo considerando

Se considera suelo en sitio clase D, interpolando tenemos:

Valores de  $F_a$  en función de la clase del sitio.

| Clases de sitio | Respuesta espectral de aceleraciones para el máximo sismo considerado para periodos cortos |              |              |             |                 |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|-------------|-----------------|
|                 | $S_s \leq 0.25$                                                                            | $S_s = 0.50$ | $S_s = 0.75$ | $S_s = 1.0$ | $S_s \geq 1.25$ |
| <b>A</b>        | 0.8                                                                                        | 0.8          | 0.8          | 0.8         | 0.8             |
| <b>B</b>        | 1.0                                                                                        | 1.0          | 1.0          | 1.0         | 1.0             |
| <b>C</b>        | 1.2                                                                                        | 1.2          | 1.1          | 1.0         | 1.0             |
| <b>D</b>        | 1.6                                                                                        | 1.4          | 1.2          | 1.1         | 1.0             |
| <b>E</b>        | 2.5                                                                                        | 1.7          | 1.2          | 0.9         | 1.0             |
| <b>F</b>        | a                                                                                          | a            | a            | a           | a               |

<sup>a</sup> Se requiere investigación geotécnica de sitio específico y análisis de respuesta dinámica del sitio.

$$F_a := 1.4 + \frac{(1.4 - 1.2) \cdot (S_s - 0.5)}{0.5 - 0.75} = 1.34$$

Factor de modificación para periodos cortos según la clase del sitio

Valores de  $F_v$  en función de la clase del sitio.

| Clases de sitio | Respuesta espectral de aceleraciones para el máximo sismo considerado para periodos cortos |             |             |             |                |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
|                 | $S_1 \leq 0.1$                                                                             | $S_1 = 0.2$ | $S_1 = 0.3$ | $S_1 = 0.4$ | $S_1 \geq 0.5$ |
| <b>A</b>        | 0.8                                                                                        | 0.8         | 0.8         | 0.8         | 0.8            |
| <b>B</b>        | 1.0                                                                                        | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 1.0            |
| <b>C</b>        | 1.7                                                                                        | 1.6         | 1.5         | 1.4         | 1.3            |
| <b>D</b>        | 2.4                                                                                        | 2.0         | 1.8         | 1.6         | 1.5            |
| <b>E</b>        | 3.5                                                                                        | 3.2         | 2.8         | 2.4         | 2.4            |
| <b>F</b>        | a                                                                                          | a           | a           | a           | a              |

<sup>a</sup> Se requiere investigación geotécnica de sitio específico y análisis de respuesta dinámica del sitio.

$$F_v := 2 + \frac{(1.8 - 2) \cdot (S_1 - 0.2)}{0.3 - 0.2} = 1.825$$

Factor de modificación para 1s según la clase de sitio

Se evalúa  $S_0$  para 475 años por lo tanto:

$$Q := 1$$

Factor de escala igual a 1 en regiones donde no apliquen las regulaciones ASCE7

$$S_{DS} := Q \cdot F_a \cdot S_s = 0.771$$

Parámetro ASCE7 de aceleración de respuesta espectral para periodos cortos 0.2s

$$S_{D1} := Q \cdot F_v \cdot S_1 = 0.525$$

Parámetro ASCE7 de aceleración de respuesta espectral de diseño para un periodo de 1s

$$S_{D0} := Q \cdot S_p = 0.23$$

Aceleración de respuesta espectral de diseño  
para un periodo de 0s

$$T_0 := 0.2 \cdot \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.136 \text{ (s)}$$

$$T_0 = 0.136 \text{ (s)}$$

Instante inicial de la constante de Sds para el  
espectro 5% de amortiguamiento

$$T_S := \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_S = 0.681 \text{ (s)}$$

Instante final de la constante SDS para el espectro  
5% de amortiguamiento

#### Para 5% de amortiguamiento:

$$\text{Para... } t \leq T_0 \quad S_{a_5} = S_{D0} + \frac{S_{DS} - S_{D0}}{T_0} \cdot t$$

$$\text{Para... } T_0 < t \leq T_S \quad S_{a_5} = S_{DS}$$

$$\text{Para... } t > T_S \quad S_{a_5} = \frac{S_{D1}}{t}$$

Los valores del espectro de respuesta para 0.5% de amortiguamiento serán 1.5 veces  
los valores espectrales del 5% para el comportamiento convectivo, salvo que el cliente  
lo indique de otra forma

#### Para 0.5% de amortiguamiento:

$$\text{Para... } 0 < t_{time1} \leq 1.5 \cdot T_S \quad S_{a_{0.5}} = S_{DS}$$

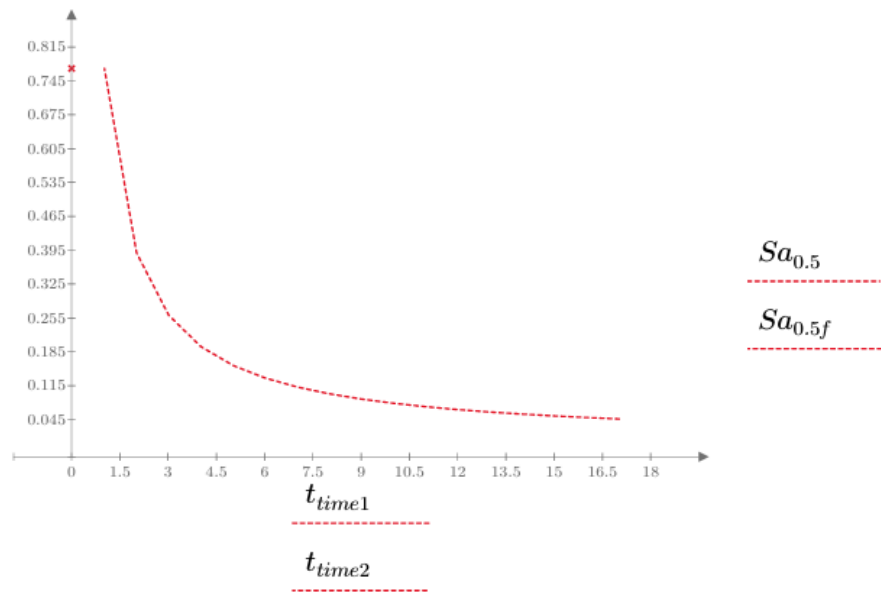
$$t_{time1} := 0, 0.25 \dots 1.5 \cdot T_S = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.25 \\ 0.5 \\ 0.75 \\ 1 \end{bmatrix} \quad S_{a_{0.5}} := S_{DS}$$

$$\text{Para... } t_{time2} > 1.5 \cdot T_S$$

$$t_{time2} := 1.5 \cdot T_S \dots 18 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \\ 10 \\ 11 \\ \vdots \\ 16 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1.021 \\ 2.021 \\ 3.021 \\ 4.021 \\ 5.021 \\ 6.021 \\ 7.021 \\ 8.021 \\ 9.021 \\ 10.021 \\ 11.021 \\ 12.021 \\ \vdots \end{bmatrix}$$

$$S_{a_{0.5}} = \frac{1.5 \cdot S_{D1}}{t}$$

$$S_{a_{0.5f}} := 1.5 \cdot \frac{S_{D1}}{t_{time2}}$$



## Calculo de periodos estructurales impulsivos y convectivos, momento de volcamiento y cortante basal

Información general:

\*Se encuentra apoyado sobre anillo de fundación

\*Diámetro

$$D = 3.57 \text{ m}$$

\*Altura del cuerpo del tanque

$$H = 5.4 \text{ m}$$

\*Gravedad especifica del liquido

$$G = 0.78$$

Recordando los pesos del tanque:

$$W_p := V_{tanque} \cdot G \cdot 1000 \frac{kgf}{m^3} = 42161.366 \text{ kgf}$$

Peso del contenido

$$W_s := W_{cuerpo} = 2852.547 \text{ kgf}$$

Peso del cuerpo

$$t_s := \frac{2 \cdot t_1}{2} = 6 \text{ mm}$$

Espesor promedio del cuerpo

$$W_r := W_{techo} = 403.888 \text{ kgf}$$

Peso del techo

$$W_f := 7850 \frac{kgf}{m^3} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot t_{bottom} = 471.463 \text{ kgf}$$

