

8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 1%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA
PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN
EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS**
(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.untels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

- 1). TESIS () 2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL (X)

DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres:	LOPEZ ORTIZ HENRY LEOPOLDO
D.N.I.:	74721374
Otro Documento:	
Nacionalidad:	PERUANA
Teléfono:	9614 93178
e-mail:	HENRYLLOPEZORTIZ97@GMAIL.COM

DATOS ACADÉMICOS

Pregrado

Facultad:	FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
Programa Académico:	TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
Título Profesional otorgado:	INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Postgrado

Universidad de Procedencia:	
País:	
Grado Académico otorgado:	

Datos de trabajo de investigación

Título:	DESIGNO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CON CAPACIDAD DE 35,380 BARRILES SEGÚN NORMA API 650 PARA UN SISTEMA CONTRA INCENDIOS EN LA REFINERÍA IQUITOS, LORETO
Fecha de Sustentación:	15 DE DICIEMBRE DEL 2024
Calificación:	APROBADO POR UNANIMIDAD
Año de Publicación:	2025

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo No autorizo

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	info:eu-repo/semantics/openAccess (Para documentos en acceso abierto)	(X)

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	info:eu-repo/semantics/restrictedAccess (Para documentos restringidos)	()
	info:eu-repo/semantics/embargoedAccess (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	()
	info:eu-repo/semantics/closedAccess (para documentos confidenciales)	()

(*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

Motivos de la elección del acceso restringido:

LOPEZ ORTIZ HENRY LEOPOLDO

APELLIDOS Y NOMBRES

74 72 13 74

DNI

Henry

Firma y huella:



Lima, 08 de ENERO del 20 25

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



“DISEÑO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CON CAPACIDAD DE 35,380 BARRILES SEGÚN NORMA API 650 PARA UN SISTEMA CONTRA INCENDIOS EN LA REFINERÍA IQUITOS, LORETO”

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

LOPEZ ORTIZ, HENRY LEOPOLDO

ORCID: 0009-0005-7165-8090

ASESOR

SÁNCHEZ AYTE, JORGE AUGUSTO

ORCID: 0000-0001-9734-3381

Villa El Salvador

2024



VII Programa de Titulación por la Modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional
Facultad de Ingeniería y Gestión

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

En Villa El Salvador, siendo las 13:35 horas del día 15 de diciembre de 2024, reunidos en las instalaciones de la UNTELS, los miembros del Jurado Evaluador, integrado por:

PRESIDENTE: ROBERTO PFUYO MUÑOZ ORCID N°0000-0002-9131-3904 Colegiatura N°46900
SECRETARIO: RICHARD FLORES CACERES ORCID N°0000-0001-6773-3872 Colegiatura N°185839
VOCAL : CARLOS HERNAN FLORES VELASQUEZ ORCID N°0000-0002-0581-5001 Colegiatura N°129506

Nombrados con RESOLUCIÓN DE DECANATO N°232-2024-UNTELS-R-D, de fecha 12 de diciembre de 2024, quienes dan inicio a la Sesión Pública de Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional.

Acto seguido, el aspirante al Título Profesional en **Ingeniero Mecánico Electricista**.

Don (ña): **HENRY LEOPOLDO LOPEZ ORTIZ** identificado(a) con D.N.I. N°74721374; procedió con la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional Titulado:

DISEÑO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CON CAPACIDAD DE 35,380 BARRILES SEGÚN NORMA API 650 PARA UN SISTEMA CONTRA INCENDIOS EN LA REFINERÍA IQUITOS, LORETO

Autorizado mediante RESOLUCIÓN DE DECANATO N°234-2024-UNTELS-R-D, de fecha 12 de diciembre de 2024, de conformidad con las disposiciones del Reglamento General para el Otorgamiento de Grado Académico y Título Profesional vigente, sustentó y absolvió las interrogantes que le formularon los señores miembros del Jurado Evaluador.

Concluida la Sustentación se procedió a la evaluación y calificación correspondiente, de acuerdo al **Art. 57°** del Reglamento General para optar el Título Profesional.

CALIFICACIÓN		CONDICIÓN	EQUIVALENCIA
NÚMERO	LETRAS		
14	Caforce	Aprobado por Unanmidad	Bueno

Siendo las 14:15pm. horas del día 15 de diciembre de 2024, se dio por concluido el acto de sustentación, firmando el jurado evaluador el Acta de Sustentación y con firma del sustentante en señal de conformidad.

ROBERTO PFUYO MUÑOZ
PRESIDENTE

RICHARD FLORES CACERES
SECRETARIO

CARLOS HERNAN FLORES VELASQUEZ
VOCAL

HENRY LEOPOLDO LOPEZ ORTIZ
BACHILLER

Nota: Artículo 50°. - Para el inicio y desarrollo de la sustentación se requiere la presencia física y permanente de los integrantes del jurado. De faltar algún miembro del jurado, la sustentación procederá con los dos integrantes presentes. En caso de ausencia del presidente del jurado, ésta será asumida por el jurado de mayor categoría y antigüedad. En caso de ausencia de dos (02) integrantes del jurado, se suspenderá el acto de sustentación, pudiendo reprogramarse dentro de los cinco (05) días hábiles siguientes, sin perjuicio de aplicar el artículo 62° del presente Reglamento.

DEDICATORIA

A mis padres, por ser mi guía, mi fuerza y mi ejemplo de dedicación y esfuerzo. Gracias por su amor incondicional y por enseñarme a creer en mis sueños.

A mi hermana, por su apoyo constante, su alegría y por ser una fuente inagotable de motivación en este camino.

Con profundo amor y gratitud, les dedico este logro que es también suyo.

AGRADECIMIENTO

A mi universidad, por brindarme una formación integral y ser el espacio donde descubrí y desarrollé mis habilidades profesionales. Gracias por fomentar en mí los valores de la excelencia, el compromiso y la responsabilidad.

A los profesores, quienes con su dedicación, conocimiento y paciencia guiaron mi aprendizaje, despertando mi curiosidad y alimentando mi pasión por la ingeniería. Sus enseñanzas han sido fundamentales para alcanzar este logro.

A mi asesor, por su valiosa orientación, su tiempo y su confianza en mi trabajo. Sus aportes y experiencia fueron esenciales para la culminación de este proyecto.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE	iv
LISTADO DE FIGURAS	viii
LISTADO DE TABLAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES	15
1.1. Contexto.....	15
1.1.1. Visión.....	15
1.1.2. Misión	16
1.1.3. Servicios	16
1.1.4. Productos	17
1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo	18
1.2.1. Delimitación temporal	18
1.2.2. Delimitación espacial	18
1.3. Objetivos	18
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. Antecedentes	20
2.1.1. Nacional.....	20
2.1.2. Internacional	21
2.2. Bases teóricas.....	23
2.2.1. Tanques de almacenamiento	23
2.2.2. Tipos de tanques de almacenamiento	23
2.2.2.1. Tanque de techo fijo	24
2.2.2.2. Tanque de techo flotante	24
2.2.2.3. Recipientes a presión	25
2.2.3. Accesorios de los tanques.....	26
2.2.4. Sistemas de protección contra incendios	27
2.2.5. Normas aplicables para diseño.....	27
2.2.5.1. API STD 650 – Welded Tanks For Oil Storage.....	27

2.2.5.2. API STD 2000 – Venting Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks.....	28
2.2.5.3. AWWA D100 – Welded Carbon Steel Tanks for Water Storage...	28
2.2.5.4. ASTM – American Society For Testing and Materials	29
2.2.5.5. ASME Section IX – Boiler and Pressure Vessel	29
2.2.5.6. AWS D1.1 – Código Soldadura Estructural de Acero	29
2.2.5.7. RNE – Reglamento Nacional de Edificaciones	29
2.2.5.8. Decreto Supremos.....	29
2.2.6. Software AMETANK	30
2.2.7. Materiales	30
2.2.7.1. ASTM A36	30
2.2.7.2. ASTM A53	30
2.2.7.3. ASTM 105.....	30
2.2.7.4. ASTM A193	31
2.2.8. Uniones de soldadura.....	31
2.2.8.1. Juntas verticales en el cilindro	31
2.2.8.2. Juntas horizontales del cilindro.....	31
2.2.8.3. Juntas traslapadas en el fondo y techo	32
2.2.8.4. Junta de respaldo del fondo anular	33
2.2.8.5. Junta unión fondo – cilindro.....	33
2.2.9. Esfuerzo Admisible	34
2.2.10. Presión Hidrostática.....	34
2.2.11. Gravedad Especifica.....	34
2.2.12. Corrosión	34
2.2.13. Factor de Seguridad	35
2.2.14. Parámetros de Diseño	35
2.3. Definición de Términos Básicos	35
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL	40
3.1. Determinación y análisis del problema.....	40
3.2. Modelo de solución propuesto	41
3.2.1. Datos generales de diseño y condiciones	41
3.2.2. Selección de materiales.....	42
3.2.3. Diseño manual del tanque	43
3.2.3.1. Cálculo del cilindro del tanque	43

3.2.3.2. Cálculo del fondo del tanque	49
3.2.3.3. Cálculo del fondo anular del tanque	50
3.2.3.4. Cálculo del techo del tanque	53
3.2.3.5. Peso del Tanque	53
3.2.3.6. Diseño por carga de viento.....	54
3.2.3.7. Diseño por sismo.....	57
3.2.3.8. Diseño de junta.....	68
3.2.4. Cálculo del tanque con asistencia de un software	74
3.2.4.1. Parámetros de diseño.....	75
3.2.4.2. Materiales	76
3.2.4.3. Cálculo por carga de viento y sismo	77
3.2.4.4. Cálculo del fondo del tanque	79
3.2.4.5. Cálculo del fondo anular del tanque	80
3.2.4.6. Cálculo del cilindro del tanque.....	81
3.2.4.7. Cálculo del ángulo de rigidez del tanque.....	83
3.2.4.8. Cálculo del techo del tanque	84
3.2.4.9. Cálculo de la estructura del techo del tanque.....	85
3.2.5. Análisis de costos	87
3.2.5.1. Cilindro del tanque.....	87
3.2.5.2. Ángulo de rigidez.....	88
3.2.5.3. Fondo anular del tanque.....	88
3.2.5.4. Fondo del tanque.....	89
3.2.5.5. Techo del tanque.....	89
3.2.5.6. Estructura del techo del tanque.....	89
3.2.5.7. Accesorios del tanque	90
3.3. Resultados	92
3.3.1. Diseño manual del tanque	92
3.3.2. Cálculo del tanque con asistencia de un software	94
3.3.3. Análisis de costos de materiales de tanque.....	95
CONCLUSIONES.....	97
RECOMENDACIONES	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
ANEXOS	102
ANEXO 1. Hoja de datos	102

ANEXO 2. Estudio de mecánica de suelos	105
ANEXO 3. Planos.....	107

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Refinería Iquitos	18
Figura 2 Tipos de tanques de almacenamiento.....	23
Figura 3 Juntas verticales típicas según API 650	31
Figura 4 Juntas horizontales típicas según API 650.....	32
Figura 5 Junta típica del techo según API 650	32
Figura 6 Junta típica del fondo según API 650	33
Figura 7 Junta típica del fondo anular según API 650	33
Figura 8 Junta típica del fondo - cilindro según API 650	34
Figura 9 Espesor nominal de planchas del cilindro	44
Figura 10 Material y esfuerzos admisibles.....	45
Figura 11 Espesor nominal de planchas del fondo anular	50
Figura 12 Valor F_a	59
Figura 13 Valor F_v	59
Figura 14 Factor de modificación de respuesta.....	61
Figura 15 Criterios de relación de anclaje	68
Figura 16 Juntas del fondo anular	69
Figura 17 Juntas del fondo	69
Figura 18 Juntas verticales para espesor de 12.5 mm	70
Figura 19 Juntas verticales para espesor de 12 mm	70
Figura 20 Juntas verticales para espesor de 8 mm	70
Figura 21 Juntas verticales para espesor de 6 mm	71
Figura 22 Juntas horizontales para espesor de 12 mm y 12.5 mm	71
Figura 23 Juntas horizontales para espesor de 8 mm y 12 mm	72
Figura 24 Juntas horizontales para espesor de 6 mm y 8 mm	72
Figura 25 Juntas horizontales para espesor de 6 mm.....	73
Figura 26 Juntas del cilindro - fondo.....	73
Figura 27 Juntas del techo	74
Figura 28 Parámetros de diseño AMETANK	75
Figura 29 Materiales AMETANK.....	76
Figura 30 Factores sísmicos y de viento AMETANK	77
Figura 31 Nota de alerta sísmica AMETANK.....	78

Figura 32 Cálculo del fondo AMETANK	79
Figura 33 Cálculo del fondo anular AMETANK.....	80
Figura 34 Cálculo del cilindro AMETANK	81
Figura 35 Espesores del cilindro AMETANK	82
Figura 36 Cálculo del ángulo de rigidez AMETANK	83
Figura 37 Cálculo del techo AMETANK.....	84
Figura 38 Cálculo de la estructura del techo AMETANK	85
Figura 39 Selección de elementos estructurales AMETANK.....	86

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Cálculo de espesores de anillos del cilindro	49
Tabla 2 Pesos de las partes del tanque	53
Tabla 3 Resumen de pesos del tanque	54
Tabla 4 Materiales de cilindro del tanque	87
Tabla 5 Materiales del ángulo de rigidez del tanque.....	88
Tabla 6 Materiales del fondo anular del tanque	88
Tabla 7 Materiales del fondo del tanque	89
Tabla 8 Materiales del techo del tanque	89
Tabla 9 Materiales de la estructura del techo del tanque.....	90
Tabla 10 Materiales de accesorios del tanque.....	90
Tabla 11 Resumen de resultados del diseño manual	92
Tabla 12 Resumen de resultados del software AMETANK.....	94
Tabla 13 Materiales del tanque.....	95

RESUMEN

El trabajo de suficiencia profesional presenta el diseño de un tanque de almacenamiento de agua con una capacidad de 35,380 barriles, conforme a la norma API 650, para un sistema de protección contra incendios en la Refinería IQUITOS en Loreto. Dada la alta peligrosidad de los incendios en la refinería debido al manejo de productos inflamables, el diseño de un nuevo tanque es esencial para asegurar la disponibilidad de agua en situaciones de emergencia. El objetivo principal fue diseñar el tanque, apoyado en un software especializado, y realizar un análisis de costos de materiales para garantizar la viabilidad económica del proyecto.

A través de un diseño manual y asistido por software, se obtuvieron resultados consistentes que aseguran la estabilidad estructural del tanque ante factores sísmicos, vientos y mecánicos, cumpliendo con los requisitos de la norma API 650. El análisis de costos facilitó la planificación financiera del proyecto, asegurando que el diseño se mantuviera dentro del presupuesto sin comprometer la calidad ni la seguridad.

El diseño del nuevo tanque es una solución efectiva para reemplazar el tanque antiguo, que presenta problemas de antigüedad y capacidad, y mejorar el sistema contra incendios, fortaleciendo la capacidad de respuesta de la refinería ante posibles incidentes. Se recomienda realizar un monitoreo continuo del diseño para garantizar su rendimiento a largo plazo y optimizar el mantenimiento del sistema.

Palabras clave: diseño de tanque, sistema contra incendios, norma API 650.

ABSTRACT

The professional proficiency project presents the design of a water storage tank with a capacity of 35,380 barrels, in accordance with API 650 standards, for a fire protection system at the Iquitos Refinery in Loreto. Given the high risk of fires at the refinery due to the handling of flammable products, the design of a new tank is essential to ensure the availability of water in emergency situations. The main objective was to design the tank, supported by specialized software, and conduct a material cost analysis to ensure the project's economic viability.

Through both manual and software-assisted design, consistent results were obtained that ensure the structural stability of the tank against seismic, wind, and mechanical factors, complying with the API 650 standards. The cost analysis facilitated the financial planning of the project, ensuring that the design remained within budget without compromising quality or safety.

The design of the new tank is an effective solution to replace the old tank, which suffers from age and capacity issues, and improve the fire protection system, strengthening the refinery's ability to respond to potential incidents. Continuous monitoring of the design is recommended to ensure long-term performance and optimize system maintenance.

Keywords: tank design, fire protection system, API 650 standard.

INTRODUCCIÓN

La seguridad industrial en plantas de procesamiento y refinerías de petróleo es un aspecto crítico que garantiza la continuidad operativa, la protección del medio ambiente y, sobre todo, la integridad de las personas involucradas. En este contexto, los sistemas contra incendios juegan un rol esencial al mitigar los riesgos asociados a posibles incidentes, especialmente en instalaciones como la Refinería Iquitos, donde el manejo de combustibles y productos inflamables es constante.

Una de las infraestructuras clave para la efectividad de un sistema contra incendios es el tanque de almacenamiento de agua, el cual debe cumplir con especificaciones técnicas rigurosas para asegurar su disponibilidad y operatividad en caso de una emergencia. El agua es uno de los principales medios de extinción de incendios en la mayoría de refinerías, por lo que es fundamental contar con un diseño adecuado que garantice tanto su capacidad de almacenamiento como su rápida disponibilidad en situaciones críticas.

El presente trabajo tiene como objetivo diseñar un tanque de almacenamiento de agua con capacidad de 35,380 barriles según norma API 650 para un sistema contra incendios en la refinería Iquitos, Loreto. Este diseño responde a la necesidad de ampliar la capacidad de almacenamiento de agua para garantizar una respuesta efectiva ante posibles incidentes en la refinería, en cumplimiento con las normativas de seguridad y los estándares internacionales aplicables al sector petrolero.

Para lograr este objetivo, se realizará un análisis detallado de los requerimientos técnicos y normativos, así como de las condiciones específicas de la refinería, tales como el clima y el tipo de suelo. A partir de este análisis, se propondrá un diseño que garantice la máxima eficiencia en la protección contra incendios, contribuyendo así a la seguridad operativa y a la sostenibilidad de las actividades de la refinería.

El presente trabajo se estructura en los siguientes capítulos:

CAPITULO I: Aspectos generales. Este capítulo abarca el contexto de la empresa, la delimitación temporal y espacial del estudio, así como el objetivo general y los objetivos específicos.

CAPITULO II: Marco Teórico. Incluye la presentación de los antecedentes, las bases teóricas y la definición de términos relevantes para el desarrollo del trabajo.

CAPITULO III: Desarrollo del trabajo profesional. Se centra en la identificación y análisis del problema, el planteamiento del modelo de solución propuesto y la exposición de los resultados obtenidos.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio, junto con la bibliografía consultada.

CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES

1.1. Contexto

Instalaciones Mecánicas Sur S.A.C. (IMESUR) es una empresa peruana, fundada el 26 de septiembre de 2005, con sede principal en el distrito de Mollendo, provincia de Islay, en el departamento de Arequipa.

La empresa se dedica principalmente a la fabricación de productos metálicos y a la prestación de servicios relacionados, incluyendo proyectos industriales y mantenimiento en diversas áreas del sector petrolero y otras industrias. Se especializa en la fabricación, mantenimiento, montaje y desmontaje de tanques de almacenamiento, abarcando también todo el abastecimiento electromecánico, la instrumentación y la obra civil requerida.

Con un enfoque integral, IMESUR también ofrece soluciones "llave en mano", cubriendo todas las fases de un proyecto, desde la ingeniería conceptual hasta la puesta en marcha y operación. Esto le permite garantizar no solo la calidad y la seguridad, sino también la optimización de costos y tiempos de entrega para sus clientes.

La empresa cuenta con una amplia cartera de clientes que incluye tanto empresas locales como internacionales. Su experiencia abarca diversos sectores industriales, tales como la minería, energía, construcción y sector petroquímico, brindando soluciones integrales a sus necesidades técnicas y operativas. Instalaciones Mecánicas Sur S.A.C. se ha destacado por su capacidad para satisfacer a clientes con proyectos de alta complejidad técnica, proporcionando un servicio personalizado y ajustado a las exigencias del mercado.

1.1.1. Visión

La visión es convertirse en una empresa líder en ingeniería, construcción y montaje, creciendo en el Perú y con presencia en el exterior, basándose en estrictos estándares de calidad e innovación y garantizando un excelente servicio a los clientes.

1.1.2. Misión

La misión es brindar servicios en su campo de especialización con los más altos niveles de calidad, seguridad, cumplimiento y rentabilidad, asegurando la completa satisfacción del cliente y cumpliendo con sus responsabilidades sociales y comerciales.

1.1.3. Servicios

Instalaciones Mecánicas Sur S.A.C. ofrece una amplia gama de servicios especializados en el ámbito de la infraestructura industrial. Algunos de los servicios que ofrece la empresa son los siguientes:

- **Servicios mecánicos:**

La empresa se especializa en la instalación de sistemas hidráulicos, neumáticos, de climatización y ventilación, tanto en proyectos nuevos como en remodelaciones, asegurando un funcionamiento eficiente y seguro.

- **Mantenimiento industrial:**

Ofrecen mantenimiento para equipos industriales, sistemas mecánicos, eléctricos y electromecánicos, con el objetivo de asegurar la continuidad operativa y alargar la vida útil de los equipos.

- **Montaje y desmontaje de tanques de almacenamiento:**

Realizan el montaje, mantenimiento y desmontaje de tanques de almacenamiento industriales, especialmente en sectores como el petrolero y petroquímico, asegurando la correcta instalación y funcionalidad de estos grandes equipos.

- **Servicios electromecánicos:**

Instalación de sistemas eléctricos y electromecánicos, incluyendo sistemas de control y automatización industrial, con el fin de optimizar los procesos productivos y garantizar la eficiencia energética.

- **Consultoría y asesoría técnica**

Ofrecen consultoría técnica especializada en la planificación, ejecución y optimización de proyectos industriales, brindando soluciones personalizadas y asesoría a lo largo de todo el ciclo del proyecto.

1.1.4. Productos

Instalaciones Mecánicas Sur S.A.C. desarrolla una amplia variedad de productos industriales, adaptados a las necesidades de sus clientes. Entre estos productos se encuentran:

- **Productos metálicos:**

Fabricación de componentes metálicos como estructuras, soportes, plataformas y otros elementos necesarios para el montaje de equipos industriales, asegurando durabilidad y resistencia en ambientes industriales.

- **Tanques de almacenamiento:**

Fabricación y suministro de tanques de almacenamiento metálicos de alta calidad, diseñados para almacenar líquidos, combustibles, productos químicos, entre otros, para diversas industrias como la petroquímica y la energética.

- **Equipos industriales:**

Suministro de equipos mecánicos, como bombas, válvulas y otros dispositivos utilizados en sistemas hidráulicos, neumáticos y de calefacción para mantener la eficiencia operativa en plantas industriales.

- **Sistemas electromecánicos:**

La empresa ofrece sistemas electromecánicos completos, incluyendo soluciones de automatización, control y monitoreo, diseñados para mejorar la eficiencia operativa y permitir un control preciso de los procesos industriales.

1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo

1.2.1. Delimitación temporal

El diseño del tanque de almacenamiento se desarrolló entre los meses de noviembre a diciembre del 2022.

1.2.2. Delimitación espacial

La refinería Iquitos se ubica en la margen izquierda del río Amazonas, a 14 kilómetros de la ciudad de Iquitos, capital de la provincia de Maynas, en el departamento de Loreto.

Figura 1

Refinería Iquitos



Nota. Ubicación del tanque contra incendios. *Fuente.* Google maps

1.3. Objetivos

O1. Objetivo 1

Realizar el diseño manual de un tanque de almacenamiento de agua con capacidad de 35,380 barriles según norma API 650 para un sistema contra incendios en la refinería Iquitos, Loreto.

O2. Objetivo 2

Desarrollar con la asistencia de un software el cálculo de un tanque de almacenamiento de agua con capacidad de 35,380 barriles según norma API 650 para un sistema contra incendios en la refinería Iquitos, Loreto.

O3. Objetivo 3

Realizar un análisis de costos de los materiales de un tanque de almacenamiento de agua con capacidad de 35,380 barriles según norma API 650 para un sistema contra incendios en la refinería Iquitos, Loreto.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Nacional

Yafac (2019), en su tesis titulada *“Diseño de tanque de almacenamiento de Nafta con protección catódica para la refinería de Iquitos”*, presenta el diseño detallado de un tanque de almacenamiento de Nafta con capacidad para 40,000 barriles, utilizando la norma API 650 como marco normativo. El diseño incluye el desarrollo de la estructura del cuerpo, fondo, techo y accesorios del tanque, asegurando que el sistema sea robusto y resistente a las condiciones operativas. Además, se incorpora un sistema de protección catódica para prevenir la corrosión, una medida clave para extender la vida útil del tanque, especialmente en ambientes húmedos y corrosivos. A través de este diseño, se busca mejorar la eficiencia en el almacenamiento y distribución de Nafta en la región de Iquitos, contribuyendo al abastecimiento confiable de combustible en la refinería local. La tesis concluye que, con la implementación de este tanque, se podrá satisfacer adecuadamente la demanda de combustible en la región, optimizando la capacidad operativa de la refinería y mejorando la seguridad en las operaciones de almacenamiento.

Escarcena & Calcina (2021), en su tesis titulada *“Diseño de un tanque atmosférico metálico de 300 m³ de capacidad según la norma API 650 para almacenar hidrocarburos”*, desarrollan el diseño de un tanque metálico para almacenar hidrocarburos, siguiendo los lineamientos de la norma API 650, 13^a edición, 2020. Su investigación, realizada en la empresa INTERSOL en Puno, se centró en la aplicación de esta norma para asegurar la integridad estructural del tanque y garantizar su funcionamiento seguro. Utilizando herramientas como AutoCAD y Microsoft Excel, los autores elaboraron un diseño detallado que especifica las dimensiones, materiales y procesos de fabricación, incluyendo la utilización de acero ASTM A131/A y electrodos E6010 y E7010 para las soldaduras. El estudio concluye que la norma API 650 es crucial para evitar fallas en la construcción del tanque, orientando al diseñador en aspectos técnicos como el diseño mecánico, la fabricación, la calificación de soldaduras y la inspección técnica. Los resultados de esta tesis no solo contribuyen al desarrollo de tanques

más seguros, sino también a la mejora de la competitividad e innovación tecnológica en la industria de hidrocarburos del Perú.

Colque (2023), en su tesis titulada *“Diseño de un tanque atmosférico de almacenamiento de diesel con una capacidad de 20 650 bbls para la ampliación de la planta de Monte Azul – Mollendo”*, realiza un exhaustivo análisis de la norma API 650, abordando los cálculos necesarios para determinar las dimensiones del tanque. Además, emplea un software de diseño especializado para el dimensionamiento, con el fin de comparar los resultados obtenidos mediante el software con los cálculos manuales previstos en la normativa. En su investigación, también se detallan los procedimientos de fabricación y erección del tanque, considerando los estándares de calidad que aseguran la integridad del proyecto. El estudio concluye que, aunque no se observan diferencias significativas entre los resultados obtenidos de los cálculos manuales y los proporcionados por el software, este último permite un análisis más preciso y detallado, lo cual se refleja en la memoria de cálculo y los planos finales del proyecto.

2.1.2. Internacional

Sachidananda et al. (2019), en su artículo científico titulado *“Design, analysis and fabrication of firewater storage tank”*, abordan el diseño, análisis y fabricación de un tanque de almacenamiento de agua dulce para sistemas de protección contra incendios, siguiendo la norma API 650. El estudio se enfoca en garantizar que el diseño del tanque cumpla con los requisitos técnicos y normativos, asegurando su funcionalidad y seguridad. Utilizando acero al carbono como material principal, se llevaron a cabo análisis avanzados mediante simulaciones CFD y el software de elementos finitos ANSYS para evaluar el comportamiento estructural del tanque bajo condiciones dinámicas, incluyendo las fuerzas sísmicas y la presión hidrodinámica interna. Los resultados de estos análisis muestran que el diseño es seguro y eficiente, capaz de resistir tanto las cargas sísmicas como los modos de falla estructural. Además, el estudio destaca la importancia del diseño sísmico para tanques de mayor capacidad, dada la tendencia hacia la construcción de tanques más grandes en la industria. En conclusión, el tanque diseñado no solo cumple con las normativas de seguridad y diseño, sino que también ofrece importantes ventajas

en términos de reducción de costos y mejora en la fiabilidad y eficiencia del sistema de almacenamiento de agua contra incendios.

