

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TANQUE DE  
NEUTRALIZACIÓN DE AGUAS ÁCIDAS, REDUCIENDO LA  
CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, CON SOFTWARE DE DISEÑO  
ESTRUCTURAL, MINA TANTAHUATAY- CAJAMARCA”**

**SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

**MIRIAM KATHERINE LOPEZ SILVA**

**WILY VIDAL QUISPE QUISPE**

Callao, 2019

PERÚ



## **DEDICATORIA**

A nuestros padres, por apoyarnos incondicionalmente en nuestro largo camino de nuestra profesión, dándonos los mejores consejos, guiándonos y haciéndonos personas de bien.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, a nuestros guadores, a las personas con gran sabiduría quienes nos ayudaron al llegar al punto donde estamos.

Fácil no ha sido en todo el proceso, gracias a todos los aportes transmitidos por parte de nuestro asesor, sus conocimientos, experiencias y mucha dedicación se ha logrado el objetivo de culminar el Informe de tesis y así obtener la anhelada titulación.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	13
ABSTRACT .....	14
INTRODUCCIÓN .....	15
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	17
1.2. Formulación del problema.....	17
1.2.1. Problema general .....	17
1.2.2. Problemas específicos .....	18
1.3. Objetivos .....	18
1.3.1. Objetivo general .....	18
1.3.2. Objetivos específicos.....	18
1.4. Limitantes de la investigación .....	19
1.4.1. Teórico .....	19
1.4.2. Temporal .....	19
1.4.3. Espacial.....	19
II. MARCO TEÓRICO .....	20
2.1. Antecedentes de la Investigación .....	20
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	20
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	20
2.2. Bases Teóricas .....	21
2.2.1. Tanque de almacenamiento .....	21
2.2.2. Normas Aplicables.....	22
2.2.3. Consideraciones del análisis y diseño estructural. ....	25
2.2.4. Aguas Acidas.....	29
2.3. Marco Conceptual.....	32
2.4. Definición de Términos Básicos .....	33
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES .....	33
3.1. Hipótesis General e Hipótesis Específicas.....	33
3.1.1. Hipótesis General .....	33
3.1.2. Hipótesis Específicas .....	33

3.2.	Definición conceptual de la variable.....	34
3.2.1.	Operacionalización de las variables .....	35
IV.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	36
4.1.	Tipo y diseño de Investigación.....	36
4.2.	Diseño de la investigación .....	36
4.2.1.	Memoria de cálculo de la cimentación del tanque neutralizador	36
4.2.2.	Memoria de cálculo del diseño .....	45
4.2.3.	Construcción del Tanque.....	71
4.2.4.	Presupuesto de Fabricación.....	97
4.2.5.	Medicación del pH para la neutralización .....	112
4.2.6.	Cronograma general de la fabricación del tanque neutralizador	116
4.3.	Población y muestra.....	118
4.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	118
4.5.	Plan de análisis estadístico de datos .....	118
V.	RESULTADOS.....	119
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	121
6.1.	Contratación y demostración de la hipótesis con los resultados.....	121
6.2.	Contratación de los resultados con otros estudios similares.....	122
CAPITULO VII.....		123
CONCLUSIONES.....		123
CAPITULO VIII.....		124
RECOMENDACIONES.....		124
CAPITULO IX.....		125
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		125
ANEXOS .....		127
ANEXO 1: Matriz de consistencia .....		128
ANEXO 2: Norma API 650.....		129
ANEXO 3- CALIFICACIÓN DE SOLDADORES .....		133
ANEXO 4 – TINTE PENETRANTE DEL CUERPO DEL TANQUE .....		143
ANEXO 5 – INFORME RADIOGRÁFICO DEL TANQUE NETRALIZADOR		144
ANEXO 6 – Tabla Psicométrica .....		146
ANEXO 7 – Registro de Recubrimiento Superficial .....		147

ANEXO 8 – Catálogo de Tubisa- Pesos y Áreas de Planchas .....	149
ANEXO 9 – Catálogo de Tradi SA. – Pesos de ángulos.....	150
ANEXO 10 – Catálogo de Tradi SA. – Pesos de conexiones .....	151
ANEXO 11 – Planos de Construcción.....	152

## TABLA DE CONTENIDO

Tabla 3.2. Operacionalización de variables .....	35
Tabla 4.1. Materiales a utilizar .....	36
Tabla 4.2. Condiciones del terreno – informe geotécnico .....	37
Tabla 4.3. Cargas actuantes (tn) – tanque de neutralización.....	37
Tabla 4.4. Cargas sísmicas – tanque de lodos .....	38
Tabla 4.5. Reacciones en los apoyos (kgf) .....	40
Tabla 4.6. Dimensiones generales de los tanques.....	46
Tabla 4.7. Materiales de la estructura del tanque neutralizador.....	46
Tabla 4.8. Dimensiones generales del tanque neutralizador .....	47
Tabla 4.9. Espesor para cada ancho de anillo o virola.....	50
Tabla 4.10. Asignación de espesores en base al dimensionamiento api 650. .	52
Tabla 4.11. Coeficiente de presión.....	55
Tabla 4.12. Parámetros sísmicos.....	57
Tabla 4.13. Reacciones en la base .....	65
Tabla 4.14. Medida de planchas .....	57
Tabla 4.15. Soldadores homologados.....	77
Tabla 4.16. Tasa de llenado de agua.....	86
Tabla 4.17 Tabla de pesos del metrado total del tanque neutralizador .....	99
Tabla 4.18 Tabla de areas del metrado total del tanque neutralizador .....	101
Tabla 4.19 Tabla de partida de corte y biselado - análisis de precio unitario .	103
Tabla 4.20 Tabla de partida de fabricación del tanque neutralizador - análisis de precio unitario.....	104

Tabla 4.21 Tabla de partida de pruebas de tintes penetrantes - análisis de precio unitario.....	105
Tabla 4.22 Tabla de partida de pruebas de neumática - análisis de precio unitario .....	107
Tabla 4.23 Tabla de partida de prueba de vacío - análisis de precio unitario	108
Tabla 4.24 Tabla de partida arenado y pintado - análisis de precio unitario ..	109
Tabla 4.25 Tabla de partida de elaboración de dossier de calidad - análisis de precio unitario.....	110
Tabla 4.26 Costo directo del tanque neutralizador.....	111
Tabla 4.27 Presupuesto general del tanque neutralizador .....	113
Tabla 4.28. Resultados del análisis químico con cal viva .....	116

## TABLA DE IMÁGENES

Figura N° 2.1 .....	26
Figura 2.2 .....	29
Figura 4.1 Espectro sísmico de diseño – Norma E.030 .....	38
Figura 4.2 Reacciones en los apoyos – carga muerta .....	39
Figura 4.3 Modelo estructural – cimentación tanque de neutralización.....	41
Figura 4.4 Modelo estructural – cargas muertas .....	42
Figura 4.5 Modelo estructural – cargas vivas.....	42
Figura 4.6 Modelo estructural – carga sismo X.....	43
Figura 4.7 Modelo estructural – carga sismo Y .....	43
Figura 4.8 Presiones transmitidas al terreno – kg/cm <sup>2</sup> .....	44
Figura 4.9 Diseño cimentación tanques de neutralización. ....	45
Figura 4.10 Isométrico de tanque de neutralización.....	48
Figura 4.11 Modelo sap2000 – tanque de neutralización.....	51
Figura 4.12 Cargas de plataforma kg/m y kg .....	53
Figura 4.13 Cargas de contenido tn/m <sup>2</sup> (p. hidráulica) .....	53
Figura 4.14 Cargas de sobrecarga kg/m (sobrecarga).....	54
Figura 4.15 Carga de viento x y y (kg/m <sup>2</sup> ) .....	56
Figura 4.16 Espectro de pseudo aceleraciones .....	58
Figura 4.17 Asignación de valores dinámicos .....	59

Figura 4.18 Desplazamiento horizontal debido a carga sismo x (1.06 mm).....	60
Figura 4.19 Mapa de esfuerzos $v_m$ del tanque (esfuerzo máximo=624.57 kg/cm <sup>2</sup> ) .....	61
Figura 4.20 Deformación por servicio: c. hidráulica + sobrecarga (mm) .....	62
Figura 4.21 Steel design section (anillo de refuerzo - ratio < 1) .....	63
Figura 4.22 Detalle de anillo de refuerzo – 14x4x3/8” .....	65
Figura 4.23 Corte y biselado de planchas .....	72
Figura 4.24 Corte de la plancha de fondo .....	73
Figura 4.25 Rolado de planchas .....	74
Figura 4.26 Armado de silletas.....	74
Figura 4.27 Armado del manhole .....	75
Figura 4.28 Armado de conexiones del tanque.....	75
Figura 4.29 Soldeo de las planchas del cuerpo del tanque.....	77
Figura 4.30 Soldeo de las planchas del cuerpo con el fondo del tanque .....	78
Figura 4.31 Armado del tanque neutralizador .....	78
Figura 4.32 Tinte penetrante del fondo del tanque.....	80
Figura 4.33 Prueba de vacío del tanque .....	82
Figura 4.34 Prueba neumática del tanque neutralizador.....	84
Figura 4.35 Prueba de estanqueidad del tanque neutralizador.....	88
Figura4.36 Rango de cinta replica .....	90
Figura 4.37 Arenado y pintura del tanque neutralizador parte interior .....	95

Figura 4.38 Arenado y pintura del tanque neutralizador parte exterior .....	97
Figura 4.39. Presupuesto de servicio de prueba radiografía.....	106
Figura 4.40 Materiales para neutralizar PH.....	113
Figura 4.41 Efluente – rio Ilaucano.....	114
Figura 4.42 Indicador de ph .....	115
Figura 4.43 Muestreo de agua residual.....	114
Figura 4.44 Medición del Indicador de PH .....	117

## **TABLA DE ECUACIONES**

Ecuación 2.1 Cálculo del espesor de la plancha del cuerpo según norma api 650 .....	24
Ecuación 2.2 Método matricial de los desplazamientos .....	25
Ecuación 2.3 Cedencia de von misses .....	27

## RESUMEN

En la presente investigación se realizó el diseño y construcción de un tanque Neutralizador de aguas ácidas, para la mina Tantahuatay en Cajamarca. El objetivo principal fue diseñar y construir un tanque de neutralización de aguas ácidas para reducir la contaminación ambiental de la mina Tantahuatay, con software de diseño estructural. Se aplicó la metodología de modelado, análisis y comparación de los resultados con los estándares. Se realizaron los cálculos para el diseño para el análisis de esfuerzo y cargas con el software SAP 2000, mediante el principio de elementos finitos, mediante la norma API 650 se seleccionaron los espesores de las planchas de base y cuerpo del tanque, también las virolas a usarse. Para la construcción del tanque Neutralizador se realizaron las pruebas de calidad, que son los tintes penetrantes, prueba de vacío, neumática, radiográfica y estanqueidad, cumpliéndose con las normas técnicas establecidas y garantizándose el buen diseño y las uniones soldadas en el tanque. El costo de fabricación del tanque neutralizador de 2.7 diámetro y 6.1 m de altura fue de 95,875.20 soles, siendo un precio que se ajusta al costo mercado. Para neutralizar el tanque se realizaron ensayos en una muestra de agua ácida y la medición del indicador de PH añadiendo un agente neutralizador cal viva en cantidades medibles, se logró la neutralización a un PH de 6 con 442 kg de cal viva para una capacidad de 34 m<sup>3</sup> del tanque.

**Palabras clave:** Diseño, Construcción, API 650, SAP 2000, Tanque neutralizador de aguas acidas.

## ABSTRACT

In the present investigation, the design and construction of an acid water Neutralizer tank was carried out for the Tantahuatay mine in Cajamarca. The main objective was to design and build an acid water neutralization tank to reduce the environmental contamination of the Tantahuatay mine, with structural design software. The methodology of modeling, analysis and comparison of the results with the standards was applied. The calculations for the design for the stress and load analysis were performed with the SAP 2000 software, using the finite element principle, using the API 650 standard, the thicknesses of the base plates and body of the tank were selected, also the ferrules to be used. For the construction of the Neutralizer tank, quality tests were performed, which are penetrating dyes, vacuum, pneumatic, radiographic and tightness tests, complying with the established technical standards and guaranteeing good design and welded joints in the tank. The manufacturing cost of the 2.7 diameter, 6.1 m high neutralizer tank was 95,875.20 soles, being a price that fits the market cost. To neutralize the tank, tests were carried out on a sample of acidic water and the measurement of the PH indicator by adding a neutralizing agent quicklime in measurable quantities, neutralization was achieved at a pH of 6 with 442 kg of quicklime for a capacity of 34 m<sup>3</sup> of the tank.

**Keywords:** Design, Construction, API 650, SAP 2000, Acid water neutralizer tank.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la minera Tantahuatay que es una unidad minera de Cia Minera Coimolache S.A. es una empresa afiliada y gerenciada por Buenaventura que produce oro a tajo abierto, se ubica en los distritos de Hualgayoc y Chungur, en la provincia de Hualgayoc, ubicado en la parte alta de la cuenca del rio Llaucano, en las microcuencas: Quebrada Tres Amigos, Quebrada Tres Mosqueteros y Quebrada Puente de la Hierba, región Cajamarca.

Las principales consecuencias que producen aguas ácidas en la minería son originadas mediante oxidación química y la disponibilidad de pirita, para reducir dichas aguas acidas se debe tomar medidas preventivas mediante el tratamiento de aguas acidas, añadiendo un agente neutralizador que es cal viva que incrementará el indicador de PH hasta neutralizarla.

El objetivo principal fue el diseño y construcción de un tanque neutralizador de tratamiento de aguas ácidas para reducir la contaminación ambiental de la mina Tantahuatay, con software de diseño estructural.

La metodología empleada fue de modelado, análisis y comparación con los estándares para el diseño del tanque, el diseño de investigación para el análisis de la neutralización fue causal comparativo, se tomaron diez muestras de agua del rio a las cuales se aplicó cal viva en diferentes cantidades como elemento neutralizador.

El diseño del tanque se hizo mediante la norma API 650, para la selección del dimensionamiento, el número de planchas, el espesor del fondo y cuerpo del tanque, para los cálculos de esfuerzos soportados, en cuanto a sismo cargas, aire se hizo mediante el software SAP 2000, con el método de elemento finitos, y posterior a ello el modelado del tanque.

Para la construcción del tanque cumple con todas las normas técnicas de pruebas de calidad, a su vez se realizaron las pruebas de inspección visual, tintes penetrantes, prueba de vacío para el fondo del tanque, neumática, estanqueidad, y radiográfica en las uniones soldadas.

Para el diseño y construcción del tanque se evaluó los costos por la construcción del tanque mediante el análisis de precio unitario, costo de

personal operativo y supervisión, costo de material y costo por servicio de radiografiado.

El costo de fabricación del tanque neutralizador de 2.7 diámetro y 6.1 m de altura fue de 95,875.20 soles, siendo un precio que se ajusta al costo mercado. Para neutralizar el tanque se realizaron ensayos en una muestra de agua ácida y la medición del indicador de PH añadiendo un agente neutralizador cal viva en cantidades medibles, se logró la neutralización a un PH de 6 con 442 kg de cal viva para una capacidad de  $34m^3$  del tanque.

# **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1. Descripción de la realidad problemática**

La minería es una de las actividades con mayor uso de agua, por un lado, utiliza un gran número de operaciones, volúmenes por lo cual como consecuencia de esto hay mucha contaminación de aguas ácidas. En todos los proyectos mineros es preciso contemplar los medios necesarios para tratamiento y evacuación de agua, tomando medidas de prevención de la contaminación de las mismas durante la explotación.

Las explotaciones mineras provocan ciertos efectos hidrobiológicos sobre las aguas superficiales, como la disminución de la calidad de agua, haciéndola inadecuado para el consumo humano y otros usos. La acidificación de las aguas de mina crea numerosos problemas, ya que en el contacto con el aire producen la oxidación química y biológica de los sulfuros.

Motivo por lo cual para evitar este daño medio ambiental se debe tomar medidas preventivas como la implementación del tratamiento de aguas residuales mediante la construcción del tanque de neutralizador de las aguas ácidas, utilizando una metodología innovadora, con estándares definidos en normas para la construcción del tanque de neutralización-sedimentación.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo diseñar y construir un tanque de neutralización de tratamiento de aguas ácidas para reducir la contaminación ambiental de los efluentes cercanos a la mina Tantahuatay, con software de diseño estructural?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Con qué norma se puede diseñar un tanque de neutralización de aguas ácidas?
- ¿Con qué software se puede verificar el valor de cargas calculadas para el diseño y construcción del tanque de neutralización de aguas ácidas?
- ¿Cuáles son las normas aplicables para la construcción y pruebas del tanque de neutralización de aguas ácidas?
- ¿Cómo determinar el indicador de PH, añadiendo cal viva, para neutralizar las aguas ácidas del tanque?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Diseñar y Construir un tanque de neutralización de tratamiento de aguas ácidas para reducir la contaminación ambiental de la mina Tantahuatay, con software de diseño estructural.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Diseñar un tanque de neutralización de aguas ácidas empleando la norma API 650, para reducir la contaminación ambiental.
- Verificar el valor de cargas calculadas para el diseño y construcción del tanque de neutralización de aguas ácidas con el SAP 2000.
- Seleccionar las normas técnicas apropiadas para la construcción y pruebas del tanque de Neutralización de aguas ácidas.
- Determinar el indicador del PH, añadiendo cal viva, para neutralizar las aguas ácidas del tanque.

## **1.4. Limitantes de la investigación**

### **1.4.1. Teórico**

De acuerdo con las fuentes de información, no tuvimos limitantes ya que tanto en fuentes de tesis pasadas, internet, estos fueron suficiente para elaboración del presente informe.

### **1.4.2. Temporal**

Una limitante fue de reunirnos debido a nuestros trabajos y la poca disposición del tiempo fueron circunstancias en la cual limitaba el desarrollo del presente informe.

### **1.4.3. Espacial**

De acuerdo al presente informe se tuvo una limitante ya que tuvimos que sacar permisos para extraer una muestra de agua ácida residual en un efluente cercano, ya que esa zona está restringida y monitoreada constantemente por seguridad.

También para la toma de evidencias de la medición del PH, por cuestiones de seguridad y por política de la minera Tantahuatay no se permitió tomar las mediciones en la misma mina por lo se tomaron las muestras la planta de fabricaciones.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la Investigación

Se presentan los siguientes trabajos, los cuales sirvieron de guía para el desarrollo de esta investigación:

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

JIMENEZ, Galo (2009), desarrollo la tesis titulada “Diseño y construcción de un tanque para almacenar 2000 toneladas de aceite de palma basado en la norma API – 650 - 2017”, en la cual proporciono las consideraciones de diseño del tanque y en las especificaciones analiza todos los elementos constitutivos del tanque que se construye, consideraciones estructurales, estabilidad por condiciones ambientales.

MAYORGA, Omar (2009), desarrollo la tesis titulada “Inspección física y análisis estructural para determinar operatividad de un tanque cilíndrico vertical para almacenamiento de fuel oil de acuerdo a norma 653 luego de un siniestro”, lo cual busco verificar el análisis de operatividad del tanque, inspección general del tanque y análisis estructural y es establecer requisitos técnicos y documentales utilizando métodos de ingeniería, ensayos no destructivos y cálculos de estabilidad para determinar la operatividad del tanque.

#### 2.1.2. Antecedentes nacionales

MALAGA, José (2014), desarrollo la tesis “Evaluación del diseño estructural de un sistema de tanque – plataforma de lixiviación de  $3336m^3$  de capacidad”, en el cual realizó una evaluación del diseño estructural del conjunto aplicando conceptos de ingeniería, según la normativa vigente y

empleando para el cálculo el método de elementos finitos (MEF) y garantizar un funcionamiento seguro de tanque – plataforma tomando las consideraciones de la norma API 650.