Peso del fondo

Información adicional:

$$X_s := CG_{cuerpo} = 2.7 \text{ m}$$

Altura medida desde el fondo del cuerpo hasta el centro de gravedad del cuerpo

$$X_r := CG_{techo} = 5.549 \text{ m}$$

Altura medida desde el fondo del cuerpo hasta el centro de gravedad del techo

## Factores de modificación de respuesta

| Sistema de Anclaje    | Rwi (Impulsivo) | Rwc (Convectivo) |
|-----------------------|-----------------|------------------|
| Auto-Anclado          | 3.5             | 2                |
| Anclado Mecánicamente | 4               | 2                |

$R_{wi} := 4$  Factor de modificación de respuesta impulsivo para tanques anclados mecánicamente

$R_{wc} := 2$  Factor de modificación de respuesta convectivo para tanques anclados mecánicamente

## Determinación de los parámetros del contenido impulsivo

Como D/H es menor a 1.333 aplica la ecuación E6.1.1-2

$$W_i := W_p \cdot \left(1 - 0.218 \cdot \frac{D}{H}\right) = (3.539 \cdot 10^5) \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \quad \text{El peso efectivo impulsivo}$$

$W_i = (3.608 \cdot 10^4) \text{ kgf}$  Peso de la porción del contenido que responde de forma impulsiva

$$X_i := \text{if} \left( \frac{D}{H} \geq 1.33, 0.375 \cdot H, \left(0.5 - 0.094 \cdot \frac{D}{H}\right) \cdot H \right) \quad \text{E6.1.2.1-2 API650}$$

$X_i = 2.364 \text{ m}$  Brazo del peso de la parte del contenido que responde de forma impulsiva

$$A_i := S_{DS} \cdot \left( \frac{I}{R_{wi}} \right) = 0.241 \quad A_i > 0.007 \quad \text{Aceleración del contenido que responde de forma impulsiva}$$

## Determinación de los parámetros del contenido convectivo

$$W_c := 0.23 \frac{D}{H} \cdot \tanh \left( 3.67 \cdot \frac{H}{D} \right) \cdot W_p \quad \text{Peso efectivo convectivo}$$

$W_c = (6.411 \cdot 10^3) \text{ kgf}$  Peso de la porción del contenido que responde de forma convectiva

$$X_c := \left( 1 - \frac{\cosh \left( 3.67 \cdot \frac{H}{D} \right) - 1}{3.67 \cdot \frac{H}{D} \cdot \sinh \left( 3.67 \cdot \frac{H}{D} \right)} \right) \cdot H$$

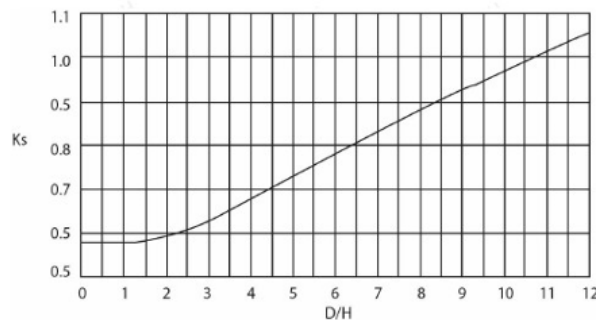
$X_c = 4.435 \text{ m}$  Brazo del peso de la parte del contenido que responde de forma convectiva

$$A_c = K \cdot S_{D1} \cdot \left( \frac{1}{T_c} \right) \cdot \left( \frac{1}{R_{wc}} \right)$$

Para...

$$\frac{D}{H} = 0.661 \quad K := 0.578 \quad \text{Coeficiente de ajuste de aceleración espectral pro amortiguamiento}$$

Dónde  $K_S$  es el coeficiente del periodo de oleaje definido por:



$$K_S = \frac{0.578}{\sqrt{\tanh\left(\frac{3.68 H}{D}\right)}}$$

D = Diámetro del tanque (m)  
H = Nivel máximo de liquido (m)

$$K_s := \frac{0.578}{\sqrt{\tanh\left(\frac{3.68 \cdot H}{D}\right)}} = 0.578 \quad \text{Factor de sloshing, sacado de la grafica a continuación}$$

$$T_C := 1.8 \cdot K_s \cdot \sqrt{\frac{D}{m}} \quad \text{Periodo natural del modo comportamiento convectivo(Sloshing) del liquido}$$

$$T_C = 1.966$$

$$A_C := K \cdot S_{D1} \cdot \left( \frac{1}{T_C} \right) \cdot \left( \frac{1}{R_{wc}} \right) \quad \text{Aceleración del contenido que responde de forma convectiva}$$

$$A_C = 0.077 \quad A_c < 0.18g$$

### Determinación del corte basal sísmico

$$V_i := A_i \cdot (W_s + W_r + W_f + W_i) = 94008.44 \text{ N} \quad \text{Componente Impulsiva}$$

$$V_c := A_C \cdot W_c = (4.849 \cdot 10^3) \text{ N} \quad \text{Componente Convectiva}$$

$$V := \sqrt{V_i^2 + V_c^2} = 94133.43 \text{ N} \quad \text{Cortante Sísmico Basal Total}$$

## Determinación de los momentos de volcamiento

### Sobre anillo de fundación

$$M_{rw} := \sqrt{\left(A_i \cdot (W_s \cdot X_s + W_r \cdot X_r + W_i \cdot X_i)\right)^2 + \left(A_c \cdot (W_c \cdot X_c)\right)^2} = (2.304 \cdot 10^4) \text{ m} \cdot \text{kgf}$$

Este momento de volcamiento será utilizado para efectuar el diseño geotécnico y estructural del anillo de cimentación

### Sobre la sección transversal completa del tanque

Este momento es el necesario para calcular losas y cabezales de pilotes, en este caso no aplica pero será necesario más adelante para la verificación de estabilidad global

$$X_{is} := \text{if} \left( \frac{D}{H} < 1.3333, \left( 0.5 + 0.06 \cdot \frac{D}{H} \right) \cdot H, 0.375 \cdot H \cdot \left( 1 + 1.333 \cdot \left( \frac{0.866 \cdot \frac{D}{H}}{\tanh \left( 0.866 \cdot \frac{D}{H} \right)} - 1 \right) \right) \right)$$

$X_{is} = 2.914 \text{ m}$  Brazo de la fuerza impulsiva para el momento en la losa

$$X_{cs} := \left( 1 - \frac{\cosh \left( 3.67 \cdot \frac{H}{D} \right) - 1.937}{3.67 \cdot \frac{H}{D} \cdot \sinh \left( 3.67 \cdot \frac{H}{D} \right)} \right) \cdot H$$

$X_{cs} = 4.442 \text{ m}$  Brazo de la fuerza convectiva para el momento en la losa

$$M_s := \sqrt{\left(A_i \cdot (W_i \cdot X_{is} + W_r \cdot X_r + W_s \cdot X_s)\right)^2 + \left(A_c \cdot (W_c \cdot X_{cs})\right)^2}$$

$M_s = 27801.314 \text{ kgf} \cdot \text{m}$  Momento para diseño de losa

## Chequeo de resistencia al volcamiento, diseño de los anclajes y diseño de borde libre

### Resistencia al volcamiento

La resistencia al momento de volcamiento de diseño puede ser suministrada por dispositivos de anclaje para tanques anclados

La fuerza resistente para el tanque sin anclaje (Región anular)

$$A_v := 0.47 \cdot S_{DS} = 0.362$$

Parámetro de aceleración sísmica vertical

$$G_e := G \cdot (1 - 0.4 \cdot A_v)$$

Gravedad específica efectiva incluyendo efectos sísmicos verticales

$$G_e = 0.667$$

$$f_y = 250 \text{ MPa}$$

Esfuerzo de cedencia mínimo del fondo

$$w_{a\_cal} := 99 \cdot \left( \frac{N}{m} \right) \cdot \frac{t_{bottom}}{mm} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{MPa} \cdot \frac{H}{m} \cdot G_e}$$

$$w_{a\_cal} = 17824.64 \frac{N}{m}$$

Fuerza de cedencia por unidad de longitud calculada del fondo

$$w_{a\_max} := 201.1 \frac{N}{m^3} \cdot H \cdot D \cdot G_e$$

$$w_{a\_max} = 2585.883 \frac{N}{m}$$

Fuerza de cedencia por unidad de longitud máxima en el fondo

$$w_a := \min(w_{a\_cal}, w_{a\_max})$$

$$w_a = 2585.883 \frac{N}{m}$$

Fuerza resistente por unidad de longitud para el tanque sin anclaje

$$w_{interna} := 0 \frac{N}{m}$$

Carga de levantamiento de diseño debida a la presión interna del producto por unidad de longitud circunferencial, en este caso la consideraremos nula

$$w_t := \frac{W_s}{\pi \cdot D} + \frac{W_r}{\pi \cdot D}$$

$$w_t = 2847.377 \frac{N}{m}$$

Peso del tanque y el techo actuando en la base del cuerpo del tanque

Criterio para proporcionar resistencia la volcamiento

$$J := \frac{M_{rw}}{(D^2) \cdot (w_t \cdot (1 - 0.4 \cdot A_v) + w_a - 0.4 \cdot w_{interna})} = 3.531 \quad \text{Razón de anclaje}$$

$$Criterio := \text{if}(J > 1.54, 3, \text{if}(J > 0.785, 2, 1)) = 3$$

Criterio 1: No existe levantamiento debido al momento de volcamiento sísmico. El tanque se considera auto-anclado.