Oña (2019), en su proyecto integrador titulado *“Diseño y desarrollo de un tanque de almacenamiento y distribución simultánea de agua condensada para uso en varios procesos alimenticios”*, presenta el diseño de un tanque multifuncional que permite almacenar y distribuir agua condensada en diversos procesos industriales alimenticios. El diseño se fundamenta en normas internacionales, como el código ASME Sección VIII y la API-650, y se ajusta a las especificaciones técnicas proporcionadas por Escorpmecc S.A. El proyecto incluyó simulaciones de esfuerzos en puntos críticos del tanque, garantizando que su estructura cumpliera con los requisitos de seguridad y funcionalidad. Además, se logró una optimización en los costos de construcción, reduciendo en un 5% los gastos en materiales, específicamente en el espesor de las planchas de acero inoxidable. Este enfoque permitió un diseño eficiente tanto en términos de rendimiento como de reducción de costos, asegurando una solución adecuada y rentable para el almacenamiento y distribución de agua condensada en la industria alimenticia.

Agboola et al. (2021), en su artículo científico titulado *“Optimum detailed design of 13,000 m³ oil storage tanks using 0.8 height-diameter”*, presentan un estudio detallado sobre el diseño estructural de un tanque de almacenamiento de petróleo con capacidad de 13.000 m³, empleando una relación altura-diámetro de 0,8 para optimizar la eficiencia y estabilidad del diseño. Los autores determinan que el diámetro nominal del tanque debe ser de 26,76 m y la altura nominal de 23,1 m, proporcionando una estructura adecuada para almacenar grandes volúmenes de petróleo. El material seleccionado para la construcción del tanque fue el acero G40.21 M grado 260 W, con un ancho de placa de 2,1 m, lo que permite una mayor eficiencia en la fabricación de las placas necesarias. Para el diseño del armazón, se utilizó el método de 1 pie, lo que permitió un total de once hileras de placas para las paredes del tanque. El diseño del tanque, que incluye tanto el armazón como el techo cónico fijo, fue realizado siguiendo los lineamientos establecidos por la norma API 650, la cual regula la construcción y seguridad de los tanques de almacenamiento de petróleo. Esta norma asegura que el tanque diseñado cumple con los más altos estándares internacionales en términos de seguridad estructural,

durabilidad y capacidad de soportar las presiones internas generadas por el líquido almacenado. Así, el estudio no solo optimiza el diseño desde un punto de vista técnico, sino que también garantiza la fiabilidad y seguridad del tanque a lo largo de su vida útil.

2.2. Bases teóricas

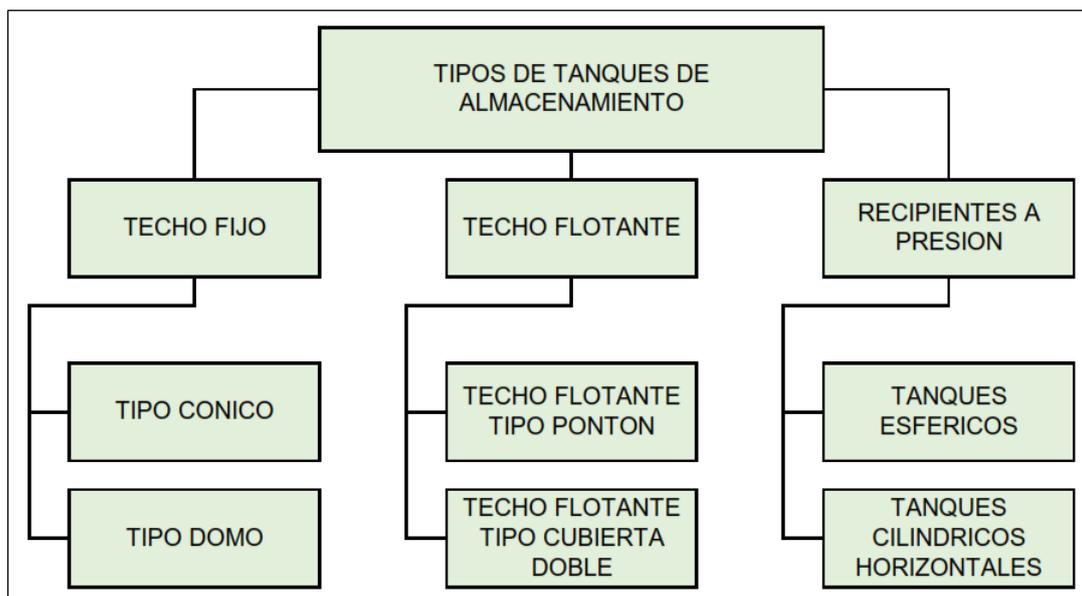
2.2.1. Tanques de almacenamiento

Gonza (2014) menciona que los tanques de almacenamiento son estructuras fabricadas con diversos materiales, generalmente tienen forma cilíndrica para optimizar la resistencia a la presión interna. Se utilizan para almacenar y conservar líquidos o gases a presión atmosférica, es decir, sin la necesidad de mantener una presión adicional. Estos tanques son comunes en industrias como la petroquímica, alimentaria y energética, donde se almacenan productos como agua, combustibles o químicos. En algunos contextos técnicos, se les conoce como tanques de almacenamiento atmosféricos debido a que operan bajo condiciones de presión similares a la del ambiente.

2.2.2. Tipos de tanques de almacenamiento

Figura 2

Tipos de tanques de almacenamiento



2.2.2.1. Tanque de techo fijo

Los tanques de techo fijo están diseñados especialmente para soportar presiones internas bajas. Se utilizan para almacenar productos no volátiles (no inflamables), como agua, diésel, asfalto y petróleo crudo (De la Cadena & Larrea, 2012).

a) Techo cónico

Su cubierta tiene la forma de un cono recto, un diseño ampliamente utilizado para almacenar productos no inflamables debido a su simplicidad y facilidad de fabricación. Este tipo de techo se caracteriza por su eficiencia estructural, ya que se sostiene generalmente con columnas que proporcionan un soporte adecuado, permitiendo una distribución uniforme del peso y optimizando el espacio interior (Colque, 2023).

b) Techo domo

También conocido como techo tipo sombrilla, este diseño tiene una forma esférica cuyo radio es establecido por el diseñador. Puede contar con estructuras internas o externas, o incluso no tener ninguna, estando soportado únicamente por la pared del tanque (una opción utilizada en tanques de diámetros pequeños). La fabricación de este tipo de techo es compleja, ya que cada plancha y segmento deben ser fabricados de acuerdo con el radio de curvatura establecido en el diseño (Colque, 2023).

2.2.2.2. Tanque de techo flotante

En situaciones donde el líquido almacenado presenta una presión de vapor alta (cercana a la presión atmosférica), es fundamental que no haya espacio entre el techo del tanque y el nivel del líquido. Esto se hace para prevenir la formación de sobrepresiones o vacío en dicho espacio, así como para minimizar la evaporación del producto almacenado. Para lograr estos objetivos, se utilizan los tanques con techo flotante (Bueno, 2014).

a) Techo flotante tipo pontón

Este tipo de techo se emplea en tanques con diámetros que van desde los 18 hasta los 90 metros, siendo más estable y reduciendo la posibilidad de evaporación debajo de la cubierta. El sistema de flotación está compuesto por pontones anulares, cuyo número varía según el diámetro, y una cubierta simple en el centro. La cámara de aire del pontón, además de proporcionar flotación, actúa como un aislamiento. La principal ventaja de este techo es que los vapores atrapados bajo el centro de la cubierta forman una capa aislante hasta que se condensan (Cabezas & Núñez, 2011).

b) Techo flotante tipo cubierta doble

Este diseño es sin duda el más avanzado, seguro y costoso, lo que explica su uso preferente en tanques con diámetros superiores a los 90 m. Bajo este sistema, la evaporación se reduce casi por completo gracias a su doble cubierta. Se considera el diseño más seguro porque está concebido para mantenerse a flote incluso si los pontones se inundan, gracias a la cámara de aire formada entre las cubiertas. Además, esta cámara actúa como una capa aislante, lo que ayuda a minimizar la evaporación del producto almacenado (Cabezas & Núñez, 2011).

2.2.2.3. Recipientes a presión

Se entiende por recipiente a presión a cualquier contenedor cerrado capaz de almacenar un fluido a presión manométrica, ya sea con presión interna o vacío, sin importar su forma o tamaño (Quispe & Aguilar, 2019).

a) Tanques esféricos

Los tanques de almacenamiento esférico se emplean principalmente para almacenar productos ligeros como GLP, butano, propano, entre otros. Su diseño esférico les permite resistir presiones internas de hasta 300 psi (Pejerrey, 2017).

b) Tanques cilíndricos horizontales

Estos tanques a presión tienen una disposición horizontal y una estructura cilíndrica con casquetes o formas esferoidales. Operan a presiones relativamente bajas, que van desde 15 psi hasta 250 psi (Pejerrey, 2017).

2.2.3. Accesorios de los tanques

Un tanque de almacenamiento debe contar con varios accesorios para desempeñar correctamente su función. Estos elementos son esenciales para prevenir el llenado excesivo del contenido, facilitar la inspección o el mantenimiento en su interior, así como para permitir su llenado y vaciado de manera adecuada (Saldaña, 2020).

a) Boquilla

Es necesario que todos los tanques de almacenamiento cuenten con boquillas que cumplan con los requisitos mínimos, como las de entrada y salida de producto, drenaje, venteo y acceso de hombre. Estas boquillas deben estar hechas de materiales compatibles con el tanque y contar con bridas para conectarse al sistema. Dado que la instalación de las boquillas puede debilitar la estructura del tanque, se debe aplicar un refuerzo para prevenir fallas localizadas en las aberturas de las boquillas (Saldaña, 2020).

b) Venteo

Los tanques de almacenamiento suelen estar expuestos a las condiciones climáticas y experimentan variaciones de temperatura que generan presión interna, lo que puede comprometer la integridad de la estructura del tanque. Para prevenir esto, se emplean sistemas de venteo que facilitan la liberación de gases y vapores, manteniendo así una presión constante. Es fundamental que el material del techo del tanque sea compatible con el de la boquilla, lo que asegura una soldadura adecuada (Saldaña, 2020).

c) Acceso de Hombre

Es la abertura que permite el acceso al interior del tanque para llevar a cabo tareas como mantenimiento, limpieza o inspección. La norma API 650 establece las dimensiones estándar para su fabricación. Al igual que con las boquillas, se debe proporcionar un refuerzo en la zona donde se realice la instalación (Saldaña, 2020).

d) Medidor de Nivel

El control del llenado del tanque se basa en la altura, que indica la capacidad máxima del mismo. Esta medición es crucial para prevenir accidentes y evitar el colapso del tanque. El propósito del medidor de nivel es prevenir el sobrellenado, aunque esto no impide que el medidor emita señales (Saldaña, 2020).

2.2.4. Sistemas de protección contra incendios

Andrinich (2018) señala que los sistemas de protección contra incendios consisten en un conjunto de equipos y dispositivos destinados a la detección, alarma y extinción de incendios. Estos sistemas están diseñados para activar una respuesta rápida ante situaciones de emergencia, minimizando los daños materiales y protegiendo a las personas. Generalmente, son implementados en instalaciones que, debido a requerimientos legales nacionales o internacionales, deben contar con medidas de seguridad contra incendios. Entre estos lugares se incluyen instalaciones industriales, edificios residenciales, centros comerciales, almacenes de materiales peligrosos, hospitales, y más. Además de cumplir con normativas de seguridad, estos sistemas son esenciales para garantizar la protección de vidas humanas y evitar pérdidas económicas por incendios.

2.2.5. Normas aplicables para diseño

2.2.5.1. API STD 650 – Welded Tanks For Oil Storage

Escarcena & Calcina (2021) indica que la norma API (American Petroleum Institute) Standard 650 es un documento que incluye 10 secciones y 26 apéndices, donde se detallan los requisitos mínimos para materiales, diseño, fabricación, montaje y pruebas de tanques cilíndricos

ubicados en el suelo que operan a presiones internas cercanas a la atmosférica. Su propósito es ofrecer directrices fundamentales para el diseño y construcción de tanques de almacenamiento de petróleo y sus derivados, priorizando la seguridad y la eficiencia económica. Esta norma no establece un tamaño específico para los tanques, sino que permite al comprador determinar las dimensiones adecuadas. Las secciones de la norma están organizadas de la siguiente manera:

- Sección 1: Alcance
- Sección 2: Normativas de referencia
- Sección 3: Términos y definiciones
- Sección 4: Materiales
- Sección 5: Diseño
- Sección 6: Fabricación
- Sección 7: Montaje y construcción
- Sección 8: Métodos de examinación de juntas
- Sección 9: Procedimiento de soldadura y calificación del soldador
- Sección 10: Calificación

2.2.5.2. API STD 2000 – Venting Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks

American Petroleum Institute (2020) menciona que la norma API STD 2000 establece los requisitos de ventilación tanto para condiciones normales como de emergencia en tanques de almacenamiento de hidrocarburos o sus derivados, incluyendo aquellos tanques refrigerados, tanto superficiales como subterráneos, que están diseñados para funcionar a presiones de vacío completo hasta 103,4 kPa (ga) (15 psig).

2.2.5.3. AWWA D100 – Welded Carbon Steel Tanks for Water Storage

El objetivo de esta norma es proporcionar directrices para el diseño, la fabricación y la adquisición de tanques de almacenamiento de acero al carbono soldado, destinados al almacenamiento de agua. Dado que los tanques pueden variar en tamaños y formas, esta norma no abarca todos

los aspectos detallados del diseño y la construcción (American Water Works Association, 2011).

2.2.5.4. ASTM – American Society For Testing and Materials

La A.S.T.M. (American Society For Testing and Materials) se dedica a crear los estándares para las propiedades y rendimiento de materiales, productos, servicios y métodos de prueba en una amplia variedad de sectores industriales (Carreño & Hernández, 2008).

2.2.5.5. ASME Section IX – Boiler and Pressure Vessel

Se asegura de que los soldadores, operadores y los procedimientos de soldadura utilizados cumplan con los requisitos establecidos en las diferentes secciones del ASME Código de Construcción de Recipientes de Presión y del ASME B31 Código para Tuberías de Presión (Carreño & Hernández, 2008).

2.2.5.6. AWS D1.1 – Código Soldadura Estructural de Acero

Este código incluye todos los requisitos para la soldadura en cualquier tipo de estructura. Las secciones que componen la norma son: requisitos generales, diseño de uniones soldadas, precalificación de los procedimientos de soldadura (WPS), calificación, fabricación, inspección, soldadura de pernos, refuerzo y reparación de estructuras existentes, y estructuras tubulares (Cusi, 2023).

2.2.5.7. RNE – Reglamento Nacional de Edificaciones

El propósito de este reglamento es establecer los criterios y requisitos mínimos para el diseño y la ejecución de las infraestructuras urbanas y las construcciones (Colque, 2023).

2.2.5.8. Decreto Supremos

Los decretos supremos se consideran reglamentos nacionales que establecen las directrices para los diseños y actividades en el sector de los hidrocarburos, abarcando aspectos como la seguridad, la salud, el medio

ambiente, así como las adecuaciones y el diseño en este ámbito (Colque, 2023).

2.2.6. Software AMETANK

TechnoSoft (s.f.) indica que el software Ametank permite la configuración, el diseño y la elaboración rápida de tanques de almacenamiento verticales, ya sean construidos en el taller o en el sitio. Los cálculos de diseño se realizan de acuerdo con la norma API 650 e incluyen factores como presiones sísmicas, internas y externas, así como las cargas provocadas por el viento. Estas son algunas de sus principales características:

- Cálculos de diseño de tanques
- Modelos de producción 3D detallados
- Planos de diseño y fabricación.
- Lista de producción y lista de materiales
- Detalles de fabricación para informes de costo

2.2.7. Materiales

2.2.7.1. ASTM A36

Saldaña (2020) señala que este material es adecuado y se utiliza en los perfiles, tanto comerciales como ensamblados, de los elementos estructurales del tanque, siempre que los espesores sean iguales o menores a 38 mm (1 1/2 pulg.).

2.2.7.2. ASTM A53

Acero para tubos de conducción que se utiliza principalmente en sistemas de tuberías para agua, gas y vapor (Cabezas & Núñez, 2011).

2.2.7.3. ASTM 105

Acero de forja para piezas de presión y piezas forjadas utilizadas en aplicaciones de alta presión y temperatura (Cabezas & Núñez, 2011).

2.2.7.4. ASTM A193

Material para tornillos expuestos a altas temperaturas y con alta resistencia (Cabezas & Núñez, 2011).

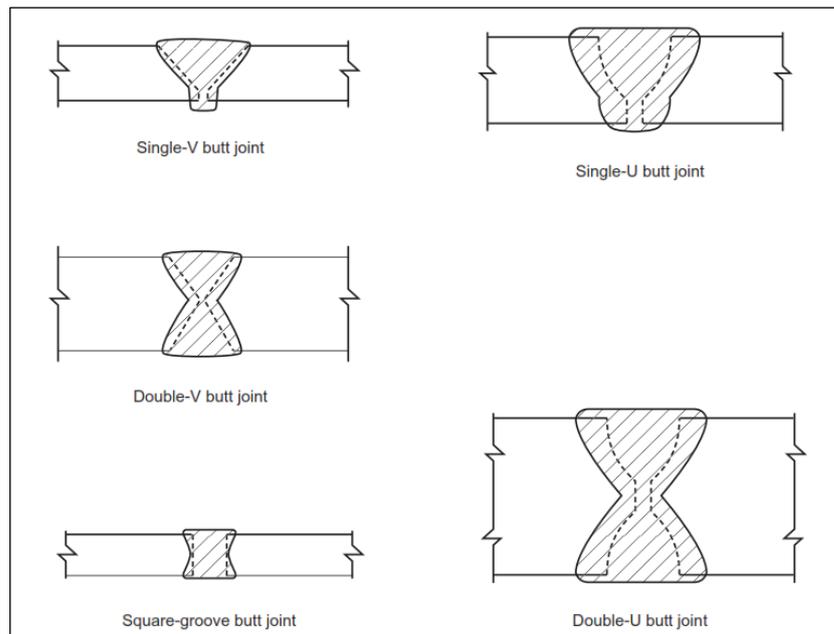
2.2.8. Uniones de soldadura

2.2.8.1. Juntas verticales en el cilindro

La junta vertical debe ser diseñada a tope, asegurando una penetración completa en la unión, y debe ser soldada tanto en el interior como en el exterior (Colque, 2023).

Figura 3

Juntas verticales típicas según API 650

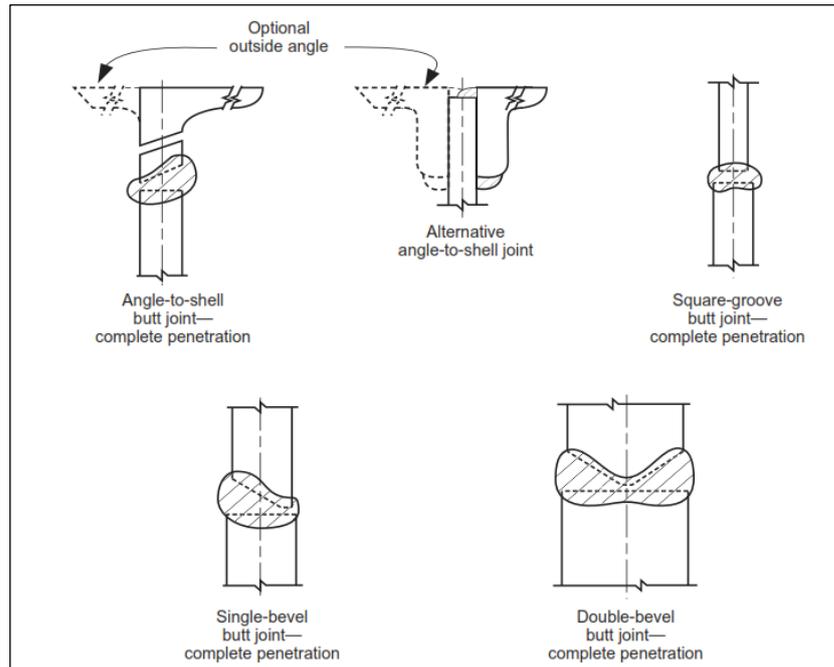


2.2.8.2. Juntas horizontales del cilindro

Al igual que la junta vertical del cilindro, la junta horizontal debe ser diseñada a tope para asegurar una penetración completa en la unión, y deberá ser soldada tanto por el interior como por el exterior (Colque, 2023).

Figura 4

Juntas horizontales típicas según API 650



2.2.8.3. Juntas traslapadas en el fondo y techo

Las uniones comunes para el fondo y el techo del tanque son traslapadas, a excepción de los techos tipo domo o sombrilla. En los fondos inclinados, las placas soldadas se superpondrán de manera que se minimice la acumulación de líquido durante el proceso de extracción (Colque, 2023).

Figura 5

Junta típica del techo según API 650

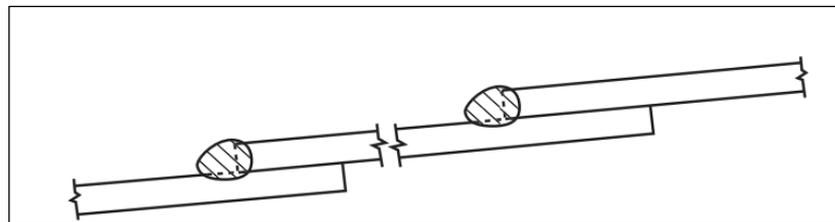
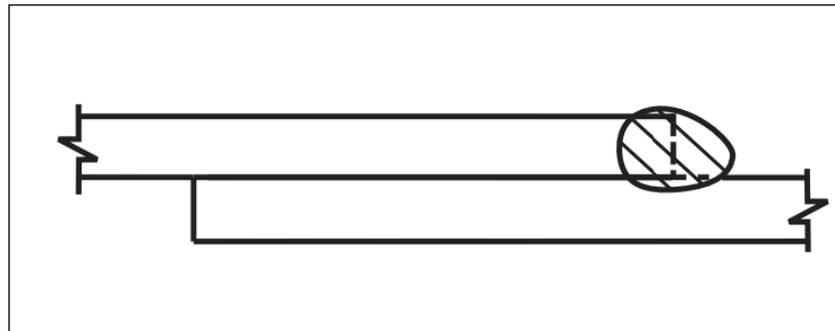


Figura 6

Junta típica del fondo según API 650

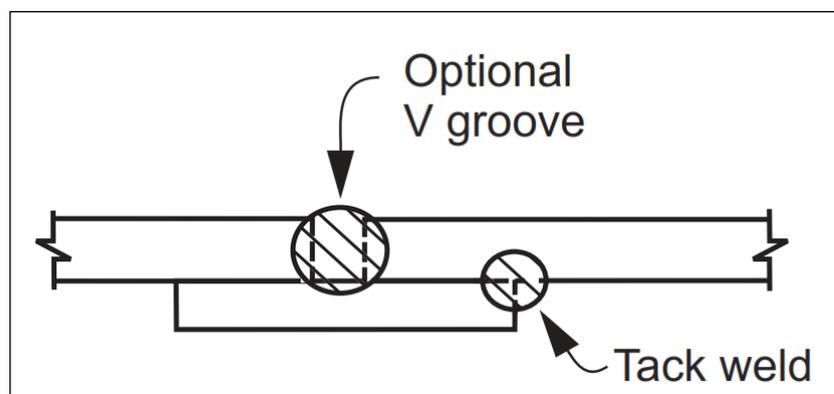


2.2.8.4. Junta de respaldo del fondo anular

Las uniones habituales para el fondo anular del tanque deben ser a tope, utilizando una plancha de respaldo (backing) para garantizar la penetración adecuada de la junta (Colque, 2023).

Figura 7

Junta típica del fondo anular según API 650

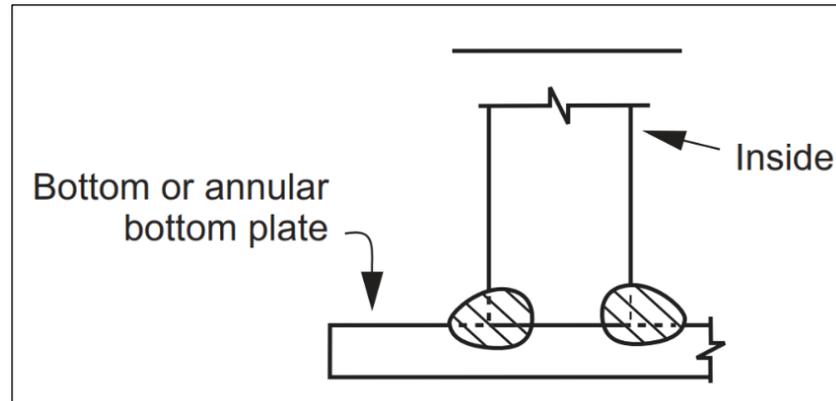


2.2.8.5. Junta unión fondo – cilindro

La unión entre el fondo y el borde de las placas del cuerpo deberá realizarse mediante un filete de soldadura continuo que cubra ambos lados de la placa (Carreño & Hernández, 2008).

Figura 8

Junta típica del fondo - cilindro según API 650



2.2.9. Esfuerzo Admisible

El esfuerzo admisible en el diseño de tanques de almacenamiento se define para asegurar la integridad estructural bajo diversas condiciones de carga (American Petroleum Institute, 2020).

2.2.10. Presión Hidrostática

La presión hidrostática es un factor crítico en el diseño de tanques, ya que se incrementa con la profundidad del líquido almacenado (American Petroleum Institute, 2020).

2.2.11. Gravedad Específica

La gravedad específica es fundamental para calcular las presiones y tensiones en las estructuras de los tanques de almacenamiento (American Petroleum Institute, 2020).

2.2.12. Corrosión

La corrosión es un factor crucial en el diseño de tanques, y se deben implementar medidas para minimizar su impacto en la estructura (American Petroleum Institute, 2020).

2.2.13. Factor de Seguridad

El factor de seguridad es esencial para garantizar que los tanques de almacenamiento puedan soportar condiciones imprevistas sin fallar (American Petroleum Institute, 2020).

2.2.14. Parámetros de Diseño

Los parámetros de diseño son fundamentales para asegurar que los tanques de almacenamiento cumplan con los requisitos de seguridad y funcionalidad establecidos por la norma (American Petroleum Institute, 2020).

2.3. Definición de Términos Básicos

Acceso de hombre: Apertura o entrada en un tanque, recipiente o estructura diseñada para permitir el paso de una persona para su inspección, mantenimiento o limpieza.

Accesorios de tanque: Elementos complementarios instalados en un tanque, como válvulas, medidores, respiraderos, boquillas, entre otros, que sirven para controlar, medir y asegurar su operación segura.

API STD 2000: Norma que define los requisitos para el diseño, material, construcción, instalación y pruebas de tanques de almacenamiento verticales de acero para el almacenamiento de líquidos.

API STD 2000: Norma que regula los sistemas de venteo y la protección de la presión interna de los tanques de almacenamiento, específicamente los que contienen productos derivados del petróleo y sus derivados.

ASTM A36: Norma que especifica los requisitos para los aceros estructurales al carbono utilizados en la construcción y fabricación de estructuras metálicas, como vigas, columnas, placas y otros componentes.

ASTM A53: Norma que establece los requisitos para los tubos de acero al carbono utilizados en la construcción de sistemas de tuberías, principalmente en la industria del gas y el petróleo, y en la construcción de estructuras.

ASTM A193: Norma que especifica los requisitos para los pernos, tuercas y otros elementos de fijación de acero aleado y acero inoxidable utilizados en recipientes a presión, calderas y sistemas de alta temperatura.

AWWA D100: Norma que establece los requisitos para el diseño, fabricación, inspección y pruebas de tanques de acero para almacenamiento de agua potable.

Boquilla: Conducto o abertura de un tanque o recipiente que permite la conexión de tubos, válvulas o instrumentos para el transporte, entrada o salida de fluidos o gases.

Capacidad nominal: La cantidad máxima de fluido o material que un tanque o recipiente puede almacenar, medida bajo condiciones estándar de operación y sin sobrepasar los límites de seguridad establecidos.

Corrosión: Proceso de deterioro de un material, generalmente metálico, debido a la reacción química con su entorno, como el oxígeno o el agua, lo que provoca la formación de óxidos, picaduras o desgaste.

Factor de seguridad: Relación entre la capacidad de carga de una estructura o componente y la carga máxima que se espera que soporte en condiciones de operación. Este factor asegura que la estructura sea segura ante imprevistos.

Fondo anular: Tipo de base o fondo de un tanque que tiene una forma anular (en anillo) y se encuentra elevado sobre el suelo o fundación, diseñado para mejorar la resistencia y permitir la evacuación del agua de lluvia o líquidos.