ANAYA, Ronald (2016), desarrollo la tesis “Estudio de la influencia del espesor de cono profundo, para la recuperación del agua de la compañía minera volcán s.a.” en ella trato la rrecuperación de agua de rebose, giro de “rastra”, dosificación del floculante usando el cono profundo y garantizar un funcionamiento seguro de tanque – plataforma tomando las consideraciones de la norma API 650.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Tanque de almacenamiento**

León (1994), manifiesta que se utilizan para conservar algún producto ya sea para comercialización o algún uso posterior. Por lo cual se clasifican en lo siguiente:

#### **a. Tanques Cilindros Horizontales**

Son de volúmenes bajos, presentan problemas por fallas de corte y flexión. Se usan para almacenar volúmenes pequeños.

#### **b. Tanques Cilíndricos Verticales de Fondo Plano**

León (1994), sostiene que permite almacenar grandes cantidades de volúmenes a bajos costos, por lo que resulta rentable. Es limitante ya que solo pueden ser usados a presión atmosférica, estos tipos de tanques, de acuerdo al Estándar API650; se clasifican según el tipo de techo:

**Techo Fijo:** Se utilizan para contener productos volátiles o de bajo contenido de ligeros (no inflamables) como son: agua, diésel, asfalto, petróleo, crudo, etc. Los techos flotantes se clasifican en:

- Techos auto soportados
- Techos soportados

**Techo Flotante:** según León (1994), se emplean para almacenar productos con alto contenido de volátiles como: gasolinas, alcohol, y combustibles en general. Este tipo de techo fue desarrollado para reducir o anular la cámara de aire, o espacio libre entre el espejo del líquido y el techo, además de proporcionar un medio aislante para la superficie del líquido, reducir la velocidad de transferencia de calor al producto almacenado durante los periodos en que la temperatura ambiental es alta, evitando así la formación de gases, y consecuentemente, la contaminación del ambiente, y al mismo tiempo se reducen los riesgos al almacenar productos inflamables.

**Tanques sin Techo:** Se utilizan para almacenar productos en los cuales no es importante que éste se contamine o que se evapore la atmósfera como el caso del agua cruda, residual, contra incendios, etc.

### **2.2.2. Normas Aplicables**

León (1994), sostiene que el código de construcción establece las reglas que intervienen en todos los aspectos que este considere necesario tratar (Diseño de elementos, selección de materiales, tipo de juntas, pruebas y ensayos, inspecciones, etc.) las cuales pueden tener otros

documentos de referencia para su aplicación o guía en temas específicos.

Estos códigos de construcción son desarrollados, revisados y editados por instituciones u organismos como ASME, AWS, API, AISC, NFPA, entre otros (USA), que combinan el conocimiento teórico con la experiencia lo que el tiempo ha permitido mejorar los diseños y métodos de construcción.

En tanques atmosféricos, el código a aplicar es el API-650. Este estándar cubre requerimientos para materiales, diseño, fabricación montaje y pruebas de tanques soldados verticales cilíndricos, no enterrados con extremo superior abierto o cerrado en varios tamaños y capacidades para presiones internas aproximadas a las atmosféricas (no deben exceder el peso de las láminas del techo), pero se permite presiones internas más altas cuando se cumplen requerimientos adicionales.

El API-650 está diseñado para construir tanques con seguridad adecuada y costos razonables para almacenamiento de petróleo y sus derivados y otros productos líquidos comúnmente usado y almacenados por la industria. El código no establece tamaños específicos de tanque, por el contrario, se puede escoger cualquier tamaño que sea necesario.

Su intención es ayudar a los clientes y a los fabricantes a comprar, fabricar y montar los tanques y no pretende prohibir la compra o fabricación de tanques que cumplan con otras especificaciones.

Según API Standard 650 (2016), las reglas de código API-650 no son aplicaciones más allá de los siguientes límites

en la tubería conectadas interna o externamente al techo, cuerpo o fondo del tanque:

- La cara de la primera brida en conexiones bridadas, excepto cuando se suministran tapas o bridas ciegas.
- La primera superficie de sello en accesorios o instrumentos.
- La primera junta roscada en conexiones roscada.
- La primera junta circunferencial en conexiones soldadas, si no están soldadas a una brida.

Debe quedar claro que el fabricante es el responsable del cumplimiento de todo el requerimiento del código. La inspección por el inspector del comprador no le quita al fabricante la obligación de suministrar el control de calidad y la inspección necesarias para garantizar tal cumplimiento.

#### **a. Cálculo del Espesor de la plancha del cuerpo según Norma API 650**

Según API Standard 650 (2016), para el cálculo recomienda recurrir a la sección 5.6.3.2, donde se debe utilizar el método de un pie, para tanques con diámetros menores a 60 m. Se calcula el espesor para condición de diseño con la Ecuación 2.1, cómo se presenta a continuación:

$$t_d = \frac{4.9D (H - 0.3)G}{S_d} + CA \quad (2.1)$$

Donde:

$t_d$  = Espesor de diseño del cuerpo (mm)

$t_t$  = Espesor del cuerpo en condición de prueba hidrostática (mm)

$D$  = Diámetro del tanque (m)

$H = \text{Nivel del fluido (m)}$

$G = \text{Gravedad específica del fluido (gr/cm}^3\text{)}$

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

$S_d = \text{Esfuerzo admisible para condición de diseño (MPa)}$

#### **b. Espesor de la base según Norma API 650.**

Según API Standard 650 (2016), la sección 5.4.1, pone en conocimiento que las planchas de la base deben tener un espesor igual o mayor a 6 mm sin incluir ninguna tolerancia de corrosión especificada, donde las planchas rectangulares de la base deben ser de 1800 mm como mínimo.

### **2.2.3. Consideraciones del análisis y diseño estructural.**

#### **a. Consideraciones de Análisis Estructural.**

En función a los modelos estructurales, se puede realizar el Análisis Estructural por el método Matricial de los desplazamientos.

Este método es aplicable a estructuras de barras que se comportan en forma lineal y elástica y consiste en determinar la estructura mediante una matriz, determinada matriz de rigidez.

Esta matriz se relaciona con los vectores de cargas, para determinar los desplazamientos en los nodos y de esta manera obtener las fuerzas internas en los elementos estructurales y poder realizar el diseño de los elementos.

La siguiente ecuación 2.2, muestra la relación entre fuerzas nodales, la matriz de rigidez y desplazamientos de los nodos:

Ecuación general – Método matricial de los desplazamientos

$$\begin{Bmatrix} F_1 + R_1 \\ F_2 + R_2 \\ \dots \\ F_n + R_n \end{Bmatrix}_G = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2n} \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ k_{n1} & k_{n2} & \dots & k_{nn} \end{bmatrix}_G \begin{Bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \dots \\ \delta_n \end{Bmatrix}_G \quad (2.2)$$

En la cual se debe utilizar el software SAP2000 para realizar los modelos estructurales y obtener las fuerzas internas en los elementos, para posteriormente realizar el diseño de los mismos.

### b. Consideraciones del Diseño Estructural.

Para el diseño de elementos de concreto armado se debe utilizar los siguientes códigos y especificaciones:

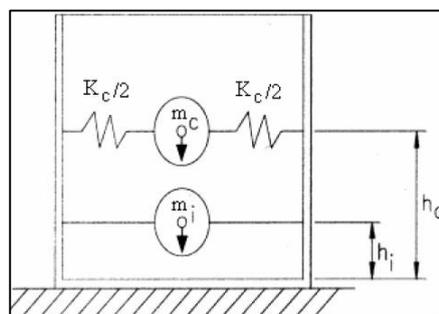
- RNE E.060 Concreto Armado.
- ACI 318-08 Building Code Requirements for Structural Concrete.
- ACI 301-99 Specifications for Structural Concrete.

### c. Consideraciones Dinámicas en Tanques

El comportamiento del sistema tanque-líquido, se representa mediante el modelo de Haroun, que modificó el modelo de Housner para considerar la flexibilidad de la pared del tanque.

**Figura N° 2.1**

Consideraciones dinámicas



Fuente: Elaboración propia

Donde:

- L = Longitud En La Dirección De La Fuerza Sísmica.
- h = Altura De La Base Del Tanque A La Superficie Libre Del Líquido
- ma = Masa Del Líquido
- mi = Masa Impulsiva
- mc = Masa Convectiva
- hi = Altura De La Masa Impulsiva O Masa Fija
- hc = Altura De La Masa Convectiva O Masa Móvil
- Kc = Rigidez Del Líquido Para La Masa Convectiva Mc

#### d. Esfuerzo de Von Mises

Los resultados experimentales indican que, de todas estas teorías sobre la ruptura, en los materiales dúctiles la que da resultados más adaptados a la realidad es la teoría de distorsión máxima de Von Mises (criterio de diseño).

La Teoría de la cedencia de Von Mises conocida también como teoría de la distorsión máxima, supone que la cedencia puede ocurrir, en un estado general triaxial de esfuerzos principales es igual al mismo valor en un ensayo a tensión simple, Si  $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$  son los esfuerzos principales y  $\sigma_{VM}$  es el esfuerzo de cedencia en tensión simple, como se tiene en la ecuación 2.3, de a continuación:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2}{2}} \quad (2.3)$$

En consecuencia, se prevé que ocurrirá la fluencia cuando  $\sigma_{VM} \geq \sigma_{fluencia \text{ acero}}$  (criterio de diseño)

### **e. Método de Elementos finitos.**

Este método numérico que es muy complejo se necesita de las matemáticas con el uso de ecuaciones diferenciales parciales y de físicas e ingeniería. Este método está pensado resolver con algún software mediante el uso de calculadoras, graficadoras, computadoras ya que son operaciones bastante complejas y pueden simular sistemas físicos, biológicos entre otros.

Según Ferrari y Del Castillo (2018), estas ecuaciones que rigen el comportamiento del continuo, también regirán al elemento. Así pasa de un sistema continuo (Infinitos grados de libertad), a un sistema con un número de grados de libertad finito cuyo comportamiento se modela por un sistema de ecuaciones, lineales o no. La resolución de un problema diferencial sobre un dominio mediante el método de elemento finito se puede dividir en dos etapas:

- El establecimiento de la formulación más simple del problema.
- Búsqueda de una solución aproximada mediante la discretización del dominio en un número finito de elementos en los que se establece la aproximación de la función incógnita.

### **Principios del método de los elementos finitos**

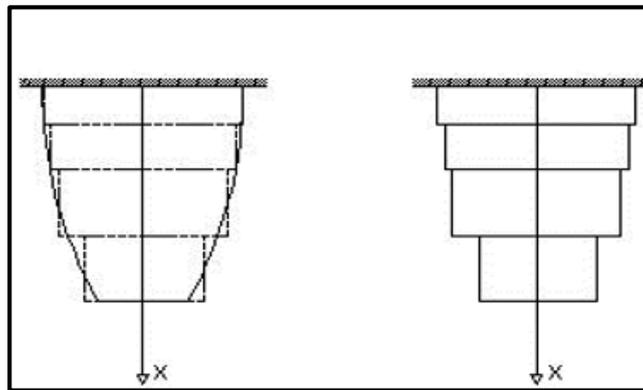
Este método resuelve estructuras continuas, este método va enlazado e interconectado a un sistema llamados nodos, de esta forma tiene infinitos grados de libertad, y se modela por un sistema de ecuaciones lineales y no lineales también.

Lo primero es dividir la barra con una flecha de sección variable, uniformemente se modelará cuatro elementos finitos según la figura izquierda

La figura que está a la derecha, consiste en evaluar una sección transversal promedio que luego se usará para definir un elemento transversal uniforme.

**Figura 2.2**

Discretización con elementos finitos de una barra



Fuente: Ferrari y Del Castillo (2018)

Se podría descomponer en regiones transversales como triangulares, poligonales entre otros para poder hallar el área promedio total, entre más pequeños son descompuestos.

#### **2.2.4. Aguas Ácidas.**

Las aguas ácidas que se producen en el sector minero es consecuencia de los metales desprendidos de la misma. Cabe recalcar que los efluentes cercanos a la propia minera están contaminados de ácidos sulfúricos proveniente del mineral que es la pirita. Por lo cual las grandes mineras realizan proyectos de pozas de

sedimentación para tratar estas aguas ácidas y posterior a ello neutralizarla ya sea añadiendo un elemento neutralizador como lechada de cal, cal viva, ú otro, que realizando experimentalmente se trató con una muestra dando resultados de variabilidad y aumento del indicador de PH.

#### **a. Producción de Aguas Ácidas**

La producción de aguas ácidas, está controlada por los siguientes factores:

- Disponibilidad de piritita
- Presencia de oxígeno
- Existencia de la humedad en la atmósfera
- Disponibilidad de agua para transportar los productos de oxidación.
- Características de la mina o de los depósitos estériles.  
La velocidad de reacción depende de numerosas variables como:
  - PH y temperatura, de agua y ambiente
  - Tipo de mineral sulfuroso y superficie expuesta
  - Concentración de oxígeno
  - Agentes catalíticos y actividad química del hierro férrico
  - Energía de actuación química requerimiento para que se inició la reacción

Sobre algunas de estas variables se puede actuar, para reducir dichas aguas ácidas.

Muchas veces, sobre una explotación minera subterránea se implanta una a cielo abierto, que es colectora de aguas de escurrimiento, las cuales se introducen en la mina.

La acidez, con el PH, del agua, tiene las siguientes consecuencias principales:

El agua se hace fuertemente corrosiva si:

- La solubilidad de muchos metales pesados aumenta, con lo que las aguas llegan a ser tóxicos.
- Cuando las causas naturales o provocadas, se eleva el PH del agua comienza la precipitación de metales pesados.
- En ese sentido puede decirse que cada metal disuelto precipita aun determinado PH.

#### **b. Estudio de impacto ambiental.**

La compañía minera, informó que en diciembre del 2016 se culminaron las construcciones de las pozas de sedimentación.

Explicaron de que, como parte del plan integral de manejo de aguas, ha construido en la mina Tantahuatay dos pozas para captar aguas de escorrentías, producto de las lluvias, y de esta manera preservar las condiciones de la quebrada.

Precisaron que el plan de manejo de aguas que se hace referencia, la construcción se inició luego de la aprobación del estudio de impacto ambiental (EIA). Además, para empezar la construcción se suscribió un convenio social con la comunidad del Tingo, que es parte del distrito de Hualgayoc. En este convenio, la compañía se comprometió a generar oportunidades de trabajo para los empresarios y la población en general e invertir en educación, desarrollo agropecuario y en salud.

Gracias a un esfuerzo conjunto, la unidad minera Tantahuatay produjo su primera barra Doré en agosto del 2011. La operación comenzó con un ritmo de producción de 12 mil toneladas día, actualmente se cuenta con permiso para producir un promedio de 45 mil toneladas día.

Durante nuestra visita conversamos con el Ing. Gary Chircca, Gerente de Unidad Minera Tantahuatay, quien manifestó que la operación comenzó con un plan de vida de 5 años porque eran 650 mil onzas de reserva. Sin embargo, tienen reservas hasta el año 2022; pero se sigue explorando con la intención de seguir operando hasta el 2025.

## **2.3. Marco Conceptual**

### **2.3.1 Tratamiento de Aguas Ácidas.**

Para el tratamiento de aguas ácidas se realizaron diferentes ensayos según Calvo, Casado, Chenique y Abella (2013), Para determinar los parámetros referidos a la decantabilidad del producto precipitado, que serán necesarios para el diseño y dimensionado del tanque de sedimentación en interior de mina, se realizan columnas de sedimentación utilizando varias cantidades de floculante.

- **Pruebas estáticas de Neutralización – Precipitación**

En esta prueba experimental solo se medirá el indicador de PH del agua ácida sin añadir ningún tipo de agente neutralizador.

## 2.4. Definición de Términos Básicos

- Aguas ácidas: Son aguas contaminadas por metales cuyo indicador de PH es menor de 7.
- Pirita: Es un mineral constituido por sulfuro de hierro, y ácido sulfúrico, que es el principal componente de las aguas ácidas.
- API 650: Norma Internacional aplicada en la construcción de tanques de almacenamiento.
- PH: Indicador si una solución es de tipo ácida o básica.
- Solubilidad: Proceso de fase líquido a sólido.
- Floculante: Es una sustancia química básica que, provoca la precipitación.
- Precipitación. Es un tratamiento químico en la cual reaccionan una disolución.

## III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

### 3.1. Hipótesis General e Hipótesis Específicas

#### 3.1.1. Hipótesis General

“Si se diseña y construye un tanque de neutralización de tratamiento de aguas ácidas, se reducirá la contaminación ambiental de los efluentes cercanos a la mina Tantahuatay con software de diseño estructural”.

#### 3.1.2. Hipótesis Específicas

- Si se emplea la norma API 650, entonces permitirá dimensionar el tanque de neutralizador de aguas ácidas.
- Si se utiliza el SAP 2000, permitirá verificar las cargas calculadas.
- Al seleccionar las normas técnicas se construirá el

tanque de neutralización, cumpliendo dichas normas.

- Si se determina el indicador de PH, añadiendo cal viva, se neutralizará las aguas ácidas del tanque.

### **3.2. Definición conceptual de la variable**

Según concepto lógica (causa-efecto). Se entiende que la variable independiente es aquella que es relativamente autónoma de las demás, es decir es la causa que explica el fenómeno, y la variable dependiente a ser el efecto.

- **Variable independiente**

Tanque de neutralización de tratamiento de aguas ácidas.

Un elemento con conexiones entrada hombre en donde se realizó el diseño según norma API650, para la construcción y pruebas de calidad se trabajaron con normas específicas.

- **Variable Dependiente**

contaminación ambiental.

Son componentes nocivos y perjudiciales para todos los efluentes cercanos a la minera Tantahuatay

### 3.2.1. Operacionalización de las variables

**Tabla 3.2.1**

Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador
<b>Variable Independiente</b> Tanque de neutralización de aguas ácidas.	Diseño Mecánico	Tipo de material
		Dimensiones de estructuras
		Uniones soldadas
	Cálculo Mecánico	Velocidad del viento Condiciones climatológicas
	Selección de Equipos y Accesorios	PH del agua ácida Ca viva
	Construcción del Tanque	Corte y biselado
		Soldadura de las planchas del tanque, conexiones y cartelería Pruebas de calidad Costo de Fabricación
<b>Variable Dependiente</b> contaminación ambiental	Impacto ambiental	Contaminación Ambiental

Fuente: Elaboración propia

## IV. DISEÑO METODOLÓGICO

### 4.1. Tipo y diseño de Investigación

El tipo de investigación es de tipo tecnológica y aplicativo ya que los resultados se aplicarán para la fabricación del tanque neutralizador de aguas ácidas en la minera Tantahuatay, con el fin de reducir la contaminación al medio ambiente.

### 4.2. Diseño de la investigación

#### 4.2.1. Memoria de cálculo de la cimentación del tanque neutralizador

##### a. Materiales a utilizar

**Tabla 4.1**

Materiales a utilizar

Descripción	Resistencia
Acero de Refuerzo	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Zapatas	$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
Pedestales	$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
Muros	$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
Solado de Concreto simple	$f_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$
Falsa Zapata	$f_c = 100 \text{ Kg/cm}^2 + 30\%$ de Piedra Grande

Fuente: Elaboración propia

##### b. Condiciones de terreno

De acuerdo con lo indicado por el cliente, se realizará una preparación y mejoramiento del terreno actual, debiendo cumplir lo indicado en la tabla 4.2, de los parámetros y condiciones del terreno.