Criterio 2: el tanque se levanta pero es estable para las cargas de diseño. Se cumplen los requisitos de compresión sobre el cuerpo (shell). El tanque se considera auto-anclado.

Criterio 3: el tanque no es estable y no puede ser auto-anclado para la carga de diseño se debe usar una placa anular con  $L < 0.035D$  o colocar pernos de anclajes.

De las opciones en el criterio 3, en esta ocasión se ha elegido hacer uso de anclajes

### Diseño de los anclajes del tanque

El anclaje a utilizar debe ser diseñado para suministrar una resistencia mínima.

$$w_{AB} := 1.273 \cdot \frac{M_{rw}}{D^2} - w_t \cdot (1 - 0.4 \cdot A_v)$$

$$w_{AB} = 20135.33 \frac{N}{m} \quad \text{Resistencia mínima de diseño}$$

$$n_A := 6 \quad \text{Número de pernos igualmente espaciado en el perímetro del tanque}$$

$$\phi_{perno} := 1 \text{ in} \quad \text{Diámetro del perno}$$

$$A_{perno} := \pi \cdot \frac{(\phi_{perno})^2}{4} = 5.067 \text{ cm}^2 \quad \text{Área del perno}$$

$$P_{AB} := w_{AB} \cdot \left( \frac{\pi \cdot D}{n_A} \right) = 37637.92 \text{ N} \quad \text{Carga de diseño del anclaje}$$

$$\sigma_{p\_adm} := 0.8 \cdot f_y = 200 \text{ MPa} \quad \text{Esfuerzo admisible en el perno}$$

$$P_{adm} := A_{perno} \cdot \sigma_{p\_adm} = 101341.496 \text{ N} \quad \text{Carga admisible del perno}$$

Verificación de carga en el perno

$$Carga\_en\_perno := \text{if}(P_{AB} < P_{adm}, \text{"Ok"}, \text{"No oka"}) = \text{"Ok"}$$

### Diseño del borde libre

Aunque no se requiere considerar un borde libre para Seismic Use Group I SUG II, el cliente puede solicitar que se calcule

$$A_f := \text{if} \left( T_C > 4, K \cdot S_{D1} \cdot I \cdot \frac{(4 \cdot T_S)}{T_C^2}, K \cdot S_{D1} \cdot (I) \cdot \left( \frac{1}{T_C} \right) \right)$$

$A_f = 0.193$  Coeficiente de aceleración para el calculo de la altura de la ola

$\delta_s := 0.42 \cdot D \cdot A_f = 0.289 \text{ m}$  Altura de la ola sobre la altura de diseño

Para SUG I y  $S_{DS} > 0.33 \text{ g}$   $S_{Ds} := 0.77$  , el borde mínima sería:

$$h_{\text{BordeLibre}} := 0.7 \cdot \delta_s = 0.202 \text{ m}$$

Con este valor es posible fijar la altura máxima de operación del tanque que sería equivalente a  $14.4\text{m} - 0.8\text{m} = 13.60$ , con este valor de altura máxima de operación es posible cumplir con el volumen requerido por el cliente (Aprox. 1900m<sup>3</sup>)

### Chequeo de compresión máxima longitudinalmente a lo largo del cuerpo (shell), chequeo de estabilidad global y de la fuerza de compresión sobre la fundación

Verificación de compresión en el cuerpo

$$\sigma_c := \left( (w_t) \cdot (1 + 0.4 \cdot A_v) + 1.273 \cdot \frac{M_{rw}}{D^2} \right) \cdot \frac{1}{t_s} \quad \text{E.6.2.2.2-1a API 650}$$

$\sigma_c = 4.305 \text{ MPa}$  Esfuerzo máximo a compresión

$t := t_s = 6 \text{ mm}$  Espesor promedio del cuerpo del tanque

$$F_C := \text{if} \left( \frac{G \cdot \frac{H}{m} \cdot \left( \frac{D}{m} \right)^2}{\left( \frac{t}{mm} \right)^2} < 44, \left( \frac{83 \cdot t_s \cdot \frac{m}{mm}}{2.5 \cdot D} + 7.5 \cdot \sqrt{G \cdot \frac{H}{m}} \right) \cdot \text{MPa}, 83 \text{ MPa} \cdot \left( \frac{\frac{t_s}{mm}}{\frac{D}{m}} \right) \right)$$

$F_C = 71.191 \text{ MPa}$  Esfuerzo admisible a compresión para el cuerpo del tanque

$\text{Cumple\_compresión\_admisible} := \text{if} (\sigma_c < F_C, \text{"Ok"}, \text{"No oka"}) = \text{"Ok"}$

### Razón de estabilidad global

$$W_T := W_s + W_r \quad W_T = 3256.43 \text{ kgf}$$

Peso del cuerpo (Shell) más  
el peso del techo

$$W_{fd} := \left( 2500 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \right) \cdot (0.25 \text{ m}) \cdot 2.5 \text{ m} \cdot 5.78 \text{ m} = (9.031 \cdot 10^3) \text{ kgf}$$

$$W_p = (4.216 \cdot 10^4) \text{ kgf}$$

$$W_{fd} = (9.031 \cdot 10^3) \text{ kgf}$$

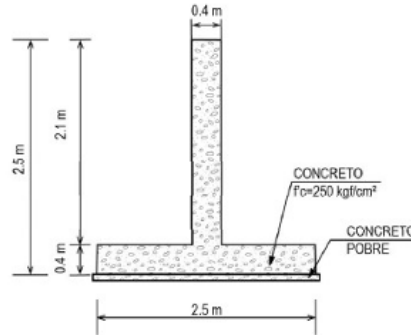
Peso del anillo de fundación  
o losa de cimentación

$$W_f = 471.463 \text{ kgf}$$

$$W_g := \left( 1500 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \right) \cdot (2 \cdot 2.1 \text{ m} \cdot 0.4 \text{ m}) \cdot (\pi \cdot D) = (2.826 \cdot 10^4) \text{ kgf}$$

$$W_g := 0$$

Peso del relleno que cae en el anillo de fundación (Ver  
la imagen a continuación)



$$Factor\_de\_estabilidad := \frac{0.5 \cdot D \cdot (W_p + W_f + W_T + W_{fd} + W_g)}{M_s} = 3.526$$

$$Est\_Glob := \text{if}(Factor\_de\_estabilidad < 2, \text{"No cumple"}, \text{"Si cumple"}) = \text{"Si cumple"}$$

### Chequeo de la presión de contacto entre la fundación y el terreno

$$A_{zap} := 1 \text{ m} \quad \text{Ancho de zapata}$$

$$\sigma_c = (4.39 \cdot 10^5) \frac{1}{\text{m}} \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$$F_{uni} := \sigma_c \cdot t_s = (2.634 \cdot 10^3) \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

Fuerza de compresión por unidad de longitud

$$\sigma_{c\_fund} := \frac{F_{uni}}{A_{zap}} = 0.263 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Tensión actuante sobre el suelo a través de la  
fundación

$$\sigma_{c\_fund\_adm} := 2 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Tensión admisible sobre el suelo a través de la  
fundación

$$Cumple\_presión\_de\_contacto := \text{if}(\sigma_{c\_fund} < \sigma_{c\_fund\_adm}, \text{"Si cumple"}, \text{"No cumple"}) = \text{"Si cumple"}$$

## ANEXO E

### Ficha técnica de sistema de recubrimiento interno para tanques

#### Fenólico de epoxi

##### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Revestimiento epoxi fenólico de dos componentes para tanques y tuberías, de altos sólidos y gran espesor, elevado contenido en sólidos, de dos componentes, resistente al ataque químico.