Junta de soldadura: Conexión realizada entre dos piezas metálicas mediante un proceso de soldadura para asegurar su unión permanente, utilizando materiales de relleno y calor para fundir y fusionar los bordes.

Junta de respaldo: Elemento colocado en el interior de una junta de soldadura para evitar que el metal fundido se escape o se pierda, generalmente fabricado de un material más blando o más fácil de manejar.

Junta traslapada: Tipo de unión entre dos piezas en la que una se superpone a la otra, creando una conexión sólida generalmente mediante soldadura, para asegurar la continuidad de la estructura.

Medidor de nivel: Dispositivo utilizado para medir el nivel de un líquido o gas en un tanque o recipiente, proporcionando una indicación precisa de la cantidad de material almacenado.

Presión hidrostática: La presión ejercida por un fluido en reposo debido a su peso, generalmente medida desde la superficie de un líquido hasta un punto sumergido dentro de él.

Presión interna: La presión que se encuentra dentro de un recipiente o sistema cerrado, generada por el contenido del recipiente o por factores externos como temperatura o volumen.

Recipiente a presión: Contenedor diseñado para almacenar o transportar sustancias a presiones superiores a la atmosférica, tales como gases, líquidos a alta presión o vapores.

Sistema de venteo: Conjunto de dispositivos (válvulas, respiraderos) que permiten la liberación controlada de presión o vapor desde el interior de un tanque o recipiente, asegurando su estabilidad y evitando daños estructurales.

Tanque de techo flotante: Tipo de tanque de almacenamiento cuyo techo se encuentra suspendido sobre el líquido almacenado, moviéndose hacia arriba o

hacia abajo a medida que cambia el nivel del líquido, con el fin de reducir las emisiones y pérdidas por evaporación.

Tanque de techo fijo: Tanque de almacenamiento en el que el techo es fijo y no se mueve, con la entrada y salida de vapor o gases controlada por un sistema de venteo o respiradero.

Tanque cilíndrico horizontal: Recipiente de almacenamiento con forma cilíndrica y colocado en posición horizontal, comúnmente usado para almacenar líquidos o gases a presión.

Tanque esférico: Tanque con forma esférica utilizado principalmente para almacenar gases a alta presión, ya que la forma esférica permite distribuir de manera uniforme la presión interna.

Tanque flotante tipo pontón: Tanque de almacenamiento cuyo techo flotante está sostenido por una estructura tipo pontón (una especie de plataforma flotante), utilizado para minimizar la evaporación de productos volátiles.

Techo cónico: Tipo de techo para tanques de almacenamiento que tiene una forma cónica, utilizado para permitir la evacuación del agua de lluvia y reducir la acumulación de residuos en la superficie del tanque.

Techo domo: Techo de forma hemisférica o de domo que se utiliza en tanques de almacenamiento para ofrecer resistencia a las cargas externas, además de minimizar la acumulación de agua de lluvia.

Techo flotante tipo cubierto doble: Tipo de techo flotante compuesto por dos capas, que se utiliza para minimizar la evaporación de líquidos volátiles y mejorar la seguridad al ofrecer una doble barrera de protección.

Techo flotante tipo sombrilla: Techo flotante que tiene la apariencia de una sombrilla, diseñado para adaptarse al nivel del líquido en el tanque y reducir la evaporación y la emisión de vapores.

Techo flotante tipo pontón: Techo flotante basado en una estructura tipo pontón, que se mueve hacia arriba o hacia abajo con el nivel del líquido, ayudando a reducir la pérdida de vapor y protegiendo el contenido del tanque.

Techo tipo sombrilla: Techo que tiene la forma de una sombrilla, diseñado para ser ligero y permitir el movimiento hacia arriba y hacia abajo a medida que varía el nivel del contenido del tanque.

Válvula de venteo: Dispositivo instalado en un tanque o recipiente para permitir la liberación de presión interna o vapor, evitando que se genere una presión excesiva que podría dañar la estructura.

Vapor de presión: Vapor generado a partir de un líquido que ha sido calentado hasta su punto de ebullición, manteniendo una presión interna elevada dentro de un recipiente cerrado.

Venteo: Proceso de liberación de gases o vapores desde un tanque o recipiente hacia la atmósfera, realizado de forma controlada mediante un sistema de venteo, para evitar daños por presión interna o acumulación de vapores.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

3.1. Determinación y análisis del problema

La Refinería Iquitos, ubicada en la región de Loreto, enfrenta un alto riesgo de incendios debido al manejo constante de combustibles y productos altamente inflamables. Este riesgo no solo pone en peligro la integridad de las instalaciones, sino que también amenaza la seguridad de los trabajadores y el medio ambiente circundante. Para mitigar estos peligros, es fundamental contar con sistemas de protección contra incendios eficaces, donde los tanques de almacenamiento de agua juegan un papel crucial, al ser uno de los principales recursos para controlar y extinguir incendios en refinerías.

Sin embargo, el tanque de almacenamiento de agua actual de la refinería presenta un problema debido a su antigüedad y a la insuficiencia de su capacidad. El diseño y la capacidad de este tanque ya no responden de manera adecuada a las demandas operativas crecientes de la refinería, especialmente frente a incidentes de incendio de gran magnitud. La refinería ha experimentado un aumento en su capacidad operativa en los últimos años, lo que ha incrementado la necesidad de agua para los sistemas de protección contra incendios.

Esta situación resalta la necesidad urgente de un tanque de almacenamiento de mayor capacidad, que pueda proporcionar un suministro adecuado de agua para los sistemas de protección contra incendios, garantizando así una respuesta efectiva en situaciones críticas. El diseño de un nuevo tanque con una capacidad de 35,380 barriles, conforme a la normativa API 650, permitirá satisfacer las necesidades actuales y futuras de la refinería, mejorando la seguridad operativa y la capacidad de respuesta ante cualquier tipo de emergencia.

A continuación, se presentan los datos técnicos del tanque existente que será reemplazado:

- Capacidad: 15,000 barriles
- Diámetro: 15.9 m

- Altura: 12.3 m
- Material: Acero al carbono
- Número de anillos: 07
- Tipo de construcción: Remachado

La normativa API 650 establece estrictos lineamientos para el diseño y la construcción de tanques de almacenamiento, asegurando su integridad estructural y su capacidad operativa en situaciones de emergencia. El incumplimiento de estas normativas podría generar sanciones, interrupciones operativas e incluso la incapacidad de mitigar un incidente de manera adecuada, lo que incrementa el riesgo para la refinería. Por ello, el diseño del nuevo tanque no solo busca ampliar la capacidad de almacenamiento, sino también garantizar el cumplimiento de los estándares internacionales de seguridad, para asegurar una respuesta eficiente y eficaz ante emergencias, protegiendo tanto las instalaciones como el entorno circundante.

3.2. Modelo de solución propuesto

3.2.1. Datos generales de diseño y condiciones

Proporcionado por el cliente:

- Fluido almacenado: Agua
- Techo: Cono Soportado
- Capacidad útil: 35,380 barriles
- Diámetro interior: 24.85 m
- Altura del tanque: 13.10 m
- Nivel del líquido de diseño (H): 12.249 m
- Gravedad Especifica (G): 1 @ 25°C
- Presión de diseño: Atmosférica
- Temperatura de Diseño: 55°C
- Corrosión Admisible:
 - ✓ Fondo, 1er y 2do anillo: 3.0 mm
 - ✓ 3er al 6to anillo: 1.5 mm
 - ✓ Techo: 1mm

- Altura sobre el nivel del mar (m): 100

Proporcionado por normas/estudios:

- Condición de viento: API650 – 5.2.1. (K)
 - ✓ Velocidad del viento: 75 km/hr (**Proporcionado por la norma E.020**)
- Condición de sismo: API650 – App E (ASCE 7)
 - ✓ Zona sísmica: 1 (**Proporcionado por el estudio de mecánica de suelos**)
 - ✓ Coeficiente de aceleración máxima: $Z = S_p = 0.1$ (**Proporcionado por el estudio de mecánica de suelos**)
 - ✓ Factor de importancia: 1.25 (**Proporcionado por la norma E.030**)
 - ✓ Clasificación sísmica de sitio: E (**Proporcionado por la norma E.030**)

3.2.2. Selección de materiales

Los materiales a utilizar estarán de acuerdo a los requerimientos de la norma API 650, estipulados en la sección 4 y serán los siguientes:

- Fondo: ASTM A36
- Casco: ASTM A36
- Techo: ASTM A36
- Refuerzos: ASTM A36
- Elementos estructurales: ASTM A36
- Espárragos: ASTM A193
- Tubería: ASTM A53
- Bridas: ASTM 105

La selección de los materiales se basa en su resistencia mecánica, durabilidad y compatibilidad con las condiciones operativas de los tanques de almacenamiento.

Fondo, Casco, Techo, Refuerzos, Elementos estructurales (ASTM A36):

Este acero al carbono es ideal para estructuras de soporte, debido a su buena

resistencia a la tracción, facilidad de soldadura y bajo costo, lo que lo hace adecuado para las partes principales del tanque que requieren resistencia estructural.

Espárragos (ASTM A193): Elegido por su alta resistencia a la tracción y su capacidad para soportar condiciones de temperatura elevada, lo que garantiza la seguridad y durabilidad de las uniones en entornos exigentes.

Tubería (ASTM A53): Su resistencia a la presión y corrosión lo hace ideal para sistemas de transporte de líquidos, ofreciendo fiabilidad en condiciones de baja a media presión.

Bridas (ASTM A105): Seleccionado por su resistencia a alta presión y su capacidad para soportar temperaturas elevadas, lo que garantiza uniones seguras y duraderas en los sistemas de conexión del tanque.

Las planchas a utilizar para el fondo, fondo anular, cilindro y techo tendrán dimensiones de 6 m x 2.4 m.

3.2.3. Diseño manual del tanque

3.2.3.1. Cálculo del cilindro del tanque

Primero determinamos el número de anillos del cilindro del tanque:

$$N = \frac{H}{a} = \frac{13.10 \text{ m}}{2.40 \text{ m}} = 5.49 \cong 6 \text{ anillos}$$

De acuerdo con el párrafo 5.6.1.1 de la norma API 650 y considerando el diámetro como variable, se ha elegido un espesor mínimo de 6.00 mm para el cilindro del tanque.

Figura 9

Espesor nominal de planchas del cilindro

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

Nota. La figura se encuentra en el párrafo 5.6.1.1 de la norma API 650

La API 650, en su párrafo 5.6, establece varios métodos para calcular el espesor de las planchas del cilindro. En nuestro diseño, utilizaremos el cálculo según el método de 1 pie, el cual es el más utilizado en la industria para este tipo de estructuras.

Por lo tanto, el espesor de la plancha de diseño en cada virola del tanque se calculará utilizando la siguiente ecuación:

$$td = \frac{4.9 * D * (H - 0.3) * G}{Sd} + C$$

El espesor de la plancha para la prueba hidrostática en cada virola del tanque se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$tt = \frac{4.9 * D * (H - 0.3) * G}{St}$$

Donde:

td = Espesor de diseño (mm)

tt = Espesor de diseño para la prueba hidrostática (mm)

Sd = Esfuerzo admisible para diseño (MPa)

St = Esfuerzo admisible para la prueba hidrostática (MPa)

D = Diámetro nominal del tanque (m)

H = Nivel de diseño del líquido (m)

G = Gravedad específica de diseño

C = Tolerancia de corrosión

Considerando que el material seleccionado es ASTM A36.

Figura 10

Material y esfuerzos admisibles

Plate Specification	Grade	Nominal Plate Thickness t mm	Minimum Yield Strength MPa	Minimum Tensile Strength MPa	Product Design Stress S_d MPa	Hydrostatic Test Stress S_t MPa
ASTM Specifications						
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 ^a	196	210
A573M	400		220	400	147	165
A573M	450		240	450	160	180
A573M	485		290	485 ^a	193	208
A516M	380		205	380	137	154
A516M	415		220	415	147	165
A516M	450		240	450	160	180
A516M	485		260	485	173	195
A662M	B		275	450	180	193

Nota. La figura se encuentra en la tabla 5.2a de la norma API 650

Cálculo del espesor de los 6 anillos del tanque.

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

$$S_t = 171 \text{ MPa}$$

$$D = 24.85 \text{ m}$$

$$H = 12.249 \text{ m}$$

$$G = 1$$

$$C_{1 \text{ y } 2 \text{ anillo}} = 3 \text{ mm}$$

$$C_{3 - 6 \text{ anillo}} = 1.5 \text{ mm}$$

Calculo 1er anillo:

Espesor de diseño:

$$td = \frac{4.9 * 24.85 \text{ m} * (12.249 \text{ m} - 0.3) * 1}{160 \text{ MPa}} + 3 \text{ mm}$$

$$td = 12.09 \text{ mm}$$

Espesor para prueba hidrostática:

$$tt = \frac{4.9 * 24.85 \text{ m} * (12.249 \text{ m} - 0.3)}{171 \text{ MPa}}$$

$$tt = 8.51 \text{ mm}$$

Calculo 2do anillo:

Se modifica la altura para realizar el cálculo del segundo anillo:

$$H = 12.249 - 2.4 = 9.849 \text{ m}$$

Espesor de diseño:

$$td = \frac{4.9 * 24.85 \text{ m} * (9.849 \text{ m} - 0.3) * 1}{160 \text{ MPa}} + 3 \text{ mm}$$

$$td = 10.27 \text{ mm}$$

Espesor para prueba hidrostática:

$$tt = \frac{4.9 * 24.85 \text{ m} * (9.849 \text{ m} - 0.3)}{171 \text{ MPa}}$$

$$tt = 6.80 \text{ mm}$$

Calculo 3er anillo:

Se modifica la altura para realizar el cálculo del tercer anillo:

$$H = 9.849 - 2.4 = 7.449 \text{ m}$$

Espesor de diseño:

$$td = \frac{4.9 * 24.85 \text{ m} * (7.449 \text{ m} - 0.3) * 1}{160 \text{ MPa}} + 1.5 \text{ mm}$$

$$td = 6.94 \text{ mm}$$

Espesor para prueba hidrostática:

$$tt = \frac{4.9 * 24.85 \text{ m} * (7.449 \text{ m} - 0.3)}{171 \text{ MPa}}$$

$$tt = 5.09 \text{ mm}$$

Calculo 4to anillo:

Se modifica la altura para realizar el cálculo del cuarto anillo:

$$H = 7.449 - 2.4 = 5.049 \text{ m}$$

Espesor de diseño:

$$td = \frac{4.9 * 24.85 \text{ m} * (5.049 \text{ m} - 0.3) * 1}{160 \text{ MPa}} + 1.5 \text{ mm}$$

$$td = 5.11 \text{ mm}$$

Espesor para prueba hidrostática:

$$tt = \frac{4.9 * 24.85 \text{ m} * (5.049 \text{ m} - 0.3)}{171 \text{ MPa}}$$

$$tt = 3.38 \text{ mm}$$

Calculo 5to anillo:

Se modifica la altura para realizar el cálculo del quinto anillo:

$$H = 5.049 - 2.4 = 2.649 \text{ m}$$

Espesor de diseño:

$$td = \frac{4.9 * 24.85 \text{ m} * (2.649 \text{ m} - 0.3) * 1}{160 \text{ MPa}} + 1.5 \text{ mm}$$

$$td = 3.29 \text{ mm}$$

Espesor para prueba hidrostática:

$$tt = \frac{4.9 * 24.85 \text{ m} * (2.649 \text{ m} - 0.3)}{171 \text{ MPa}}$$

$$tt = 1.67 \text{ mm}$$

Calculo 6to anillo:

Se modifica la altura para realizar el cálculo del sexto anillo:

$$H = 2.649 - 2.4 = 0.249 \text{ m}$$

Espesor de diseño:

$$td = \frac{4.9 * 24.85 \text{ m} * (0.249 \text{ m} - 0.3) * 1}{160 \text{ MPa}} + 1.5 \text{ mm}$$

$$td = 1.46 \text{ mm}$$

Espesor para prueba hidrostática:

$$tt = \frac{4.9 * 24.85 \text{ m} * (0.249 \text{ m} - 0.3)}{171 \text{ MPa}}$$

$$tt = - 0.04 \text{ mm}$$

Se asigna 0.00 mm, ya que no puede ser inferior a 0:

$$tt = 0.00 \text{ mm}$$

En conclusión

Tabla 1*Cálculo de espesores de anillos del cilindro*

Anillo	Altura hidrostática (m)	Espesor de diseño td (mm)	Espesor para prueba hidrostática tt (mm)	Espesor comercial t (mm)
1	12.249	12.09	8.51	12.50
2	9.849	10.27	6.80	12.00
3	7.449	6.94	5.09	8.00
4	5.049	5.11	3.38	6.00
5	2.649	3.29	1.67	6.00
6	0.249	1.46	0.00	6.00

El criterio para seleccionar el espesor a utilizar se fundamenta principalmente en el espesor máximo calculado, considerando tanto los espesores de prueba como los de diseño con y sin corrosión, asegurándose de que en ningún caso sea inferior al espesor mínimo requerido de 6.00 mm.

3.2.3.2. Cálculo del fondo del tanque

Según lo dispuesto en la norma API 650 5.4.1, escogemos un espesor mínimo de 6mm añadiendo una tolerancia a la corrosión (C.A) de 3.0 mm, entonces, tendremos un espesor calculado de:

$$t_{\text{fondo-calculado}} = e_{\text{min}} + CA$$

$$t_{\text{fondo-calculado}} = 6 \text{ mm} + 3 \text{ mm}$$

$$t_{\text{fondo-calculado}} = 9 \text{ mm}$$

Obtenemos el espesor comercial de 9 mm.

Según el estándar API 650, se establecen las siguientes restricciones mínimas:

- El traslape de las planchas del fondo debe tener un ancho mínimo de 25.00 mm (1”).
- Las planchas rectangulares que forman el fondo, sobre las cuales se apoya el cilindro del tanque, deben tener un ancho mínimo de 1800 mm (72”).
- Las cuchillas del fondo deben sobresalir al menos 50 mm (2”) de la superficie exterior del cilindro del tanque.

3.2.3.3. Cálculo del fondo anular del tanque

Para el cálculo del fondo anular, el espesor y el ancho de este, debe cumplir con lo establecido en el estándar API 650 y el D.S. 052, aplicando la normativa más restrictiva.

Cálculo del espesor de la placa anular:

El espesor de la plancha está especificado en las tablas 5.1a y 5.1b del API 650.

Figura 11

Espesor nominal de planchas del fondo anular

Plate Thickness ^a of First Shell Course (mm)	Stress ^b 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

^a Plate thickness refers to the corroded shell plate thickness for product design and nominal thickness for hydrostatic test design.

^b The stress to be used is the maximum stress in the first shell course (greater of product or hydrostatic test stress). The stress may be determined using the required thickness divided by the thickness from "a" then multiplied by the applicable allowable stress:
 Product Stress = $((t_d - CA) / \text{corroded } t) (S_d)$
 Hydrostatic Test Stress = $(t_r / \text{nominal } t) (S_t)$

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.

Nota. La figura se encuentra en la tabla 5.1a de la norma API 650

El esfuerzo máximo en el primer anillo del cilindro, según la nota b de la tabla 5.1a del API 650:

$$\text{Esfuerzo de producto} = \frac{(td - CA)}{t \text{ corroído}} * Sd$$

$$\text{Esfuerzo de producto} = \frac{(9.09 - 3)}{12.09} * 160$$

$$\text{Esfuerzo de producto} = 80.60 \text{ MPa}$$

$$\text{Esfuerzo de prueba hidrostática} = \frac{8.51}{12.09} * 171$$

$$\text{Esfuerzo de prueba hidrostática} = 120.36 \text{ Mpa}$$

De acuerdo con la tabla 5.1a del API 650, el espesor del fondo anular se obtiene como 6 mm, y al añadir la corrosión admisible del fondo se obtiene el valor final:

$$t_{\text{fondo anular-calculado}} = 6 \text{ mm} + 3 \text{ mm}$$

$$t_{\text{fondo anular-calculado}} = 9 \text{ mm}$$

El párrafo d) del artículo 42 del D.S. 052-93-EM establece que "Dependiendo del máximo asentamiento esperado bajo la pared y del espesor del primer anillo del tanque, se preverá que la plancha del fondo en contacto con la pared del tanque será de un espesor mayor, el que se extenderá no menos de 0,60 metros hacia el interior".

Del párrafo anterior se concluye que el espesor del fondo anular no debe ser inferior al espesor del primer anillo del cilindro. Por esta razón, y dado que el D.S. es más restrictivo que el API 650, se determina que el espesor del fondo anular debe ser de 12.5 mm.

Cálculo del ancho de la placa anular:

Según el párrafo 5.5.2 del estándar API 650, el ancho del fondo anular se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$L = 2 * tb * \sqrt{\frac{Fy}{2 * \gamma * G * H}}$$

pero no inferior a 600 mm

Donde:

L: Longitud radial del anillo del fondo anular

Tb: Espesor de la placa anular calculada

Fy: Esfuerzo mínimo de fluencia

H: Altura de nivel de diseño del producto

γ : Factor de densidad del agua

G: Gravedad específica del producto

Sustituyendo en la ecuación, se obtiene:

$$L = 2 * 12.5 * \sqrt{\frac{250}{2 * 0.00981 * 1 * 12.249}}$$

$$L = 806.33 \text{ mm}$$

De acuerdo con la sección 5.4.2, la plancha del fondo del tanque deberá contar con una pestaña de 51 mm.

Sumando el espesor del primer anillo y el traslape del fondo anular con el fondo del tanque de 40 mm, se obtiene:

$$L = 806.33 + 51 + 12.5 + 40 = 909.83 \text{ mm}$$

Se opta por un ancho de 920 mm.

3.2.3.4. Cálculo del techo del tanque

Según lo dispuesto por las normas API 650 5.10.2.2, escogemos un espesor mínimo de 5 mm añadiendo una tolerancia a la corrosión (C.A) de 1 mm, entonces, tendremos un espesor calculado de:

$$t_{techo-calculado} = e_{min} + CA$$

$$t_{techo-calculado} = 5 \text{ mm} + 1 \text{ mm}$$

$$t_{techo-calculado} = 6 \text{ mm}$$

Obtenemos el espesor comercial de 6.0 mm.

3.2.3.5. Peso del Tanque

En la Tabla 2 se presentan los pesos correspondientes a cada componente del tanque.

Tabla 2

Pesos de las partes del tanque

PARTES DEL TANQUE	PESO (Kg)
Cilindro	69,434.82
Ángulo de rigidez	1,487.76
Fondo anular	6,999.00
Fondo	30,260.00
Techo	22,449.00
Estructura del techo	19,099.00
Accesorios (15% Cilindro)	10,415.22
Peso del agua en el volumen del tanque	5,940,765.00

En la Tabla 3 se presenta un resumen de los pesos del tanque, los cuales serán utilizados posteriormente para el diseño sísmico.

Tabla 3*Resumen de pesos del tanque*

PARÁMETRO	PESO (Kg)	PESO (N)
Wf	37,259.00	365,138.20
Ws	70,922.58	695,041.31
Wr	41,548.00	407,170.40
Wt	160,144.81	1,569,419.10
Wp	6,100,909.81	59,788,916.10

Donde:

Wf: Peso del fondo

Ws: Peso del cilindro

Wr: Peso del techo

Wt: Peso total del tanque vacío

Wp: Peso total del tanque con agua

3.2.3.6. Diseño por carga de viento

El párrafo 5.11 del estándar API 650 establece las condiciones para calcular y garantizar la estabilidad de los tanques.

Para la sección relacionada con el viento, el estándar de diseño sugiere utilizar las directrices internacionales de ASCE-07, empleando el método de ráfaga de 3 segundos.

No obstante, también debemos cumplir con la normativa nacional, como los Decretos Supremos (D.S.) y el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

Por lo tanto, realizaremos los cálculos correspondientes para garantizar la estabilidad del equipo frente al viento.

Velocidad de diseño (Vh)

Según el párrafo 12.3 de la norma E0.20:

“La velocidad de diseño del viento hasta 10 m de altura será la velocidad máxima adecuada a la zona de ubicación de la edificación, pero no menos de 75 Km/h.” Por lo tanto, la velocidad de diseño se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$Vh = V * \left(\frac{h}{10}\right)^{0.22}$$

$$Vh = 75 * \left(\frac{100}{10}\right)^{0.22}$$

$$Vh = 124.47 \frac{Km}{h}$$

Carga exterior de viento (Pd)

Dado que la carga será aplicada de forma perpendicular a la superficie, se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$Pd = 0.005 * C * (Vh)^2$$

Donde:

Pd: Presión o succión del viento a una altura h en kg/m²

C: Factor de forma, E0.20 Tabla 04: 0.7

Por lo tanto:

$$Pd = 0.005 * 0.7 * 124.47^2$$

$$Pd = 54.22 \frac{Kg}{m^2}$$

Momento de volteo por viento (Mv)

El momento de volteo generado por el viento se tratará como una carga uniformemente distribuida sobre una viga fija en un extremo. Así, el momento se calculará utilizando la siguiente fórmula:

$$Mv = \frac{Pd * D * Htt^2}{2}$$

Donde:

Mv: Momento de volteo, en kg.m

Pd: Presión de diseño, en kgf/m²

D: Diámetro nominal del tanque, en m

Htt: Altura total incluido el techo, en m

Reemplazando en la ecuación:

$$Mv = \frac{54.22 * 24.85 * 13.885^2}{2}$$

$$Mv = 129,881.61 \text{ Kg.m}$$

Momento máximo (Mm)

Según la siguiente fórmula:

$$Mm = \frac{2}{3} * \frac{W * D}{2}$$

Donde:

Mm = Momento Máximo, en kg.m

W = Peso total del tanque, en kg

D= Diámetro nominal del tanque, en m

Reemplazando en la ecuación:

$$Mm = \frac{2}{3} * \frac{160,144.81 * 24.85}{2}$$

$$Mm = 1,326,532.81 \text{ Kg.m}$$

Por lo tanto, dado que el momento causado por el viento es inferior al momento máximo calculado, se concluye que el tanque es estructuralmente estable bajo esta condición.

3.2.3.7. Diseño por sismo

Para verificar la estabilidad del tanque frente a la acción sísmica, se llevará a cabo una serie de cálculos basados en el anexo E del estándar de fabricación. En esta sección, se enfocan tres análisis principales:

- Verificación de la estabilidad mediante el momento de vuelco.
- Cálculo del esfuerzo máximo cortante en la base.
- Determinación de la altura libre requerida por el oleaje (freeboard).

En esta sección también se mencionan conceptos como el efecto impulsivo y el efecto convectivo. El primero se refiere al líquido almacenado en la parte inferior del tanque, tratándose como si fuera un sólido. En cambio, el componente convectivo corresponde a la parte del fluido ubicada en la parte superior del tanque, la cual es libre para formar olas.

Datos geométricos

Según el Reglamento Nacional E0.30 "Diseño Sismorresistente", se obtiene información sobre la zonificación del sitio, la cual será verificada con el estudio de mecánica de suelos (EMS) realizado por el proyectista.

- Aceleración sísmica, E 0.30: $S_p(Z) = 0.1$
- Clase de sitio: E
- SUG, API 650 E.3: II
- Factor de importancia (II), API 650 Tabla E.5: 1.25

- Factores sísmicos de la zona, método ASCE:

S_s : El 5% del parámetro de amortiguamiento de aceleración espectral de respuesta para un periodo de 0.2 segundos.

$$S_s = 2.5 \times S_p$$

$$S_s = 2.5 \times 0.1$$

$$S_s = 0.25$$

S_1 : El 5% del parámetro de amortiguamiento de aceleración espectral de respuesta para un periodo de 1.0 segundos.

$$S_1 = 1.25 \times S_p$$

$$S_1 = 1.25 \times 0.1$$

$$S_1 = 0.125$$

S_o : Parámetro de respuesta espectral, el 0% amortiguado en cero segundos (aceleración máxima del suelo) es calculado mediante la siguiente expresión:

$$S_o = 0.4 \times S_s$$

$$S_o = 0.4 \times 0.25$$

$$S_o = 0.1$$

- Coeficiente de aceleración de sitio base:

Coeficiente de aceleración (F_a)

Figura 12

Valor F_a

Site Class	Mapped MCE_R Spectral Response Accelerations at Short Periods				
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.0$	$S_s \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	a	a	a	a	a

^a Site-specific geotechnical investigation and dynamic site response analysis is required.