**Tabla 4.2**

Condiciones del terreno – informe geotécnico

Descripción	Unidad	Valor
Módulo de Balasto	kg/m <sup>3</sup>	2200000.00
Capacidad Admisible	Kg/cm <sup>2</sup>	1.3
Angulo de fricción		21
Cohesión	Kg/cm <sup>2</sup>	0.23

Fuente: Elaboración propia

**a. Cargas Actuantes**

**Cargas Muerta y Viva Tanque de Neutralización.**

Las cargas de gravedad (muertas y vivas) consideradas para el diseño de la cimentación de los Tanques de Neutralización son las indicadas en la tabla 4.3, según la información proporcionada por el proveedor de los equipos.

**Tabla 4.3**

Cargas actuantes (tn) – tanque de neutralización

Descripción	Carga Muerta (tn)	Carga Viva (tn)
Tanque Neutralizador	6.00	30.92

Fuente: Elaboración propia

**Cargas de Sismo.**

Las cargas sísmicas consideradas en el presente análisis en función a la norma E.030 aprobada en el año 2016 son las indicadas en la tabla 4.4

**Tabla 4.4**

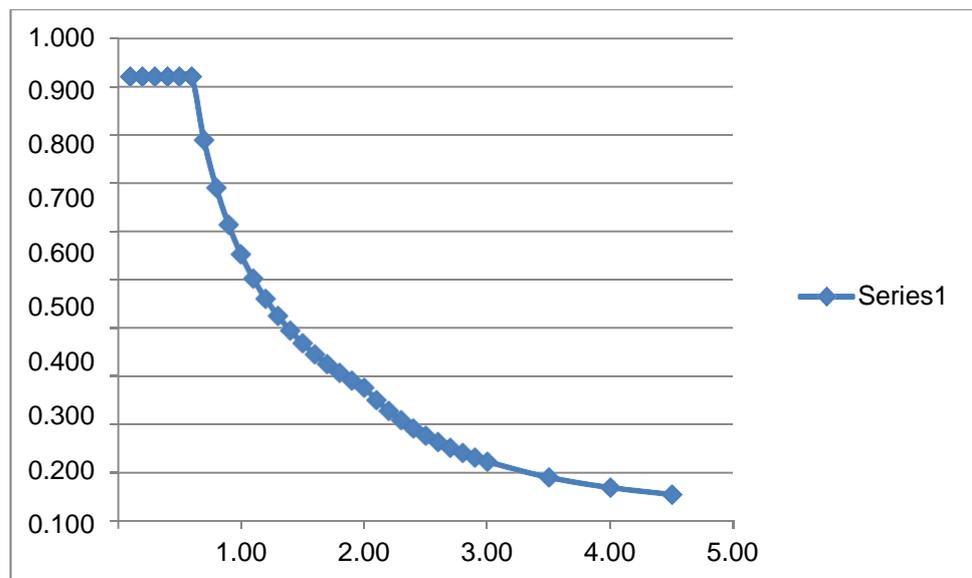
Cargas sísmicas – tanque de lodos

Descripción	Valor
Factor de Zona Z	0.25
Factor de Uso U - Común	1.0
Factor de Suelo – S2 Intermedio	1.2
Tp	0.6
Tl	2.0
Coficiente de Reducción - R	8

Fuente: Elaboración propia

**Figura 4.1**

Espectro sísmico de diseño – Norma E.030



Fuente: Elaboración propia

### c. Análisis y diseño – Tanque de Neutralización

Se procedió a realizar el modelo estructural de la cimentación del tanque de Neutralización, de acuerdo con las cargas y reacciones en los apoyos calculados en el capítulo 4.2.1

#### Determinación de Reacciones en los apoyos

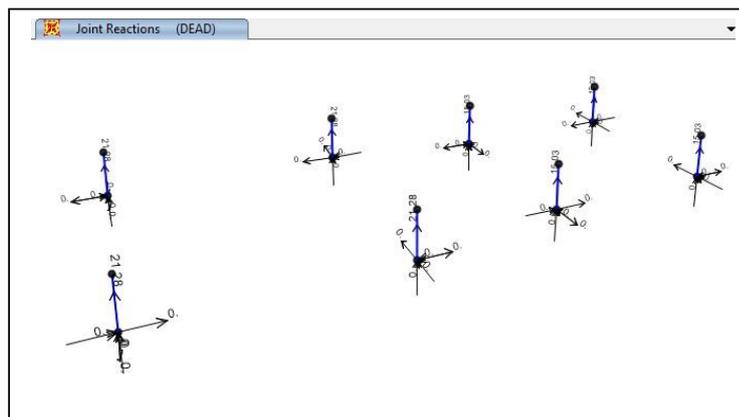
Para la determinación de las reacciones en los apoyos, se consideró una masa ubicada en el centro de gravedad del tanque, con los pesos indicados en el presente documento de las cargas actuantes.

Con las masas consideradas, y las condiciones sísmicas indicadas del presente documento, se consideraron las reacciones de los apoyos.

En la figura 4.2 se muestra la distribución y las reacciones de los apoyos por Carga muerta.

**Figura 4.2**

Reacciones en los apoyos – carga muerta



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.5 se muestran las reacciones en los apoyos por los distintos tipos de cargas.

**Tabla 4.5**

Reacciones en los apoyos (kgf)

	<b>Tipo de Carga</b>	<b>F1 Kgf</b>	<b>F2 Kgf</b>	<b>F3 Kgf</b>
1	DEAD	0	0	2169.61
1	VIVA	0	0	14734.9
1	SISMO_X	1585.37	475.61	4302.11
1	SISMO_Y	475.61	1585.36	4302.11
2	DEAD	0	0	2169.61
2	VIVA	0	0	14734.9
2	SISMO_X	1585.37	475.58	4302.12
2	SISMO_Y	475.61	1585.27	4302.12
5	DEAD	0	0	2169.61
5	VIVA	0	0	14734.9
5	SISMO_X	1585.27	475.61	4302.12
5	SISMO_Y	475.58	1585.36	4302.12
7	DEAD	0	0	2169.61
7	VIVA	0	0	14734.9
7	SISMO_X	1585.27	475.58	4302.11
7	SISMO_Y	475.58	1585.27	4302.11
8	DEAD	0	0	1532.28
8	VIVA	0	0	7902.8
8	SISMO_X	884.78	265.45	3158.75
8	SISMO_Y	265.44	884.83	3158.74
9	DEAD	0	0	1532.28
9	VIVA	0	0	7902.8
9	SISMO_X	884.78	265.44	3158.77
9	SISMO_Y	265.44	884.78	3158.77
10	DEAD	0	0	1532.28
10	VIVA	0	0	7902.8
10	SISMO_X	884.83	265.45	3158.77
10	SISMO_Y	265.45	884.83	3158.77
12	DEAD	0	0	1532.28
12	VIVA	0	0	7902.8
12	SISMO_X	884.83	265.44	3158.74
12	SISMO_Y	265.45	884.78	3158.75

Fuente: Elaboración propia

### **Diseño de la cimentación – Tanques de Neutralización.**

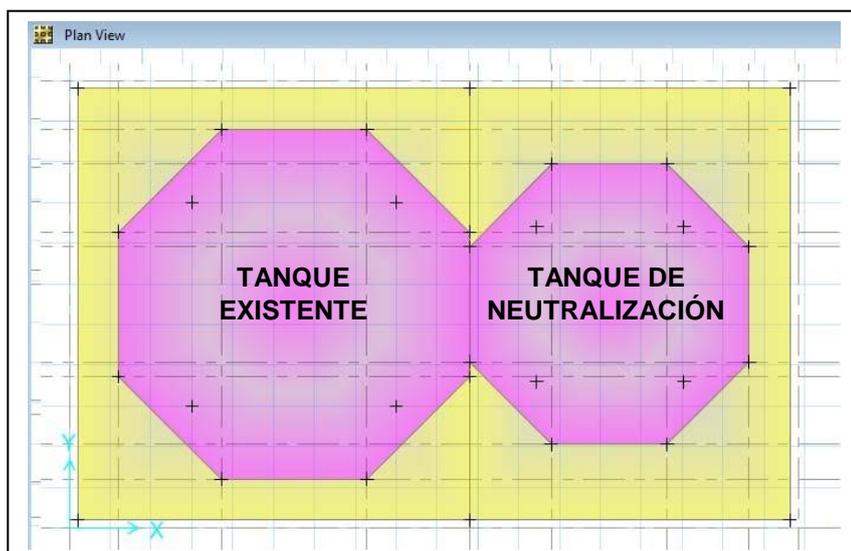
Para el diseño de la cimentación del Tanques de Neutralización, se consideró las reacciones en los apoyos indicados del presente documento.

Se consideró el efecto de los momentos producidos por la acción de las fuerzas horizontales por efectos sísmicos en la base de la cimentación.

En la figura 4.3 se muestra el modelo de la cimentación considerado para el diseño.

**Figura 4.3**

modelo estructural – cimentación tanque de neutralización.

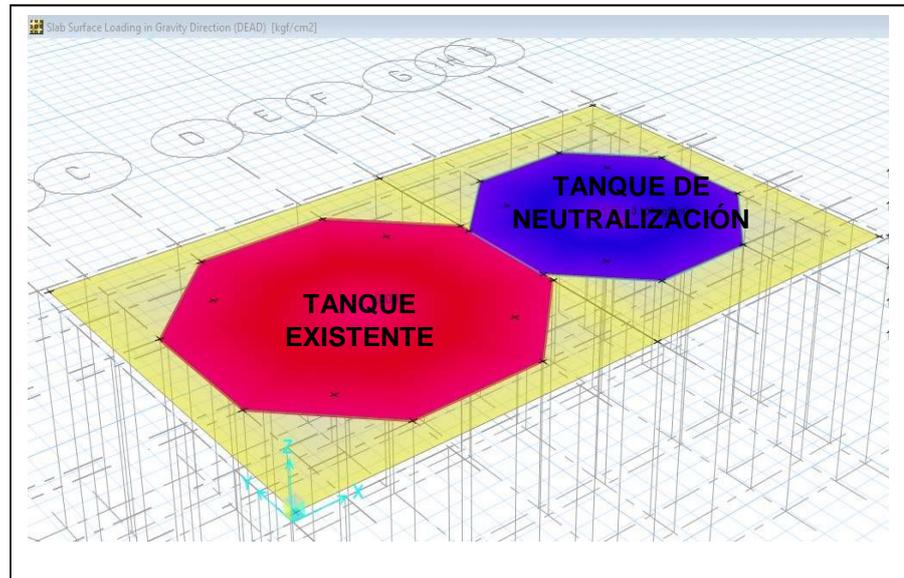


Fuente: Elaboración propia

En las figuras 4.4, 4.5, 4.6 y 4.7 se muestran las cargas aplicadas en el modelo estructural para cada estado de carga (muerta, viva, sismo X y sismo Y).

**Figura 4.4**

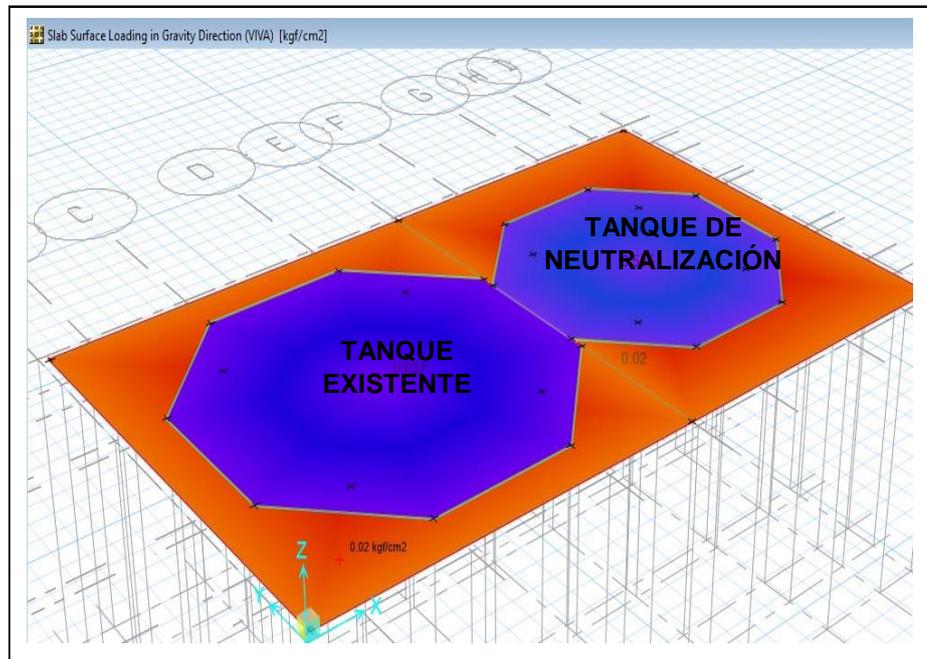
Modelo estructural – cargas muertas



Fuente: Elaboración propia

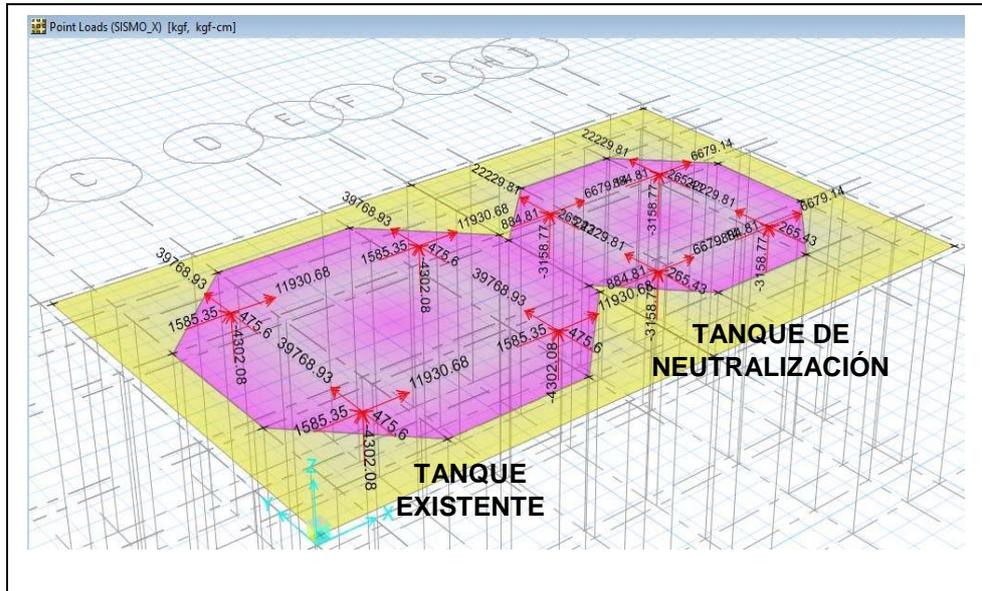
**Figura 4.5**

Modelo estructural – cargas vivas



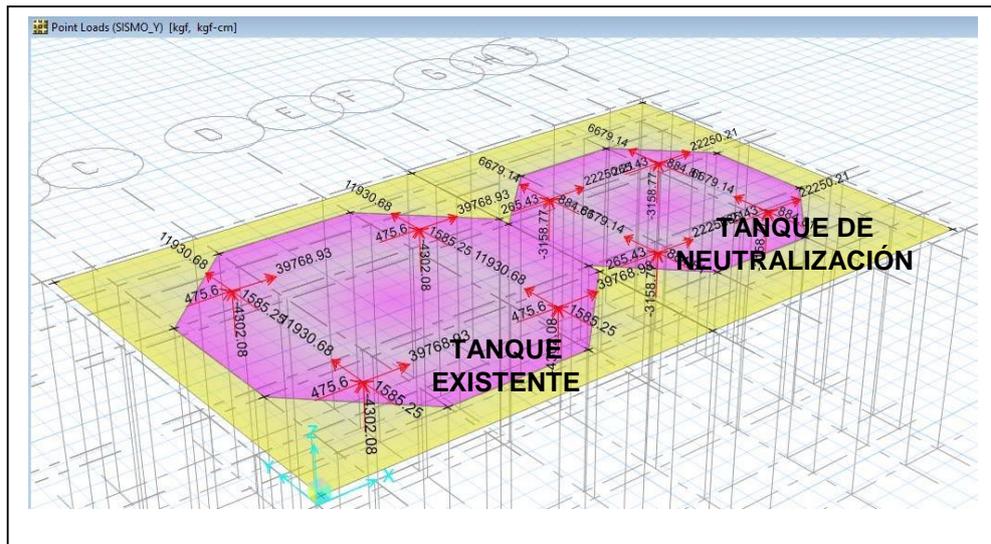
Fuente: Elaboración propia

**Figura 4.6**  
 modelo estructural – carga sismo X



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4.7**  
 Modelo estructural – carga sismo Y



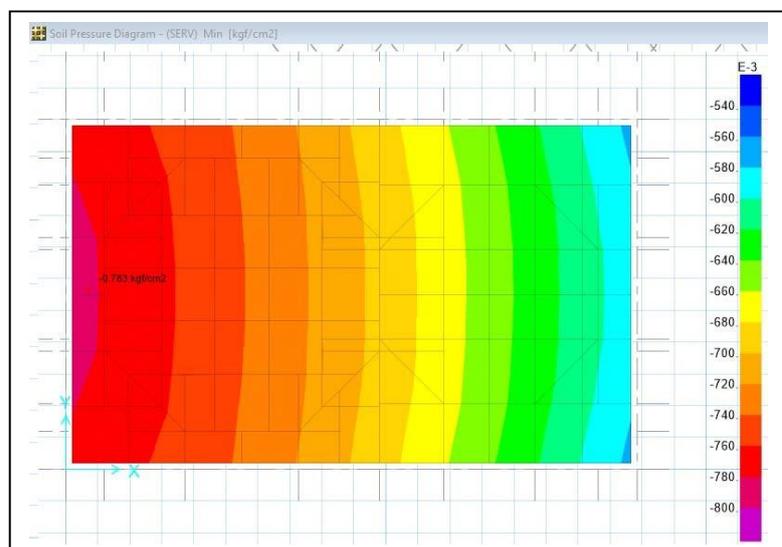
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con las cargas aplicadas en la base y los parámetros geotécnicos indicados de las condiciones del terreno, se procedió a realizar el análisis de la cimentación.

En la figura 4.8 se muestra las presiones transmitidas al terreno.

**Figura 4.8.**

Presiones transmitidas al terreno – kg/cm<sup>2</sup>



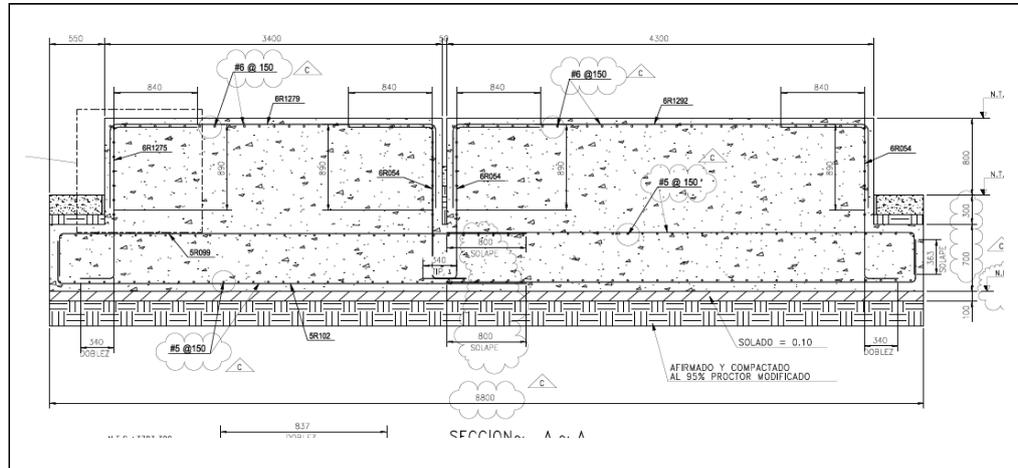
Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia, las presiones transmitidas al terreno están por debajo de 0.8 kg/cm<sup>2</sup>, por lo que la cimentación cumple con las solicitaciones producto de las cargas.