##### APLICACIONES

Para proporcionar protección a los componentes internos de los depósitos de acero de almacenamiento que contengan toda una gama de productos, incluyendo petróleo crudo, mezclas de gasolina sin plomo, MTBE, combustibles de reactores, soluciones cáusticas, agua potable y toda una gama seleccionada de solventes aromáticos y alifáticos.

La Certificación NSF es para tanques de 5679 litros (1500 galones) o mayores y tuberías de 122 cm (44 pulgadas) de diámetro o mayores.



Certificado por NSF/ANSI  
Standard 61

##### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO INTERLINE 850

|                             |                                                                                                                                                                |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Color</b>                | Blanco, Gris, Amarillento                                                                                                                                      |
| <b>Aspecto</b>              | No aplicable                                                                                                                                                   |
| <b>Sólidos en volumen</b>   | 76%                                                                                                                                                            |
| <b>Espesor recomendado</b>  | 100-150 micras (4-6 mils) en seco, equivalente a 132-197 micras (5,3-7,9 mils) en húmedo                                                                       |
| <b>Rendimiento teórico</b>  | 6,08 m <sup>2</sup> /litro a (125 micras DFT con los sólidos en volumen establecidos<br>244 sq.ft./galones US a 5 mils con los sólidos en volumen establecidos |
| <b>Rendimiento práctico</b> | Considérense los factores de pérdidas apropiados                                                                                                               |
| <b>Método de Aplicación</b> | Pistola "airless", Pistola de aire, Brocha, Rodillo                                                                                                            |
| <b>Tiempo de secado</b>     |                                                                                                                                                                |

| Temperatura  | Seco al tacto | Seco duro | Intervalo de repintado con acabados recomendados |                      |
|--------------|---------------|-----------|--------------------------------------------------|----------------------|
|              |               |           | Mínimo                                           | Máximo               |
| 10°C (50°F)  | 9 horas       | 24 horas  | 24 horas                                         | 30 días <sup>1</sup> |
| 15°C (59°F)  | 8 horas       | 20 horas  | 20 horas                                         | 30 días <sup>1</sup> |
| 25°C (77°F)  | 5 horas       | 8 horas   | 8 horas                                          | 30 días <sup>1</sup> |
| 40°C (104°F) | 3 horas       | 5 horas   | 5 horas                                          | 21 días <sup>1</sup> |

<sup>1</sup> Los valores expresados se relacionan para ser usados en un ambiente dentro de un tanque cerrado. Para situaciones donde pueda haber exposición UV entre capas, los intervalos máximos de repintado serán mas cortos. Para mas detalles contáctese con International Protective Coatings.

##### DATOS REGLAMENTARIOS Y APROBACIONES

**Punto de inflamación (Típico)** Parte A 42°C (108°F); Parte B 54°C (129°F); Mezcla 43°C (109°F)

**Peso Específico** 1,57 kg/l (13,1 lb/gal)

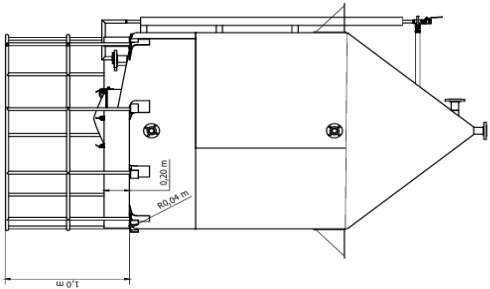
**VOC** 1.87 lb/gal (225 g/l) EPA Método 24  
143 g/kg Directiva de la UE sobre emisiones de solventes  
(Directiva del Consejo 1999/13/EC).  
172 g/l Norma Nacional de China GB23985

Para mas detalles ver la seccion: Características del producto.

ANEXO F

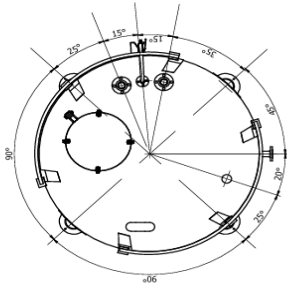
Plano de tanques de dosificación de materia prima de 5 m<sup>3</sup>

DISEÑO MECÁNICO - TANQUE DOSIFICACION- 5 m3



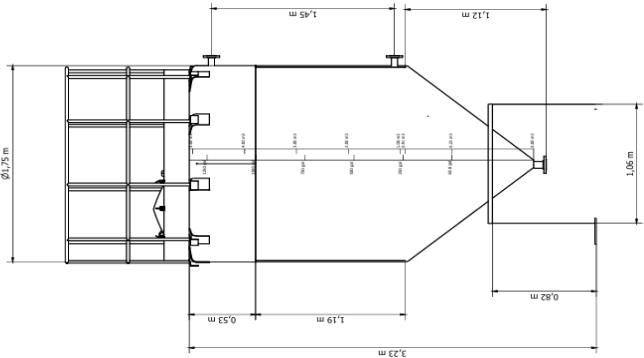
1 1:15

VISTA EN PERFIL - TANQUE - DOSIFICACIÓN - 5 m3



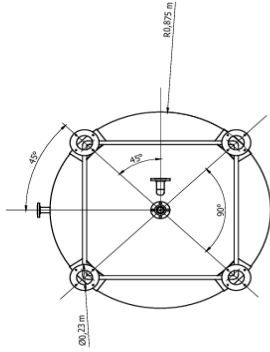
3 1:15

VISTA SUPERIOR - TANQUE DOSIFICACIÓN  
ACOTACIONES ANGULARES - 5 m3



2 1:15

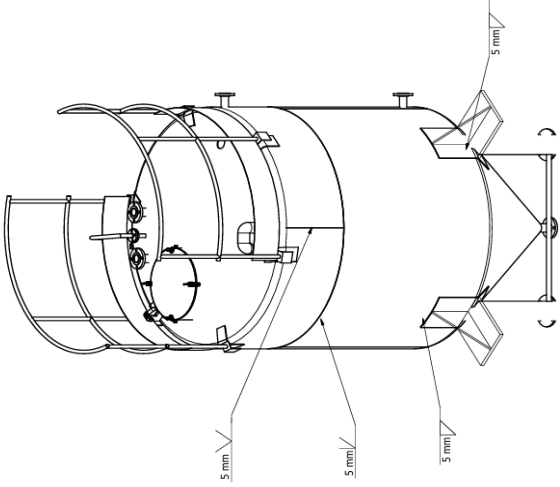
VISTA EN PERFIL - TANQUE -DOSIFICACIÓN 5 m3



4 1:15

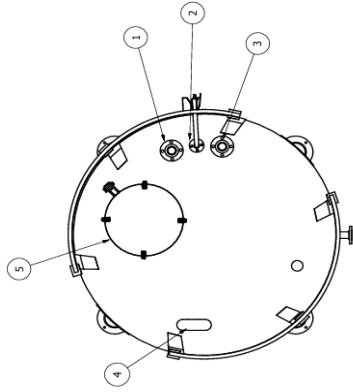
VISTA INFERIOR - TANQUE - DOSIFICACIÓN  
ACOTACIONES ANGULARES - 5 m3

|             |                              |
|-------------|------------------------------|
| PROYECTO    | DISEÑO MECÁNICO TANQUES      |
| UBICACIÓN   | PUERTO DE LA LAGUNA - CORONA |
| CLIENTE     | PUERTO DE LA LAGUNA          |
| PROYECTANTE | ING. JUAN CARLOS GARCIA      |
| FECHA       | 1 DE 4                       |
| TÍTULO      | TANQUE                       |
| ESCALA      | 1:15                         |
| PROYECTANTE | ING. JUAN CARLOS GARCIA      |
| REVISOR     | ING. JUAN CARLOS GARCIA      |
| APROBADO    | ING. JUAN CARLOS GARCIA      |
| FECHA       | 1 DE 4                       |