Nota. La figura se encuentra en la tabla E.1 de la norma API 650

Se obtiene un valor de $F_a = 2.5$

- Coeficiente de velocidad (F_v):

Figura 13

Valor F_v

Site Class	Mapped MCE_R Spectral Response Accelerations at 1 Sec Periods				
	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	a	a	a	a	a

^a Site-specific geotechnical investigation and dynamic site response analysis is required.

Nota. La figura se encuentra en la tabla E.2 de la norma API 650

Al realizar la interpolación, se obtiene un valor de $F_v = 3.43$

- Periodo convectivo (T_c):

De acuerdo con el párrafo E.4.5.2 de la 13th edición del API 650, el cálculo se realiza utilizando la siguiente fórmula:

$$T_c = 1.8 * K_s * \sqrt{D}$$

Para determinar el factor de chapoteo (K_s), se obtiene de la siguiente ecuación:

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

$$K_s = \frac{0.578}{\sqrt{\tanh\left(\frac{3.68 * 12.25}{24.85}\right)}}$$

$$K_s = 0.59$$

Sustituyendo en la formula del periodo convectivo:

$$T_c = 1.8 * 0.59 * \sqrt{24.85}$$

$$T_c = 5.326 \text{ seg}$$

- Periodo de Transición (TL):

El estándar de fabricación establece que, para las regiones fuera del territorio de EE. UU., se debe tomar un valor de 4 segundos.

$$TL = 4.00$$

- Factor de escala a nivel de diseño de aceleraciones espectrales (Q): 1
- Factores de modificación de respuesta

Según el párrafo E.5.1.1, se proporciona una tabla que muestra el factor de modificación de respuesta para tanques de almacenamiento de líquidos diseñados y detallados conforme a estas disposiciones. Este factor puede ser igual o menor que los siguientes valores:

Figura 14

Factor de modificación de respuesta

Anchorage system	R_{wi} , (impulsive)	R_{wc} , (convective)
Self-anchored	3.5	2
Mechanically-anchored	4	2

Nota. La figura se encuentra en la tabla E.4 de la norma API 650

El tanque se diseña para ser anclado mecánicamente; en ese caso, tomamos:

$$R_{wi} = 3.5$$

$$R_{wc} = 2$$

Respuestas de aceleraciones espectrales

Los diferentes parámetros de aceleraciones espectrales son:

- Parámetro de aceleración espectral impulsiva (A_i)

De acuerdo con las ecuaciones E.4.6.1-1 de la 13ª edición del API 650.

$$SDS = Q * Fa * Ss$$

$$SDS = 1 * 2.5 * 0.25$$

$$SDS = 0.63$$

$$A_i = SDS * \frac{I}{R_w}$$

$$A_i = 0.63 * \frac{1.25}{3.5}$$

$$A_i = 0.223$$

- Parámetro de aceleración espectral conectivo (A_c)

Según la ecuación E4.6.1-5 del API 650, se señala:

Para $T_c > T_L$

Entonces:

$$A_c = K * SDS * \left(\frac{T_L}{T_c^2}\right) * \left(\frac{1}{RWC}\right)$$

De acuerdo con la norma API 650 E.2.2, el coeficiente para ajustar la aceleración espectral (K) es igual a 1.5.

$$A_c = 1.5 * 0.63 * \left(\frac{4}{5.326^2}\right) * \left(\frac{1}{2}\right)$$

$$A_c = 0.07$$

- Pesos efectivos del producto

El peso efectivo impulsivo (W_i) se calcula utilizando la siguiente fórmula, la cual depende de la relación entre el diámetro y la altura del tanque, tal como se indica en el párrafo E.6.1.1.

$$\frac{D}{H} \geq 1.333; W_i = \frac{\tanh\left(0.866 * \frac{D}{H}\right)}{0.866 * \frac{D}{H}} * W_p$$

De esta manera, con una relación $D/H = 0.91$, el valor resultante es mayor que 1.333. Por lo tanto, el peso efectivo impulsivo se calculará utilizando la siguiente ecuación:

$$W_i = \frac{\tanh\left(0.866 * \frac{24.85}{12.25}\right)}{0.866 * \frac{24.85}{12.25}} * 59,788,916.10$$

$$W_i = 32,064,690.57 \text{ N}$$

El peso efectivo conectivo (W_c) se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$W_c = 0.230 * \frac{D}{H} * \tanh\left(\frac{3.67 * H}{D}\right) * W_p$$

$$W_c = 0.230 * \frac{24.85}{12.25} * \tanh\left(\frac{3.67 * 12.25}{24.85}\right) * 59,788,916.10$$

$$W_c = 26,438,130.33 \text{ N}$$

- Centro de acción para las fuerzas laterales efectivas

La altura desde el fondo del tanque hasta el centro de acción de las fuerzas laterales sísmicas, asociadas con la fuerza impulsiva del líquido, se calcula utilizando la siguiente ecuación, en la cual depende de la relación D/H.

$$\frac{D}{H} \geq 1.333; X_i = 0.375 * H$$

Sabiendo que la relación D/H es mayor que 1.33, se procede a reemplazar en la ecuación:

$$X_i = 0.375 * 12.25$$

$$X_i = 4.59 \text{ m}$$

La altura desde el fondo del tanque hasta el centro de acción de las fuerzas laterales sísmicas asociadas con la fuerza convectiva del líquido se determina utilizando la siguiente ecuación.

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

$$X_c = \left(1 - \frac{\cosh\left(\frac{3.67 * 12.25}{24.85}\right) - 1}{\frac{3.67 * 12.25}{24.85} * \sinh\left(\frac{3.67 * 12.25}{24.85}\right)} \right) * 12.25$$

$$X_c = 7.38 \text{ m}$$

- Fuerza de corte en la base

De acuerdo con el estándar de fabricación, la fuerza de corte en la base se calcula utilizando la siguiente fórmula.

$$V = \sqrt{V_i^2 + V_c^2}$$

Donde:

V_i = Fuerza impulsiva

W_i = Impulso efectivo por peso del líquido, N

W_s = Peso total del tanque y sus accesorios, N

W_r = Peso total del techo y sus accesorios más un 10% de carga por nieve, N.

W_c = Peso del líquido por efecto de convección (chapoteo), N.

W_f = Peso total del fondo del tanque, N.

V_c = Fuerza convectiva

Donde la fuerza impulsiva (V_i):

$$V_i = A_i * (W_s + W_r + W_f + W_i)$$

$$V_i = 0.223 * (695,041.31 + 407,170.40 + 365,138.20 + 32,064,690.57)$$

$$V_i = 7,484,830.47 \text{ N}$$

Donde la fuerza convectiva (V_c):

$$V_c = A_c * W_c$$

$$V_c = 0.07 * 26,438,130.33$$

$$V_c = 1,747,533.97 \text{ N}$$

Sustituyendo en la ecuación

$$V = \sqrt{7,484,830.47^2 + 1,747,533.97^2}$$

$$V = 7,686,127.90 \text{ N}$$

Estabilidad al vuelco

En esta sección, se calculará el momento máximo en la base del tanque para tanques apoyados sobre un anillo de concreto, conforme al Anexo E del API 650, utilizando la siguiente fórmula:

$$Mr = \sqrt{(A_i * (W_i * X_i + W_s * X_s + W_r * X_r))^2 + (A_c * (W_c * X_c))^2}$$

Donde:

A_i = Coeficiente de aceleración de espectro para respuesta impulsiva.

A_c = Coeficiente de aceleración de espectro para respuesta convectiva, %g.

W_i = Impulso efectivo por peso del líquido, N.

W_s = Peso total del tanque y sus accesorios, N.

W_r = Peso total del techo y sus accesorios más un 10% de carga por nieve, N.

W_c = Peso del líquido por efecto de convección (chapoteo), N.

X_i = Altura desde el fondo del tanque, al centro de acción de la fuerza sísmica lateral relacionada con la fuerza impulsiva de líquido para el momento del anillo la pared, m.

X_s = Altura desde el fondo hasta el centro de gravedad del tanque, m.

X_r = Altura desde el fondo hasta el centro de gravedad del techo, m.

X_c = Altura desde el fondo del tanque al centro de acción de la fuerza lateral sísmica relacionada con la fuerza del líquido por convección.

Sustituyendo en la fórmula los datos obtenidos en las secciones previas:

$$Mr = 34,778,340.602 \text{ N.m}$$

Cálculo de anclaje del tanque

El cálculo del anclaje del tanque de almacenamiento se realizará utilizando la siguiente fórmula:

$$J = \frac{Mr}{D^2 * (Wt * (1 - 0.4 * Av) + Wa - 0.4 * Wint)}$$

Donde:

Wt = Peso del cuerpo del tanque y el techo soportado en el cuerpo (N/mm)

Wint = Carga de elevación debido a la presión del producto

Wa = Fuerza de resistencia del anillo (N/m)

Siendo:

$$Wrs = \frac{Wr}{\pi * D}$$

$$Wrs = \frac{220,000.20}{\pi * 24.85}$$

$$Wrs = 2,818.04 \frac{N}{m}$$

$$Wt = \left(\frac{Ws}{\pi * D} + Wrs \right)$$

$$Wt = \left(\frac{695,041.31}{\pi * 24.85} + 2,818.04 \right)$$

$$Wt = 11,721 \frac{N}{m}$$

$$Av = 0.47 * SDS$$

$$Av = 0.47 * 0.63$$

$$Av = 0.29$$

$$Ge = SG * (1 - (0.4 * Av))$$

$$Ge = 1 * (1 - (0.4 * 0.29))$$

$$Ge = 0.883$$

$$Wa = 99 * ta * \sqrt{Fy * H * Ge}$$

$$Wa = 99 * 9.5 * \sqrt{250 * 12.25 * 0.883}$$

$$Wa = 48,907.70 \frac{N}{m}$$

Sustituyendo en la ecuación:

$$J = \frac{34,778,340.602}{24.85^2 * (11,888.11 * (1 - 0.4 * 0.29) + 48,907.70 - 0.4 * 0)}$$

$$J = 0.95$$

Por lo tanto, según la tabla E.6 del API 650,

Figura 15

Criterios de relación de anclaje

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

Nota. La figura se encuentra en la tabla E.6 de la norma API 650

En consecuencia, la relación de anclaje calculada corresponde a la fila 2. Por lo tanto, el tanque no necesita anclajes mecánicos (silletas de anclaje).

3.2.3.8. Diseño de junta

El diseño de la junta de soldadura para las diferentes uniones de las piezas del tanque se basa en el ASME IX, el cual remite a la AWS, donde se establecerán los diferentes criterios.

Juntas del fondo

Las planchas y/o secciones del fondo deben ser rectangulares o cuadradas. El traslape mínimo permitido es de 25 mm (1 pulgada). En las uniones donde se crucen dos o más secciones, la distancia mínima entre ellas debe ser de 305 mm (1 pie).

El diseño de la junta para el fondo será traslapado; en el caso del fondo anular perimetral, este se unirá a tope, como se describe en el párrafo 5.1.5.6 de API 650. Además, deberá contar con un backing de respaldo en la unión para asegurar una penetración completa, y este backing no deberá ser inferior a 3 mm (1/8") de espesor.

Figura 16

Juntas del fondo anular

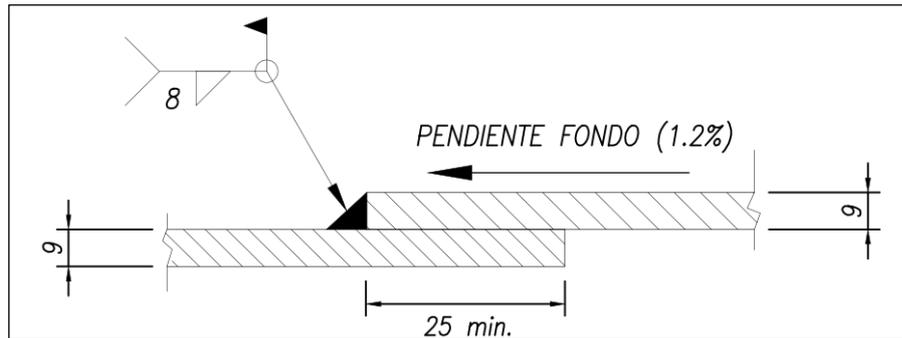
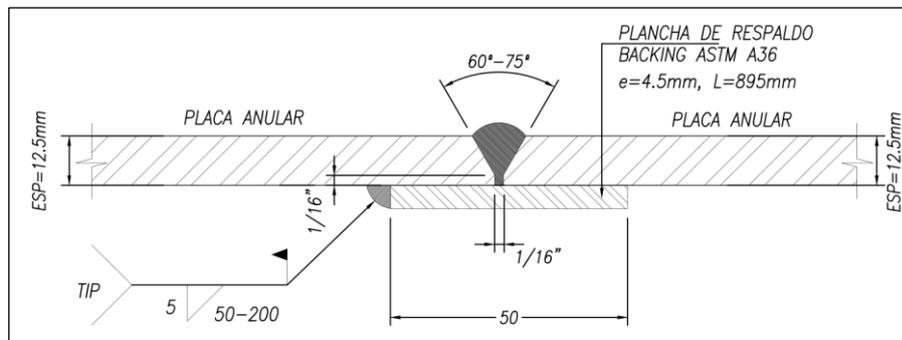


Figura 17

Juntas del fondo



Juntas verticales del cilindro

El diseño de las juntas verticales del cilindro será a tope, biseladas en 'V' en dos caras para anillos con un espesor de 12 mm a 12.5 mm, y biseladas en 'V' en una cara para anillos con un espesor de 8 mm. Para los anillos de 6 mm de espesor, el diseño de la junta será a tope con ranura rectangular, para asegurar una penetración completa.

Figura 18

Juntas verticales para espesor de 12.5 mm

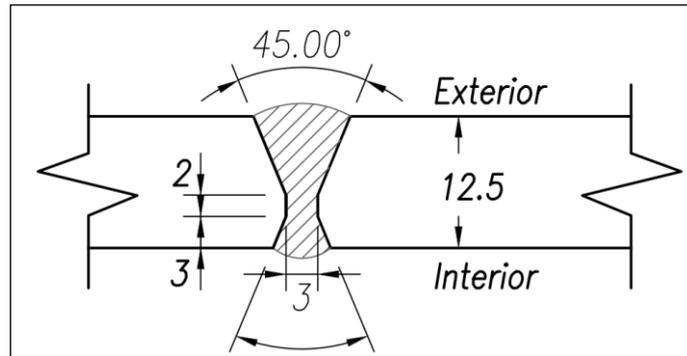


Figura 19

Juntas verticales para espesor de 12 mm

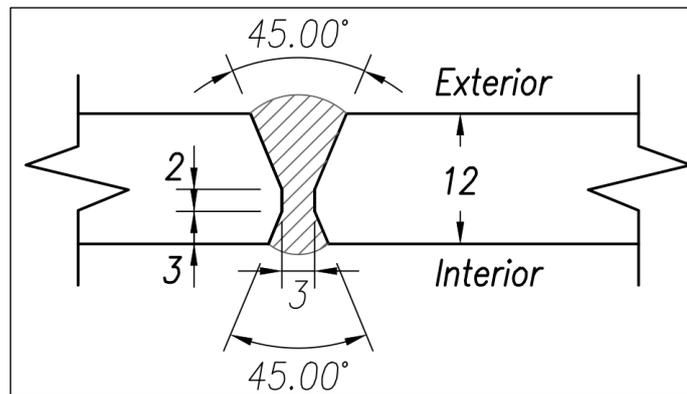


Figura 20

Juntas verticales para espesor de 8 mm

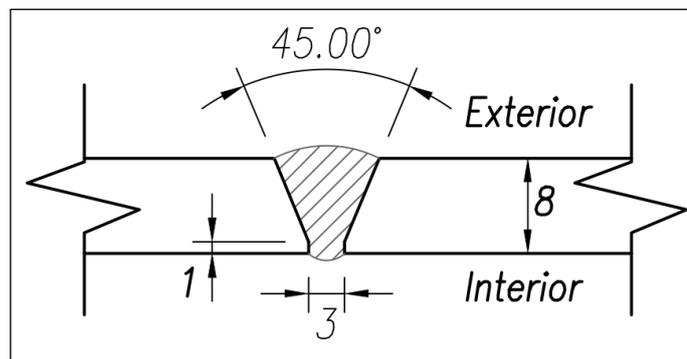
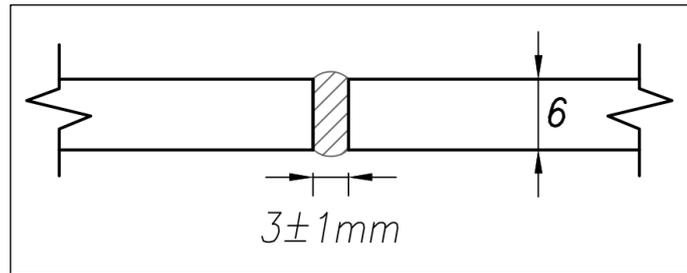


Figura 21

Juntas verticales para espesor de 6 mm



Juntas horizontales del cilindro

El diseño de las juntas horizontales del cilindro será a tope, biseladas en 'V' en una cara para anillos con un espesor de 8 mm a 12.5 mm. Para los anillos de 6 mm de espesor, el diseño de la junta será a tope con ranura rectangular.

Figura 22

Juntas horizontales para espesor de 12 mm y 12.5 mm

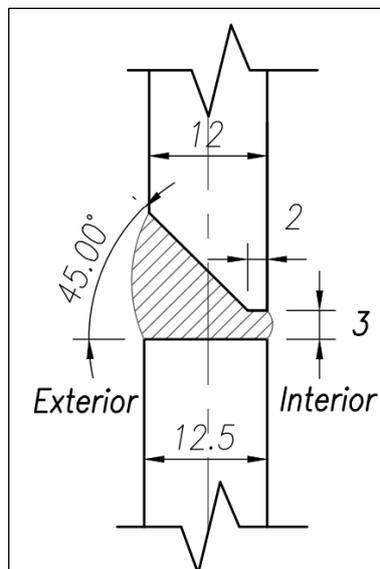


Figura 23

Juntas horizontales para espesor de 8 mm y 12 mm

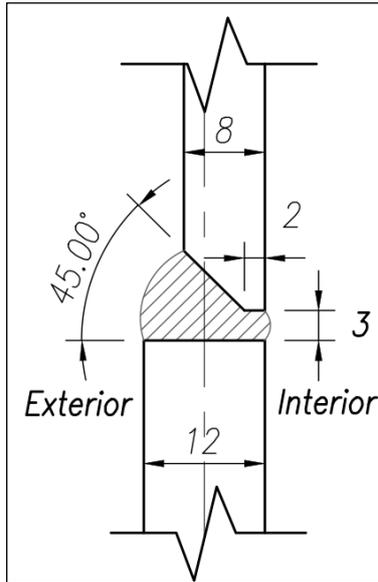


Figura 24

Juntas horizontales para espesor de 6 mm y 8 mm

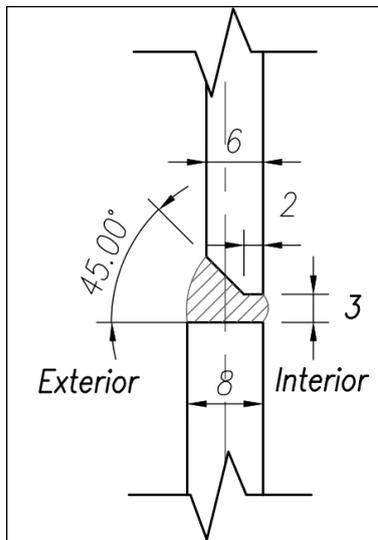
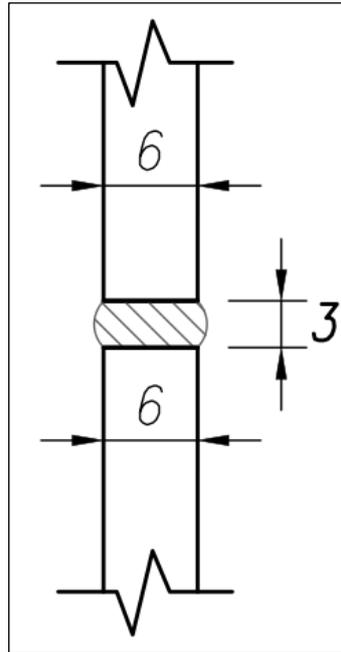


Figura 25

Juntas horizontales para espesor de 6 mm

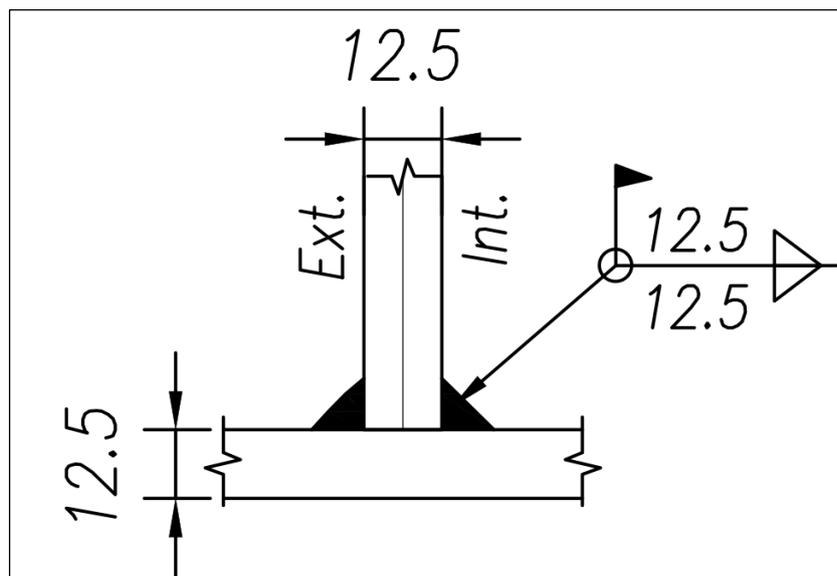


Junta de cilindro-fondo

La junta de diseño entre el cilindro y el fondo será de filete por ambos lados, asumiendo el espesor del primer anillo como el cateto del filete mencionado.

Figura 26

Juntas del cilindro - fondo

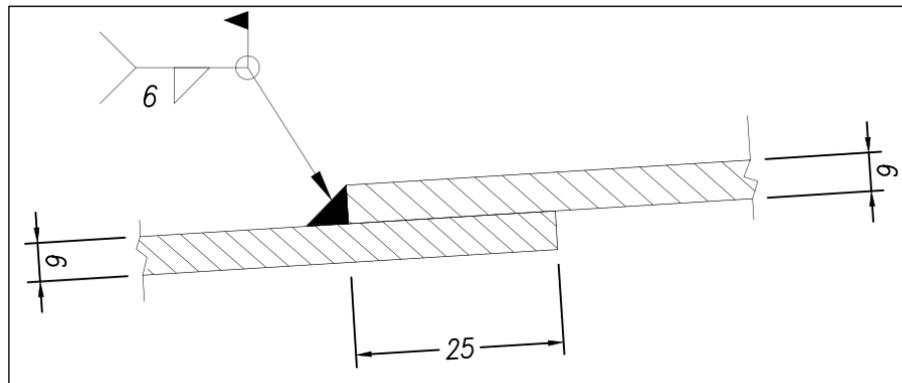


Juntas de techo

Las planchas y/o secciones del techo deben ser rectangulares o cuadradas. El traslape mínimo permitido es de 25 mm (1 pulgada).

Figura 27

Juntas del techo



3.2.4. Cálculo del tanque con asistencia de un software

Para el cálculo del tanque se empleará el software de Ametank.

La introducción de datos y parámetros esenciales proviene de un análisis previo requerido por el cliente.

3.2.4.1. Parámetros de diseño

Introducción de parámetros de diseño.

Figura 28

Parámetros de diseño AMETANK

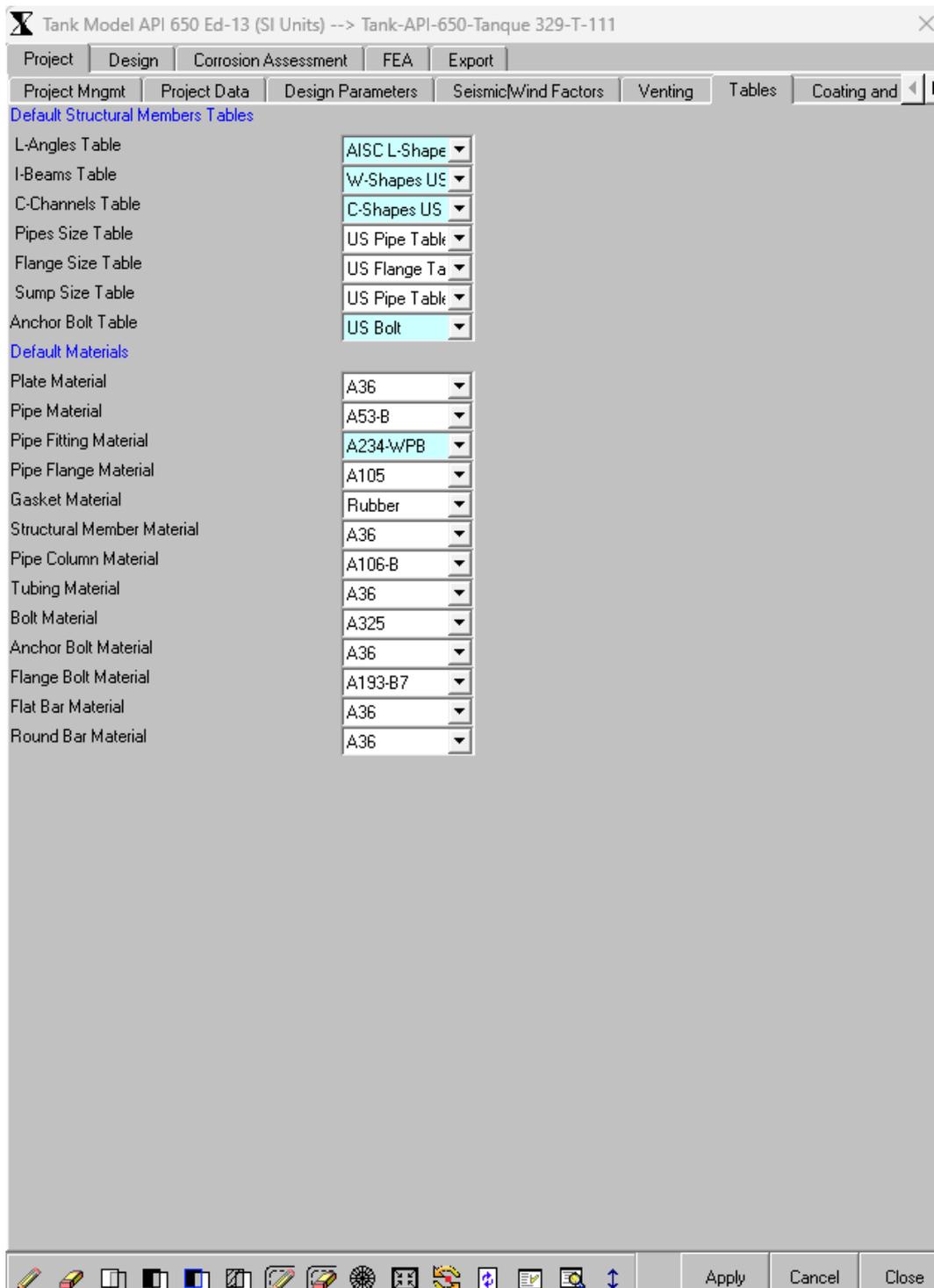
Dimensions		Design Standard	
Tank Diameter Based On	Inner Diameter	Governing Standard Edition	13TH EDITION
Tank Diameter (Inside)	24.85 m	Addendum	None
Tank Height	13.1 m	Tank Fabrication Type	Field Erected
Design Liquid Level	12.249 m	Per API-650 Appendix	NONE
Maximum Liquid Level	12.249 m	Allow Nozzles External Loads?	<input type="checkbox"/>
High High Liquid Level	12.045 m	Appendix (Applied E, F)	E, F
High Liquid Level	11.893 m	Capacities and Weights	
Normal Working Level	11.7255 m	Capacity Unit	BBLs
Low Liquid Level	1039 mm	Capacity to Top of Shell	40097.0
Low Low Liquid Level	0 m	Capacity to Design Liquid Level	37501.0
Minimum Liquid Level	0 m	Capacity to Maximum Liquid Level	37501.0
Operating Conditions		Working Capacity	35904.0
Lowest One-Day Mean Temperatures		Net Working Capacity	35769
Minimum Design Metal Temperature	7 °C	Minimum Operating Capacity	134
Design Temperature	55 °C	NCV	MaxCV
Maximum Operating Temperature	27.1 °C	MinCV	NoWCV
Internal Gauge Pressure (Design)	0.5 kpa	NtWCV	
External Gauge Pressure (Vacuum)	0.25 kpa	Tank Product Design Weight (Kgs)	<Unbound> !
Internal Pressure Combination Factor	0.4	Tank Total Weight (Kgs)	<Unbound> !
External Pressure Combination Factor	0.4	Date In Service	YYYY 2024 MM 12 DD 06
Roof Live Load	25 lbf/ft	Tank Bottom Elevation	0
Ground Snow Load	0 kpa	North Angle Position (from X)	0
Additional Roof Dead Load	0 kpa		
Product Stored	Agua		
Product Design Specific Gravity	1		
Hydrotest Liquid Specific Gravity	1		
Joint Efficiency (1 = 100%)	1		
Corrosion Allowance	3		
Tank Material	A36		
Minimum Permissible Design Metal Temperature			

3.2.4.2. Materiales

Modificamos el sistema métrico para los diferentes tipos de acero y perfiles.