En la figura 4.9 se muestra el diseño final de la cimentación de los tanques de neutralización.

**Figura 4.9**

diseño cimentación tanques de neutralización.



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2. Memoria de cálculo del diseño

La presente memoria de cálculo detalla el dimensionamiento, análisis y diseño de la estructura de acuerdo a la norma de diseño API 650. La verificación del análisis presentado en esta memoria de cálculo se realiza utilizando el método de elementos finitos para los elementos tipo plancha, mientras que el el diseño de elementos tipo barra se realiza de acuerdo al método de Factores de Carga y Resistencia (LRFD), definido en el manual de diseño de la AISC (ANSI/AISC 360-05) con ayuda del software CSI-SAP2000.

El tanque requerido para el proyecto presentado en esta memoria es el siguiente:

**Tabla 4.6**

Dimensiones generales de los tanques

Ítem	Tag	Descripción	Cant.	Diámetro (m)	Altura (m)
1		Tanque de neutralización	1	2.7	6.1

Fuente: Elaboración propia

**a. Documentos y Bases de Diseño**

Los documentos empleados para el presente análisis estructural son:

- Documento y planos básico entregados por el Cliente.
- Documento nro. Informe de laboratorio. Estudio de suelos.

**b. Materiales**

El diseño estructural de tanque comprende el uso de los siguientes materiales:

**Tabla 4.7**

Planchas estructurales	ASTM A36/A36M
Perfiles y barras estructurales	ASTM A36/A36M.
Soldadura	AWS E70XX /ER 70S – 6.
Perno estructural de acero con trat. térmico	ASTM A325 Tipo 1.
Tuercas de acero al carbono	ASTM A194 2H.
Arandelas de acero templado	ASTM F436.
Pernos de anclaje	ASTM A36 / ASTM F1554 Gr.36.

Materiales de la estructura del tanque neutralizador

Fuente: Elaboración propia

### c. Condiciones Ambientales

#### Viento

De acuerdo a lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones, se determina que la velocidad del viento estimada es de 75 km/h (velocidad mínima de diseño, H=10 m).

#### Sismo

De acuerdo a la ubicación geográfica de las operaciones, corresponde utilizar los valores determinados para una Zona Sísmica 2, de acuerdo a la norma E-030 (RNE).

#### Nieve

Para este tipo de estructuras no se considera cargas por acumulación de nieve.

#### Temperatura

Dado que en la Planta de Tratamiento no se tienen condiciones climáticas extremas, se desprecia la influencia de la amplitud térmica en la estructura.

### d. Cálculo del Tanque de Neutralización

#### Datos Generales

**Tabla 4.8**

Dimensiones generales del tanque neutralizador

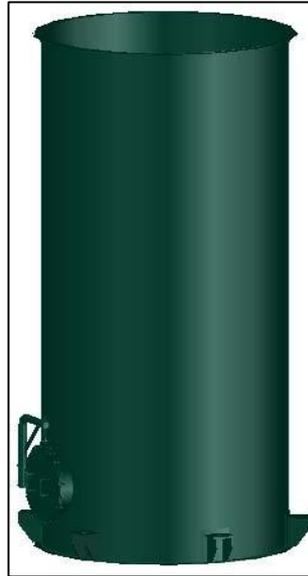
Tag de tanque	: <b>200 T 210</b>
Tipo de tanque	: Cilíndrico vertical, fondo plano, sin techo.
Diámetro interior	: 2.7 m.
Altura	: 6.1 m.

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.10 muestra el isométrico del tanque.

**Figura 4.10**

Isométrico de tanque de neutralización



Fuente: Elaboración propia

Datos de Fluido:

Producto	: Agua.
Peso específico	: 1,000 kg/m <sup>3</sup> .

**Dimensionamiento de Tanque según API 650 (Cálculo de Espesores)**

Datos para el cálculo:

Esfuerzo de diseño : 160 MPa  $\approx$  1,569,600,000 kg/m<sup>2</sup>.

Esfuerzo de prueba hidrostática : 170 MPa  $\approx$  1,667,700,000 kg/m<sup>2</sup>.

Densidad relativa del fluido : 1

Dimensiones de las planchas :

- ✓ Planchas de anillo o virola nro. 1 de cuerpo cilíndrico de tanque (inferior):

✓ Ancho: 2.4 m.

✓ Largo: 6.0 m.

✓ Planchas de anillo o virola nro. 2 de cuerpo cilíndrico de tanque (intermedio):

✓ Ancho: 1.3 m.

✓ Largo: 6.0 m.

✓ Planchas de anillo o virola nro. 3 de cuerpo cilíndrico de tanque (superior):

✓ Ancho: 2.4 m.

✓ Largo: 6.0 m.

Densidad del acero (ASTM A36) : 7,845 kg/m<sup>3</sup>.

### **Cálculo de Espesor del Cuerpo**

Según sección 5.6.3.2 del estándar API 650.

### **Cálculo del anillo N°1**

Cálculo en condición de diseño, reemplazando en la ecuación 2.1:

$$t_d = \frac{4.9D (H - 0.3)G}{S_d} + CA$$
$$t_d = \frac{4.9 * (2.7) * (6.1 - 0.3) * 1}{160} + 1$$
$$t_d = 1.48 \text{ mm}$$

### **Cálculo del anillo N°2**

Cálculo en condición de diseño, reemplazando en la ecuación 2.1:

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

$$t_d = \frac{4.9 * (2.7) * (3.7 - 0.3) * 1}{160} + 1$$

$$t_d = 1.28 \text{ mm}$$

### Cálculo del anillo N°3

Cálculo en condición de diseño, reemplazando en la ecuación 2.1:

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

$$t_d = \frac{4.9 * (2.7) * (2.4 - 0.3) * 1}{160} + 1$$

$$t_d = 1.17 \text{ mm}$$

**Tabla 4.9**

Espesor para cada ancho de anillo o virola

Número anillo o virola	Altura anillo o virola acumulada (m)	"t" calculado (mm)	"t" seleccionado (mm)
3	2.4	1.17	6
2	3.7	1.28	6
1	6.1	1.48	6

Fuente: Elaboración propia

### Cálculo de Espesor del Fondo

El fondo del tanque será plano.

Cálculo de espesor de plancha para fondo plano según sección 5.4.1 "Bottoms Plates" del estándar API 650.

Espesor<sub>requerido</sub> = Espesor mínimo (6 mm) + espesor de corrosión 3 mm).

Espesor<sub>requerido</sub> = 9 mm

Espesor<sub>seleccionado</sub> = 9 mm

Se considera una superficie de contacto de concreto armado (cimentación) en la base del tanque (fondo).

- **Modelamiento Estructural de Tanque**

### **Descripción General**

El tanque de Neutralización fue idealizado con elementos tipo planchas y elementos tipo barra. La verificación de los elementos tipo plancha se realizó con el método de elementos finitos con ayuda del SAP2000. El análisis y diseño de elementos tipo barra se realizó de acuerdo al método LRFD con ayuda del software CSI-SAP2000.

### **Consideraciones Generales**

- ✓ El tanque se considera lleno al 100%.
- ✓ Para el cálculo del peso del contenido se considera una densidad de fluido de 1.00 t/m<sup>3</sup>.

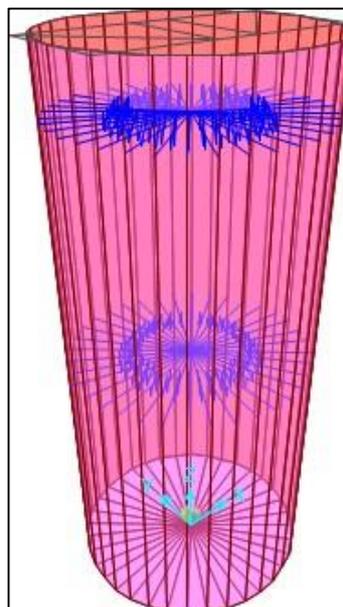
- **Análisis Estructural**

### **Idealización Estructural**

La figura 4.11 muestra el modelo SAP2000 y los principales elementos.

**Figura 4.11**

Modelo sap2000 – Tanque de Neutralización



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.10**

Asignación de espesores en base al dimensionamiento  
API 650

Section Property	
Section	Object Type
PL 6MM	Area (cuerpo)
PL 9MM	Area (fondo)
L4X4X3/8	Frame (anillo de refuerzo)

Fuente: Elaboración propia

### Asignación de Cargas

- **Carga Muerta (Peso Propio - Hidráulica)**

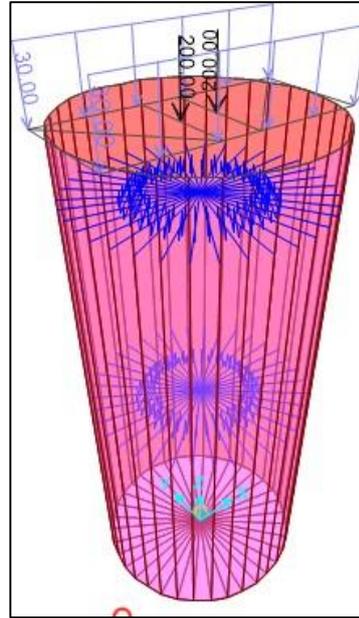
El peso propio de la estructura metálica es considerado automáticamente por el software de análisis, a ello se agrega el peso de las cargas adicionales como la proveniente del fluido. Se tiene:

Densidad del contenido para el caso de tanques	: 1,000 Kg/m <sup>3</sup>
Se considera una sección de plataforma metálica.	
Carga de Grating	: 50 kg/m <sup>2</sup>
Barandas	: 16 kg/ml

La figura 4.12 muestra la carga muerta asignada.

**Figura 4.12**

Cargas de plataforma kg/m y kg

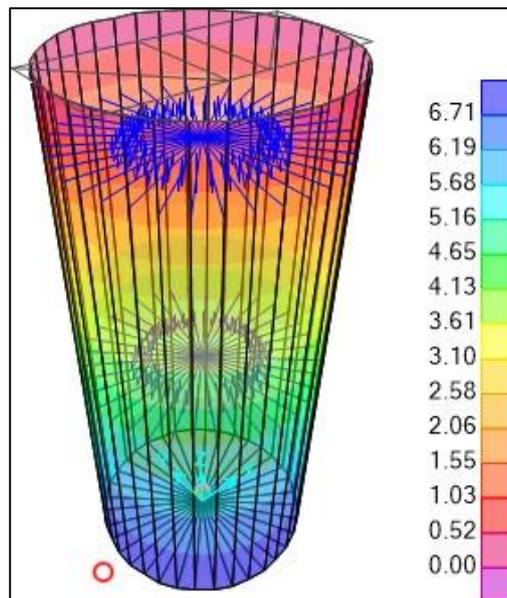


Fuente: Elaboración propia

La figura 4.13 muestra la carga hidráulica asignada.

**Figura 4.13**

Cargas de contenido tn/m<sup>2</sup> (p. hidráulica)



Fuente: Elaboración propia

- **Sobrecarga**

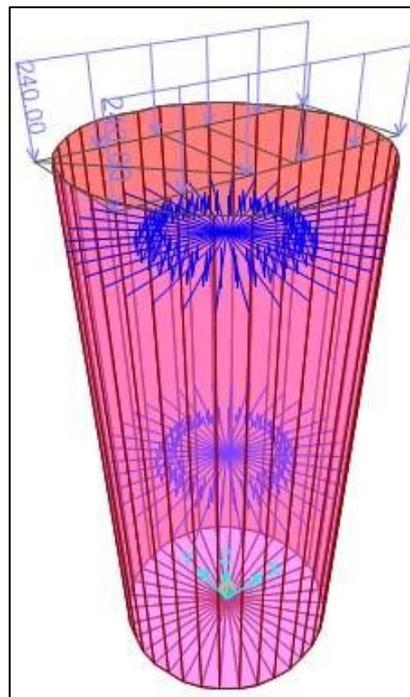
Se considera una sobrecarga de operación sobre la sección de plataforma.

✓ Sobrecarga: 400 kg/m<sup>2</sup>

La figura 4.14 muestra la sobrecarga asignada

**Figura 4.14**

cargas de sobrecarga kg/m (sobrecarga)



Fuente: Elaboración propia

- **Viento (X y Y)**

Se considera una presión determinada a partir de la velocidad de 75 kg/h y coeficientes de presión  $c = 0.7$  (según cuadro), la cual se dispone de acuerdo al RNE.

**Tabla 4.11**

Coeficiente de presión

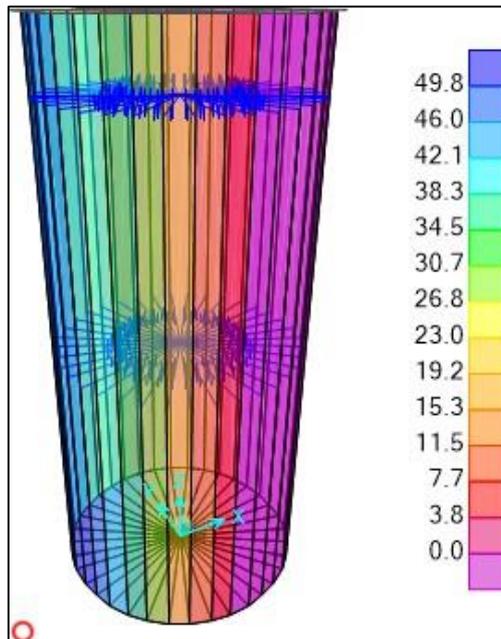
<b>CONSTRUCCIÓN</b>	<b>BARLOVENTO</b>	<b>SOTAVENTO</b>
Superficies verticales de edificio	0.8	-0.6
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en la dirección del viento	1.5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular y elíptica	0.7	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección cuadrada o rectangular	2	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda a 45°	0.8	-0.5
Superficies inclinadas a 15° o menos	0.3-0.7	-0.6
Superficies inclinadas a 15° y 60°	0.7-0.3	-0.6
Superficies inclinadas entre 15° y la vertical	0.8	-0.6
Superficies verticales o inclinadas (planas o curvas) paralelas a la dirección del viento	-0.7	-0.7
El signo positivo indica presión y el negativo succión		

Fuente: RNE

Entiéndase que la Carga Viento X, es la aplicación de la aplicación de la fuerza del viento con dirección paralela al eje X, y la Carga Viento Y, es la aplicación de la fuerza del viento en la dirección paralela al eje Y, ya que la geometría del tanque es regular se considera solo el análisis de una dirección. La figura 4.15 muestra la asignación de la carga de viento.

**Figura 4.15**

Carga de viento x y y (kg/m<sup>2</sup>)



Fuente: Elaboración propia

- **Sismo (X y Y)**

El análisis sísmico se realizó según la norma E-030 del RNE, con el procedimiento de superposición modal espectral, con combinación cuadrática completa (CQC). Considerando las condiciones de suelo, las características de la estructura y las condiciones de uso (extraídas de E-030), se utilizaron los parámetros siguientes:

**Tabla 4.12**

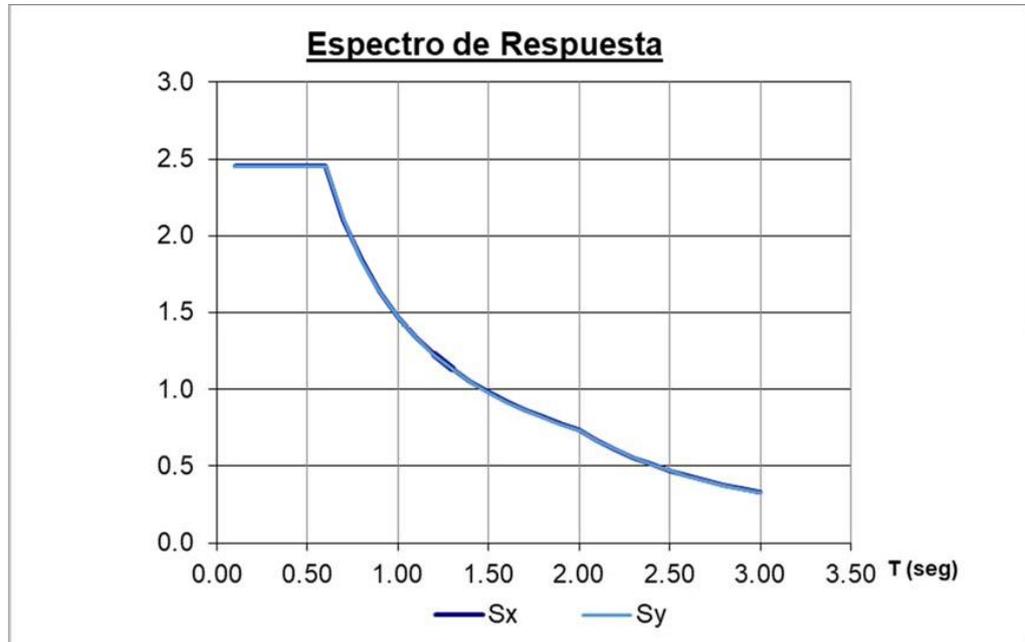
Parámetros sísmicos

<b>PARAMETROS SÍSMICOS</b>		
Z	<b>0.25</b>	Factor de Zona
U	<b>1.00</b>	Factor de Importancia
S	<b>1.20</b>	Factor de Suelo (S2)
Tp	<b>0.60</b>	Periodo de Plataforma del Factor de Amplificación Sísmica
TL	<b>2.00</b>	Periodo de Inicio de zona del Factor Amplificación Sísmica
Rx	<b>3.00</b>	Coficiente de Reducción - Tanque
Ry	<b>3.00</b>	Coficiente de Reducción - Tanque

Fuente: Norma E-030 del RNE

**Figura 4.16**

Espectro de pseudo aceleraciones



Fuente: Elaboración propia

- **Consideraciones Dinámicas en Tanques**

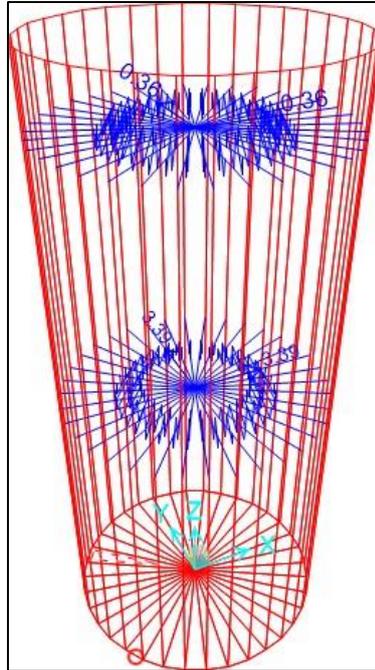
Para el presente tanque de Neutralización se extrae los valores calculados:

DESCRIPCION	VALOR
ma=	34908.17 Kg
mi=	33293.19 Kg
hi=	2.80 m
mc=	3553.75 Kg
hc=	5.37 m
Kc=	46932.14 N/m

La Figura 4.17 muestra la asignación de las masas convectiva e impulsiva a fin de poder determinar su incidencia en el tanque durante la acción sísmica.

**Figura 4.17**

Asignación de valores dinámicos



Fuente: Elaboración propia

### **Combinaciones de Carga**

Las combinaciones de carga utilizadas para el diseño de la estructura de acero (barras), serán las que rigen en el método LRFD.

#### **a. Resultados y Reportes**

Una vez conocidas ya todas las cargas que actúan sobre la estructura el programa es capaz de calcular para todas las secciones las tensiones, los esfuerzos normales, de corte y los momentos, así como los desplazamientos horizontales y verticales máximos de todos los nudos.