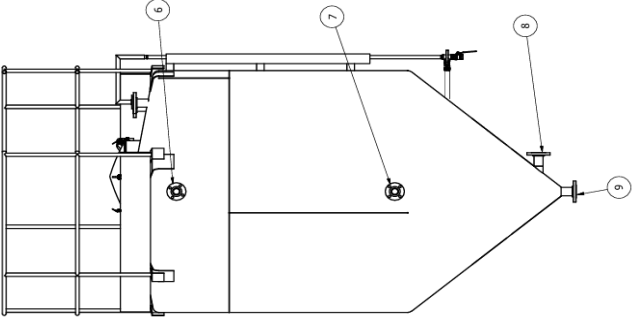
5 UBICACIÓN COMPONENTES - TANQUE DOSIFICACIÓN - 5 m3

1 : 15



7 UBICACIÓN COMPONENTES - TANQUE DOSIFICACIÓN - 5 m3

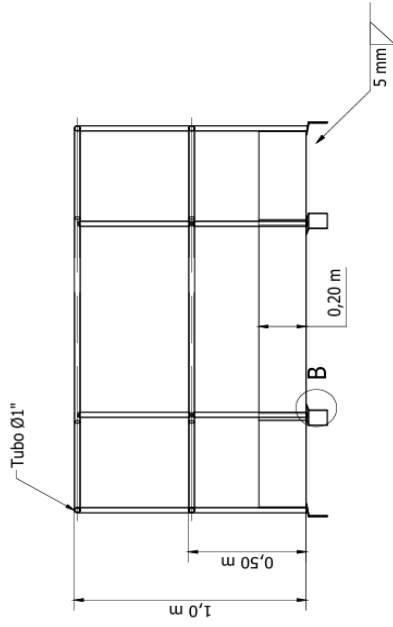
1 : 15



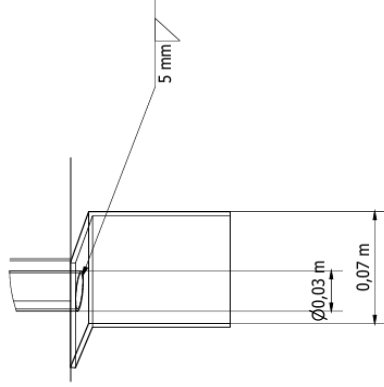
6 DETALLE DE SOLDADURA - TANQUE DOSIFICACIÓN - 5 m3

1 : 15

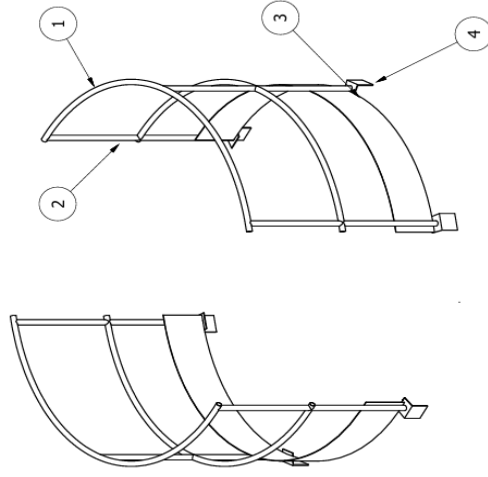
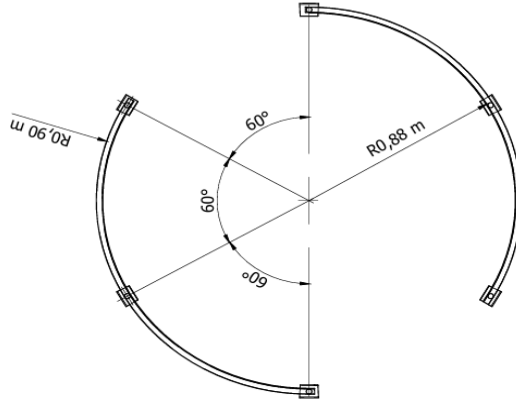
| TABLE |                      |      |          |        |             |           |
|-------|----------------------|------|----------|--------|-------------|-----------|
| Item  | Descripción          | Cant | Diámetro | Cédula | Clase Brida | Ubicación |
| 1     | Ingreso Fluido       | 1    | 2"       | 40     | 150         | Techo     |
| 2     | Acceso para regleta  | 1    | 3/4"     | 40     | 150         | Techo     |
| 3     | Retorno Fluido       | 1    | 2"       | 40     | 150         | Techo     |
| 4     | Verteo               | 1    | 3"       | 40     | 150         | Techo     |
| 5     | Manhole Techo        | 1    | 0.52m    | -      | -           | Techo     |
| 6     | Sensor de nivel alto | 1    | 1 1/2"   | 40     | 150         | Cuerpo    |
| 7     | Sensor de nivel bajo | 1    | 1 1/2"   | 40     | 150         | Cuerpo    |
| 8     | Transferencia        | 1    | 2"       | 40     | 150         | Fondo     |
| 9     | Drenaje              | 1    | 2"       | 40     | 150         | Fondo     |



VISTA FRONTAL BARANDA - TANQUE 5 m3



DETALLE B ANCLAJE BARANDA - TANQUE 5 m3

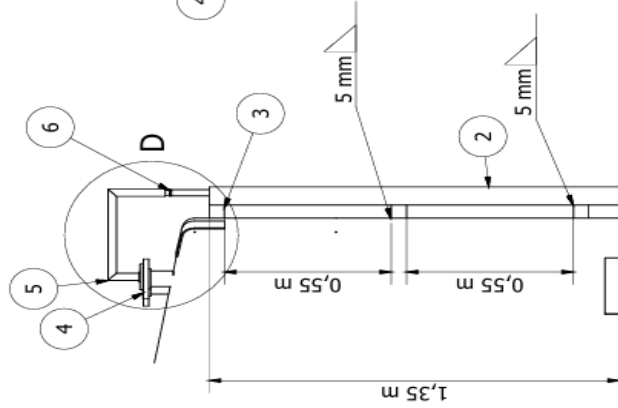


VISTA SUPERIOR BARANDA - TANQUE DOSIFICACIÓN  
ACOTACIONES ANGULARES -5 m3

VISTA 3D BARANDA - TANQUE  
UBICACIÓN ELEMENTOS - 5 m3

| Item | Cantidad | Descripción       |
|------|----------|-------------------|
| 1    | 4        | Tubo Ø1" x1747 mm |
| 2    | 12       | Tubo Ø1" x485 mm  |
| 3    | 6        | Platina Ø50 mm    |
| 4    | 2        | PL 200x1747x2 mm  |

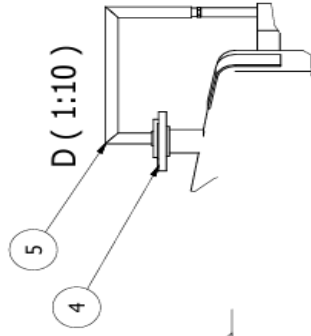
[illegible]