Figura 29

Materiales AMETANK



3.2.4.3. Cálculo por carga de viento y sismo

Ingreso de factores sísmicos y de viento según el análisis de suelos.

Figura 30

Factores sísmicos y de viento AMETANK

The screenshot displays the 'Seismic & Wind Design Factors' window in the AMETANK software. The window title is 'Tank Model API 650 Ed-13 (SI Units) --> Tank-API-650-Tanque 329-T-111'. The interface is divided into several sections:

- Project Mngmt**: Project, Design, Corrosion Assessment, FEA, Export.
- Project Data**: Project Mngmt, Project Data, Design Parameters, Seismic/Wind Factors, Venting, Tables, Coating and...
- Seismic & Wind Design Factors**:
 - API-650 - Non ASCE7(Sp)**: USGS Seismic Design Maps, UFC Seismic Data.
 - Wind Design Factors**: By Purchaser 3-sec gust wind speed, Design Wind Speed (75 km/h), Wind Load Exposure (C), Wind Importance Factor (1.2).
 - Required Inputs**: Seismic Use Group (II), Seismic Site Classification (E - Soft Clay S), T_L (sec) (4), Sp (g) (0.1).
 - Counteract Overturning Moment Due to Wind?
 - Specify Liquid Level to Counteract Overturning?
 - Liquid Level: API 650 Stanc
 - Calculated Inputs**: Av (g) (0.2916666666666666), Q (1), Fa (2.5), Fv (3.4250000000000000), Rwi (3.5), Rwc (2), Importance Factor (1.25), Freeboard Required (mm) (827.02788).
- Buttons**: Check Seismic Design Warnings, Apply, Cancel, Close.

En la figura 30 no observamos una señal de alerta (Figura 31), entonces en el diseño posterior no será necesario considerar un anclaje mecánico (silletas de anclaje).

Figura 31

Nota de alerta sísmica AMETANK



3.2.4.4. Cálculo del fondo del tanque

Ingreso de parámetros para el cálculo del fondo del tanque.

Figura 32

Cálculo del fondo AMETANK

Plates Design Calculations

Consider Plate Face Side For Marks?

Slope Bottom (Cone Up-Down)

Material

Joint Efficiency (1 = 100%)

Corrosion Allowance

Bottom Insulation Thickness (mm)

Bottom Insulation Density

Plate Thickness (t-Req'd 9)

Sketch Plate Thickness

Outside Projection (Chime Distance)

Min Chime Distance For Drawings

Annular Ring Required

Annular Ring

Bottom Apex

Bottom Rise Per 12

Highest or Lowest Distance (mm)

Slope Angle

Lowest Point Radial Distance

Lowest Point Orientation Angle

Apex Diameter

Bottom to Shell Attachment Type

Plates Layout and Configuration

Layout

Orientation Angle (degrees)

Display Valley Configuration?

Row At Centerline?

Plate to Plate Welding Type

Plate to Plate Overlap (Min 25)

Min Plate to Plate Overlap For Drawings

Purchased Plate Length

Purchased Plate Width

Sketch Plate Max Length (Rows)

Sketch Plate Max Length (North/South)

Sketch Plate Extra Length

Total Weight with Appurtenances(Kgs)

Plates Layout Validation

Plate Rectangular Half Length

Plate Edge Width Squaring Offset

Plate Edge Lengh Squaring Offset

Net Plate Length

Net Plate Width

Min Plate Size

Min Weld Length

Min Dist. Between 3 Plates Welds (Req 300)

Pie Cut Type

Plates - Material Purchase

Purchased Plate Width

Available Plates Length Method

Purchased Plate Length List (mm)

Gap for Nesting Plates

Min Clearance to Sheet Outer Edge

Row Plates Order

Rows Order

Display Bottom Components

Edit Plate

3.2.4.5. Cálculo del fondo anular del tanque

Introducción de parámetros para el cálculo del fondo anular del tanque.

Figura 33

Cálculo del fondo anular AMETANK

Tank Model API 650 Ed-13 (SI Units) --> Tank-API-650-Tanque 329-T-111

Project Design Corrosion Assessment FEA Export

Roof Shell Bottom Structure Access Supports Appurtenances Reports

Design Rows Foundation Annular Ring Bearing Ring Drip Ring Reconstruction Repair Re

Design Calculations

Material: A36 | Plate Standard Length: 6100

Corrosion Allowance: 3 | Rectangular Plate Width (Min. Req'd. 2245.1): 2500

Ring Plate Thickness (thk-Req'd 9): 12.5 | Gap Between Segments: 30

Ring Plate Width (width-Req'd 909.825128): 920 | Sheet Clearance Length: 30

Annular to Bottom Welding Type: Lap Welded | Sheet Clearance Width: 30

Floor Plates To Annular Ring Overlap: 40 | Ring Sections Qty Per Plate: 2

Sectors Layout & Configuration

Annular Ring Position: Above Bottom | Number of Standard Plate: 6

Segment to Segment Clearance: 7 | Ring Sections Qty Per Second Plate: 1

Land Length: 0 | Plate Used Length (Nested Plate): 6030.591

Bevel Angle Between Ring Segments: 35 | Plate Used Width (Nested Plate): 2290.807

Second Plate Used Width (Nested Plate): 1315.384

With Backing Bar?

Backing Bar Thickness: 4.5 | [Draw Nesting Plate](#) | [Draw Nesting Second Plate](#)

Backing Bar Width: 50

Backing Bar Material: A36

Backing Bar to Ring Pl. Inside Width Offset: 30

Backing Bar to Ring Pl. Outside Width Offset: 30

Rectangular Plate Length for Rings: 6000

Number of Segments: 13

Adjust All Plates to Equal Length

Plates Span Angle

Regular Plate Span Angle: 27.66019250939

Inside Edge Type: Circular

Start Angle: 0

Annular Ring Total Weight (Kgs): <Unbound> !

[Display Plates Configuration](#)

[Check Annular Ring Design Warnings](#) | [Display Front Cross Section](#) | [Display Side Cross Section](#)

Apply Cancel Close

3.2.4.6. Cálculo del cilindro del tanque

Ingreso de parámetros para el cálculo del cilindro del tanque.

Figura 34

Cálculo del cilindro AMETANK

Tank Model API 650 Ed-13 (SI Units) --> Tank-API-650-Tanque 329-T-111

Project Design Corrosion Assessment FEA Export

Roof Shell Bottom Structure Access Supports Appurtenances Reports

Design Courses Stiffeners Wind Girder Double Course Plate Patch Repair Reference Cost

Plates Design Calculations

Courses Material: A36 Group I
 Corrosion Allowance: 3
 JE Table 4.2
 Joint Efficiency (1 = 100%): 1
 Shell Insulation Thickness (mm): 0
 Shell Insulation Density: 0 kg/m³
 Purchased Plate Length: 6 m
 Purchased Plate Width: 2.4 m
 Courses: [Dropdown]
 Adjust Last Course Height - Use Plate Height for Course Height: [Dropdown]
 Top Member Leg Height: 0
 1-Foot Method (API-650 Section 5.6.3): [Dropdown]
 Seismic Thickness Calculation Based on: Hoop stress a
 Courses Design Calculations Table
 Course Min Width (Req 1800mm): 500
 Transformed Shell Height (m): 7.861500289642
 Shell Total Weight with Appurtenances (Kgs): <Unbound> !

Plates Layout Validation

Plate Edge Width Squaring Offset: 0
 Plate Edge Length Squaring Offset: 0
 Net Plate Width: 2400
 Net Plate Length: 6000
 Number of Plates Per Course: 14
 Edit the Number of Courses?
 Purchased Plate Material Purchase
 Purchased Plate Width: 2.4 m
 Available Plates Length Method: User Input
 Purchased Plate Length List (mm)
 Gap for Nesting Plates: 25
Courses Plates Layout - Vertical Seams
 Shell Courses Alignment: Inner Diameter
 Plates Length Based on (for Drawings): Center
 Adjust All Plates to Equal Length in each Course
 Display Holes on Course Plate For Drawings
 Calculate Staggered Angle Based On First Course?
 Shell Courses Staggered Factor (1/n): 3
 Shell Courses Rounding Type: Round To Pre
 Shell Courses Rounding Precision (mm): 3
Weld Gaps
 Vertical Weld Gap: 3
 Horizontal Weld Gap: 3
Radius Board
 Quantity: 2
 Height: 153
 Length: 915
 Thickness: 3
 Cutouts Radius: 7
 Material: A36
 Insulation Surface

Display Plates Configuration Regen Plates Configuration
 Display Design Warnings Reset Plate Sizes to Default
 Get Plate Dimension Info
 Display Front Cross Section Display Side Cross Section

Shell Design Information
 Check Shell Design Warnings

Apply Cancel Close

Cálculo de los espesores del cilindro utilizando el método de 1 pie.

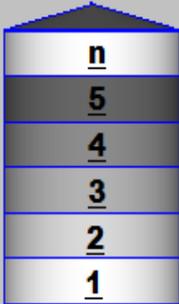
Figura 35

Espesores del cilindro AMETANK

Shell Courses Data Table (SI Units)

Course (1 Bottom 6 Top)	Width (mm)	Material	CA	JE	Min Yield Strength (mpa)	Tensile Strength (mpa)	Sd (mpa)	St (mpa)	t-min Erection (mm)	t-Design 1-FT (Td) (mm)	t-Test (Tt) (mm)	t-min Seismic (mm)	t-min Axial Load (mm)	t-min External Pressure (mm)	t-min (mm)	t-Actual (T-use) (mm)	Max LL @ Pi (m)	Max Pi @ LL (kPa)
6	1085	A36	1.5	1	250.0	400.0	160.0	171.0	6	1.4612	0	1.9408	4.7625	NA	6	6	18.213	58.9475
5	2400	A36	1.5	1	250.0	400.0	160.0	171.0	6	3.2877	1.6727	3.5798	4.7625	NA	6	6	15.813	35.4275
4	2400	A36	1.5	1	250.0	400.0	160.0	171.0	6	5.1141	3.3816	5.3028	4.7625	NA	6	6	13.413	11.9075
3	2400	A36	1.5	1	250.0	400.0	160.0	171.0	6	6.9406	5.0906	6.9572	4.7625	NA	6.9572	8	13.641	14.142
2	2400	A36	3	1	250.0	400.0	160.0	171.0	6	10.2671	6.7996	10.031	4.7625	NA	10.2671	12	14.5261	22.8152
1	2400	A36	3	1	250.0	400.0	160.0	171.0	6	12.0936	8.5086	11.527	4.7625	NA	12.0936	12.5	12.7831	5.7338

Notes:
 1.- CA = Corrosion Allowance per API-650 5.3.2.
 2.- JE = Joint Efficiency per API-650.
 3.- Sd = Maximum allowable product design stress per API-650 5.6.2.1.
 4.- St = Maximum allowable hydrostatic test stress.
 5.- t-min erection = Based on erection requirements per API-650 5.6.1.1.
 6.- t-Design (Td) = Design shell thickness per API-650 5.7.4.1 and 5.7.4.2.
 7.- t-Test (Tt) = Hydrostatic test shell thickness.
 8.- t-min Seismic = Based on seismic requirements per API-650 Appendix E.
 9.- t-min External Pressure = Based on external pressure requirements per API-650 Appendix V.8.1.3.



Reverse?
 Check Courses Vertical Axial Load?

Initialize Initialize Without External Pressure Reset Display Courses JE Table 4.2 Apply Close

3.2.4.7. Cálculo del ángulo de rigidez del tanque

Introducción de parámetros para el cálculo del ángulo de rigidez del tanque.

Figura 36

Cálculo del ángulo de rigidez AMETANK

Design Calculations		Segments Layout and Configurations	
Top Compression Ring Detail	Detail-B	Stock Length	6 m
Top Member Centroid (C)	29	Adjust All Elements to Equal Length	
Top Member To Shell Offset (Vertical)	6.0 6.0	Deduction from Stock Length (mm)	600
Roof Overlap In Top Angle (B)	29.0 29.0	Number of Segments	15
JE Detail		Length To Ship (Stock - Deduction) (mm)	5400
Material	A36	Segment Length Based on	ID
Corrosion Allowance	1.5	Segment Used Length	5207.0851
Joint Efficiency (1 = 100%)	1	Last Segment Extra Length	0
Yield Strength (MPa)	250.0	Roll Diameter	24862.0
Tensile Strength (MPa)	400.0	Distance Between Ring Segments	0
Allowable Design Stress (MPa)	160.0	Start Angle	0
Min Req Size = L80x80x10 (mm)		Segments Span Angle	
Sizes Table	AISC L-Shape	Stiffeners Total Weight (Kgs)	<Unbound> !
Size	L4x4x1/2		
Mounting Type	Short Side Up		
Section Modulus Required by Erection (cm ³)	15.4		
Compression Ring Section Modulus (cm ³)	23.6629		
Area Required by Design (cm ²)	1.778		
Actual Area (cm ²)	39.2714		
Area Limit for Frangible Roof (cm ²)	78.0019		
Actual Nominal Area (cm ²)	52.0229		

3.2.4.8. Cálculo del techo del tanque

Ingreso de parámetros para el cálculo del techo del tanque.

Figura 37

Cálculo del techo AMETANK

Tank Model API 650 Ed-13 (SI Units) --> Tank-API-650-Tanque 329-T-111

Project Design Corrosion Assessment FEA Export

Roof Shell Bottom Structure Access Supports Appurtenances Reports

Fixed Roof Floating Roof Analysis

Design Framing Rows Knuckle Top Member Seal And Drip Plates Kick Plate Tank Bridges

Cone Center Hole Diameter 0

Support Type Inside Structure Plates Layout Validation

Plates Design Calculations Plate Rectangular Half Length 3000.0

Material A36 Plate Edge Width Squaring Offset 0

Corrosion Allowance 1.0 Plate Edge Length Squaring Offset 0

Joint Efficiency (1 = 100%) 0.35 Net Plate Length 6000

Yield Strength (MPa) 250.0 Net Plate Width 2400

Tensile Strength (MPa) 400.0 Min Plate Size 600

Allowable Design Stress (MPa) 160.0 Min Weld Length 600

Roof Rise Per 12 (Recommended 0.75) 0.75 Min Dist. Between 3 Plates Welds (Req 300) 450

Slope Angle 3.576334374997 Pie Cut Type None

Roof Horizontal Radius 12460.0 Plates - Material Purchase

Roof Insulation Thickness (mm) 0 Purchased Plate Width 2.4 m

Roof Insulation Density 0 kg/n Available Plates Length Method User Input

Frangible Roof per API-650 5.10.2.6 Yes Purchased Plate Length List (mm)

Req'd Thickness Based on Erection 6.0 Gap for Nesting Plates 26

Req'd Thickness Based on Gravity Loads NA Min Clearance to Sheet Outer Edge 0

Req'd Thickness Based on Internal Pressure 1.134434 Row Plates Order Center Plate L

Req'd Thickness Based on External Pressure NA Rows Order Center Row L

Plate Thickness (Min. Req'd. 6) 6 Insulation Surface

Annular Compression Ring No Welded Plates To Structure?

Plates Layout and Configuration Roof Total Weight with Appurtenances (Kgs) <Unbound> !

Orientation Angle 0

Layout Rows

Row At Centerline?

Four Plates Intersect at the Tank Center?

Plate to Plate Welding Type Lap Welded

Plate to Plate Overlap (Min 25) 25

Min Plate to Plate Overlap For Drawings 25

Standard Plate Length 6 m

Standard Plate Width 2.4 m

Sketch Plate Max Length (Rows) 3000

Sketch Plate Max Length (North/South) 3000

Sketch Plate Extra Length 0

Consider Plate Face Side For Marks?

Check Roof Design Warnings

Display Plates Configuration Regen Plates Configuration

Display Size Warnings Reset Plate Sizes to Default

Display Weld Warnings Get Plate Dimension Info

Display Front Cross Section Display Side Cross Section

Apply Cancel Close

3.2.4.9. Cálculo de la estructura del techo del tanque

Introducción de parámetros para el cálculo de la estructura del techo del tanque.

Figura 38

Cálculo de la estructura del techo AMETANK

Tank Model API 650 Ed-13 (SI Units) --> Tank-API-650-Tanque 329-T-111

Project Design Corrosion Assessment FEA Export

Roof Shell Bottom Structure Access Supports Appurtenances Reports

Design Bays Repair

Structure Detail Structure Support

Max Radial Distance Between Columns 12000 Jack Rafters No

Number of Bays 1 C

Columns Corrosion Allowance 1.5

Rafters Corrosion Allowance 1.5

Structure Components Corrosion Allowance 1.5

Rafter Max Deflection (Support Length L) L / 180

Structure Design Table

Outer Rafters Outer Max Arc Length (mm) 2100

Lateral Bracing

Lateral Bracing Bar Thickness 6

Lateral Bracing Bar Width 50

Lateral Bracing Bar Length 6000

Lateral Bracing Extra Bars Per Radial Dist. 2

With Cross Members

Structure Total Weight (Kgs) <Unbound> !

Draw Columns

Check Structure Design Warnings

Apply Cancel Close

Selección de perfiles estructurales.

Figura 39

Selección de elementos estructurales AMETANK

Rafters, Girders & Columns Info (SI Units)

Rafter Sizing - Dead Loads + Dynamic Loads

Column Pattern	Mount Radius	Column Qty	Total Number of Rafters	Rafter Sx Req'd (cm ³)	Rafter Allowable Deflection L/180 (mm)	Rafter R Req'd (mm)	Rafter Min New Thickness (mm)	Rafter Min Corr Thickness (mm)	Rafter Type	Rafter Size Actual	CA	Rafter Sx New (cm ³)	Rafter Sx Corroded (cm ³)	Rafter Actual Deflection (mm)	Rafter R New (mm)	Rafter R Corroded (mm)	Rafter Allowable Bending Stress (MPa)	Rafter Actual Bending Stress (MPa)
0	0.0	1	38	38	226.0186	64.4906	38.6943	4.3	2.4	W-Shape: W12X22	1.5	416.2314	282.2167	61.3155	124.714	124.714	167.6987	134.3047

Rafter Sizing - Dead Loads Only

Column Pattern	Recomm'd Unbraced Length (mm)	Number of Bracings	Actual Unbraced Length (mm)	Radial Bracing Style	Radial Bracing Type	Bracing Size	Rafter Sx Req'd (cm ³)	Rafter Sx Corroded (cm ³)	Display	
0	3055.9465	3	3	2947.2928	Style 1	AISC L-Sh	L3X3X1/4	128.8498	282.2167	<input checked="" type="checkbox"/>

Columns Sizing

Column Pattern	Column Qty	Column A Req'd (mm ²)	Column R Req'd (mm)	Column Min New Thickness (mm)	Column Min Corr Thickness (mm)	Column Type	Sub-Column 1 Size	Sub-Column 1 Sch	Sub-Column 2 Size	CA	Column A New (mm ²)	Column A Corroded (mm ²)	Column R New (mm)	Column R Corroded (mm)	Column Allowable Compressive Stress (MPa)	Column Actual Compressive Stress (MPa)
0	1	6784.8086	75.9126	6	2.4	US Pipe	14	XS	N/A	1.5	13681.1019	10449.3456	121.3166	121.282	75.2703	48.8733

Note:
 1.- Shell Inner Radius is 12425.0 mm.
 2.- R = Radius of Gyration.
 3.- A = Area.
 4.- Sx = Elastic section modulus about the x axis.
 5.- Recommended Rafters Unbraced Length : Bay 1 = 3055.9465 mm.

Initialize Reset Apply Close

3.2.5. Análisis de costos

Una vez definido el diseño del tanque, se procede al análisis de costos de los materiales para cada componente del mismo.

3.2.5.1. Cilindro del tanque

Tabla 4

Materiales de cilindro del tanque

ITEM	DESCRIPCION	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Plancha 6000 X 2400 X 12.5 mm	ASTM A36	UND	13.00	S/ 5,500.00	S/ 71,500.00
2	Plancha 6000 X 2400 X 12 mm	ASTM A36	UND	13.00	S/ 5,000.00	S/ 65,000.00
3	Plancha 6000 X 2400 X 8 mm	ASTM A36	UND	13.00	S/ 3,850.00	S/ 50,050.00
4	Plancha 6000 X 2400 X 6 mm	ASTM A36	UND	33.00	S/ 3,250.00	S/ 107,250.00
						S/ 293,800.00

3.2.5.2. Ángulo de rigidez

Tabla 5

Materiales del ángulo de rigidez del tanque

ITEM	DESCRIPCION	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Ángulo 4" x 4" x 1/2" x 6 m	ASTM A36	UND	14.00	S/ 300.00	S/ 4,200.00

3.2.5.3. Fondo anular del tanque

Tabla 6

Materiales del fondo anular del tanque

ITEM	DESCRIPCION	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Plancha 6000 X 2400 X 12.5 mm	ASTM A36	UND	7.00	S/ 5,500.00	S/ 38,500.00

3.2.5.4. Fondo del tanque

Tabla 7

Materiales del fondo del tanque

ITEM	DESCRIPCION	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Plancha 6000 X 2400 X 9 mm	ASTM A36	UND	33.00	S/ 4,250.00	S/ 140,250.00

3.2.5.5. Techo del tanque

Tabla 8

Materiales del techo del tanque

ITEM	DESCRIPCION	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Plancha 6000 X 2400 X 6 mm	ASTM A36	UND	36.00	S/ 3,250.00	S/ 117,000.00

3.2.5.6. Estructura del techo del tanque

Tabla 9*Materiales de la estructura del techo del tanque*

ITEM	DESCRIPCION	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Tubo 14"Ø SCH 40 x 6 m	ASTM A53	UND	3.00	S/ 4,250.00	S/ 12,750.00
2	Viga W 12" x 22 lbs/pie x 6 m	ASTM A36	UND	73.00	S/ 1,800.00	S/ 131,400.00
3	Plancha 6000 X 2400 X 25 mm	ASTM A36	UND	1.00	S/ 8,000.00	S/ 8,000.00
4	Ángulo 3" x 3" x 1/4" x 6 m	ASTM A36	UND	21.00	S/ 200.00	S/ 4,200.00
5	Plancha 6000 X 2400 X 12 mm	ASTM A36	UND	1.00	S/ 5,000.00	S/ 5,000.00
6	Plancha 6000 X 2400 X 9 mm	ASTM A36	UND	1.00	S/ 4,250.00	S/ 4,250.00
						S/ 165,600.00

3.2.5.7. Accesorios del tanque**Tabla 10***Materiales de accesorios del tanque*

ITEM	DESCRIPCION	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Grating 1 1/4" x 250 mm x 765 mm	ASTM A36	UND	60.00	S/ 500.00	S/ 30,000.00
2	Grating 1 1/4" x 900 mm x 765 mm	ASTM A36	UND	4.00	S/ 700.00	S/ 2,800.00
3	Tubo 16"Ø SCH 40 x 6 m	ASTM A53	UND	1.00	S/ 1,600.00	S/ 1,600.00
4	Tubo 1 1/4"Ø SCH 40 x 6 m	ASTM A53	UND	49.00	S/ 160.00	S/ 7,840.00

5	Platina 4" x 1/4" x 6 m	ASTM A36	UND	14.00	S/	325.00	S/	4,550.00
6	Ángulo 3" x 3" x 1/4" x 6 m	ASTM A36	UND	4.00	S/	200.00	S/	800.00
							S/	47,590.00

3.3. Resultados

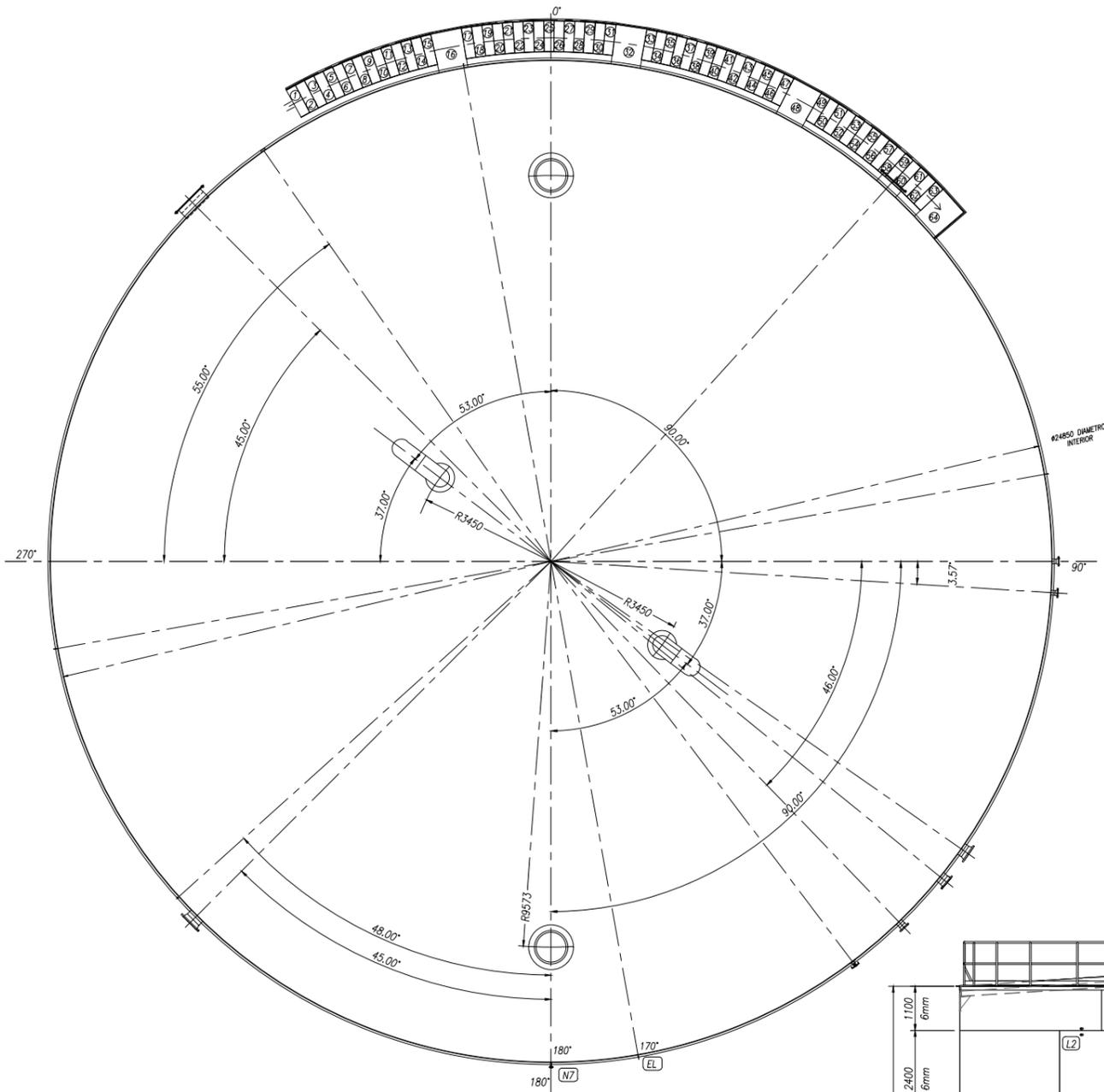
3.3.1. Diseño manual del tanque

Se presentan los siguientes resultados obtenidos, junto con el plano que ilustra el diseño del tanque de almacenamiento de agua.