- **Desplazamiento Horizontal (Sismo)**

Los desplazamientos debidos a la carga de sismo fueron mayores a los obtenidos por la carga de viento, la figura 4.18 muestra la deformación sísmica en el eje X.

**Figura 4.18**

Desplazamiento horizontal debido a carga sismo x (1.06 mm)



Fuente: Elaboración propia

Los desplazamientos horizontales por carga sísmica obtenidos en el tanque no son significativos, por lo que la configuración geométrica satisface dichas solicitaciones.

- **Tensiones**

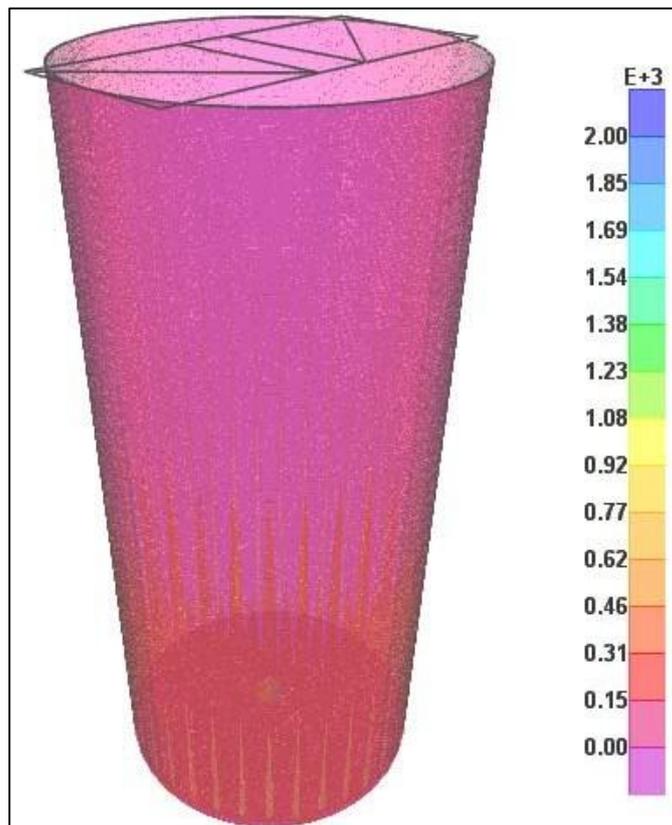
Dado a que la estructura se analizará por reporte de esfuerzos superficiales, se ha optado utilizar la teoría de Von Mises para desarrollo superficial de esfuerzos

Luego de definir los parámetros necesarios para realizar la simulación respectiva se obtuvo los esfuerzos Von Mises mostrado en la figura 4.19;

Además, la figura 4.20 muestra los reportes complementarios de deformación.

**Figura 4.19**

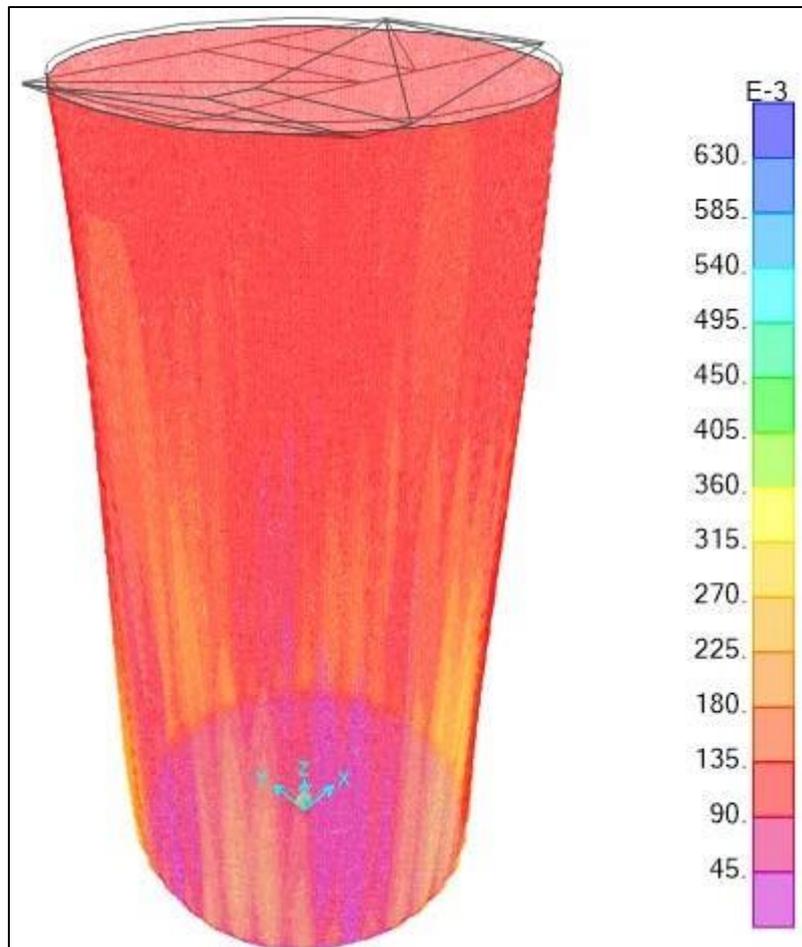
Mapa de esfuerzos VM del tanque (esfuerzo máximo=624.57 kg/cm<sup>2</sup>)



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4.20**

Deformación por servicio: C. hidráulica + sobrecarga (mm)



Fuente: Elaboración propia

Por tanto, esta configuración de depósito soportará las tensiones producidas por servicio y sollicitaciones externas dado que el valor obtenido 624 kg/cm<sup>2</sup> es menor a  $\sigma$  fluencia del acero (2500kg/cm<sup>2</sup>).

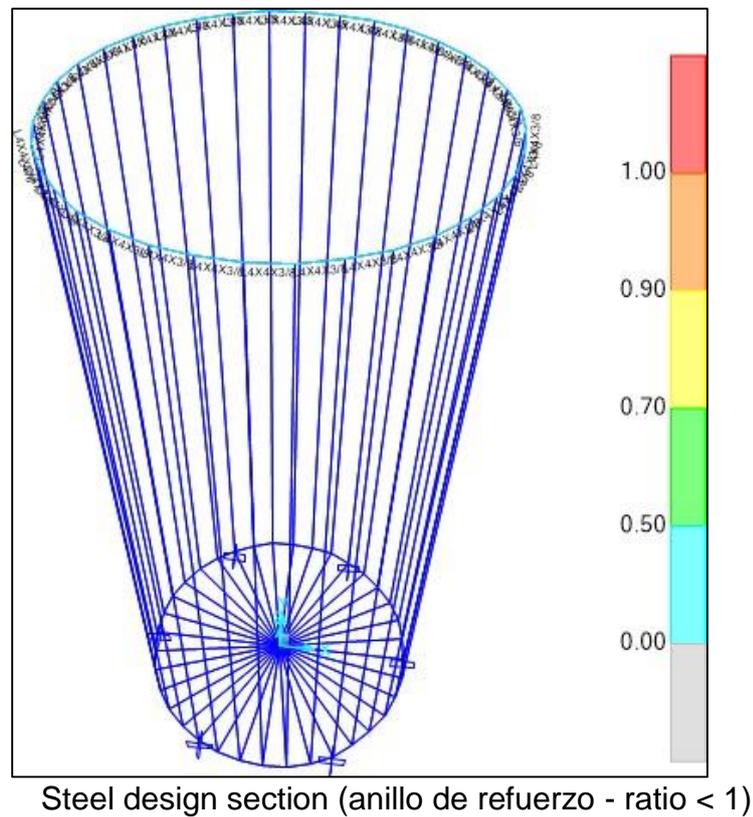
### b. Diseño de Elementos Críticos

Para el cálculo se ha trabajado con la siguiente normatividad para el diseño de elementos estructurales:

ELEMENTO ESTRUCTURAL	NORMA DE CÁLCULO
Acero Estructural	AISC360-05/IBC2006
Concreto Armado	ACI 318

El detalle de diseño se muestra líneas abajo. La figura 4.21 muestra la ratio de diseño obtenido para el tanque.

**Figura 4.21**



Fuente: Elaboración propia

Los detalles de diseño de las secciones se indican a continuación:

**Figura 4.22**

Detalle de anillo de refuerzo – L4x4x3/8”

AISC360-05/IBC2006 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)						
Units : Tonf, m, C						
Frame : 116	X Mid: -0.568	Combo: DSTL9	Design Type: Beam			
Length: 0.235	Y Mid: 1.219	Shape: L4X4X3/8	Frame Type: Ordinary Moment Fram			
Loc : 0.235	Z Mid: 6.100	Class: Compact	Princpl Rot: 0.000 degrees			
Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis						
D/C Limit=0.950	2nd Order: General 2nd Order		Reduction: Tau-b Fixed			
AlphaPr/Py=0.002	AlphaPr/Pe=4.E-05	Tau_b=1.000	EA factor=0.800	EI factor=0.800		
Ignore Seismic Code? No	Ignore Special EQ Load? No		D/P Plug Welded? Yes			
SDC: D	I=1.000	Rho=1.000	Sds=0.500			
R=8.000	Omega0=3.000	Cd=5.500				
PhiB=0.900	PhiC=0.900	PhiTY=0.900	PhiTF=0.750			
PhiS=0.900	PhiS-RI=1.000	PhiST=0.900				
A=0.002	I33=1.815E-06	r33=0.031	S33=2.491E-05	Av3=9.677E-04		
J=0.000	I22=1.815E-06	r22=0.031	S22=2.491E-05	Av2=9.677E-04		
alpha=45.000						
E=20389019.16	fy=25310.507	Ry=1.500	s33=4.490E-05			
RLLF=1.000	Fu=40778.038		s22=4.490E-05			
<b>STRESS CHECK FORCES &amp; MOMENTS (Combo DSTL9)</b>						
Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0.235	-0.114	0.002	-0.009	-0.006	0.007	-1.839E-04
<b>PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H2-1)</b>						
D/C Ratio: 0.021 = 0.003 + 0.005 + 0.013						
= fa/Fa + fbw/Fbw + fbs/Fbs						
<b>AXIAL FORCE &amp; BIAXIAL MOMENT DESIGN (H2-1)</b>						
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Minor Bending	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	Lltb	Kltb	Cb			
LTB	1.000	1.000	1.000			
	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt			
Axial	Force	Capacity	Capacity			
	-0.114	36.789	42.032			
	Mu	phi*Mn	phi*Mn			
Major Moment	Moment	Capacity	No LTB			
	-0.005	1.023	1.023			
Minor Moment	-0.008	0.618				
<b>SHEAR CHECK</b>						
	Vu	phi*Vn	Stress	Status		
	Force	Capacity	Ratio	Check		
Major Shear	0.007	13.227	0.001	OK		
Minor Shear	0.007	13.227	0.001	OK		
<b>CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS</b>						
	VMajor	VMajor				
	Left	Right				
Major (V2)	-0.033	0.019				

Fuente: Elaboración propia

### c. Diseño de Anclajes

Para el cálculo de anclajes se parte del dimensionamiento según API:

#### Cargas de Diseño

**Tabla 4.13**

Reacciones en la base

TABLE: Base Reactions						
OutputCase	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
C.MUERTA	0.00	0.00	3.72	0.00	0.00	0.00
SOBRECARGA	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00	0.00
C.HIDRAULICA	0.00	0.00	34.75	0.00	0.00	0.00
SISMO X	9.71	0.00	0.00	0.00	30.14	0.00
SISMO Y	0.00	9.71	0.01	30.12	0.00	0.00
VIENTO X	-0.82	0.00	0.00	0.00	-2.51	0.00
VIENTO Y	0.00	-0.82	0.00	-2.51	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

#### Dimensionamiento Según API

Carga de perno por longitud =  $1.273 * M/D^2 - Wt$

# de pernos = 6

Distancia entre pernos = 1.35 m

Factor de fricción = 0.4

Esfuerzo de Fluencia perno = 200.00 MPas

Tensión admisible del perno = 160.00 MPas

Esfuerzo cortante admisible perno = 80.00 MPas

M = 30140.00 kg.m Momento de Volcamiento de Tanque (Sap2000)

Wt = Resistencia al Volteo (Se desprecia)

Carga de perno por longitud = 5263.13 kg/m

Carga para cada perno = 7105.23 Kg  
Área necesaria de cada perno = 3.48 cm<sup>2</sup>  
Usar pernos de Ø = 1 ''

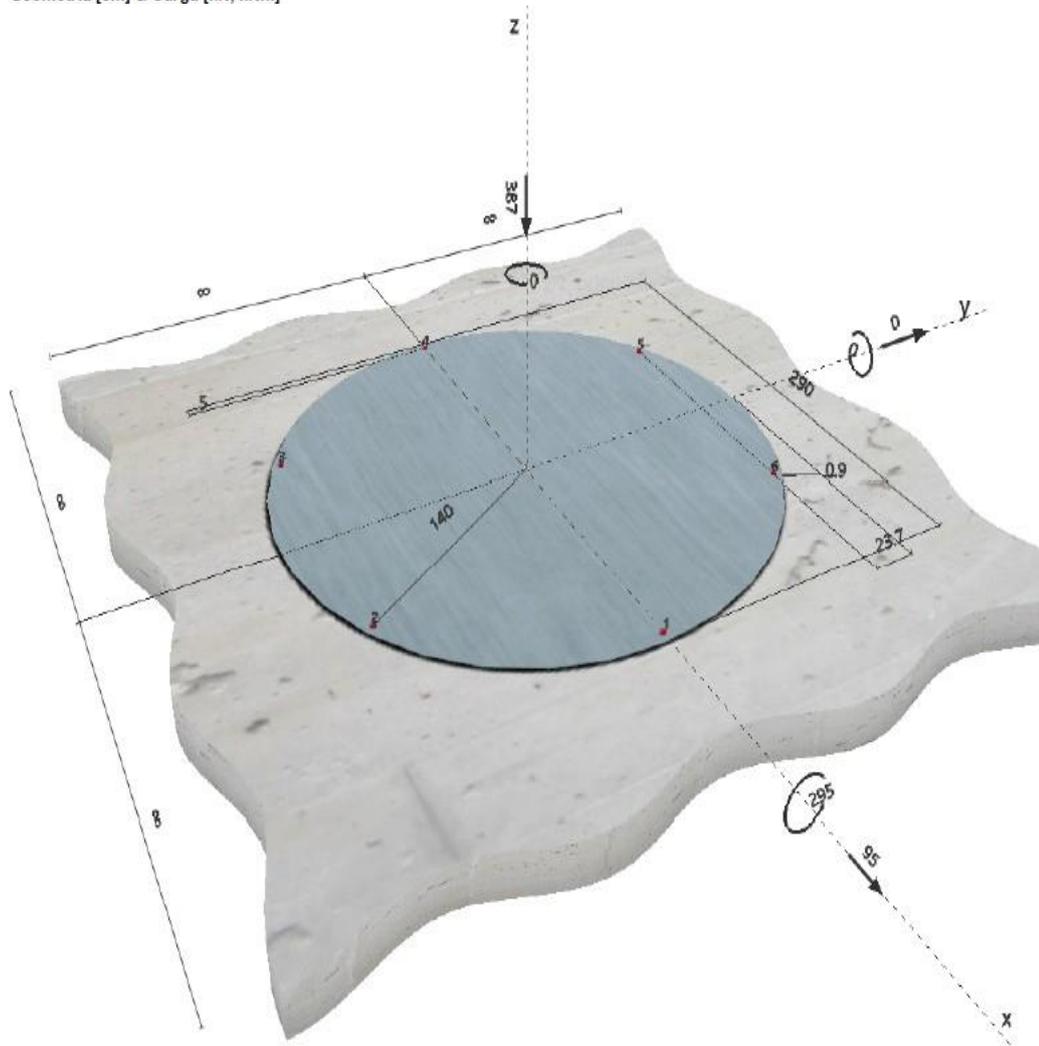
## Verificación por Tracción y Cortante (ACI 318)

### 1 Insertar datos

Tipo y tamaño de anclaje:	Hex Head ASTM F 1554 GR. 36 1
Profundidad efectiva de anclaje:	$h_{ef} = 40.0$ cm
Material:	ASTM F 1554
Prueba:	método de cálculo ACI 318-08 / CIP
Fijación a distancia:	$e_o = 0.0$ cm (enrasado); $t = 0.9$ cm
Placa de anclaje:	$l_x \times l_y \times t = 290.0$ cm x $290.0$ cm x $0.9$ cm; (Espesor de placa recomendado: no calculado)
Perfil:	sin perfil
Material Base:	fisurado hormigón, 3000, $f_c' = 3000$ psi; $h = 50.0$ cm
Armadura:	Tracción: condición A, Cortante: condición A; Armadura de borde: < 4 barras
Cargas de sismo (categorías C, D, E o F) $\rho$	



### Geometría [cm] & Carga [kN, kNm]



## 2 Caso de carga/Resultante de cargas

Caso de carga: Cargas de diseño

### Reacciones en el anclaje [kN]

Carga a tracción: (+Tracción, -Compresión)

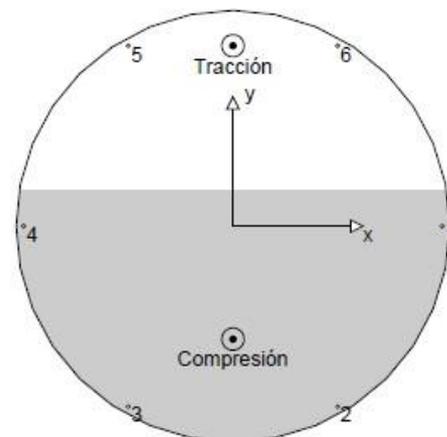
Anclaje	Carga a tracción	Carga a cortante	Cortante en x	Cortante en y
1	0.000	15.833	15.833	0.000
2	0.000	15.833	15.833	0.000
3	0.000	15.833	15.833	0.000
4	0.000	15.833	15.833	0.000
5	0.339	15.833	15.833	0.000
6	0.339	15.833	15.833	0.000

Máxima extensión del hormigón a compresión: 0.01 [‰]

Máxima tensión del hormigón a compresión: 0 [ksi]

Tracción resultante en (x/y)=(0.0/121.3): 0.678 [kN]

Compresión resultante en (x/y)=(0.0/-75.9): 387.678 [kN]



## 3 Carga a tracción

	Carga $N_{ua}$ [kN]	Capacidad $\phi N_n$ [kN]	Utilización $\beta_n = N_{ua}/\phi N_n$	Resultado
Fallo por Acero*	0.339	117.260	1	OK
Fallo por extracción*	0.339	86.911	1	OK
Rotura por cono de hormigón**	0.678	578.542	1	OK
Desconchamiento de superficie lateral, dirección **	N/A	N/A	N/A	N/A

\* anclaje más solicitado \*\*grupo de anclajes (anclajes en tracción)

### 3.1 Fallo por Acero

$$N_{sa} = n A_{se,N} f_{uta} \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-3)}$$

$$\phi N_{steel} \geq N_{ua} \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-1)}$$

#### Variables

n	$A_{se,N}$ [cm <sup>2</sup> ]	$f_{uta}$ [ksi]
1	3.91	58

#### Cálculos

$$\frac{N_{sa} \text{ [kN]}}{156.346}$$

#### Resultados

$N_{sa}$ [kN]	$\phi_{steel}$	$\phi N_{sa}$ [kN]	$N_{ua}$ [kN]
156.346	0.750	117.260	0.339

### 3.2 Fallo por extracción

$$N_{pn} = \psi_{c,p} N_p \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-14)}$$

$$N_p = 8 A_{brg} f'_c \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-15)}$$

$$\phi N_{pn} \geq N_{ua} \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-1)}$$