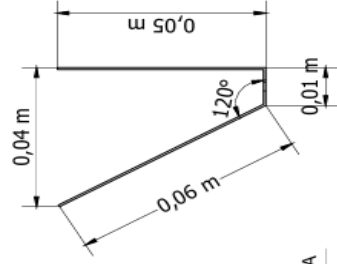
18

VISTA EN PERFIL - REGLETA TANQUE 5 m<sup>3</sup>

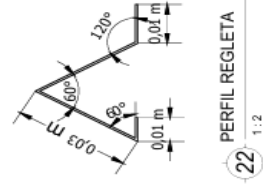
1:15



DETALLE D UNIÓN SUPERIOR TANQUE - REGLETA



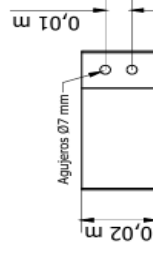
19



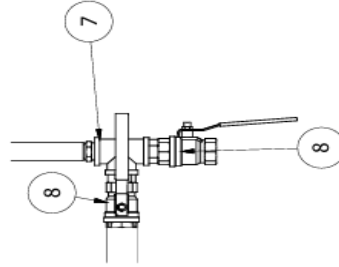
22

PERFIL REGLETA

1:2



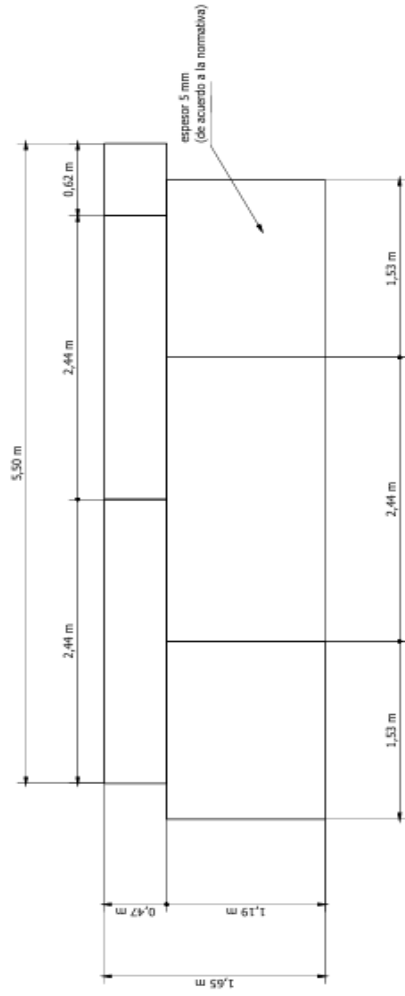
21 VISTA INFERIOR - SOPORTE REGLETA 1:2



DETALLE E UNIÓN INFERIOR TANQUE - REGLETA

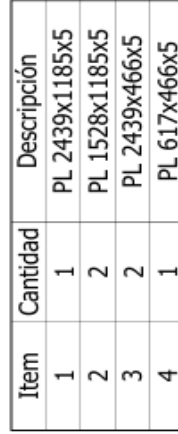
| Item | Cantidad | Descripción                |
|------|----------|----------------------------|
| 1    | 1        | Manguera Ø3/4"             |
| 2    | 1        | LAM 209x135x1.5 mm         |
| 3    | 4        | LAM 332x50x1.5 mm          |
| 4    | 1        | Brida S.O.W Cl.150         |
| 5    | 2        | Codo 1"                    |
| 6    | 2        | Adaptador 1"-3/4" manguera |
| 7    | 1        | Tee hembra 3/4"            |
| 8    | 2        | Válvula de bola 3/4"       |

|       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |      |  |
|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|------|--|
| 2019  | 2020 | 2021  | 2022 | 2023  | 2024 | 2025  | 2026 | 2027  | 2028 | 2029  | 2030 | 2031  | 2032 | 2033  | 2034 | 2035  | 2036 | 2037  | 2038 | 2039  | 2040 | 2041  | 2042 | 2043  | 2044 | 2045  | 2046 | 2047  | 2048 | 2049  | 2050 | 2051  | 2052 | 2053  | 2054 | 2055  | 2056 | 2057  | 2058 | 2059  | 2060 | 2061  | 2062 | 2063  | 2064 | 2065  | 2066 | 2067  | 2068 | 2069  | 2070 | 2071  | 2072 | 2073  | 2074 | 2075  | 2076 | 2077  | 2078 | 2079  | 2080 | 2081  | 2082 | 2083  | 2084 | 2085  | 2086 | 2087  | 2088 | 2089  | 2090 | 2091  | 2092 | 2093  | 2094 | 2095  | 2096 | 2097  | 2098 | 2099  | 2100 | 2101  | 2102 | 2103  | 2104 | 2105  | 2106 | 2107  | 2108 | 2109  | 2110 | 2111  | 2112 | 2113  | 2114 | 2115  | 2116 | 2117  | 2118 | 2119  | 2120 | 2121  | 2122 | 2123  | 2124 | 2125  | 2126 | 2127  | 2128 | 2129  | 2130 | 2131  | 2132 | 2133  | 2134 | 2135  | 2136 | 2137  | 2138 | 2139  | 2140 | 2141  | 2142 | 2143  | 2144 | 2145  | 2146 | 2147  | 2148 | 2149  | 2150 | 2151  | 2152 | 2153  | 2154 | 2155  | 2156 | 2157  | 2158 | 2159  | 2160 | 2161  | 2162 | 2163  | 2164 | 2165  | 2166 | 2167  | 2168 | 2169  | 2170 | 2171  | 2172 | 2173  | 2174 | 2175  | 2176 | 2177  | 2178 | 2179  | 2180 | 2181  | 2182 | 2183  | 2184 | 2185  | 2186 | 2187  | 2188 | 2189  | 2190 | 2191  | 2192 | 2193  | 2194 | 2195  | 2196 | 2197  | 2198 | 2199  | 2200 | 2201  | 2202 | 2203  | 2204 | 2205  | 2206 | 2207  | 2208 | 2209  | 2210 | 2211  | 2212 | 2213  | 2214 | 2215  | 2216 | 2217  | 2218 | 2219  | 2220 | 2221  | 2222 | 2223  | 2224 | 2225  | 2226 | 2227  | 2228 | 2229  | 2230 | 2231  | 2232 | 2233  | 2234 | 2235  | 2236 | 2237  | 2238 | 2239  | 2240 | 2241  | 2242 | 2243  | 2244 | 2245  | 2246 | 2247  | 2248 | 2249  | 2250 | 2251  | 2252 | 2253  | 2254 | 2255  | 2256 | 2257  | 2258 | 2259  | 2260 | 2261  | 2262 | 2263  | 2264 | 2265  | 2266 | 2267  | 2268 | 2269  | 2270 | 2271  | 2272 | 2273  | 2274 | 2275  | 2276 | 2277  | 2278 | 2279  | 2280 | 2281  | 2282 | 2283  | 2284 | 2285  | 2286 | 2287  | 2288 | 2289  | 2290 | 2291  | 2292 | 2293  | 2294 | 2295  | 2296 | 2297  | 2298 | 2299  | 2300 | 2301  | 2302 | 2303  | 2304 | 2305  | 2306 | 2307  | 2308 | 2309  | 2310 | 2311  | 2312 | 2313  | 2314 | 2315  | 2316 | 2317  | 2318 | 2319  | 2320 | 2321  | 2322 | 2323  | 2324 | 2325  | 2326 | 2327  | 2328 | 2329  | 2330 | 2331  | 2332 | 2333  | 2334 | 2335  | 2336 | 2337  | 2338 | 2339  | 2340 | 2341  | 2342 | 2343  | 2344 | 2345  | 2346 | 2347  | 2348 | 2349  | 2350 | 2351  | 2352 | 2353  | 2354 | 2355  | 2356 | 2357  | 2358 | 2359  | 2360 | 2361  | 2362 | 2363  | 2364 | 2365  | 2366 | 2367  | 2368 | 2369  | 2370 | 2371  | 2372 | 2373  | 2374 | 2375  | 2376 | 2377  | 2378 | 2379  | 2380 | 2381  | 2382 | 2383  | 2384 | 2385  | 2386 | 2387  | 2388 | 2389  | 2390 | 2391  | 2392 | 2393  | 2394 | 2395  | 2396 | 2397  | 2398 | 2399  | 2400 | 2401  | 2402 | 2403  | 2404 | 2405  | 2406 | 2407  | 2408 | 2409  | 2410 | 2411  | 2412 | 2413  | 2414 | 2415  | 2416 | 2417  | 2418 | 2419  | 2420 | 2421  | 2422 | 2423  | 2424 | 2425  | 2426 | 2427  |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |       |  |      |  |
| CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |      | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARGO |  | CARG |  |