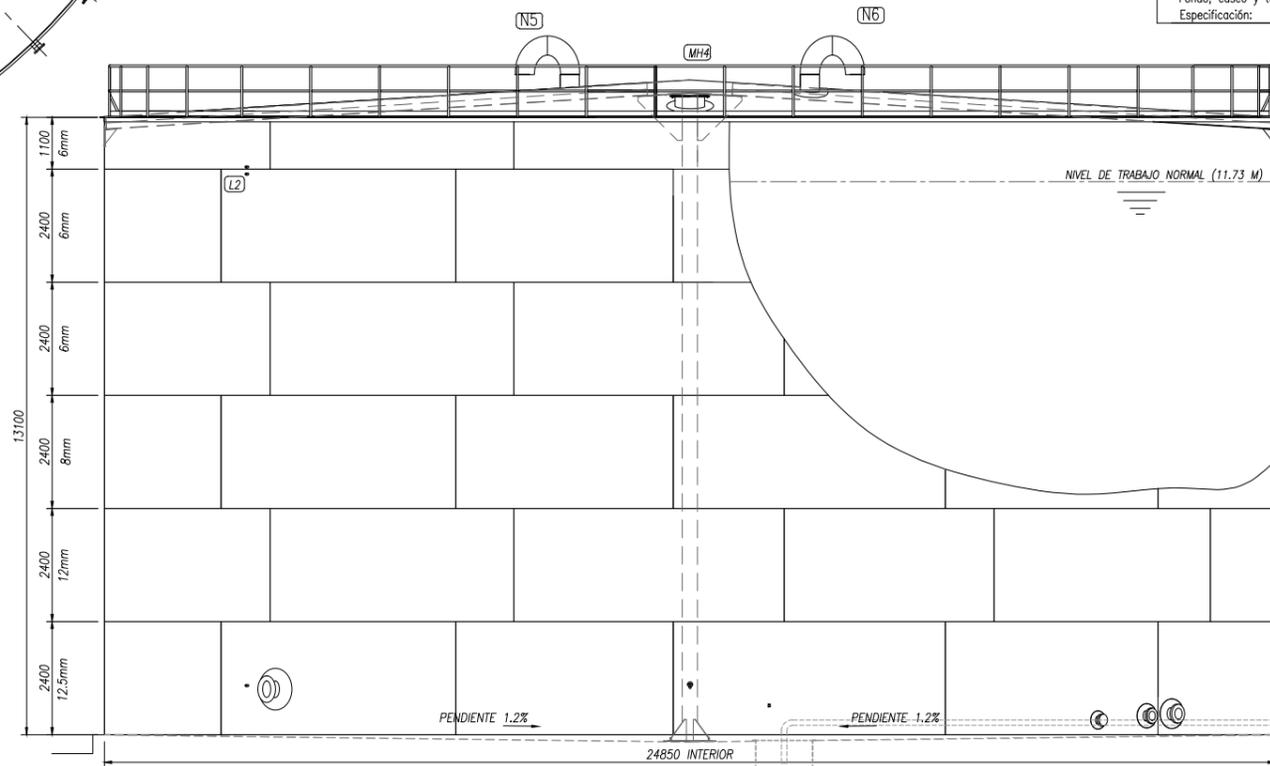
Tabla 11

Resumen de resultados del diseño manual

PARTES DEL TANQUE	MATERIAL	CORROSION ADMISIBLE (mm)	ESPESOR ADOPTADO (mm)	ALTURA ANILLO (m)	PESO (Kg)
Anillo 1	ASTM A36	3.00	12.50	2.40	18,369.00
Anillo 2	ASTM A36	3.00	12.00	2.40	17,634.24
Anillo 3	ASTM A36	1.50	8.00	2.40	11,756.16
Anillo 4	ASTM A36	1.50	6.00	2.40	8,817.12
Anillo 5	ASTM A36	1.50	6.00	2.40	8,817.12
Anillo 6	ASTM A36	1.50	6.00	1.10	4,041.18
Peso del cilindro		TOTAL		13.10	69,434.82
Resumen cuerpo	A1 = 12.50 mm, A2 = 12.00 mm, A3 = 8.00 mm, A4 = 6.00 mm, A5 = 6.00 mm, A6 = 6.00 mm				
Ángulo de rigidez	ASTM A36	Ángulo 4" x 4" x 1/2"			1,487.76
Fondo anular	ASTM A36	3.00	12.50	-	6,999.00
Fondo	ASTM A36	3.00	9.00	-	30,260.00
Techo	ASTM A36	1.00	6.00	-	22,449.00
Estructura del techo	ASTM A53	Tubo 14"Ø SCH 40			19,099.00
	ASTM A36	Viga W 12" x 22 lbs/pie			
		Peso de accesorios (15%)			10,415.22
		Peso total del tanque sin agua			160,144.81
		Peso total del tanque con agua (Wp)			6,100,909.81



VISTA PLANTA
ESCALA 1/75



VISTA ELEVACION
ESCALA 1/75

COMPONENTES DEL TANQUE

N°	DESCRIPCION	MATERIAL	COMENTARIO
1	CILINDRO	ASTM A36	PL 12.5, 12, 8, 6, 6, 6 mm
2	CORONA ANULAR	ASTM A36	PL 12.5 mm
3	FONDO	ASTM A36	PL 9 mm
4	TECHO	ASTM A36	PL 6 mm
5	ESTRUCTURA SOPORTE DE TECHO	ASTM A36	SI
6	BARANDA DE TECHO	ASTM A53	TUBO ø 1 1/4"
7	ESCALERA HELICOIDAL	ASTM A36	PELDAÑOS 0.7m x 0.25m, grating 1 1/4"
8	PLATAFORMA SUPERIOR	ASTM A36	No
9	PLATAFORMA INTERMEDIA	ASTM A36	No
10	ANGULO DE RIGIDEZ	ASTM A36	4"x 4"x 1/2"

ACCESORIOS DE TANQUE - CUERPO

N°	TAMAÑO	DESCRIPCION	CLASE/MAT	SCH.	PL. DE REF.	OBSERVACIONES
MH1	24"	Manhole	API 650	--	e=12.5mm	C/ Pescante
MH2	30"	Manhole	API 650	--	e=12.5mm	C/ Pescante
N1	6"	Entrada de agua	WN 150# FF	SCH 80	e=12.5mm	--
N2	16"	Salida de agua	WN 150# FF	SCH 40	e=12.5mm	C/ Placa antivortice
N3	4"	Drenaje	WN 150# FF	SCH 80	e=12.5mm	--
N4	4"	Rebose	WN 150# FF	SCH 80	e=6mm	--
N5	10"	Reserva	WN 150# FF	SCH 80	e=12.5mm	--
N6	12"	Salida de agua	WN 150# FF	SCH 80	e=12.5mm	C/ Placa antivortice
N7	1"	Medidor de Temperatura	WN 150# FF	SCH 80	--	--
L1	1"	Transmisor de nivel	6000#	NPT	--	--
L2	1"	Transmisor de nivel	6000#	NPT	--	--
L3	1"	Transmisor de nivel	6000#	NPT	--	--
EL	--	Conectores a Tierra	--	--	--	80°, 170°, 260° y 350°
PI	--	Placa de Identificacion	ASI 304	--	--	Sección 10 (API 650)
RM	--	Regleta de Medicion	--	--	--	--

ACCESORIOS DE TANQUE - TECHO

N°	TAMAÑO	DESCRIPCION	CLASE/MAT	SCH.	PL. DE REF.	OBSERVACIONES
MH3	24"	Manhole	API 650	--	e=6mm	--
MH4	24"	Manhole	API 650	--	e=6mm	--
N8	16"	Ventoe	A53 GR B	SCH 40	e=6mm	Nota 5
N9	16"	Ventoe	A53 GR B	SCH 40	e=6mm	Nota 5

HOJA DE DATOS DEL EQUIPO

NOMBRE DEL EQUIPO	TANQUE 329-T-111	
LIQUIDO:	AGUA	
TANK DATA SHT No	P185-HD-TK-01	
Dimensiones:	24.85 m	Diseño General:
-Diámetro:	24.85 m	De Acuerdo a:
-Altura del Casco:	13.10 m	Norma API 650 13 th Ed. <input checked="" type="checkbox"/>
Capacidad:	35'380 Bbls.	Norma AWWA D-100, 2011 <input checked="" type="checkbox"/>
-Útil:	35'380 Bbls.	-Carga de Techo: 25 lb/ft ²
-Total:	39'573 Bbls.	-Juntas de Techo Frangible Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Capacidad:	1'000 Gpm	Diseño Sísmico
-Carga:	1'000 Gpm	Diseño Requerido: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
-Descarga:	7'500 Gpm	-Código: Norma API 650 y E.030
Líquido:	7'500 Gpm	-Zona Sísmica: 1
-Presión Interna:	0.50kPa.	Diseño de Viento
-Temp. Diseño:	55°C	Diseño Requerido: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
-Gravedad Especifica:	1.0 @ 25°C	-Código: Norma API 650 y E0.20
		-Velocidad: 75.00 kph
		Cimentaciones:
		<input checked="" type="checkbox"/> Anillo de Conc. <input type="checkbox"/> Tierra Firme <input type="checkbox"/> Otro
Corrosión Permisible:	3.0 mm, 1.5 mm	Accesorios Incluidos:
-Casco:	3.0 mm, 1.5 mm	<input checked="" type="checkbox"/> Todos las Boquillas <input type="checkbox"/> Sop. de Acero de Agitador
-Fondo:	3.0 mm	<input checked="" type="checkbox"/> Escalero <input type="checkbox"/> Tablero de manómetros
-Techo:	1.5 mm	<input checked="" type="checkbox"/> Barandas <input type="checkbox"/> Sujetadores de terreno
-Estructuras:	1.5 mm	<input type="checkbox"/> Pasarelas de Techo <input checked="" type="checkbox"/> Barandas de Techo
Tipo de Anclaje:	No	<input checked="" type="checkbox"/> Anillos Aislantes <input type="checkbox"/> Compartimiento del tanque
-Carga:	--	<input checked="" type="checkbox"/> Escalero Helicoidal <input type="checkbox"/> Sabana Flotante
-Vacio:	150'502 kg.	
-Con producto:	6'091,279.7 kg.	

REQUERIMIENTOS ADICIONALES DEL TANQUE

Inspección:	Ver Especificaciones Técnicas		Reporte de Ensayos requerido
Pruebas de Soldadura:	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		-Placas: (x) Si () No
-Gammagráficas:	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	-Partículas magnéticas:	(x) Si () No
-Líquido Penetrante:	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	-Ultrasonido:	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Pruebas de Estanqueidad:	Prueba de Vacío	Prueba de PT	Prueba Hidrostática
-Casco:	() Yes () No	() Yes () No	(x) Yes () No
-Fondo:	(x) Yes () No	() Yes () No	() Yes () No
-Techo:	() Yes () No	() Yes () No	() Yes () No
-Unión casco fondo:	() Yes () No	(x) Yes () No	(x) Yes () No

MATERIAL:	ASTM A36	-Techo:	ASTM A36
-Casco:	ASTM A36	-Estructura:	ASTM A36
-Fondo:	ASTM A36	-Bridas:	ANSI B 16.5
-Tubería:	ASTM A53 Gr-B	-Tuercas:	ASTM A194
-Pernos:	ASTM A193 / A325		
Casco:	6	Fondo:	Cono hacia abajo Pend. 1.2%
Numero de Anillo de Casco:	6	Inclinación:	2400 mm
Ancho de Planchas:	2400 mm	Ancho de Planchas:	2400 mm
Espesor de Pared Interna:	12.5mm, 12mm, 8mm, 6mm.	Tipo:	(x) Traslape () Tope

RECUBRIMIENTO DE PINTURA
Paredes del Casco: Exterior:
Especificación: Sistema: 01 Capa Epoxi Anticorrosivo 3 mils - 01 Capa Epoxi HS 5 mils - 01 Capa Poliuretano 2 mils
Techo, Escal y Bar.: Exterior:
Especificación: Sistema: 01 Capa Epoxi Anticorrosivo 3 mils - 01 Capa Epoxi HS 5 mils - 01 Capa Poliuretano 2 mils
Fondo:
Exterior:
Especificación: Sistema: 01 Capa Epoxi Anticorrosivo 3 mils - 01 Capa Epoxi HS 5 mils - 01 Capa Poliuretano 2 mils
Fondo, casco y techo: Interior:
Especificación: Sistema: 01 Capa Primer Epoxi 3 mils - 01 Capa Epoxi Amina UHS 10 mils

DIBUJO	H.L.B	07/12/24	ESCALA	1 : 1	PLANO GENERAL
DISEÑO	R.C.Q	07/12/24	FECHA	11/09/23	
APROBO	J.A.S.A.	07/12/24			
NORMA					
UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA LIMA SUR					PLANO N° 1/1
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA					SUSTITUYE A
					SUSTITUIDO POR
					N°
					1

3.3.2. Cálculo del tanque con asistencia de un software

De acuerdo con los parámetros ingresados en el software Ametank, los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 12

Resumen de resultados del software AMETANK

PARTES DEL TANQUE	MATERIAL	CORROSION ADMISIBLE (mm)	ESPESOR ADOPTADO (mm)
Anillo 1	ASTM A36	3.00	12.50
Anillo 2	ASTM A36	3.00	12.00
Anillo 3	ASTM A36	1.50	8.00
Anillo 4	ASTM A36	1.50	6.00
Anillo 5	ASTM A36	1.50	6.00
Anillo 6	ASTM A36	1.50	6.00
Ángulo de rigidez	ASTM A36	Ángulo 4" x 4" x 1/2"	
Fondo anular	ASTM A36	3.00	12.50
Fondo	ASTM A36	3.00	9.00
Techo	ASTM A36	1.00	6.00
Estructura del techo	ASTM A53	Tubo 14"Ø SCH 40	
	ASTM A36	Viga W 12" x 22 lbs/pie	

3.3.3. Análisis de costos de materiales de tanque

Se presenta un análisis global de los costos de los materiales, considerando todos los componentes del tanque. Este análisis ofrece una visión integral de la inversión requerida para la compra de materiales.

Tabla 13

Materiales del tanque

ITEM	DESCRIPCION	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Plancha 6000 X 2400 X 25 mm	ASTM A36	UND	1.00	S/ 8,000.00	S/ 8,000.00
2	Plancha 6000 X 2400 X 12.5 mm	ASTM A36	UND	20.00	S/ 5,500.00	S/ 110,000.00
3	Plancha 6000 X 2400 X 12 mm	ASTM A36	UND	14.00	S/ 5,000.00	S/ 70,000.00
4	Plancha 6000 X 2400 X 9 mm	ASTM A36	UND	34.00	S/ 4,250.00	S/ 144,500.00
5	Plancha 6000 X 2400 X 8 mm	ASTM A36	UND	13.00	S/ 3,850.00	S/ 50,050.00
6	Plancha 6000 X 2400 X 6 mm	ASTM A36	UND	69.00	S/ 3,250.00	S/ 224,250.00
7	Ángulo 4" x 4" x 1/2" x 6 m	ASTM A36	UND	14.00	S/ 300.00	S/ 4,200.00
8	Ángulo 3" x 3" x 1/4" x 6 m	ASTM A36	UND	25.00	S/ 200.00	S/ 5,000.00
9	Tubo 16"Ø SCH 40 x 6 m	ASTM A53	UND	1.00	S/ 1,600.00	S/ 1,600.00
10	Tubo 14"Ø SCH 40 x 6 m	ASTM A53	UND	3.00	S/ 4,250.00	S/ 12,750.00
11	Tubo 1 1/4"Ø SCH 40 x 6 m	ASTM A53	UND	49.00	S/ 160.00	S/ 7,840.00
12	Viga W 12" x 22 lbs/pie x 6 m	ASTM A36	UND	73.00	S/ 1,800.00	S/ 131,400.00
13	Grating 1 1/4" x 250 mm x 765 mm	ASTM A36	UND	60.00	S/ 500.00	S/ 30,000.00

14	Grating 1 1/4" x 900 mm x 765 mm	ASTM A36	UND	4.00	S/	700.00	S/	2,800.00
15	Platina 4" x 1/4" x 6 m	ASTM A36	UND	14.00	S/	325.00	S/	4,550.00
							S/	806,940.00

CONCLUSIONES

- Se realizó el correcto diseño manual del tanque de almacenamiento de agua con una capacidad de 35,380 barriles. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 11, junto con el plano general del tanque, asegurando factores sísmicos, vientos y mecánicos de acuerdo a la norma API 650.
- Se desarrollo con la asistencia de un software el correcto cálculo del tanque de almacenamiento de agua con una capacidad de 35,380 barriles. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 12, y coinciden con los cálculos realizados de manera manual, confirmando la precisión y consistencia del diseño.
- Se realizó un análisis de costos, cuyo resultado indica que el costo total de los materiales necesarios para la fabricación del tanque asciende a S/ 806,940.00. Este análisis facilitó una planificación financiera precisa, asegurando que el proyecto se mantuviera dentro del presupuesto asignado, sin comprometer la calidad ni la seguridad del diseño.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una validación continua del diseño con la incorporación de datos operativos o condiciones específicas del lugar donde se implementará el tanque, ya que las condiciones ambientales pueden variar con el tiempo. También se podría explorar la realización de simulaciones de estrés adicionales en el diseño, con el fin de garantizar un comportamiento óptimo del tanque bajo condiciones extremas, como sismos o fuertes vientos.
- A pesar de la coincidencia entre los cálculos manuales y los obtenidos con el software, es aconsejable realizar comparaciones con diferentes plataformas de software o herramientas especializadas para confirmar la fiabilidad de los resultados y mejorar el proceso de diseño. Además, se sugiere mantener actualizada la versión del software para aprovechar las mejoras tecnológicas que puedan optimizar el diseño y la eficiencia operativa.
- Para mejorar la planificación financiera del proyecto, se sugiere la inclusión de un análisis de costos detallado para mantenimiento a largo plazo del tanque. Esto incluiría costos de reparación, inspección y recubrimientos protectores, ya que estos aspectos son cruciales para mantener la integridad del tanque durante su vida útil. También sería beneficioso considerar posibles contingencias ante imprevistos que pudieran surgir durante la construcción o en la operación del tanque.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agboola, O., Akinnuli, B., Kareem, B., & Akintunde, M. (2021). Optimum detailed design of 13,000 m³ oil storage tanks using 0.8 height-diameter ratio. *Materialstoday: Proceedings*, 44(1), 2837-2842. doi:10.1016/j.matpr.2020.12.1165
- American Petroleum Institute. (2020). *API STD 2000: Venting Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks*.
- American Petroleum Institute. (2020). *API STD 650: Welded tanks for oil storage*.
- American Water Works Association. (2011). *AWWA D100: Welded Carbon Steel Tanks for Water Storage*.
- Andrinich, J. (2018). Diseño de Sistema contra Incendio para 03 Tanques de Almacenamiento de Diesel B5 DE 330,000 Galones de Capacidad Total. *Tesis*. Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.
- Bueno, P. (2014). *Preparar y acondicionar los equipos principales e instalaciones auxiliares de la planta química*. IC Editorial.
- Cabezas, R., & Núñez, W. (2011). Diseño y Simulación de un Tanque de Techo Fijo para Almacenar Petroleo de 3.000 Bls de Capacidad en la Plataforma del Pozo Sacha 192, Ubicada en la Provincia de Orellana. *Tesis*. Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.
- Carreño, G., & Hernández, J. (2008). Diseño y cálculo de un tanque de almacenamiento para nafta con diámetro de 70 ft x 30 ft de altura bajo la norma API 650. *Tesis*. Instituto Politécnico Nacional, México D.F., México.
- Colque, R. (2023). Diseño de un tanque atmosférico de almacenamiento de diesel con una capacidad de 20 650 bbls para la ampliación de la planta de Monte Azul - Mollendo. *Tesis*. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Cusi, F. (2023). Diseño, fabricación y montaje de un tanque de agua desmineralizada y un tanque de agua residual para una planta

termoeléctrica. *Trabajo de suficiencia profesional*. Universidad Nacional San Agustín, Arequipa, Perú.

De la Cadena, C., & Larrea, P. (2012). Diseño de un Tanque de Almacenamiento de Petróleo Tipo Techo Flotante de 100.000 Barriles de Capacidad para la Empresa TESCA INGENIERIA del Ecuador. *Proyecto*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

Escarcena, J., & Calcina, L. (2021). Diseño de un tanque atmosférico metálico de 300 m³ de capacidad según la norma API 650 para almacenar hidrocarburos. *Tesis*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Gonza, V. (2014). Diseño y Cálculo de un Tanque para Almacenamiento de Petróleo para 3000 Bbls. *Tesis de Grado*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.

Oña, E. (2019). Diseño y desarrollo de un tanque de almacenamiento y distribución simultánea de agua condensada para uso en varios procesos alimenticios. *Proyecto Integrador*. Universidad Central del Ecuador, Ecuador.

Pejerrey, G. (2017). Diseño y Cálculo de un Tanque de Almacenamiento Atmosférico de 60,000 Barriles para Almacenaje de Gasolina de 90 Octanos en la Selva. *Tesis*. Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú.

Quispe, N., & Aguilar, A. (2019). Diseño de un tanque de almacenamiento de petróleo de 10 000 galones mediante el uso del método de elementos finitos (MEF). *Trabajo de Investigación*. Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú.

Sachidananda, H., Dubey, S., & Veera, M. (2019). Design, analysis and fabrication of firewater storage tank. *Discover Applied Sciences*, 1(81). doi:10.1007/s42452-018-0071-2

Saldaña, Y. (2020). Diseño de tanques de agua con capacidad hasta 1200 m³ con techo cónico bajo norma API 650 con Excel y SolidWorks. *Tesis*. Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú.

TechnoSoft. (s.f.). *Field Erected and Shop Built Storage Tanks*. Recuperado el 06 de Diciembre de 2024, de Ametank: <https://www.ametank.com/>

Yafac, J. (2019). Diseño de tanque de almacenamiento de nafta con protección catódica para la refinería de Iquitos. *Tesis*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú.

ANEXOS

ANEXO 1. Hoja de datos

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO NOMBRE DEL PROYECTO: EPC TANQUE 111 DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO DOCUMENTO: HOJA DE DATOS TANQUE 329-T-111 DISCIPLINA: MECÁNICA							
HOJA DE DATOS:	TANQUE DE TECHO FIJO - SCI	REFINERÍA IQUITOS		HOJA	1	DE	3
SERVICIO	ALMACENAMIENTO AGUA CONTRA INCENDIO	EQUIPO No.:	329-T-111	No. REQD			1
CONDICIONES DE OPERACION		ESPECIFICACIÓN DE MATERIALES					
FLUIDO	AGUA	PARED		ASTM A-36			
CAPACIDAD NETA	38.437 bbls	FONDO		ASTM A-36			
CAPACIDAD DE OPERACIÓN	35.380 bbls	TECHO INTERNO		N/A			
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	80,78 °F	TECHO EXTERNO		ASTM A-36			
GRAVEDAD ESPECIFICA	1	BRIDAS		ASTM A-105			
VISCOSIDAD	0,844 cSt	BOQUILLAS		ASTM A-106 GRB/ ASTM A-53			
PRESIÓN DE VAPOR (TBP)	15,22 psia	PERNOS/ TUERCAS EXTERIORES		ASTM A-193-B7/ASTM A-194 2H			
		PERNOS/TUERCAS INTERIORES		ASTM A-193-B7/ASTM A-194 2H			
		TUBERÍA INTERNA		ASTM A-53 Gr B			
		EMPACADURAS		LÁMINA DE SELLADO DE FIBRA COMPRIMIDA			
		PLATAFORMAS		SI REQUIERE			
CONDICIONES DE DISEÑO		RECUBRIMIENTO INTERNO/EXTERNO		NFPA 22			
PRESIÓN DE DISEÑO	Atm	PERFILES ESTRUCTURALES		ASTM A-36			
TEMPERATURA DE DISEÑO	131 °F	PERNOS DE ANCLAJE		N/A			
DESCRIPCION DEL TANQUE		BAFFLES		N/A			
CODIGO DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	NFPA 22 / API 650	ESPESORES MÍNIMOS					
TIPO DE TECHO	CONICO FIJO	CUERPO		NOTA 1			
	SOPORTADO	TECHO		6 mm			
TIPO DE FONDO	CONICO HACIA ARRIBA	FONDO		NOTA 2			
PESO APROXIMADO LLENO/ VACIO	13.380.665 / 349.060 lbs	SOBRE ESPESOR DE CORROSIÓN					
CONDICIONES AMBIENTALES		TECHO		3 mm			
TEMPERATURA MÍNIMA/ NORMAL/ MÁXIMA	69 / 81 / 100 °F	CUERPO		3 mm			
RANGO DE HUMEDAD	79 - 91 %	FONDO		3 mm			
VELOCIDAD DEL VIENTO	75 kmh	INTERNOS		3 mm			
ZONA SÍSMICA	1	PINTURA EXTERIOR					
		GRADO DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE		NACE 3/ SSPC-SP 6			
		CAPA INICIAL		EPOXY ADUCTO AMINA ALTO ESPESOR			
		CAPA DE ACABADO		EPOXY ADUCTO AMINA ALTO ESPESOR			
		ESPESOR TOTAL PELÍCULA SECA (MILS)		8			
		AISLAMIENTO		N/A			
		ESFUERZO ADMISIBLE					
		PARA OPERACIÓN		POR API 650 (23.200 psi)			
		PARA PRUEBA HIDROSTÁTICA		POR API 650 (24.900 psi)			

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

NOMBRE DEL **EPC TANQUE 111 DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO**

PROYECTO:

DOCUMENTO: **HOJA DE DATOS TANQUE 329-T-111**

DISCIPLINA: **MECÁNICA**

HOJA DE DATOS:	TANQUE DE TECHO FIJO - SCI	REFINERÍA IQUITOS		HOJA	2	DE	3
SERVICIO	ALMACENAMIENTO AGUA CONTRA INCENDIO	EQUIPO No.:	329-T-111	No. REQD	1		
TABLA DE CONEXIONES							
SIMBOLO	CANTIDAD	DIÁMETRO	CLASE	TIPO DE CARA	ELEVACIÓN (PIE)	SERVICIO	
N1	1	6"	150#	FF	1	ENTRADA DE AGUA	
N2	1	6"	150#	FF	1	ENTRADA DE AGUA	
N3	1	12"	150#	FF	1,47	SALIDA DE AGUA	
N4	1	16"	150#	FF	1,74	SALIDA DE AGUA	
N5	1	4"	150#	FF	1	DRENAJE	
N6	1	4"	150#	FF	40,19	REBOSE	
N7	1	16"	150#	CUELLO DE CISNE	TECHO	ENTRADA/SALIDA DE AIRE	
N8	1	16"	150#	CUELLO DE CISNE	TECHO	ENTRADA/SALIDA DE AIRE	
MH1	1	26"	150#	FF	2,55	BOCA DE VISITA PARED	
MH2	1	26"	150#	FF	2,55	BOCA DE VISITA PARED	
MH3	1	26"	150#	FF	TECHO	BOCA DE VISITA TECHO	
MH4	1	26"	150#	FF	TECHO	BOCA DE VISITA TECHO	
I1	1	1"	6000#	NPT	3,41	TRANSMISOR DE NIVEL	
I2	1	1"	6000#	NPT	39,02	TRANSMISOR DE NIVEL	
I3	1	1"	6000#	NPT	39,52	TRANSMISOR DE NIVEL	
ACCESORIOS REQUERIDOS				INSPECCIONES Y PRUEBAS			
ESCALERA ESPIRAL		REQUERIDA		HIDROSTÁTICA		REQUERIDA SEGÚN API 650	
BARANDAS EN EL TECHO		REQUERIDA		NEUMÁTICA		REQUERIDA SEGÚN API 650	
ANTI VORTICE		POR NFPA 22		INSPECCIÓN RADIOGRAFICA		REQUERIDA SEGÚN API 650	
ARRESTALLAMA		NO REQUERIDA		INSPECCIÓN PARTÍCULAS MAGNÉTICAS		N/A	
CONEXIÓN PUESTA A TIERRA		REQUERIDA		INSPECCIÓN LÍQUIDOS PENETRANTES		REQUERIDA SEGÚN API 650	

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

NOMBRE DEL **EPC TANQUE 111 DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO**

PROYECTO:

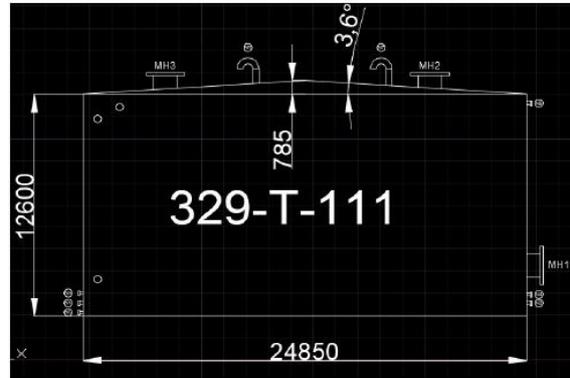
DOCUMENTO: **HOJA DE DATOS TANQUE 329-T-111**

DISCIPLINA: MECÁNICA

HOJA DE DATOS:	TANQUE DE TECHO FIJO - SCI	REFINERÍA IQITOS		HOJA	3	DE	3
SERVICIO	ALMACENAMIENTO AGUA CONTRA INCENDIO	EQUIPO No.:	329-T-111	No. REQD	1		

DIMENSIONES DEL TANQUE

	(pie - pulg)	
D	81,53 – 978,36	Diámetro
H	41,34 - 496,08	Altura



NOTAS

- 1.- 1er ANILLO: 12,54 mm – 2do ANILLO: 11,17 mm – 3er ANILLO: 9,82 mm – 4to ANILLO: 8,42 mm – 5to ANILLO: 7,07 mm - 6to ANILLO: 6 mm y 7mo ANILLO: 6 mm
- 2.- PISO 9,5 mm – PLACA ANULAR: 12,54 mm
- 3.- INDICADOR DE NIVEL DE REGLETA SEGÚN NFPA 22
- 4.- LÁMINA DE 6 m X 1,8 m

Fluido: AGUA CONTRA INCENDIO

Equipo No.: 332-T-111

ANEXO 2. Estudio de mecánica de suelos

RESUMEN

CONDICIONES DE CIMENTACION ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PARA EL PROYECTO:

“ELABORACIÓN DE INGENIERIA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN (EPC) DE TANQUE 329-T-111 DE 35 MB DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO DE REFINERÍA IQUITOS”

De conformidad con la Norma Técnica E-050 del Reglamento Nacional de Edificaciones, la siguiente información deberá transcribirse en los planos de cimentaciones. Esta información no es limitativa y deberá cumplirse con todo lo especificado en el presente estudio de suelos y el RNE.