#### Variables

$\psi_{c,p}$	$A_{brg}$ [cm <sup>2</sup> ]	$f'_c$ [psi]
1.000	7.50	3000

#### Cálculos

$$\frac{N_p \text{ [kN]}}{124.159}$$

#### Resultados

$N_{pn}$ [kN]	$\phi_{concrete}$	$\phi N_{pn}$ [kN]	$N_{ua}$ [kN]
124.159	0.700	86.911	0.339

### 3.3 Rotura por cono de hormigón

$$N_{cbg} = \left( \frac{A_{Nc}}{A_{Nc0}} \right) \Psi_{ec,N} \Psi_{ed,N} \Psi_{c,N} \Psi_{op,N} N_b \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-5)}$$

$$\phi N_{cbg} \geq N_{ua} \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-1)}$$

$$A_{Nc} \text{ Ver ACI 318-08, Parte D.5.2.1, Fig. RD.5.2.1(b)}$$

$$A_{Nc0} = 9 h_{ef}^2 \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-6)}$$

$$\Psi_{ec,N} = \left( \frac{1}{1 + \frac{2 e_N}{3 h_{ef}}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-9)}$$

$$\Psi_{ed,N} = 0.7 + 0.3 \left( \frac{c_{a,min}}{1.5 h_{ef}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-11)}$$

$$\Psi_{op,N} = \text{MAX} \left( \frac{c_{a,min}}{c_{ac}}, \frac{1.5 h_{ef}}{c_{ac}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-13)}$$

$$N_b = 16 \lambda \sqrt{f_c} h_{ef}^{5/3} \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-8)}$$

#### Variables

$h_{ef}$ [cm]	$e_{c1,N}$ [cm]	$e_{c2,N}$ [cm]	$c_{a,min}$ [cm]	$\Psi_{c,N}$
40.0	0.0	0.0	$\infty$	1.000

$c_{ac}$ [cm]	$k_c$	$\lambda$	$f_c$ [psi]
0.0	16	1	3000

#### Cálculos

$A_{Nc}$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_{Nc0}$ [cm <sup>2</sup> ]	$\Psi_{ec1,N}$	$\Psi_{ec2,N}$	$\Psi_{ed,N}$	$\Psi_{op,N}$	$N_b$ [kN]
28800.00	14400.00	1.000	1.000	1.000	1.000	385.695

#### Resultados

$N_{cbg}$ [kN]	$\phi_{concrete}$	$\phi N_{cbg}$ [kN]	$N_{ua}$ [kN]
771.390	0.750	578.542	0.678

## 4 Cortante

	Carga $V_{ua}$ [kN]	Capacidad $\phi V_n$ [kN]	Utilización $\beta_v = V_{ua}/\phi V_n$	Resultado
Fallo por Acero*	15.833	60.975	26	OK
Fallo por Acero (con brazo de palanca)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Fallo por desconchamiento**	95.000	3239.838	3	OK
Rotura de borde de hormigón en dirección **	N/A	N/A	N/A	N/A

\* anclaje más solicitado \*\*grupo de anclajes (anclajes relevantes)

### 4.1 Fallo por Acero

$$V_{sa} = n 0.6 A_{se,v} f_{uta} \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-20)}$$

$$\phi V_{steel} \geq V_{ua} \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-2)}$$

#### Variables

$n$	$A_{se,v}$ [cm <sup>2</sup> ]	$f_{uta}$ [ksi]
1	3.91	58

#### Cálculos

$V_{sa}$ [kN]
93.808

#### Resultados

$V_{sa}$ [kN]	$\phi_{steel}$	$\phi V_{sa}$ [kN]	$V_{ua}$ [kN]
93.808	0.650	60.975	15.833

#### 4.2 Fallo por desconchamiento

$$V_{cpq} = k_{cp} \left[ \left( \frac{A_{Nc}}{A_{Ncd}} \right) \psi_{ec,N} \psi_{ed,N} \psi_{c,N} \psi_{cp,N} N_b \right] \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-31)}$$

$$\phi V_{cpq} \geq V_{ua} \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-2)}$$

$A_{Nc}$  Ver ACI 318-08, Parte D.5.2.1, Fig. RD.5.2.1(b)

$$A_{Ncd} = 9 h_{ef}^2 \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-6)}$$

$$\psi_{ec,N} = \left( \frac{1}{1 + \frac{2 e_{c1,N}}{3 h_{ef}}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-9)}$$

$$\psi_{ed,N} = 0.7 + 0.3 \left( \frac{c_{a,min}}{1.5 h_{ef}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-11)}$$

$$\psi_{cp,N} = \text{MAX} \left( \frac{c_{a,min}}{c_{ac}}, \frac{1.5 h_{ef}}{c_{ac}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-13)}$$

$$N_b = 16 \lambda \sqrt{f_c} h_{ef}^{5/3} \quad \text{ACI 318-08 Eq. (D-8)}$$

#### Variables

$k_{cp}$	$h_{ef}$ [cm]	$e_{c1,N}$ [cm]	$e_{c2,N}$ [cm]	$c_{a,min}$ [cm]
2	40.0	0.0	0.0	$\infty$
$\psi_{c,N}$	$c_{ac}$ [cm]	$k_c$	$\lambda$	$f_c$ [psi]
1.000	-	16	1	3000

#### Cálculos

$A_{Nc}$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_{Ncd}$ [cm <sup>2</sup> ]	$\psi_{ec1,N}$	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{ed,N}$	$\psi_{cp,N}$	$N_b$ [kN]
86400.00	14400.00	1.000	1.000	1.000	1.000	385.695

#### Resultados

$V_{cpq}$ [kN]	$\phi_{concrete}$	$\phi V_{cpq}$ [kN]	$V_{ua}$ [kN]
4628.340	0.700	3239.838	95.000

#### 5 Cargas combinadas de tracción y cortante

$\beta_N$	$\beta_V$	$\zeta$	Utilización $\beta_{N,V}$ [%]	Resultado
0.004	0.260	5/3	11	OK

$$\beta_{NV} = \beta_N + \beta_V \leq 1$$

Los anclajes cumplen los criterios de diseño.

### 4.2.3. Construcción del Tanque

#### a. Fabricación del Tanque Neutralizador

##### Corte y biselado

Según se calculó en la ecuación 2.1 se usará planchas de espesor de 6mm para el cuerpo y las planchas serán en formato de 2400x6000MM, según lo siguiente:

**Tabla 4.14**

Medida de planchas

Medida de Plancha a cortar	Unidad	Cantidad
Plancha ASTM A-36 de 6X 2400 X 6000 MM	UND	2
Plancha ASMT A-36 de 6X1294 X 6000 MM	UND	1
Plancha ASMT A-36 de 6X2400 X 2501 MM	UND	2
Plancha ASMT A-36 de 6X1294 X 2501 MM	UND	2
Plancha ASMT A-36 de 6X2400 X 2501 MM	UND	2

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 4.23**

corte y biselado de planchas



Fuente: Fotografía Propia

Para el fondo del tanque neutralizador se seleccionó según el cálculo de espesor de fondo capítulo 4.2, que el espesor de la plancha es de 9mm, se usaron dos planchas del formato 2400X6000 MM, según la tabla 4.14

**Figura 4.24**

corte de la plancha de fondo



Fuente: Fotografía Propia

### **Rolado de las planchas del cuerpo del Tanque**

Según el plano de construcción, se realiza el rolado de las planchas del cuerpo del tanque neutralizador.

**Figura 4.25**

Rolado de planchas



Fuente: Fotografía Propia

### **Armado de los accesorios del tanque**

Que corresponde a las conexiones, silletas, manhole (entrada hombre) del tanque neutralizador.

**Figura 4.26**

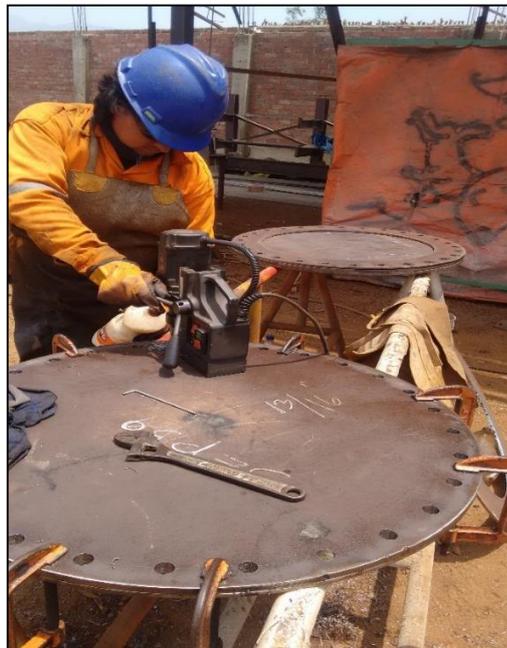
Armado de silletas



Fuente: Fotografía Propia

**Figura 4.27**

Armado del manhole



Fuente: Fotografía Propia

### **Figura 4.28**

Armado de conexiones del tanque



Fuente: Fotografía Propia

### **Soldeo del Tanque Neutralizador.**

Se realizó el soldeo de las planchas del cuerpo del tanque neutralizador según el capítulo II, del marco teórico.

Para el caso del soldeo según la inspección visual que es un método de ensayo no destructivo en el cual se inspecciona la soldadura antes, durante y después del soldeo. En la inspección visual en el metal base se lleva a cabo en conformidad con el código API STANDARD 650 Twelfth Edition 2013 Welded Steel Tanks for Oil Storage - Section 8.5.

Tomemos en cuenta que el Soldador Calificado, es todo aquel soldador que ha demostrado destreza y experiencia al efectuar la soldadura de probetas.

La calificación de soldadores para el soldeo de estructuras se realizará en conformidad al código AWS D1.1 – 2013 Structural Welding Code – Steel – Clause 4.18 – Part. C.

La calificación de soldadores para el soldeo de tanques y tuberías se realizara en conformidad al código ASME IX – 2013 Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators – Welding and Brazing Qualifications – Article III. Para la inspección del soldeo del Tanque Neutralizador fueron cinco soldadores quienes llevaron la ejecución del soldeo.

**Tabla 4.15**

Soldadores homologados

Nombre del Soldador	Código del Soldador	Proceso de Soldadura	Metal de Aporte	Fecha de Calificación
Juan Cabrera Zavaleta	JCZ-02	GMAW	ER70S-6	15/05/2017
Luigui Castillo Francia	LCF-04	GMAW	ER70S-6	15/05/2017
Ivan Santos Briceño	ISB-97	GMAW	ER70S-6	15/05/2017
Edwin Vergaray Lopez	EVL-35	GMAW	ER70S-6	15/05/2017
Hugo Litano Chiroque	HLC-12	GMAW	ER70S-6	15/05/2017

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 4.29**

Soldeo de las planchas del cuerpo del tanque



Fuente: Fotografía Propia

**Figura 4.30**

Soldeo de las planchas del cuerpo con el fondo del tanque



Fuente: Fotografía Propia

### **Maniobra para el armado del tanque**

En proceso de colocación de las planchas del cuerpo con el fondo del tanque, y con entre planchas del tanque.

**Figura 4.31**

Armado del tanque neutralizador



Fuente: Fotografía Propia

### **b. Pruebas de Calidad**

#### **Inspección por Tintes Penetrantes**

Es un método de ensayo no destructivo que es eficaz para detectar discontinuidades superficiales que se presentan en las uniones soldadas.

#### **Procedimiento de Aplicación**

La superficie de examinación debe ser suave y uniforme, debe estar seca y libre de salpicaduras de soldadura, escoria, óxido, pintura, grasa, etc. Los requerimientos de limpieza se alcanzarán utilizando esmeril y escobilla, posteriormente se debe realizar una limpieza con Removedor (Cleaner) del Kit de tintes penetrantes y trapo industrial libre de pelusas. Esta limpieza se realizará

abarcando 25mm como mínimo adyacente al pie del cordón de soldadura.

El tiempo mínimo de secado será de cinco minutos, después de haberse eliminado todo rastro visible del limpiador, a fin de asegurar que todo rastro de solvente se haya evaporado de la superficie de la parte. Se puede usar también aire comprimido para el secado de la superficie.

Se aplica el penetrante La temperatura y la superficie de la parte examinada no debe ser menor a 5°C ni mayor a 52°C durante el período de inspección. El área de interés corresponde al cordón de soldadura y 12.5mm. adyacente al pie de este. La aplicación se realizará mediante Spray, directamente desde la lata del penetrante, o utilizando brocha para una aplicación puntual.

El tiempo no debe ser menor de 5 minutos y no mayor de lo especificado por el fabricante.

Después del tiempo de penetración requerido, el exceso de penetrante debe ser removido tanto como sea posible, mediante el uso de trapo seco libre de pelusas, repitiendo la operación hasta que la mayoría de trazas de penetrante hayan sido removidas. Verificar que la superficie se encuentre completamente seca, sin restos de removedor, antes de la aplicación del agente revelador.

El envase del removedor debe ser agitado vigorosamente antes de su aplicación sobre la superficie de prueba. Antes de aplicar el agente revelador directamente sobre la superficie de examinación, comprobar la eficiencia del spray aplicándolo sobre otra superficie e ir regulando la distancia adecuada para la aplicación, la cual no será menor de 30cm. Luego aplicar el revelador desde la distancia establecida.

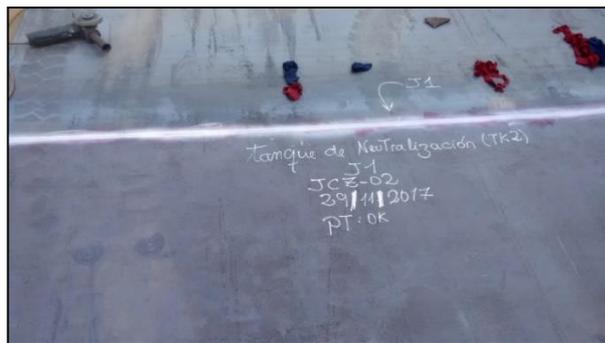
Realizar la examinación de la superficie después de 10 min. como mínimo de la aplicación del revelador (tiempo de revelado). Ver el Anexo 4

### **Criterios de aceptación**

Para el Tanque las indicaciones deben ser evaluadas en conformidad a los parámetros establecidos en el código API STANDARD 650 Twelfth Edition 2013 Welded Steel Tanks for Oil Storage – Section 8.4 / ASME V Boiler and Pressure Vessel Code – Nondestructive Examination - Article 6.

**Figura 4.32**

Tinte penetrante del fondo del tanque



Fuente: Fotografía Propia

### **Prueba de Vacío**

Esta prueba es aplicable a la inspección de uniones soldadas en las planchas de fondo mediante la aplicación de la campana de vacío, será implementado y utilizado durante la ejecución de los trabajos de fabricación de tanques.

### **Procedimiento de Aplicación**

Cubrir la soldadura bajo prueba aproximadamente 750mm de longitud, con una solución jabonosa. En lugares fríos una solución descongelante puede ser necesaria.

La caja debe ser colocada sobre la superficie a inspeccionar aplicándosele el vacío hasta llegar a la

presión de succión requerida. En ese instante se cierra la válvula para mantener esta presión hasta el término de la inspección del cordón.

Un vacío parcial de 3 psi a 5 psi se utilizará para la prueba. Si se especifica por parte del comprador, se realizará una segunda prueba de vacío parcial de 8 psi a 10 psi para la detección de fugas muy pequeñas.

El vacío será mantenido al menos 5 segundos o el tiempo suficiente para inspeccionar el área bajo prueba; el tiempo que sea mayor.

La existencia de defectos pasantes se manifiesta por la presencia de burbujas de la solución jabonosa, que se originan en el mismo defecto pasante.

#### **Criterios de aceptación**

La inspección por prueba de vacío se realizará en conformidad con el código API STANDARD 650 Twelfth Edition 2013 Welded Steel Tanks for Oil Storage - Section 8.6

La inspección se realizará en conformidad al mapa de soldadura de las uniones de fondo de los tanques.

#### **Figura 4.33**

Prueba de vacío del tanque



Fuente: Fotografía Propia

### **Prueba Neumática**

Es una prueba que consiste en inyectar aire mediante un compresor a una cierta presión a los ponchos del tanque y así fijar que no haya ningún tipo de fugas y garantizar el buen soldeo.

### **Procedimiento de Aplicación**

Aplicar una presión de 30 psi en la plancha refuerzo a inspeccionar, y presurizar hasta una presión de 15 psi y cerrar la válvula para mantener la presión hasta el término de la inspección.

La presión será mantenida de 1 a 3 minutos.

La existencia de defectos pasantes se manifiesta por la presencia de burbujas de la solución jabonosa, que se originan en el mismo defecto pasante.

El Inspector marcará el defecto mediante el uso de un marcador de metal adecuado y de un color específico, fácil de confundir de otras marcas, deberá escribir con claridad el tipo de defecto y señalará la dimensión de material de soldadura para ser reparado.

Se limpiará la zona donde se ubica la fuga y se reparará (se esmerilará y se hará un nuevo cordón de soldadura en la zona detectada).

Se realizará nuevamente la prueba neumática, y así sucesivamente hasta que el cordón de soldadura no presente fugas.

### **Criterios de Aceptación**

La inspección por prueba neumática se realizará en conformidad con el código API STANDARD 650 Twelfth

Edition 2013 Welded Steel Tanks for Oil Storage - Section 7.3.4

Para el tanque neutralizador presentó tres conexiones en la cual se inyectó aire a sus respectivos ponchos y al manhole (entrada hombre).

**Figura 4.34**

prueba neumática del tanque neutralizador



Fuente: Fotografía Propia

### **Prueba Radiográfica**

Es un método de ensayo no destructivo que está orientado a la estandarización de los parámetros de ejecución de esta norma técnica adecuándolos a nuestros requerimientos y necesidades basados en la norma API 650 –Inspección radiográfica para la inspección de uniones soldadas en la etapa de fabricación de tanques (Ver el Anexo 5)

### **Criterios de Aceptación**

Las uniones soldadas serán examinadas por radiografía serán calificadas aceptables o inaceptables de acuerdo al párrafo UW-51 (b) de la sección VIII del código ASME.

Para el Tanque de Neutralizador se realizó el 10% de prueba radiográfica, la empresa INSPECDAT realizó este servicio obteniéndose el siguiente informe:

### **Prueba de Estanquidad**

Esta prueba de estanqueidad permite la detección de fugas, comprobación de hermeticidad y verificación de desviaciones dimensionales posteriores a la prueba, en los tanques de almacenamiento.

### **Procedimientos de Aplicación**

Antes del vertimiento se verificará que el agua a utilizar sea limpia.

Identificar las coordenadas del punto específico en donde se realizará la captación y vertimiento del agua, tiempo, volúmenes y caudales de captación y vertimiento.

La temperatura del metal del tanque no debe ser menor que la temperatura de diseño. En conformidad al alcance, el cliente es responsable de calentar el agua de prueba si es necesario.

Se realizará el llenado del tanque hasta la altura "H", máximo volumen de operación.

El llenado mínimo y la velocidad de descarga mínima, si los hubiere, serán los siguientes:

**Tabla 4.16**

Tasa de llenado de agua

<b>Tasa de llenado de agua</b>		
<b>Espesor del fondo</b>	<b>Porción del tanque</b>	<b>Máximo llenado</b>
Menor que 22 mm (7/8 in.)	– Curso superior	300 mm (12 in.)/hr
	– Debajo del curso superior	460 mm (18 in.)/hr
≥ 22 mm (7/8 in.)	– Tercio superior del tanque	300mm (9 in.)/hr
	– Tercio medio del tanque	300 mm (12 in.)/hr
	– Tercio inferior del tanque	460 mm (18 in.)/hr

Fuente: Elaboración Propia

Durante el llenado se debe verificar la estanqueidad del tanque, tanto de las juntas soldadas, como de los elementos y partes que componen el tanque.