VISTA FRONTAL - TANQUE DOSIFICACIÓN  
DETALLE DE CUERPO - 5 m3

8



DETALLE C - TANQUE DOSIFICACIÓN 5 m3

1:6

| Item | Cantidad | Descripción    |
|------|----------|----------------|
| 1    | 1        | PL 2439x1185x5 |
| 2    | 2        | PL 1528x1185x5 |
| 3    | 2        | PL 2439x466x5  |
| 4    | 1        | PL 617x466x5   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2008年12月<br>2009年1月<br>2009年2月<br>2009年3月<br>2009年4月<br>2009年5月<br>2009年6月<br>2009年7月<br>2009年8月<br>2009年9月<br>2009年10月<br>2009年11月<br>2009年12月<br>2010年1月<br>2010年2月<br>2010年3月<br>2010年4月<br>2010年5月<br>2010年6月<br>2010年7月<br>2010年8月<br>2010年9月<br>2010年10月<br>2010年11月<br>2010年12月<br>2011年1月<br>2011年2月<br>2011年3月<br>2011年4月<br>2011年5月<br>2011年6月<br>2011年7月<br>2011年8月<br>2011年9月<br>2011年10月<br>2011年11月<br>2011年12月<br>2012年1月<br>2012年2月<br>2012年3月<br>2012年4月<br>2012年5月<br>2012年6月<br>2012年7月<br>2012年8月<br>2012年9月<br>2012年10月<br>2012年11月<br>2012年12月<br>2013年1月<br>2013年2月<br>2013年3月<br>2013年4月<br>2013年5月<br>2013年6月<br>2013年7月<br>2013年8月<br>2013年9月<br>2013年10月<br>2013年11月<br>2013年12月<br>2014年1月<br>2014年2月<br>2014年3月<br>2014年4月<br>2014年5月<br>2014年6月<br>2014年7月<br>2014年8月<br>2014年9月<br>2014年10月<br>2014年11月<br>2014年12月<br>2015年1月<br>2015年2月<br>2015年3月<br>2015年4月<br>2015年5月<br>2015年6月<br>2015年7月<br>2015年8月<br>2015年9月<br>2015年10月<br>2015年11月<br>2015年12月<br>2016年1月<br>2016年2月<br>2016年3月<br>2016年4月<br>2016年5月<br>2016年6月<br>2016年7月<br>2016年8月<br>2016年9月<br>2016年10月<br>2016年11月<br>2016年12月<br>2017年1月<br>2017年2月<br>2017年3月<br>2017年4月<br>2017年5月<br>2017年6月<br>2017年7月<br>2017年8月<br>2017年9月<br>2017年10月<br>2017年11月<br>2017年12月<br>2018年1月<br>2018年2月<br>2018年3月<br>2018年4月<br>2018年5月<br>2018年6月<br>2018年7月<br>2018年8月<br>2018年9月<br>2018年10月<br>2018年11月<br>2018年12月<br>2019年1月<br>2019年2月<br>2019年3月<br>2019年4月<br>2019年5月<br>2019年6月<br>2019年7月<br>2019年8月<br>2019年9月<br>2019年10月<br>2019年11月<br>2019年12月<br>2020年1月<br>2020年2月<br>2020年3月<br>2020年4月<br>2020年5月<br>2020年6月<br>2020年7月<br>2020年8月<br>2020年9月<br>2020年10月<br>2020年11月<br>2020年12月<br>2021年1月<br>2021年2月<br>2021年3月<br>2021年4月<br>2021年5月<br>2021年6月<br>2021年7月<br>2021年8月<br>2021年9月<br>2021年10月<br>2021年11月<br>2021年12月<br>2022年1月<br>2022年2月<br>2022年3月<br>2022年4月<br>2022年5月<br>2022年6月<br>2022年7月<br>2022年8月<br>2022年9月<br>2022年10月<br>2022年11月<br>2022年12月<br>2023年1月<br>2023年2月<br>2023年3月<br>2023年4月<br>2023年5月<br>2023年6月<br>2023年7月<br>2023年8月<br>2023年9月<br>2023年10月<br>2023年11月<br>2023年12月<br>2024年1月<br>2024年2月<br>2024年3月<br>2024年4月<br>2024年5月<br>2024年6月<br>2024年7月<br>2024年8月<br>2024年9月<br>2024年10月<br>2024年11月<br>2024年12月<br>2025年1月<br>2025年2月<br>2025年3月<br>2025年4月<br>2025年5月<br>2025年6月<br>2025年7月<br>2025年8月<br>2025年9月<br>2025年10月<br>2025年11月<br>2025年12月<br>2026年1月<br>2026年2月<br>2026年3月<br>2026年4月<br>2026年5月<br>2026年6月<br>2026年7月<br>2026年8月<br>2026年9月<br>2026年10月<br>2026年11月<br>2026年12月<br>2027年1月<br>2027年2月<br>2027年3月<br>2027年4月<br>2027年5月<br>2027年6月<br>2027年7月<br>2027年8月<br>2027年9月<br>2027年10月<br>2027年11月<br>2027年12月<br>2028年1月<br>2028年2月<br>2028年3月<br>2028年4月<br>2028年5月<br>2028年6月<br>2028年7月<br>2028年8月<br>2028年9月<br>2028年10月<br>2028年11月<br>2028年12月<br>2029年1月<br>2029年2月<br>2029年3月<br>2029年4月<br>2029年5月<br>2029年6月<br>2029年7月<br>2029年8月<br>2029年9月<br>2029年10月<br>2029年11月<br>2029年12月<br>2030年1月<br>2030年2月<br>2030年3月<br>2030年4月<br>2030年5月<br>2030年6月<br>2030年7月<br>2030年8月<br>2030年9月<br>2030年10月<br>2030年11月<br>2030年12月<br>2031年1月<br>2031年2月<br>2031年3月<br>2031年4月<br>2031年5月<br>2031年6月<br>2031年7月<br>2031年8月<br>2031年9月<br>2031年10月<br>2031年11月<br>2031年12月<br>2032年1月<br>2032年2月<br>2032年3月<br>2032年4月<br>2032年5月<br>2032年6月<br>2032年7月<br>2032年8月<br>2032年9月<br>2032年10月<br>2032年11月<br>2032年12月<br>2033年1月<br>2033年2月<br>2033年3月<br>2033年4月<br>2033年5月<br>2033年6月<br>2033年7月<br>2033年8月<br>2033年9月<br>2033年10月<br>2033年11月<br>2033年12月<br>2034年1月<br>2034年2月<br>2034年3月<br>2034年4月<br>2034年5月<br>2034年6月<br>2034年7月<br>2034年8月<br>2034年9月<br>2034年10月<br>2034年11月<br>2034年12月<br>2035年1月<br>2035年2月<br>2035年3月<br>2035年4月<br>2035年5月<br>2035年6月<br>2035年7月<br>2035年8月<br>2035年9月<br>2035年10月<br>2035年11月<br>2035年12月<br>2036年1月<br>2036年2月<br>2036年3月<br>2036年4月<br>2036年5月<br>2036年6月<br>2036年7月<br>2036年8月<br>2036 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## ANEXO G

### Cálculos de tanques de dosificación de materia prima de 5 m<sup>3</sup>

Bajo método de 1 pie

#S.3.2.2

| Envolvente | H    | $t_t$ | $t_d$ |
|------------|------|-------|-------|
|            |      | (mm)  | (mm)  |
| 1          | 1.70 | 0.08  | 1.11  |
| 2          | 0.48 | 0.01  | 1.01  |

$t_d = 5\text{mm}$

Se aplica espesor mínimo

#S.3.2.1.1

#### CÁLCULO ESPESOR CONO

$t_d$  5.00 mm      Espesor de envolvente menor a 25mm  
 $t_b$  5.00 mm      Se usa el mínimo por norma de 5mm

#S.3.1.2

#### CÁLCULO ESPESORES TECHO

$t_r =$       Espesor nominal techo autosoportado

#5.10.5.1

$$\frac{D}{4.8 \sin \theta} \sqrt{\frac{T}{2.2}} + CA,$$

$D$  = nominal diameter of the tank (m),

$T$  = greater of Appendix R load combinations (e)(1) and (e)(2) with balanced snow load  $S_b$  (kPa),

$U$  = greater of Appendix R load combinations (e)(1) and (e)(2) with unbalanced snow load  $S_u$  (kPa),

$\theta$  = angle of cone elements to the horizontal (deg),

$CA$  = corrosion allowance.

$$\frac{D}{5.5 \sin \theta} \sqrt{\frac{U}{2.2}} + CA,$$

$D = 1.25 \text{ m}$

$T = 2.73 \text{ kPa}$

$U = 1.21 \text{ kPa}$

$\theta = 10.0^\circ$

$CA = 1.0 \text{ mm}$

**Espesor del techo** **$t_r$** 

|                 |                   |           |
|-----------------|-------------------|-----------|
| Espesor máximo: | $t_{\min} =$      | (mm): 2.7 |
| Espesor mínimo: | $t_{\max} =$      | (mm): 2.0 |
| Angulo mínimo:  | $\theta_{\min} =$ | 9,5°      |
| Angulo máximo:  | $\theta_{\max} =$ | 37°       |

$$t_r = \frac{D}{4.8 \cdot \sin(\beta)} + CA$$

$$t_r = 2.50 \text{ mm}$$

**Carga por viento:**

|                                   |          |            |
|-----------------------------------|----------|------------|
| Superficie cilíndrica vertical    | 0.86 kPa | #5.2.1 (k) |
| Superficie plana/cónica vertical  | 1.44 kPa | #5.2.1 (k) |
| Velocidad                         | 190 km/h | #5.2.1 (k) |
| Factor de corrección= $(V/190)^2$ | = 1      |            |