TIPO DE CIMENTACIÓN

Cimentación Superficial
-**Tanques de Almacenamiento de Agua**
(Zapata corrida, sobre la que se
Apoya un pedestal perimetral de concreto
armado).

ESTRATO DE APOYO DE CIMENTACION

El apoyo de la cimentación dependerá de la decisión que el solicitante tome de acuerdo a las alternativas presentadas en el presente estudio, pudiendo ser suelo CH (SUCS), Mortero $f'c=100\text{kg/cm}^2$ o concreto ciclópeo:

PARAMETROS DE DISEÑO CIMENTACIÓN

◆ PROFUNDIDAD CIMENTACIÓN

Estructura	Profundidad de desplante (m)
Tanque 329 -T-111	0.90
Tanque 329 -T-111	2.40

Esta profundidad se determinará en función a la alternativa seleccionada.

◆ PRESION ADMISIBLE

Zona 1 - $Q_{adm} = 2.28 \text{ kg/cm}^2$. (Df=0.90)
 $Q_{adm} = 2.56 \text{ kg/cm}^2$. (Df=2.40)

Zona 2 - $Q_{adm} = 0.92 \text{ kg/cm}^2$. (Df=0.90)
 $Q_{adm} = 3.40 \text{ kg/cm}^2$. (Df=2.40)

FACTOR DE SEGURIDAD POR CORTE 3

◆ CONDICIONES SISMORRESISTENTES

Zona sísmica (1)
Perfil Tipo (S3) suelos blandos
Coeficiente Acelerac. Max. $Z=0.10$
Factor de suelo $S= 2.00$
Periodo $T_P= 1.00$
Periodo $T_L= 1.60$

◆ AGRESIVIDAD DEL SUELO

◆ DISTORCION ANGULAR

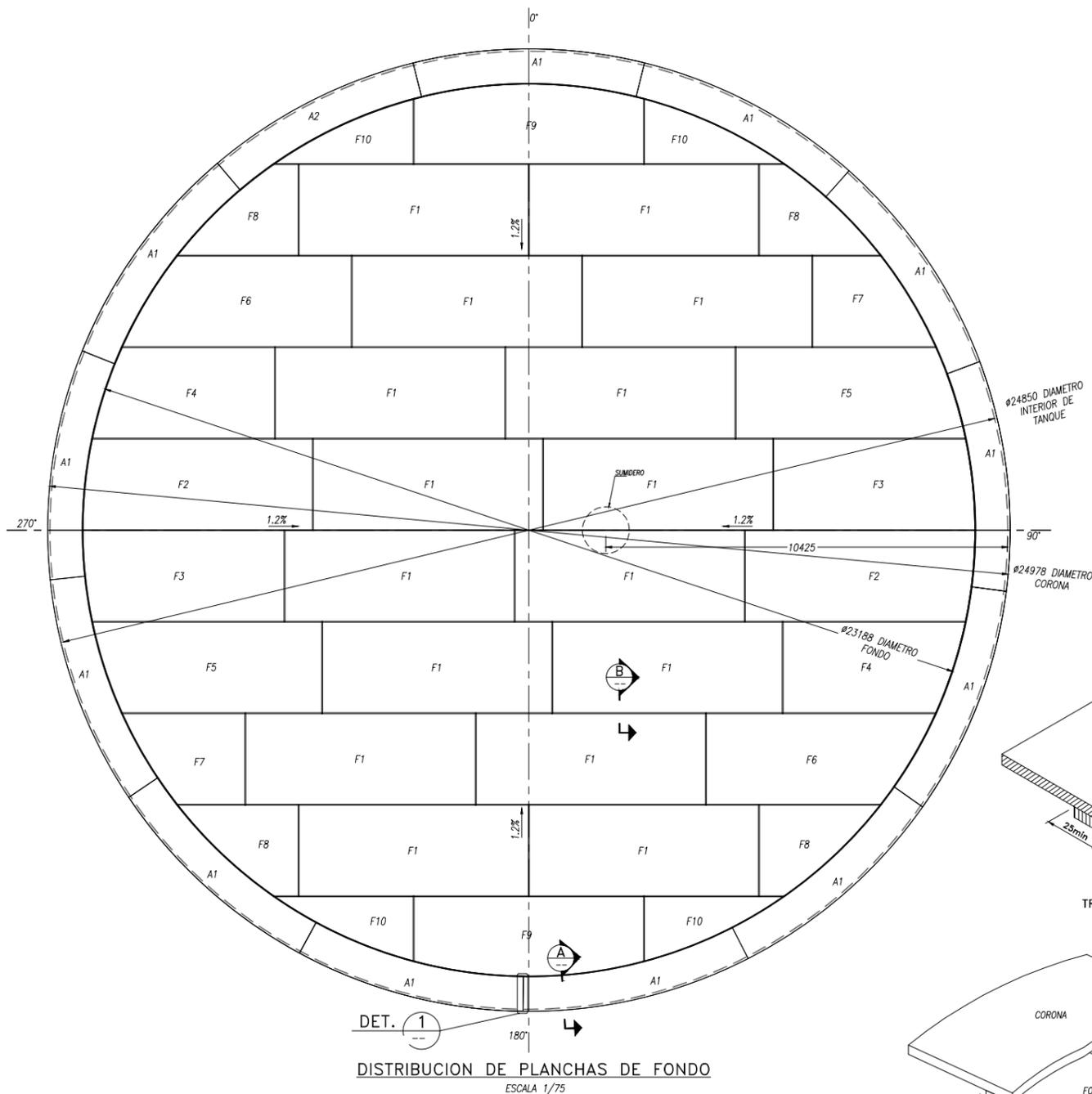
Despreciable por bajo contenido de sulfatos y cloruros

RECOMENDACIONES ADICIONALES

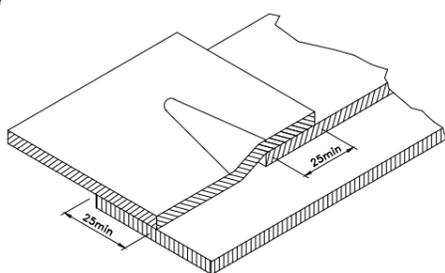
menor a 1/150

No debe cimentarse sobre suelo orgánico, tierra vegetal, desmonte o relleno sanitario; se recomienda que estos suelos sean removidos y eliminados en su totalidad antes de Construir las estructuras.

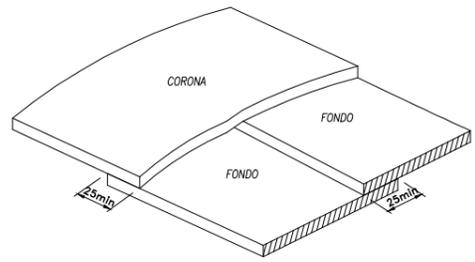
ANEXO 3. Planos



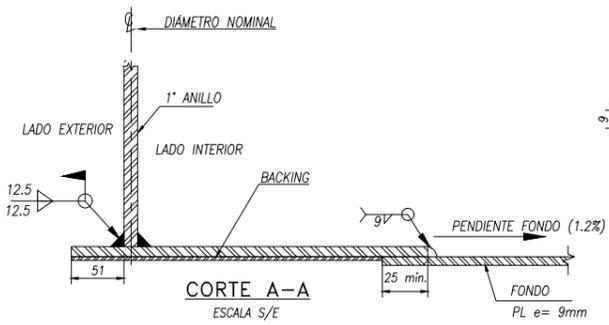
DET. 1
DISTRIBUCION DE PLANCHAS DE FONDO
ESCALA 1/75



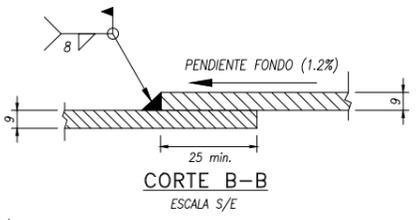
DETALLE TIPICO
TRASLAPE DE TRES PLANCHAS
ESCALA S/E



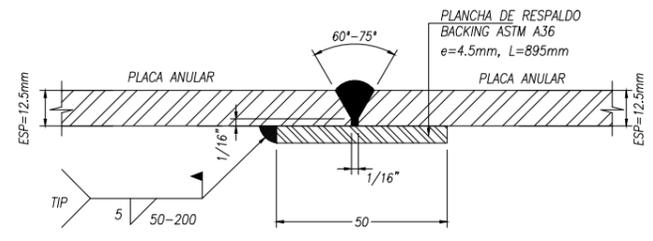
DETALLE CORONA-FONDO
TRASLAPE DE TRES PLANCHAS
ESCALA S/E



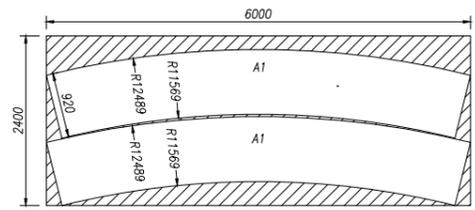
CORTE A-A
ESCALA S/E



CORTE B-B
ESCALA S/E

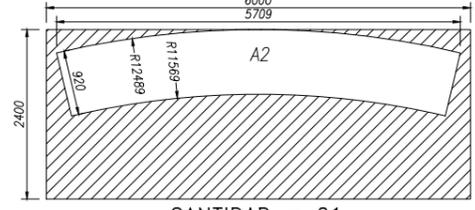


DETALLE 1
ESCALA S/E



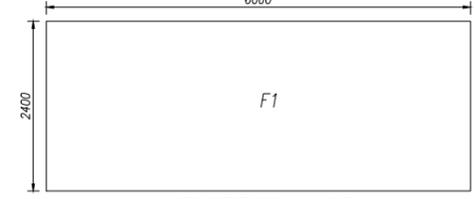
CANTIDAD = 06

ESPESOR 12.5MM
6000
5709



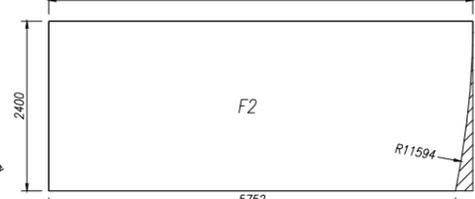
CANTIDAD = 01

ESPESOR 12.5MM
6000



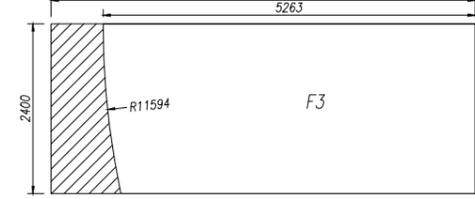
CANTIDAD = 16

ESPESOR 9MM
6000



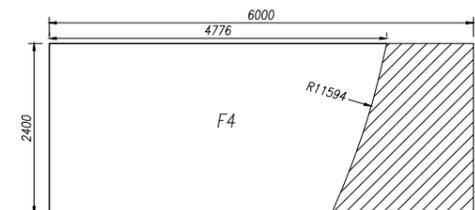
CANTIDAD = 02

ESPESOR 9MM
6000



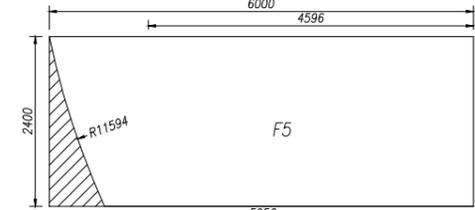
CANTIDAD = 02

ESPESOR 9MM
6000



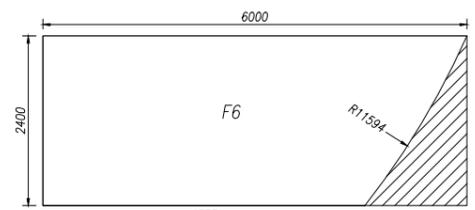
CANTIDAD = 02

ESPESOR 9MM
6000



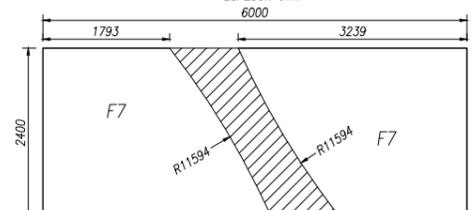
CANTIDAD = 02

ESPESOR 9MM



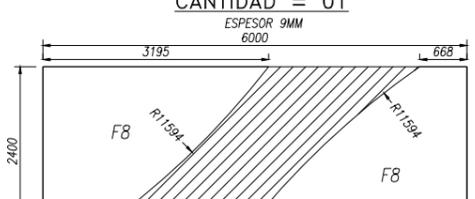
CANTIDAD = 02

ESPESOR 9MM
6000



CANTIDAD = 01

ESPESOR 9MM
6000



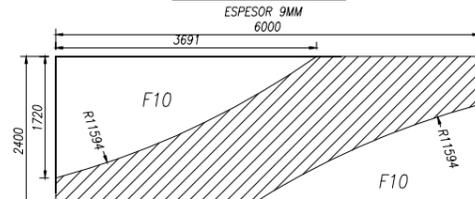
CANTIDAD = 02

ESPESOR 9MM
6000



CANTIDAD = 02

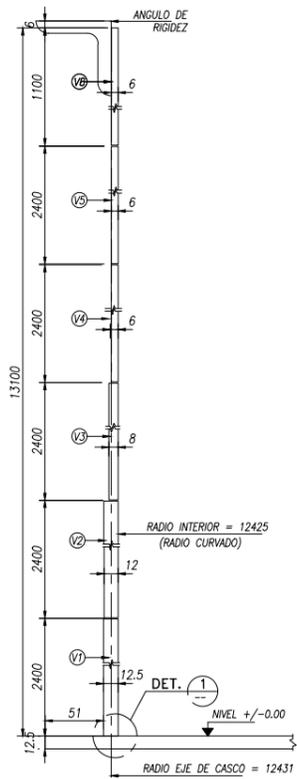
ESPESOR 9MM
6000



CANTIDAD = 02

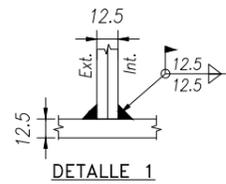
ESPESOR 9MM

POS	DESIGNACION	CANT.	MATERIAL	ANOTACIONES																	
A1	PL-6000X1045X12.5MM (Ver Figura)	12	ASTM A36																		
A2	PL-5709X1012X12.5MM (Ver Figura)	01	ASTM A36																		
F1	PL-6000X2400X9MM (Ver Figura)	16	ASTM A36																		
F2	PL-4000X2400X9MM (Ver Figura)	02	ASTM A36																		
F3	PL-1780X2400X9MM (Ver Figura)	02	ASTM A36																		
F4	PL-6000X2400X9MM (Ver Figura)	02	ASTM A36																		
F5	PL-5278X2400X9MM (Ver Figura)	02	ASTM A36																		
F6	PL-6000X2400X9MM (Ver Figura)	02	ASTM A36																		
F7	PL-3777X2400X9MM (Ver Figura)	02	ASTM A36																		
F8	PL-3478X2400X9MM (Ver Figura)	04	ASTM A36																		
F9	PL-6000X2353X9MM (Ver Figura)	02	ASTM A36																		
F10	PL-4109X1974X9MM (Ver Figura)	04	ASTM A36																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DIBUJO</th> <th>H.L.D</th> <th>07/12/24</th> <th>ESCALA</th> <th rowspan="4">DISTRIBUCION DE PLANCHAS DEL FONDO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DISEÑO</td> <td>R.C.Q</td> <td>07/12/24</td> <td>1 : 1</td> </tr> <tr> <td>APROBO</td> <td>J.A.S.A.</td> <td>07/12/24</td> <td>FECHA</td> </tr> <tr> <td>NORMA</td> <td></td> <td>11/09/23</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					DIBUJO	H.L.D	07/12/24	ESCALA	DISTRIBUCION DE PLANCHAS DEL FONDO	DISEÑO	R.C.Q	07/12/24	1 : 1	APROBO	J.A.S.A.	07/12/24	FECHA	NORMA		11/09/23	
DIBUJO	H.L.D	07/12/24	ESCALA	DISTRIBUCION DE PLANCHAS DEL FONDO																	
DISEÑO	R.C.Q	07/12/24	1 : 1																		
APROBO	J.A.S.A.	07/12/24	FECHA																		
NORMA		11/09/23																			
UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA LIMA SUR				PLANO N° 1/1	N°																
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA				SUSTITUYE A	2																
				SUSTITUIDO POR																	

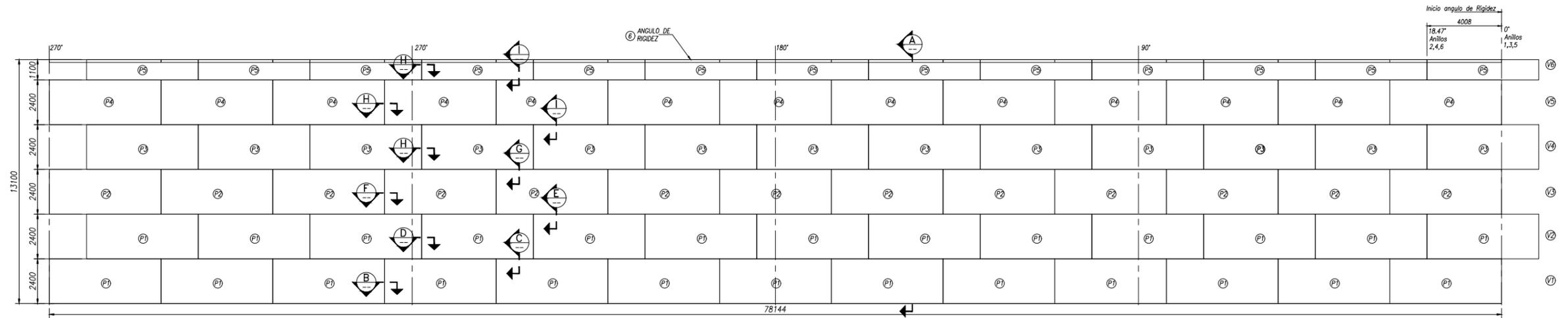


SECCION A
ESCALA S/E

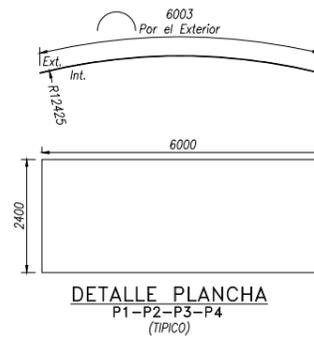
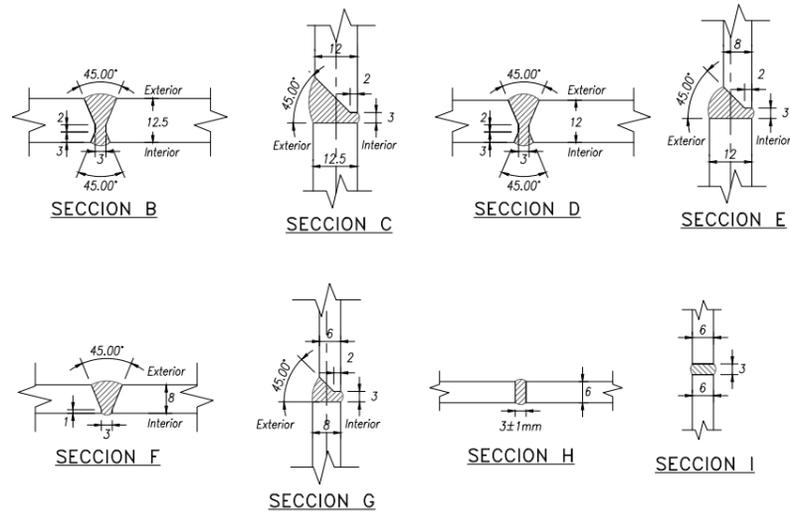
PERIMETRO AL EXT. VIOLA V1 = 78144
PERIMETRO AL EXT. VIOLA V6 = 78106



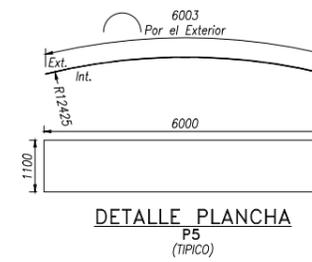
DETALLE 1



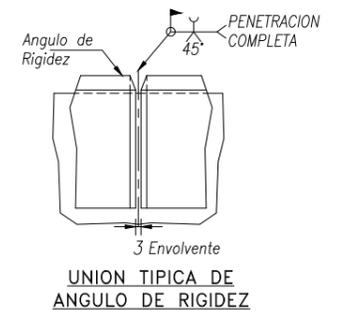
DESARROLLO DE LA ENVOLVENTE VISTA POR EL EXTERIOR
(13 PLANCHAS POR VIOLA)
ESCALA 1/125



DETALLE PLANCHA P1-P2-P3-P4 (TIPICO)



DETALLE PLANCHA P5 (TIPICO)

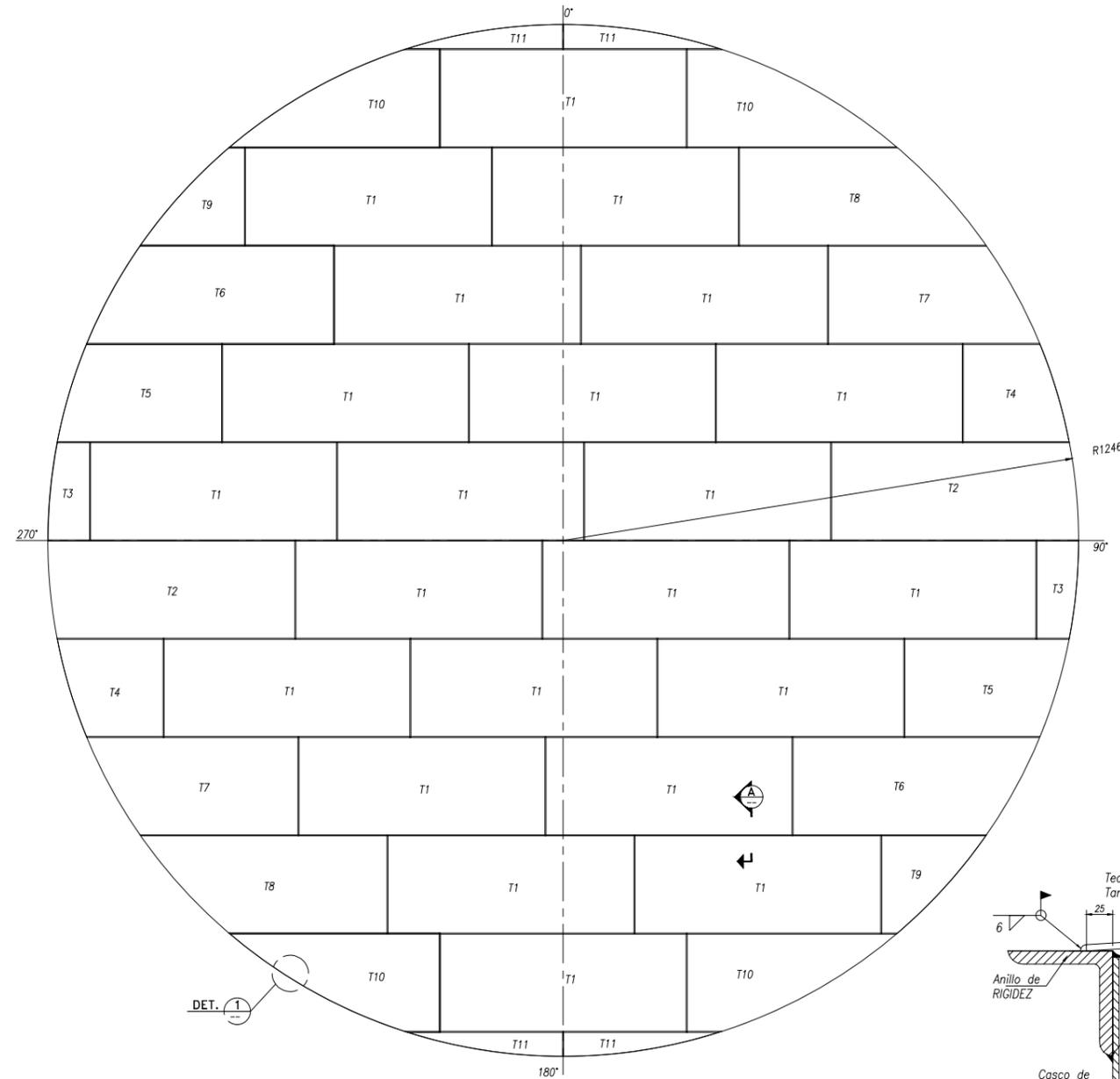


UNION TIPICA DE ANGULO DE RIGIDEZ

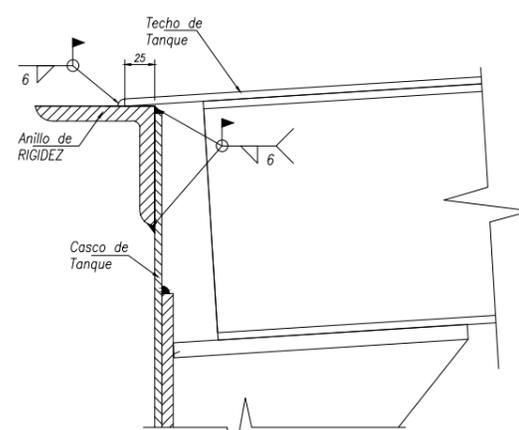
01	PL - 6000X2400X12.5MM	13	ASTM A36	
02	PL - 6000X2400X12MM	13	ASTM A36	
03	PL - 6000X2400X6MM	13	ASTM A36	
04	PL - 6000X2400X6MM	26	ASTM A36	
05	PL - 6000X1100X6MM	13	ASTM A36	
06	ANGULO 4"x4"x1/2" - 78106MM	1	ASTM A36	
POS	DESCRIPCION	CANT.	MATERIAL	ANOTACIONES
DIBUJO	H.L.D	07/12/24	ESCALA	DISTRIBUCION DE PLANCHAS DEL CILINDRO
DISEÑO	R.C.Q	07/12/24	1 : 1	
APROBO	J.A.S.A.	07/12/24	FECHA	
NORMA			11/09/23	
UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA LIMA SUR			PLANO N° 1/1	N°
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA			SUSTITUYE A	3
			SUSTITUIDO POR	