Se tomarán lecturas de asentamiento de la siguiente manera:

- ✓ Antes de comenzar la prueba.
- ✓ Al llegar a la mitad del nivel de llenado
- ✓ Al llegar al nivel de 3/4 de llenado.
- ✓ Al llegar al máximo nivel de llenado.
- ✓ Por lo menos 24 horas después de llenado.
- ✓ Después de que el tanque ha sido vaciado del agua de prueba.

Cuando se detecten poros o grietas se debe vaciar el tanque hasta un pie por debajo de la falla localizada, se

procede a la reparación, y una vez terminada se continua con la prueba normalmente.

Terminada la prueba, se baja el nivel de agua durante el tiempo que el inspector de calidad requiera para confirmar la estanqueidad.

**Figura 4.35**

Prueba de estanqueidad del tanque neutralizador



Fuente: Fotografía Propia.

### c. Limpieza y Recubrimiento

Para el recubrimiento superficial del tanque neutralizador, considerando pintura epóxica para las condiciones de la minera Tantahuatay ya que es una zona lluviosa- cálido hay presencia de efluentes cercanos que contienen pirita que es un agente generador de aguas ácidas y altamente corrosivo, es por ello que es recomendable aplicarle pintura de tipo epóxica para cubrir y proteger el tanque de la corrosividad.

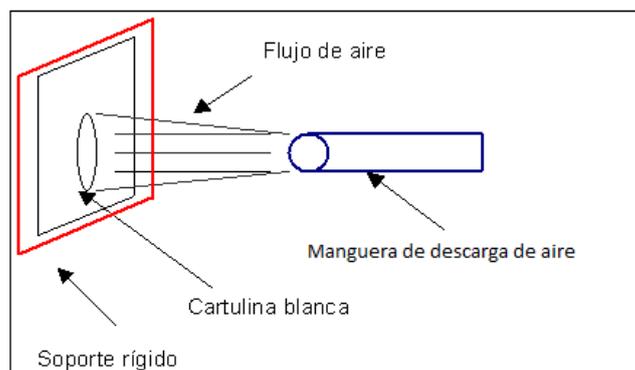
#### Procedimiento de Aplicación

##### ✓ Detección de Agua y/o aire comprimido

Verificar que la compresora se encuentre funcionando en condiciones de operación.

Permitir que el aire descargue por un minuto y luego cierre el flujo.

Colocar una cartulina sobre un soporte rígido. Luego hacer que la cartulina reciba el flujo de aire comprimido.



Posicionar la cartulina perpendicularmente a 24 pulgadas de la descarga de aire. Abrir la válvula y dejar circular el aire por un minuto, asegurando que la cartulina permanezca intacta durante el control. cierre la válvula y examine la cartulina para revisar la presencia de agua y/o aceite.

La cartulina no debe presentar coloración alguna, ni debe humedecerse durante la prueba

✓ Medición de Perfil de Anclaje

Para la medición de anclaje usaremos el micrómetro que medirá la rugosidad de tratamiento superficial del tanque neutralizador. Inserte la cinta replica Testex que contiene la impresión del perfil superficial en los yunques del micrómetro y libere la palanca, permitiendo que los yunques tanto inferior y superior se cierren en el centro del círculo de 3/8" de diámetro. Cada división en el disco del micrómetro es de 0.1 mils y cada número representa 1 mils (por ejemplo, una lectura de 5 es 5 mils, considerar el espesor de la cinta replica que está impreso en la parte delantera de cada cinta). Según las normas ASTM 4417 y la NACE RP0287 indica que el mínimo es de 3 lecturas de cintas individuales tomadas en cada área y sacar su promedio. El valor reportado para esta área es el promedio de las 3 cintas.

Antes de realizar la medida de perfil superficial, se deberá seleccionar el rango de la cinta de réplica Testex para ser utilizada.

Se tiene 4 rangos de cintas:

**Figura 4.36**

Rango de cinta replica

Cintas de Replica	Rango	Preparación de Superficie
Coarse	0.8 – 2.0 mils	Equipos de Poder / Chorro Abrasivo
Paint grade	1.3 – 3.3 mils	Chorro Abrasivo
X Coarse	1.5 – 4.5 mils	Chorro Abrasivo
X Coarse plus	Mayor a 5.5 mils	Chorro Abrasivo

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Verificación de las Condiciones Ambientales

### **Medición de Temperatura de Bulbo Seco y Húmedo**

Verificar la limpieza de la manga de tela del termómetro que mide la temperatura de bulbo húmedo, cada vez que se use.

Si la manga está sucia, los poros de la manga podrían estar obstruidos, provocando que no haya un contacto apropiado del agua con el bulbo del termómetro.

Saturar la manga con agua limpia, o llenar el depósito de agua que se encuentra al final del psicrómetro giratorio, deberá usar agua destilada o des ionizada, pero no es necesario usualmente.

Gire el instrumento a través del aire (lejos de su cuerpo) con una velocidad moderada por aproximadamente 40 segundos.

Entonces se toma una lectura de la temperatura de bulbo húmedo, el proceso se repite (girando y leyendo sin volver a humedecer la manga) hasta que la temperatura del bulbo húmedo no cambie en 3 lecturas consecutivas.

La temperatura de bulbo seco se estabiliza rápidamente, y solo necesita leerse una sola vez (después de que la temperatura del bulbo húmedo se haya estabilizado).

**Determinación de la humedad Relativa y la Temperatura de Punto de Rocío**

Con las temperaturas de bulbo húmedo (TBH) y temperatura de bulbo seco (TBS), la humedad relativa y el punto de rocío pueden ser determinados, existen varias tablas disponibles, se debe tener en cuenta la presión barométrica de referencia de la tabla; la humedad relativa

y el punto de rocío estarán en función de la presión del lugar a la cual se trabajará.

Buscar la Temperatura de bulbo seco (temperatura del aire) leyéndose en la columna del extremo izquierdo, titulado TBS (digamos 25°C).

Hallar la diferencia entre la temperatura de bulbo seco y temperatura de bulbo húmedo (TBS-TBH), localice dicha diferencia de temperatura en la fila superior de la tabla (si la temperatura del bulbo seco es 25°C y la temperatura del bulbo húmedo es 21°C, la diferencia de temperaturas es 4°C).

Intercepte la diferencia entre las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo con la temperatura del aire, la intersección de los dos valores representa la Humedad Relativa (%)/ Punto de Rocío (°C) (70%/ 19°C para este caso).

Siempre se reportará la hora en que fueron tomadas las condiciones de pintado.

Los resultados se consideran válidos al cumplirse las siguientes condiciones (Ver Anexo 6):

La humedad relativa (%) del ambiente en donde se aplique la pintura debe ser menor al 85%

La temperatura de la superficie debe ser menor a 45°C.

La temperatura ambiente debe ser mayor a 10°C

La diferencia entre la Temperatura de la Superficie y la Temperatura del Punto de Rocío debe ser mayor a 3°C.

Estos parámetros deben permanecer durante todo el proceso de pintado y/o preparación de superficie.

verificación y Control de Sistema Especificado de Pintura

La mezcla de la pintura debe realizarse en envases plásticos limpio, la combinación de los componentes y diluyente deben realizarse de acuerdo a las recomendaciones del proveedor de pintura.

Llevar un control de espesores húmedos, mediante el uso de medidores de película húmeda, el valor a alcanzar será el indicado por el proveedor de pintura según la zona a pintar.

Este parámetro es útil para poder alcanzar los espesores de película seca, se debe verificar el buen estado de los componentes, certificados de calidad y contrastar el número de lote al cual pertenece el material.

### **Medición de Espesor de Película Seca**

Una vez que el elemento pintado haya alcanzado el tiempo de curado, se realizara la medición de EPS de acuerdo a la norma SSPC SP6, se verificara que la pintura haya alcanzado los espesores indicados en el sistema establecido para el proyecto.

Realizar 5 mediciones de spot espaciadas de forma aleatoria en cada área de 10 m<sup>2</sup> (100 ft<sup>2</sup>).

El promedio de los spots por cada 10 m<sup>2</sup> de área no debe ser menor al espesor mínimo especificado, aunque ningún spot individual en cualquier área de 10 m<sup>2</sup> debería ser menor a 80% del espesor mínimo especificado, es posible que alguna lectura sea menor a dicho porcentaje.

Si el promedio del spot para un área dada de 10 m<sup>2</sup> cumple o excede el espesor mínimo especificado, pero uno o más spot es menor a 80% del espesor mínimo especificado, spots adicionales definirán con mayor precisión el área de incumplimiento y facilitarán la reparación.

El promedio de los spots por cada 10  $m^2$  de área no debe ser mayor en 30% al espesor máximo especificado. Aunque ningún spot individual en cualquier área de 10  $m^2$  debería ser mayor a 150% del espesor máximo especificado, es posible que alguna lectura sea mayor a dicho porcentaje.

Si el promedio de los spots para un área dada de 10  $m^2$  cumple o es menor al espesor máximo especificado, pero uno o más spots es mayor al 150% del espesor máximo especificado, mediciones adicionales definirán con mayor precisión el área de incumplimiento y facilitarán la reparación.

Para la parte interior del tanque neutralizador, se realizó recubrimiento con dos capas epóxicas de 2mils y 4 mils respectivamente con tratamiento superficial SSPC SP6 que es un tratamiento comercial (Ver anexo 7).

**Figura 4.37**

Arenado y pintura del tanque neutralizador parte interior

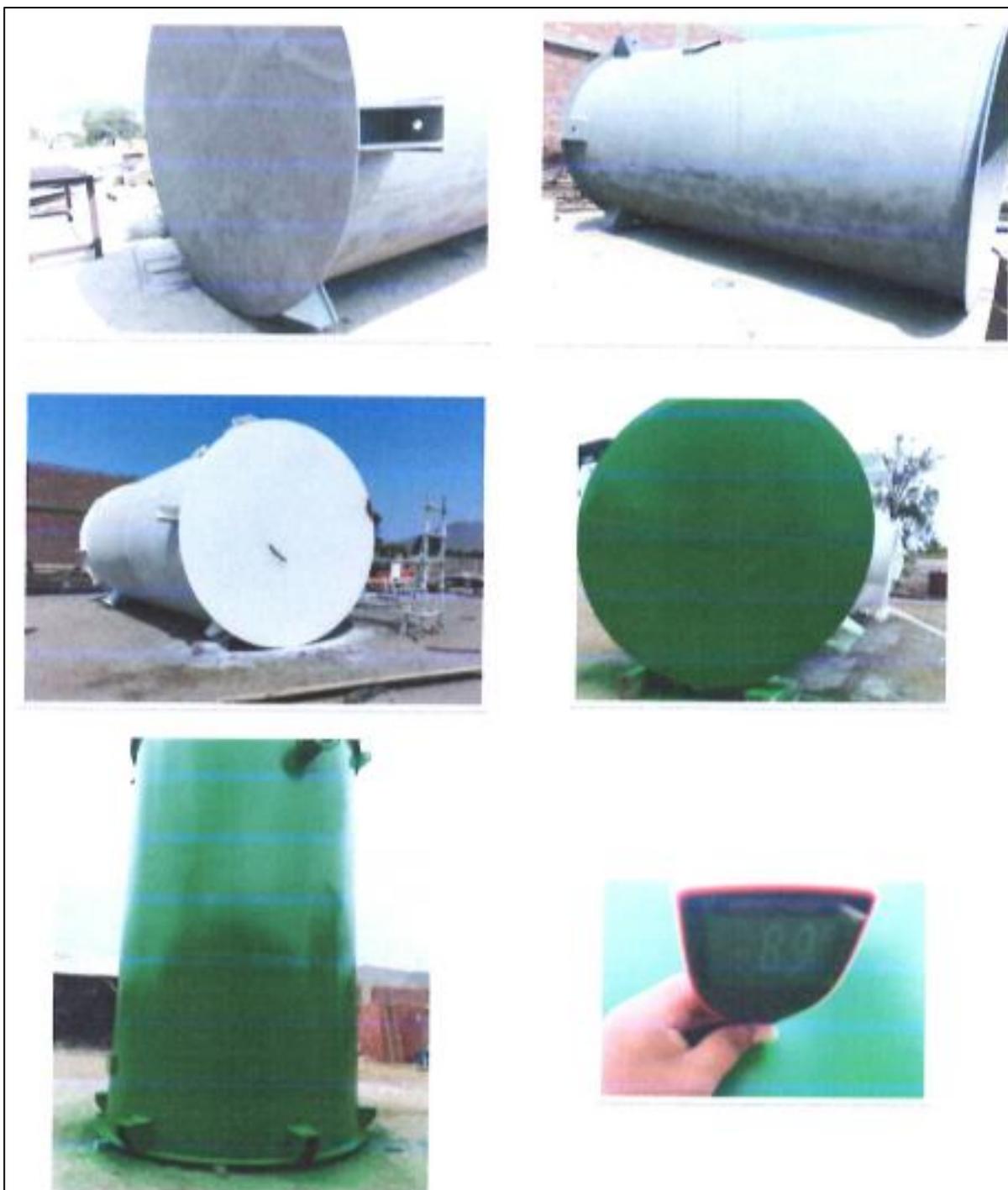


Fuente: Fotografía propia

Para la parte exterior del tanque neutralizador, se realizó recubrimiento con dos capas epóxicas de 2mils y 4 mils respectivamente con tratamiento superficial SSPC SP6 que es un tratamiento comercial (Ver anexo 7).

**Figura 4.38**

Arenado y pintura del tanque neutralizador parte exterior



Fuente: Fotografía propia

#### **4.2.4. Presupuesto de Fabricación**

Para el presupuesto de la fabricación de Tanque neutralizador se seguirá el siguiente criterio:

Calculemos el peso de todas las planchas y materiales de acero al carbono para así sacar el estimado en costos, mediante el análisis de precio unitario (Ir al anexo 8)

Mediante las tablas también necesitamos las áreas completas de cada elemento para sacar un estimado para el tratamiento superficial y el recubrimiento superficial, respectivamente realizaremos el análisis de precio unitario.

Para calcular los pesos y las áreas de cada elemento hemos usado las tablas que están anexadas (Ir al anexo 8,9 y 10) en el presente informe.

Para planchas de acero al carbono, se usaron planchas de espesores de 4.5mm, 5.0mm, 6mm, 8mm, 9mm, 12mm, 19mm y 25mm según indica en lo resaltado en la tabla, conjuntamente se tomaron para el área completa de cada elemento (Ir al anexo 8).

Los metrados de los materiales se seleccionaron las planchas de acuerdo a los cálculos obtenidos en el capítulo II, por lo que se concluye el metrado final en la Cuadro.

Con los datos de la tabla obtenida en pesos (Ver anexo 8) mediante los espesores de las planchas se obtiene los siguientes pesos mediante tabla:

**Tabla 4.17**

Tabla de pesos del metrado total del tanque Neutralizador

1	PESOS DE MATERIALES MECÁNICOS	UNIDAD	PESO
1.1	Plancha ASTM A-36 de 6X 2400 X 6000 MM	KG	1355.17
1.2	Plancha ASTM A-36 de 9X 1460 X 2920 MM	KG	470.08
1.3	Plancha ASMT A-36 de 6X1294 X 6000 MM	KG	365.33
1.4	Plancha ASMT A-36 de 6X2400 X 2501 MM	KG	564.93
1.5	Plancha ASMT A-36 de 6X1294 X 2501 MM	KG	152.3
1.6	Plancha ASMT A-36 de 19X252 X 311 MM	KG	109.11
1.7	Plancha ASMT A-36 de 25X250 X 257 MM	KG	74.52
1.8	Plancha ASMT A-36 de 12X292 X 360 MM	KG	59.33
1.9	Plancha ASMT A-36 de 5X55 X 55 MM	KG	0.19
1.1	Plancha ASMT A-36 de 8X51 X 71 MM	KG	0.19
1.11	Plancha ASMT A-36 de 8X89 X 94 MM	KG	0.26
1.12	Plancha ASMT A-36 de 8X150 X 281 MM	KG	4.18
1.13	Plancha ASMT A-36 de 8X1260 X 1687 MM	KG	75.40
1.14	Plancha ASMT A-36 de 6X299 X 314 MM	KG	3.46
1.15	Plancha ASMT A-36 de 6X298 X 314 MM	KG	3.44
1.16	Plancha ASMT A-36 de 6X498 X 504 MM	KG	7.32
1.17	Plancha ASMT A-36 de 6X697 X 710 MM	KG	14.01
1.18	Plancha ASMT A-36 de 19X240 X 280 MM	KG	16.76
1.19	Plancha ASMT A-36 de 6X420 X 421 MM	KG	24.96
1.20	Plancha ASMT A-36 de 6X351 X 420 MM	KG	20.63
1.21	Plancha ASMT A-36 de 9X88 X 120 MM	KG	2.25
1.22	Plancha ASMT A-36 de 9X201 X 210 MM	KG	5.95
1.23	Plancha ASMT A-36 de 6X103 X 150 MM	KG	17.53
1.24	Plancha ASMT A-36 de 9X110 X 210 MM	KG	6.5
1.25	Plancha ASMT A-36 de 12X151 X 290 MM	KG	11.67
1.26	Plancha ASMT A-36 de 6X248 X 300 MM	KG	57.06
1.27	Plancha ASMT A-36 de 6X90 X 120 MM	KG	1.02
1.27	Plancha ASMT A-36 de 12X151 X 290 MM	KG	0.64
1.30	Plancha ASMT A-36 de 6X60 X 120 MM	KG	0.64
1.31	Plancha ASMT A-36 de 6X230 X 474 MM	KG	5.12
1.31	Plancha ASTM A-36 de 8X610 X 270 MM	KG	31.93
1.31	Platina ASTM A-36 de 1/4"X 2"X 328 MM	KG	0.70
1.31	PIPE STD A-53 12" X 524 MM	KG	38.44

1.34	PIPE SCH40 A-53 de 10" X 432 MM	KG	25.81
1.35	PIPE SCH40 A-53 de 8" X 203 MM	KG	8.57
1.36	PIPE SCH40 A-53 de 3" X 184 MM	KG	4.05
1.37	PIPE SCH40 A-36 de 2" X 874 MM	KG	4.63
1.38	PIPE SCH40 A-53 de 2" X 581 MM	KG	3.07
1.39	BR A-36 de 1/2" X279 MM	KG	0.50
1.40	BR A-53 de 5/8" X220 MM	KG	0.31
1.41	PIPE 2 1/2" SCH40 X 170 MM	KG	2.86
1.42	PIPE 8" SCH40 X 288 MM	KG	12.16
1.43	PIPE 10" SCH40 X 150 MM	KG	8.98
1.44	PIPE 10" SCH40 X 4218 MM	KG	252.27
1.45	PIPE 8" SCH40 X 197MM	KG	21.29
1.45	PIPE 2" SCH40 X119 MM	KG	0.63
1.46	FLANGE SLIP ON de 3" DE 150 LB, ASTM-A105	KG	10.37
1.47	FLANGE SLIP ON de 8" DE 150 LB, ASTM-A105	KG	18.58
1.48	FLANGE SLIP ON de 12" DE 150 LB, ASTM-A105	KG	43.05
1.49	ANGLE ASTM A 36 4"X 4" 3/8" X 4255MM	KG	62.88
1.50	ANGLE ASTM A 36 4"X 4" 3/8" X 4260MM	KG	62.99
1.51	ANGLE ASTM A 36 2 1/2" X2 1/2" X 1/4 319MM	KG	45.27
1.52	Plancha D830 X 12MM	KG	50.88
1.53	Plancha D830 X 8MM	KG	15.6
1.54	Plancha D 96 X 12MM	KG	1.61
1.55	Plancha ASTM A-36 de 6X 4025 X 50 MM	KG	37.91
<b>PESO TOTAL(Kg)</b>			<b>4195.29</b>

Fuente: Elaboración propia

Se calcularán cada área total de cada elemento para el tratamiento superficial y el recubrimiento superficial del Tanque Neutralizador.