**Área proyectada techo**

$$D = 1.25$$

$$\theta = 9.5$$

$$\gamma = 8000$$

$$A = 1.2104 \text{ m}^2$$

$$A_{Techo} = \pi \left( \frac{D}{2} \right) \left( \frac{D}{2 \cos(\beta)} \right)$$

**Carga techo**

$$DL = \text{Dead Load} = W/A \quad \#5.2.1 (a)$$

$$L_r = \text{Minimum Roof Live Load} \quad \#5.2.1 (f)$$

$$S_u = 0 \quad \text{No neva}$$

$$S_b = 0 \quad \text{No neva}$$

$$P_e = 0 \quad \text{Condición de venteo apropiada (abierto)} \quad \#R1 \text{ Nota 2}$$

$$1) \quad D_L + (L_r \text{ or } S_u \text{ or } S_b) + 0.4P_e \quad \#5.10.5.1$$

$$2) \quad D_L + P_e + 0.4(L_r \text{ or } S_u \text{ or } S_b) \quad \#5.10.5.1$$

$$(e)(1) \quad 2.73 \text{ kPa}$$

$$(e)(2) \quad 1.21 \text{ kPa}$$

**Dead Load**

**D** = 1.25 m  
**t<sub>r</sub>** = 2.50 mm  
**θ** = 9.5 °

$$W_b = \pi \left( \frac{D}{2} \right) \left( \frac{t_b}{1000} \right) \left( \frac{D}{2 \cos(\beta)} \right) \cdot \gamma$$

W = 237.2 N      DL =      W/A = 0.196 kPa

**Minimum Roof Live Load**

L<sub>r</sub> = Wind + Minimum uniformly distributed live load ASCE > 0,72kPa

Wind = 1.44 kPa      cónico      #5.2.1 (k)

Live load = 1.33 kN      @ASCE 7 table [4-1]      #5.2.1 (f)

= 1.1 kPa

L<sub>r</sub> = 2.5 kPa

**Carga total**

C<sub>t</sub> = 2.7 < 2.2 kPa

t<sub>r</sub> = 3.50 mm

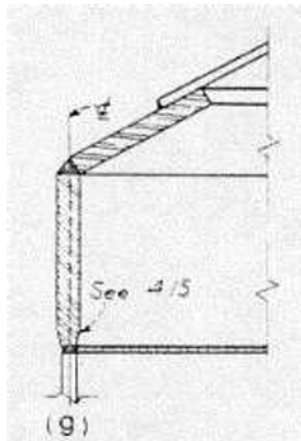
**t<sub>r</sub> = 5.00 mm**

Por lo tanto factor de corrección en espesor = 1

Se aplica valor mínimo

**Rigidizador de techo**

El espesor del techo actúa como rigidizador



23 1:15  
VISTA EN TANQUE - AGITADOR TANQUE 5M³

24 1:8  
VISTA LATERAL - AGITADOR TANQUE 5M³

25 1:8  
VISTA EN PERFIL - AGITADOR TANQUE 5M³

| Item | Cantidad | Descripción           |
|------|----------|-----------------------|
| 1    | 1        | Eje sólido Ø25 mm     |
| 2    | 1        | Motor 1800 rpm 2 Hp   |
| 3    | 1        | Motorreductor 1:43.27 |
| 4    | 3        | Hélices               |

## ANEXO I

### Catálogo de agitador para tanque de mezclado de diluyente de 5 m<sup>3</sup>

Medium-speed agitator  
Low-speed agitator  
Variable-speed agitator  
Small-size agitator for chemical tank  
Motor direct connection  
submersible agitator  
Gear-reduction type  
submersible agitator  
Line mixer

Medium-speed  
Low-speed

Vertical  
type

60W

Model

# TFN

Small type agitator for chemical tank

#### Features

- Standard lineup of SUS304 and rubber lining for both impellers and shafts
- Selectable from two types, medium-speed and low-speed rotation
- Excellent agitating effect by the impeller shape that can be selected according to the rotation speed



#### Specifications

| Model  | Motor | Reduction ratio | Impeller                            |      |                           |                      | Maximum agitating capacity (m³) |                         | Approximate product weight (kg) |
|--------|-------|-----------------|-------------------------------------|------|---------------------------|----------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------------|
|        |       |                 | Rotation speed (min <sup>-1</sup> ) |      | Impeller shape and stages | Impeller diameter φA | Dilute liquid                   | Medium viscosity liquid |                                 |
|        |       |                 | 50Hz                                | 60Hz |                           |                      |                                 |                         |                                 |
| TFN-5  | 60W   | 1:5             | 300                                 | 360  | 3-blade propeller1stage   | 120                  | 0.1                             | —                       | 8                               |
|        |       |                 |                                     |      |                           | 160                  | 0.2                             | —                       | 8                               |
| TFN-20 |       | 1:20            | 75                                  | 90   | 2-Blade pitched paddle    | 250                  | —                               | 0.1                     | 9                               |
|        |       |                 |                                     |      |                           |                      |                                 |                         | —                               |

●Max. agitating capacity (L) is reference only, varies according to agitation purpose, tank shape, agitation time and liquid properties.

#### Common specification items

|                                       |                                                                                                                                |                                                                                                                                     |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Motor                                 | Standard                                                                                                                       | 3-phase, 4P, Insulation class B, 50Hz (200/220V), 60Hz (200/220/230V)<br>Totally-enclosed fan cooled indoor flange type             |
|                                       | Semi-standard                                                                                                                  | 3-phase, 4P, Insulation class B, 50Hz (380/400/415/440V), 60Hz (380/400/415/440V)<br>Totally-enclosed fan cooled indoor flange type |
| Reducer                               | Spur gear multi-stage combination                                                                                              |                                                                                                                                     |
| Painting                              | Motor/reducer: Astero Silver ; Agitator Body: Silver                                                                           |                                                                                                                                     |
| Standard material of liquid end parts | SUS304 or SUS304 + rubber lining                                                                                               |                                                                                                                                     |
| Standard accessories                  | Mounting bolts (M12 x 30L-SUS304, with flat Washer) × 4 sets<br>Hex wrench for set screw 2.5/4.0 1pc each , Instruction manual |                                                                                                                                     |

#### Model explanation

TFN — 5 — P1 — 2 — 4 —

##### ① : Reduction ratio

|    |      |
|----|------|
| 5  | 1:5  |
| 20 | 1:20 |

##### ② : Impeller shape

|    |                               |
|----|-------------------------------|
| P1 | 3-blade propeller 1stage=φ120 |
| P2 | 3-blade propeller 1stage=φ160 |
| D1 | 2-Blade pitched paddle 1stage |
| D2 | 2-Blade pitched paddle 2stage |

##### ③ : Voltage, number of poles, insulation class classification

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 2 | 200/200V three-phase 4P class B |
| 4 | 400/440V three-phase 4P class B |

##### ④ : Material of liquid end part

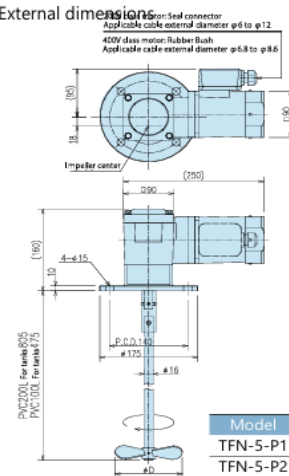
|    |                        |
|----|------------------------|
| 4  | SUS304                 |
| 4L | SUS304 + rubber lining |

##### ⑤ : Optional

|     |                          |
|-----|--------------------------|
| Nil | With standard oil seal   |
| O   | With outdoor cover       |
| S   | Anti-rust specifications |

② Liquid end part material: When 4L (SUS304 + rubber lining) is selected,  
⑤ Option: S (Anti-rust specification) is applied.

#### External dimensions



| Model    | φD  |
|----------|-----|
| TFN-5-P1 | 120 |
| TFN-5-P2 | 160 |