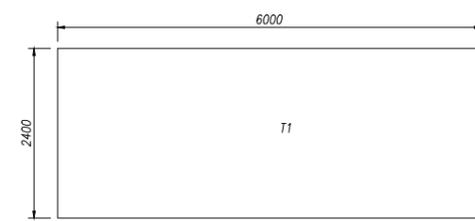
VISTA LATERAL DE TECHO
ESCALA 1/75



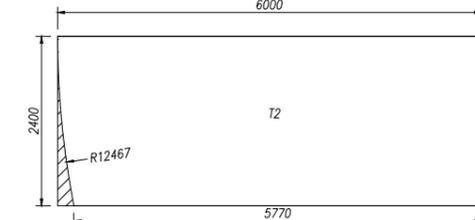
DISTRIBUCION DE PLANCHAS DE TECHO
ESCALA 1/75



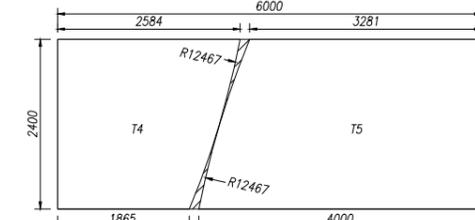
DETALLE 1
ENCUENTRO ANILLO DE RIGIDEZ Y TECHO
ESCALA 5/E



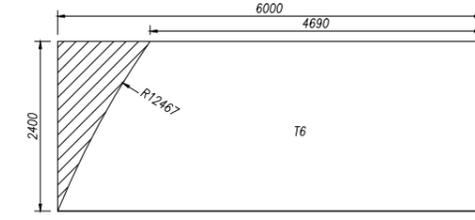
CANTIDAD = 22
ESPESOR 6MM
6000



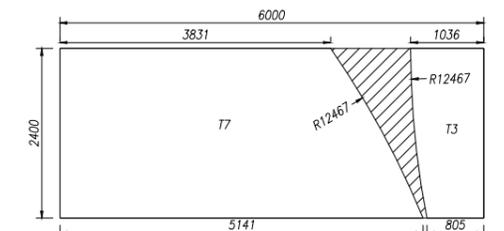
CANTIDAD = 02
ESPESOR 6MM
6000



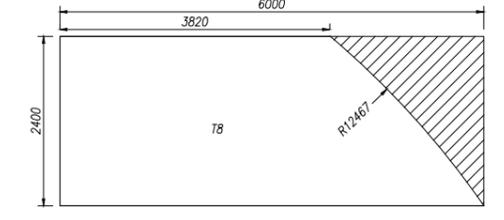
CANTIDAD = 02
ESPESOR 6MM
6000



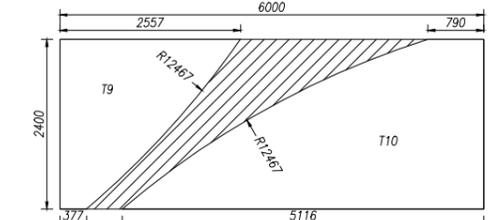
CANTIDAD = 02
ESPESOR 6MM
6000



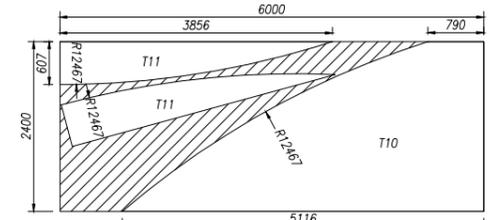
CANTIDAD = 02
ESPESOR 6MM
6000



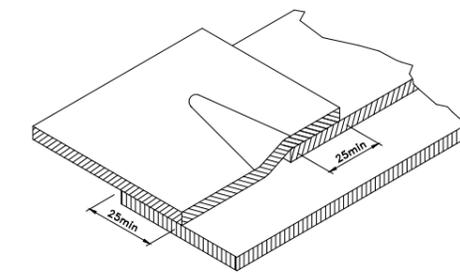
CANTIDAD = 02
ESPESOR 6MM
6000



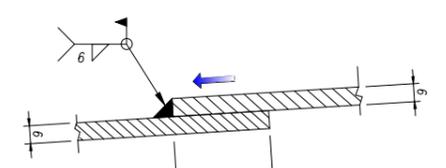
CANTIDAD = 02
ESPESOR 6MM
6000



CANTIDAD = 02
ESPESOR 6MM
6000



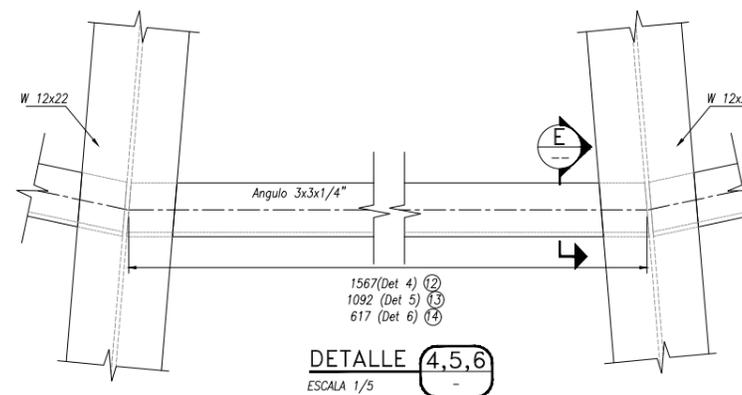
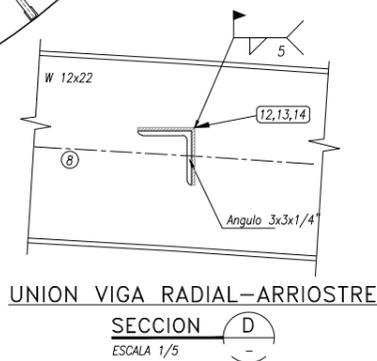
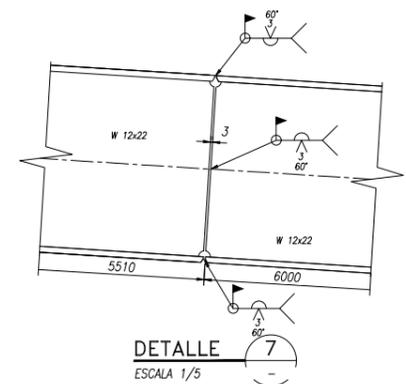
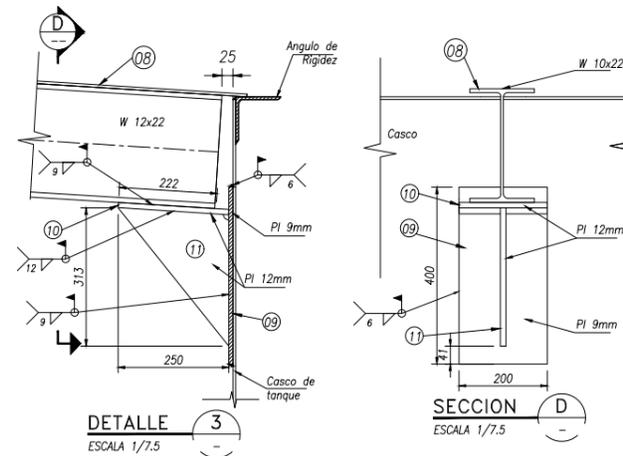
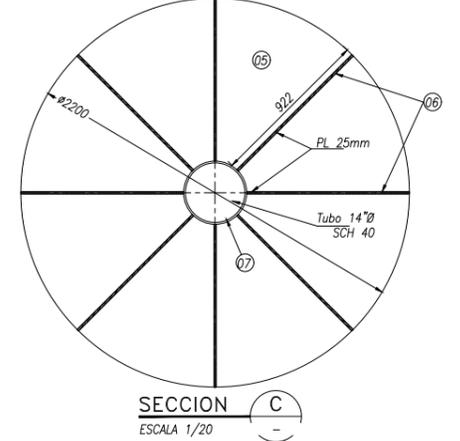
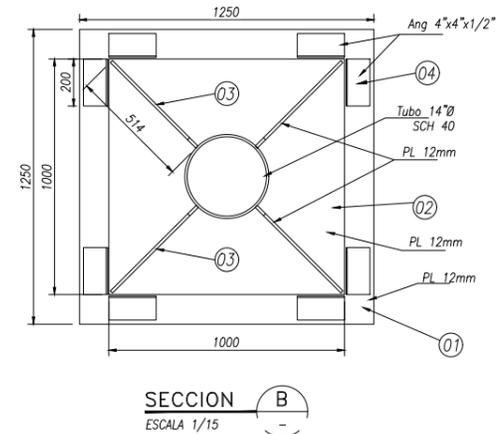
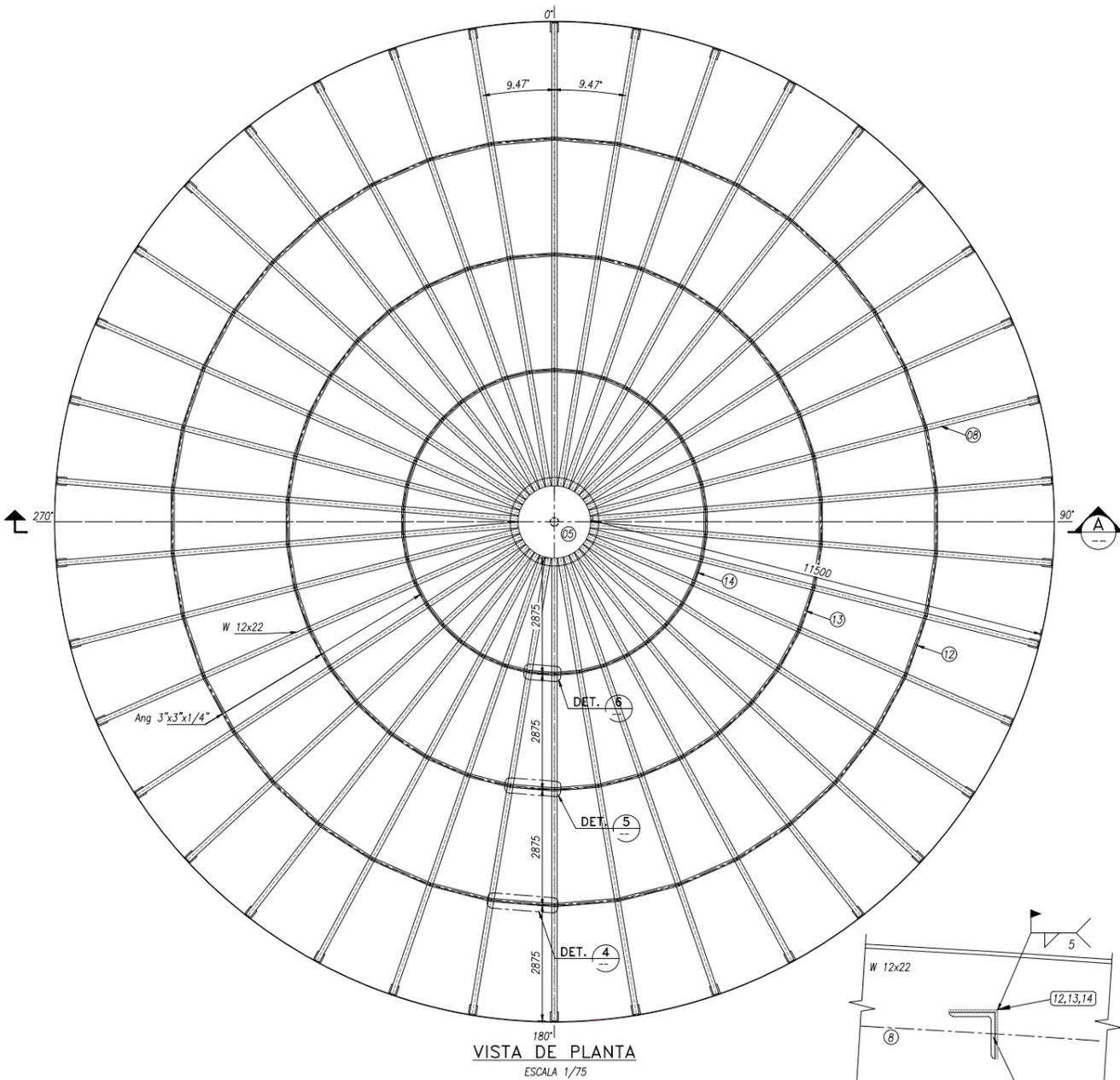
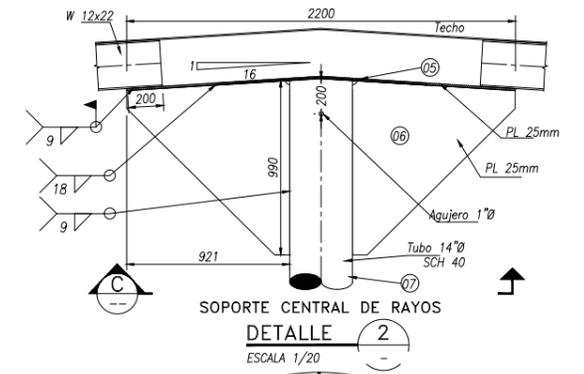
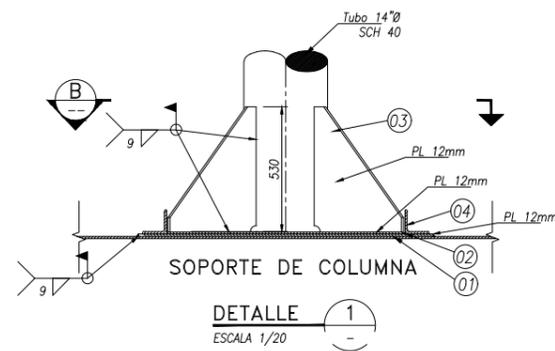
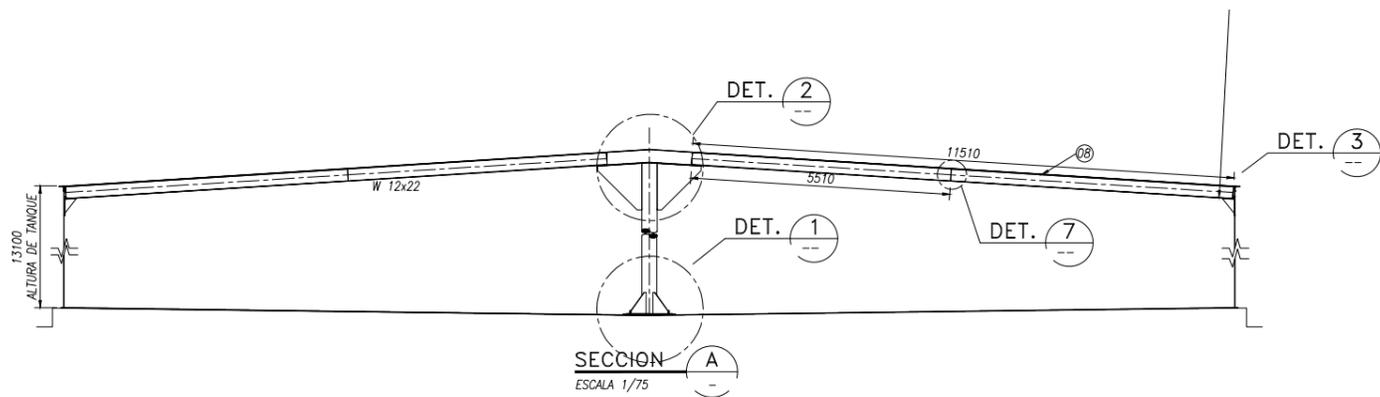
DETALLE TIPICO
TRASLAPE DE TRES PLANCHAS
ESCALA 5/E



CORTE A-A
ESCALA 5/E

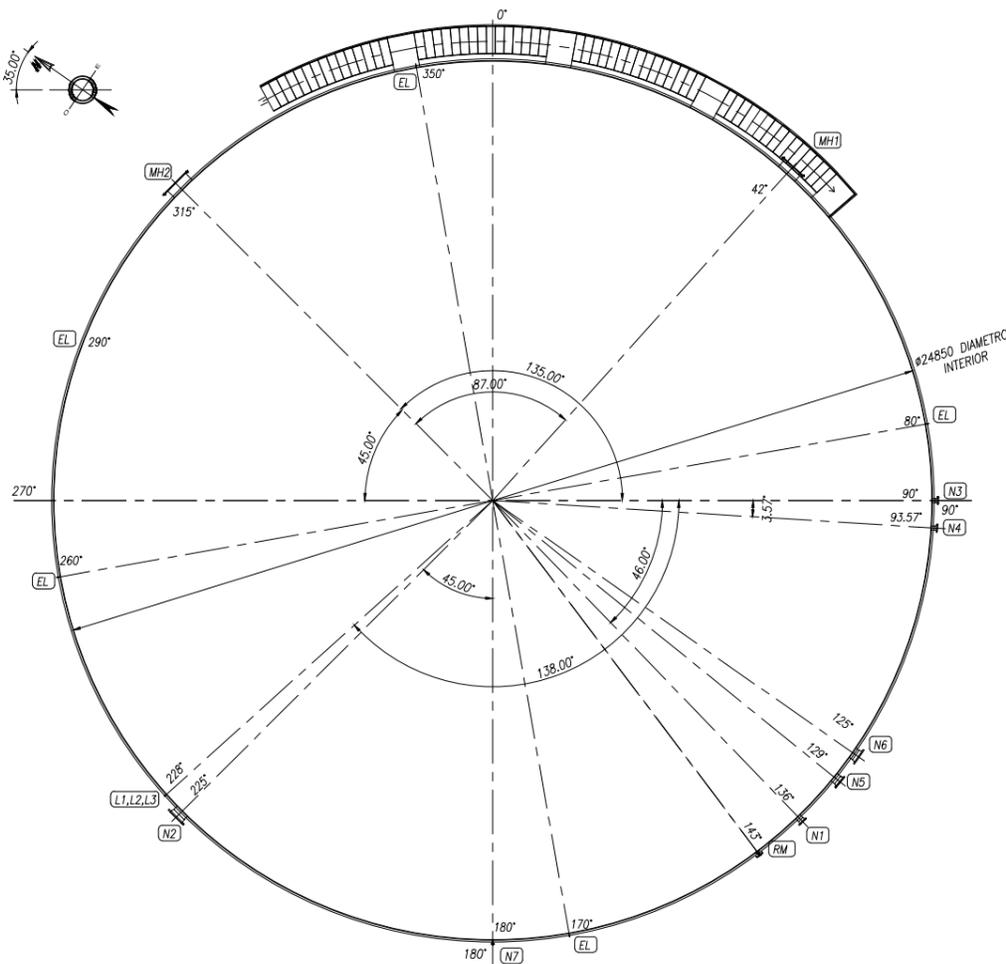
T1	PL-6000x2400x6MM (Ver Figura)	22	ASTM A36	
T2	PL-6000x2400x6MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
T3	PL-1036x2400x6MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
T4	PL-2584x2400x6MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
T5	PL-4000x2400x6MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
T6	PL-6000x2400x6MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
T7	PL-5141x2400x6MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
T8	PL-6000x2400x6MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
T9	PL-2557x2400x6MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
T10	PL-5116x2400x6MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
T11	PL-3856x607x6MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
POS	DESIGNACIÓN	CANT.	MATERIAL	ANOTACIONES
DIBUJO	H.L.D	07/12/24	ESCALA	
DISEÑO	R.C.Q	07/12/24	1 : 1	
APROBO	J.A.S.A.	07/12/24	FECHA	
NORMA		11/09/23		
UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA LIMA SUR			PLANO N° 1/1	N°
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICIA			SUSTITUYE A	4
			SUSTITUIDO POR	

PLANO DE DISTRIBUCION DE PLANCHAS DEL TECHO

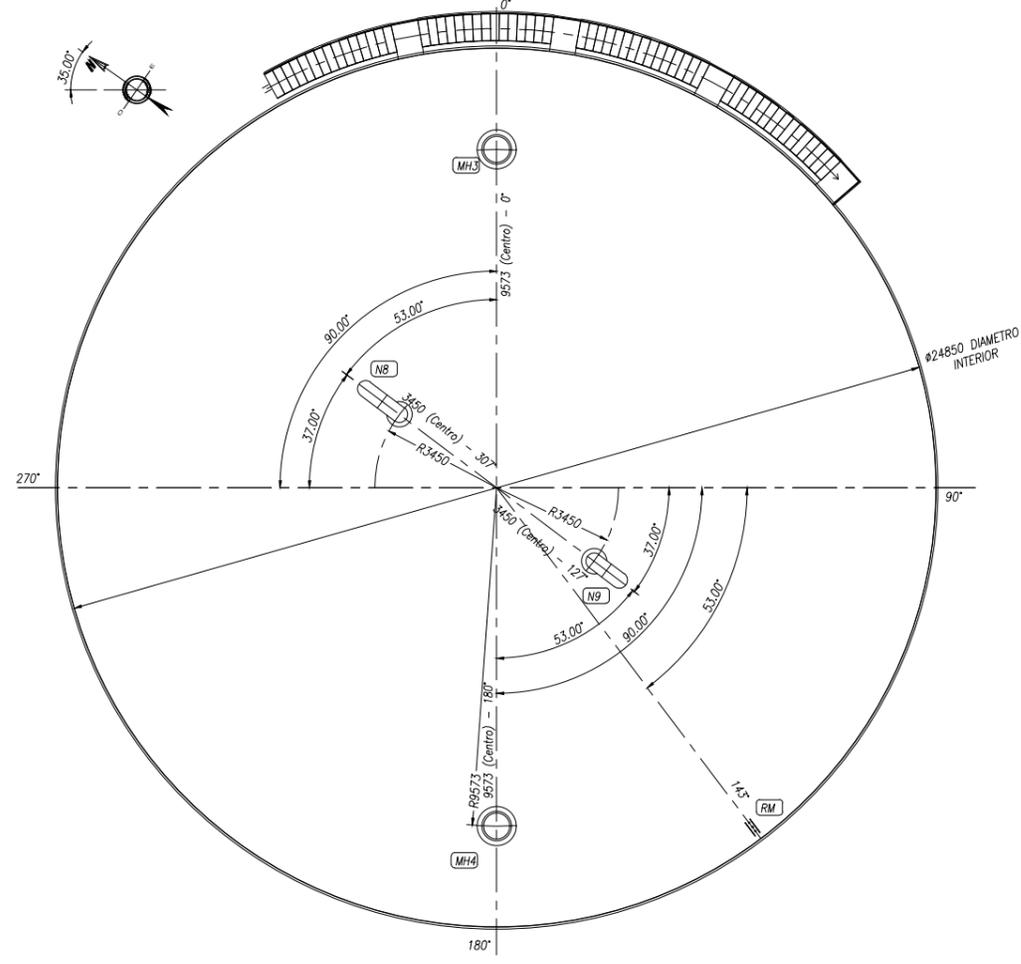


01	PL 12mm x 1250mm x 1250mm	01	ASTM A36	
02	PL 12mm x 1000mm x 1000mm	01	ASTM A36	
03	PL 12mm x 530mm x 530mm	04	ASTM A36	
04	ANGULO 4"x4"x1/2"	08	ASTM A36	
05	PL 25mm x 2200mm Ø	01	ASTM A36	
06	PL 25mm x 990mm x 937mm	08	ASTM A36	
07	TUBO 14"Ø SCH 40 x 13800mm	01	A53 Gr. B	
08	VIGA W 12x22 x 11510mm	38	ASTM A36	
09	PL 9mm x 400mm x 200mm	38	ASTM A36	
10	PL 12mm x 250mm x 200mm	38	ASTM A36	
11	PL 12mm x 250mm x 313mm	38	ASTM A36	
12	ANGULO 3"x3"x1/4" x 1567mm	38	ASTM A36	
13	ANGULO 3"x3"x1/4" x 1092mm	38	ASTM A36	
14	ANGULO 3"x3"x1/4" x 617mm	38	ASTM A36	
POS	DESCRIPCIÓN	CANT.	MATERIAL	ANOTACIONES
DIBUJO	H.L.D	07/12/24	ESCALA	
DISEÑO	R.C.Q	07/12/24	1 : 1	
APROBO	J.A.S.A.	07/12/24	FECHA	
NORMA		11/09/23		
UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA LIMA SUR			PLANO N° 1/1	N°
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA			SUSTITUYE A	1
			SUSTITUIDO POR	

PLANO GENERAL

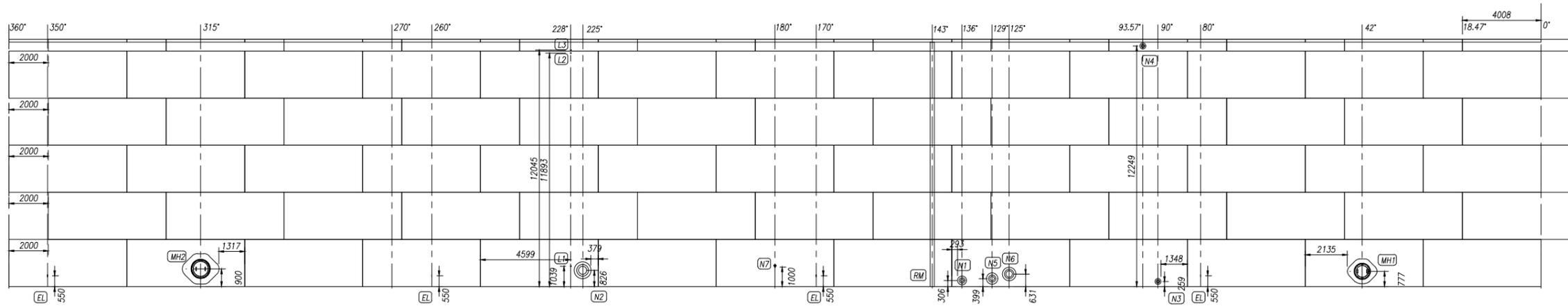


ORIENTACION DE TUBULADURAS
EN CASCO
ESCALA 1/100



ORIENTACION DE TUBULADURAS
EN TECHO
ESCALA 1/100

ACCESORIOS DEL TANQUE						
ACCESORIOS DE TANQUE - CUERPO						
N°	TAMAÑO	DESCRIPCION	CLASE / MAT	POSICION	ALTURA DE FONDO	DIST. AL CENTRO
MH1	24"	Manhole	API 650	42°	777 mm	12704 mm
MH2	30"	Manhole	API 650	315°	900 mm	12704 mm
N1	6"	Entrada de agua	WN 150# FF	136°	306 mm	12637 mm
N2	16"	Salida de agua	WN 150# FF	225°	784 mm	12684 mm
N3	4"	Drenaje	WN 150# FF	90°	259 mm	12612 mm
N4	4"	Rebose	WN 150# FF	93.57°	12249 mm	12612 mm
N5	10"	Reserva	WN 150# FF	129°	399 mm	12659 mm
N6	12"	Salida de agua	WN 150# FF	125°	631 mm	12659 mm
N7	1"	Medidor de Temperatura	WN 150# RF	180°	1000 mm	12568 mm
L1	1"	Transmisor de nivel	6000#	228°	1039 mm	--
L2	1"	Transmisor de nivel	6000#	228°	11893 mm	--
L3	1"	Transmisor de nivel	6000#	228°	12045 mm	--
EL	--	Conectores a Tierra	--	80°,170°,260°,350°	550 mm	--
RM	--	Regleta de Medicion	--	143°	--	--
ACCESORIOS DE TANQUE - TECHO						
N°	TAMAÑO	DESCRIPCION	CLASE / MAT	POSICION	RADIO DEL CENTRO	ELEVACION
MH3	24"	Manhole	API 650	0°	9573 mm	--
MH4	24"	Manhole	API 650	180°	9573 mm	--
N8	16"	Ventoe	SO 150# RF	127°	3450 mm	--
N9	16"	Ventoe	SO 150# RF	307°	3450 mm	--



DESARROLLO DE LA ENVOLVENTE VISTA POR EL EXTERIOR
ESCALA 1/125

DIBUJO	H.L.B	07/12/24	ESCALA	DISTRIBUCION DE BOQUILLAS	
DISEÑO	R.C.Q	07/12/24	1 : 1		
APROBO	J.A.S.A.	07/12/24	FECHA		
NORMA			11/09/23		
UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA LIMA SUR				PLANO N° 1/1	N°
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA				SUSTITUYE A	6
				SUSTITUIDO POR	