**Tabla 4.18**

Tabla de áreas del metrado total del tanque neutralizador

1	AREA DE MATERIALES MECÁNICOS	UNIDAD	CANTIDAD
1.1	Plancha ASTM A-36 de 6X 2400 X 6000 MM	M2	57.79
1.2	Plancha ASTM A-36 de 9X 1460 X 2920 MM	M2	13.44
1.3	Plancha ASMT A-36 de 6X1294 X 6000 MM	M2	15.61
1.4	Plancha ASMT A-36 de 6X2400 X 2501 MM	M2	24.12
1.5	Plancha ASMT A-36 de 6X1294 X 2501 MM	M2	7.51
1.6	Plancha ASMT A-36 de 19X252 X 311 MM	M2	1.69
1.7	Plancha ASMT A-36 de 25X250 X 257 MM	M2	0.91
1.8	Plancha ASMT A-36 de 12X292 X 360 MM	M2	1.35
1.9	Plancha ASMT A-36 de 5X55 X 55 MM	M2	0.01
1.10	Plancha ASMT A-36 de 8X51 X 71 MM	M2	0.01
1.11	Plancha ASMT A-36 de 8X89 X 94 MM	M2	0.01
1.12	Plancha ASMT A-36 de 8X150 X 281 MM	M2	0.15
1.13	Plancha ASMT A-36 de 8X1260 X 1687 MM	M2	2.46
1.14	Plancha ASMT A-36 de 6X299 X 314 MM	M2	0.16
1.15	Plancha ASMT A-36 de 6X298 X 314 MM	M2	0.15
1.16	Plancha ASMT A-36 de 6X498 X 504 MM	M2	0.00
1.17	Plancha ASMT A-36 de 6X697 X 710 MM	M2	0.61
1.18	Plancha ASMT A-36 de 19X240 X 280 MM	M2	0.26
1.19	Plancha ASMT A-36 de 6X420 X 421 MM	M2	1.09
1.20	Plancha ASMT A-36 de 6X351 X 420 MM	M2	0.91
1.21	Plancha ASMT A-36 de 9X88 X 120 MM	M2	0.08
1.22	Plancha ASMT A-36 de 9X201 X 210 MM	M2	0.18
1.23	Plancha ASMT A-36 de 6X103 X 150 MM	M2	0.82
1.24	Plancha ASMT A-36 de 9X110 X 210 MM	M2	0.21
1.25	Plancha ASMT A-36 de 12X151 X 290 MM	M2	0.29
1.26	Plancha ASMT A-36 de 6X248 X 300 MM	M2	2.56
1.27	Plancha ASMT A-36 de 6X90 X 120 MM	M2	0.05
1.28	Plancha ASMT A-36 de 12X151 X 290 MM	M2	0.03
1.29	Plancha ASMT A-36 de 6X60 X 120 MM	M2	0.03
1.30	Plancha ASMT A-36 de 6X230 X 474 MM	M2	0.23
1.31	Plancha ASTM A-36 de 8X610 X 270 MM	M2	0.53
1.32	Platina ASTM A-36 de 1/4"X 2"X 328 MM	M2	0.03
1.33	PIPE STD A-53 12" X 524 MM	M2	0.54
1.34	PIPE SCH40 A-53 de 10" X 432 MM	M2	0.38
1.35	PIPE SCH40 A-53 de 8" X 203 MM	M2	0.15
1.36	PIPE SCH40 A-53 de 3" X 184 MM	M2	0.11
1.37	PIPE SCH40 A-36 de 2" X 874 MM	M2	0.17

1.38	PIPE SCH40 A-53 de 2" X 581 MM	M2	0.11
1.39	BR A-36 de 1/2" X279 MM	M2	0.02
1.40	BR A-53 de 5/8" X220 MM	M2	0.01
1.41	PIPE 2 1/2" SCH40 X 170 MM	M2	0.08
1.42	PIPE 8" SCH40 X 288 MM	M2	0.2
1.43	PIPE 10" SCH40 X 150 MM	M2	0.14
1.44	PIPE 10" SCH40 X 4218 MM	M2	3.62
1.45	PIPE 8" SCH40 X 197MM	M2	0.36
1.45	PIPE 2" SCH40 X119 MM	M2	0.02
1.46	FLANGE SLIP ON de 3" DE 150 LB, ASTM-A105	M2	0.01
1.47	FLANGE SLIP ON de 8" DE 150 LB, ASTM-A105	M2	0.01
1.48	FLANGE SLIP ON de 12" DE 150 LB, ASTM-A105	M2	0.2
1.49	ANGLE ASTM A 36 4"X 3/8" X 4255	M2	1.77
1.50	ANGLE ASTM A 36 4"X 3/8" X 4260	M2	1.77
1.51	ANGLE ASTM A 36 2 1/2" X2 1/4" X 319	M2	1.98
1.52	Plancha D830 X 12MM	M2	1.11
1.53	Plancha D830 X 8MM	M2	0.53
1.54	Plancha D 96 X 12MM	M2	0.06
1.55	Plancha ASTM A-36 de 6X 4025 X 50 MM	M2	1.61
		M2	148.24

Fuente: Elaboración propia

Calculo, mediante el análisis de precio unitario la partida de Corte y biselado de materiales, en la cual se obtiene.

**Tabla 4.19**

Tabla de partida de corte y biselado - análisis de precio unitario

Partida	CORTE Y BISELADO DE MATERIALES			Rend:	1,000.00	Kg/DIA
<i>Descripción Insumo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cuadrilla</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Parcial</i>	
<b>Mano de Obra</b>						
JEFE DE EQUIPO	HH	0.100	0.0008	90.00		0.07
ARMADOR / CORTE	HH	0.800	0.0064	80.00		0.51
OPERARIO	HH	0.800	0.0064	80.00		0.51
AYUDANTE	HH	1.600	0.0128	55.00		0.70
						<b>1.80</b>
<b>Insumos</b>						
OXIGENO	M3	-	0.0125	21.28		0.27
GAS	KG	-	0.0125	16.65		0.21
DISCOS	UND	-	0.0125	24.05		0.30
						<b>0.77</b>
<b>Equipo</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		4.0000	1.80		0.07
EQUIPO DE CORTE	HM	0.800	0.0064	7.60		0.05
ESMERIL	HM	0.800	0.0064	9.50		0.06
						<b>0.18</b>
				<b>Costo Unitario por KG</b>		<b>2.76</b>

Fuente: Elaboración propia

Calculo, mediante el análisis de precio unitario la partida Fabricación del Tanque Neutralizador de materiales, en la cual se obtiene.

**Tabla 4.20**

Tabla de partida de fabricación del tanque neutralizador - análisis de precio unitario

<b>Partida</b>	<b>FABRICACIÓN DEL TANQUE NEUTRALIZADOR</b>				<b>Rend:</b>	1,000.00	<b>Kg/DIA</b>
<i>Descripción Insumo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cuadrilla</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>		<i>Parcial</i>	
<b>Mano de Obra</b>							
JEFE DE EQUIPO	HH	0.100	0.0008	90.00		0.07	
OPERARIO	HH	0.400	0.0032	80.00		0.26	
SOLDADOR FCAW	HH	0.800	0.0064	100.00		0.64	
SOLDADOR GMAW	HH	2.400	0.0192	100.00		1.92	
AYUDANTE	HH	0.400	0.0032	55.00		0.18	
						<b>3.06</b>	
<b>Insumos</b>							
OXIGENO	M3		0.0014	21.28		0.03	
SOLDADURA	KG		0.0049	27.75		0.14	
GAS	KG		0.0007	16.65		0.01	
DISCOS	UND		0.0006	24.05		0.01	
						<b>0.19</b>	
<b>Equipo</b>							
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	3.06		0.15	
MONTACARGA MANIOBRA	HM	0.800	0.0064	180.00		1.15	
MAQUINA DE SOLDAR	HM	1.600	0.0128	38.00		0.49	
EQUIPO DE CORTE	HM	0.800	0.0064	7.60		0.05	
ESMERIL	HM	1.600	0.0128	9.50		0.12	
						<b>1.96</b>	
							<b>Costo Unitario por KG</b>
							<b>5.22</b>

Fuente: Elaboración propia

Calculo, mediante el análisis de precio unitario la partida Pruebas de Tintes Penetrantes, en la cual se obtiene.

**Tabla 4.21**

Tabla de partida de pruebas de tintes penetrantes - análisis de precio unitario

<b>Partida</b>	<b>PRUEBAS DE TINTES PENETRANTES</b>			<b>Rend:</b>	1.00	<b>GBL/DIA</b>
<i>Descripción Insumo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cuadrilla</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Parcial</i>	
<b>Mano de Obra</b>						
ING DE CALIDAD	HH	0.100	0.8000	100.00		80.00
TECNICO EN CALIDAD	HH	0.400	3.2000	80.00		256.00
						336.00
<b>Insumos</b>						
LIMPIADOR /TINTES/ REVELADOR	UND		10.0000	70.22		702.20
TRAPO INDUSTRIAL	KG		6.0000	4.00		24.00
						<b>702.20</b>
<b>Equipo</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	336.00		16.80
						<b>16.80</b>
					<b>Costo Unitario por GLB</b>	<b>1,055.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Para la partida Pruebas de Radiografía o Gammagrafía, se realizó mediante la empresa INSPECDAT, con quien se trabajará este servicio.

**Figura 4.39**

Presupuesto de servicio de prueba radiografía

Av. Oscar R. Benavides 3008 Of. 1203 Lima  
 RUC: 20550661595  
 Telf./Fax (511)-647-6987 - LIMA - PERÚ  
 inspecdac@gmail.com  
 administración@inspecdac.com  
**www.inspecdac.com**

**PRESUPUESTO N°: 1115**

Type your text

RUC N° : Ing. Miriam Lopez Domicilio : Telf : 955-340-140 Atención : Móviles : Lugar : Lima	Moneda : DOLARES US\$/ Forma de Pago: 50 % de adelanto y 50 % contra entrega Contacto : Cristina Fernández Teléfono : (01) 6476987 Celular : 990088049/ 996157867 E- mail : inspecdac@gmail.com
--	---

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO US\$	P. TOTAL US\$
1	20	Por toma de placas Radiograficas a juntas soldadas del Tanque Neutralizador D: 2.7 MT / H: 6.1 MT Total: 20 placas	15.00	300.00

ITEMS	CONDICIONES DEL SERVICIO	US\$
01	<b>Los precios no incluyen IGV</b>	
02	El presente presupuesto es válido por 15 días	
03	Tiempo de entrega de informes y reportes 02 días posterior al termino del servicio	

Fuente: INSPECDAT S.A.C

Calculo, mediante el análisis de precio unitario la partida Neumática, en la cual se obtiene.

**Tabla 4.22**

Tabla de partida de pruebas de neumática - análisis de precio unitario

<b>Partida</b>	PRUEBAS NEUMÁTICA DEL TANQUE			<b>Rend:</b>	1.00	GBL/DIA
<i>Descripción Insumo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cuadrilla</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>		<i>Parcial</i>
<b>Mano de Obra</b>						
TECNICO EN CALIDAD	HH	0.400	3.2000	80.00		256.00
						256.00
<b>Insumos</b>						
MANÓMETRO CALIBRADO	UND		1.0000	150.00		150.00
						<b>150.00</b>
<b>Equipo</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	256.00		12.80
						<b>12.80</b>
					<b>Costo Unitario por GLB</b>	<b>418.80</b>

Fuente: Elaboración propia

Calculo, mediante el análisis de precio unitario la partida de la prueba de vacío, en la cual se obtiene.



**Tabla 4.24**

Tabla de partida arenado y pintado - análisis de precio unitario

<b>Partida</b>	<b>ARENADO Y PINTADO EN ESTRUCTURAS</b>			<b>Rend:</b>	90.00	M2/DIA
<i>Descripción Insumo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cuadrilla</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>		<i>Parcial</i>
<b>Mano de Obra</b>						
JEFE DE EQUIPO	HH	0.100	0.0111	90.00		1.00
OPERARIO PINTOR	HH	1.200	0.1333	80.00		10.67
OPERADOR DE COMPRESOR	HH	0.600	0.0667	80.00		5.33
AYUDANTE/ TOLVERO	HH	3.600	0.4000	55.00		22.00
						<b>39.00</b>
<b>Insumos</b>						
CONSUMIBLES (ARENADO)	GLB		0.9000	4.32		3.89
PINTURA Y DILUYENTE	GLB		0.1500	172.80		25.92
						<b>29.81</b>
<b>Equipo</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	39.00		1.95
EQUIPO DE ARENADO	HM	0.800	0.0711	25.80		1.83
COMPRESORA	HM	0.800	0.0711	78.20		5.56
EQUIPO DE PINTURA	HM	0.800	0.0711	20.50		1.46
						<b>10.80</b>
					<b>Costo Unitario por M2</b>	<b>79.61</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.25**

Tabla de partida de elaboración de dossier de calidad - análisis de precio unitario

<b>Partida</b>	ELABORACIÓN DEL DOSSIER DE CALIDAD			<b>Rend:</b>	1.00	GBL/DIA
<i>Descripción Insumo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cuadrilla</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Parcial</i>	
<b>Mano de Obra</b>						
ING DE CALIDAD	HH	0.600	4.8000	100.00		480.00
TECNICO EN CALIDAD	HH	0.500	4.0000	80.00		320.00
						800.00
<b>Insumos</b>						
UTILES DE OFICINA	GLB		1.0000	550.00		550.00
						-
						<b>550.00</b>
<b>Equipo</b>						
FOTOCOPIADORA MULTIUSO	HM	0.800	1.0000	8,000.00		80.00
						80.00
					<b>Costo Unitario por GLB</b>	<b>1,430.00</b>

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la información anterior se concluye lo siguiente:

**Tabla 4.26**

Costo directo del tanque neutralizador

Suministro y Fabricación del Tanque de Neutralización		PRESUPUESTO GENERAL			
		UND	CANTIDAD	PU NUEVO SOLES	ACUMULADO
<b>1</b>	<b>SUMINISTRO PARA FABRICACIÓN DEL TANQUE NEUTRALIZADOR</b>				
<b>1.1</b>	<b>SUMINISTRO DE MATERIALES MECÁNICOS</b>				
1.1	Plancha ASTM A-36 de 6X 2400 X 6000 MM	UND	2	S/2,088.34	S/4,176.68
1.2	Plancha ASTM A-36 de 9X 1460 X 2920 MM	UND	2	S/624.12	S/1,248.24
1.3	Plancha ASMT A-36 de 6X1294 X 6000 MM	UND	1	S/1,125.94	S/1,125.94
1.4	Plancha ASMT A-36 de 6X2400 X 2501 MM	UND	2	S/870.47	S/1,740.94
1.5	Plancha ASMT A-36 de 6X1294 X 2501 MM	UND	2	S/469.33	S/938.65
1.6	Plancha ASMT A-36 de 19X252 X 311 MM	UND	12	S/14.65	S/175.80
1.7	Plancha ASMT A-36 de 25X250 X 257 MM	UND	6	S/11.97	S/71.82
1.8	Plancha ASMT A-36 de 12X292 X 360 MM	UND	6	S/23.53	S/141.18
1.9	Plancha ASMT A-36 de 5X55 X 55 MM	UND	2	S/0.43	S/0.86
1.10	Plancha ASMT A-36 de 8X51 X 71 MM	UND	1	S/0.54	S/0.54
1.11	Plancha ASMT A-36 de 8X89 X 94 MM	UND	1	S/1.24	S/1.24
1.12	Plancha ASMT A-36 de 8X150 X 281 MM	UND	2	S/6.28	S/12.56
1.13	Plancha ASMT A-36 de 8X1260 X 1687 MM	UND	1	S/317.18	S/317.18
1.14	Plancha ASMT A-36 de 6X299 X 314 MM	UND	1	S/13.62	S/13.62
1.15	Plancha ASMT A-36 de 6X298 X 314 MM	UND	1	S/13.57	S/13.57
1.16	Plancha ASMT A-36 de 6X498 X 504 MM	UND	1	S/36.40	S/36.40
1.17	Plancha ASMT A-36 de 6X697 X 710 MM	UND	1	S/71.77	S/71.77
1.18	Plancha ASMT A-36 de 19X240 X 280 MM	UND	2	S/12.56	S/25.12
1.19	Plancha ASMT A-36 de 6X420 X 421 MM	UND	3	S/25.64	S/76.93
1.20	Plancha ASMT A-36 de 6X351 X 420 MM	UND	3	S/21.38	S/64.14
1.21	Plancha ASMT A-36 de 9X88 X 120 MM	UND	4	S/1.97	S/7.88
1.22	Plancha ASMT A-36 de 9X201 X 210 MM	UND	2	S/7.87	S/15.74
1.23	Plancha ASMT A-36 de 6X103 X 150 MM	UND	24	S/2.24	S/53.76
1.24	Plancha ASMT A-36 de 9X110 X 210 MM	UND	4	S/4.30	S/17.20
1.25	Plancha ASMT A-36 de 12X151 X 290 MM	UND	4	S/9.80	S/39.20
1.26	Plancha ASMT A-36 de 6X248 X 300 MM	UND	24	S/10.79	S/258.95
1.27	Plancha ASMT A-36 de 6X90 X 120 MM	UND	2	S/1.57	S/3.13
1.27	Plancha ASMT A-36 de 12X151 X 290 MM	UND	2	S/9.80	S/19.60
1.30	Plancha ASMT A-36 de 6X60 X 120 MM	UND	2	S/1.04	S/2.09
1.31	Plancha ASMT A-36 de 6X230 X 474 MM	UND	1	S/15.81	S/15.81

1.32	Plancha ASTM A-36 de 8X 1192 X 270 MM	UND	1	S/75.14	S/75.14
1.33	Platina ASTM A-36 de 1/4" X 2" X 328 MM	ML	0.328	S/11.19	S/3.67
1.33	PIPE STD A-53 12" X 524 MM	ML	0.524	S/216.19	S/113.28
1.34	PIPE SCH40 A-53 de 10" X 432 MM	ML	0.432	S/185.09	S/79.96
1.35	PIPE SCH40 A-53 de 8" X 203 MM	ML	0.203	S/132.43	S/26.88
1.36	PIPE SCH40 A-53 de 3" X 184 MM	ML	0.368	S/37.62	S/13.84
1.37	PIPE SCH40 A-36 de 2" X 874 MM	ML	0.874	S/23.43	S/20.48
1.38	PIPE SCH40 A-53 de 2" X 581 MM	ML	0.581	S/23.43	S/13.61
1.39	BR A-36 de 1/2" X279 MM	ML	0.558	S/4.53	S/2.53
1.40	BR A-53 de 5/8" X220 MM	ML	0.22	S/4.96	S/1.09
1.41	PIPE 2 1/2" SCH40 X 170 MM	ML	0.34	S/21.65	S/7.36
1.42	PIPE 8" SCH40 X 288 MM	ML	0.288	S/132.43	S/38.14
1.43	PIPE 10" SCH40 X 150 MM	ML	0.15	S/185.09	S/27.76
1.44	PIPE 10" SCH40 X 4218 MM	ML	4.218	S/185.09	S/780.71
1.45	PIPE 8" SCH40 X 197MM	ML	0.394	S/132.43	S/52.18
1.45	PIPE 2" SCH40 X119 MM	ML	1.19	S/23.43	27.8817
1.46	FLANGE SLIP ON de 3" DE 150 LB, ASTM-A105	UND	2	S/26.27	S/52.54
1.47	FLANGE SLIP ON de 8" DE 150 LB, ASTM-A105	UND	1	S/86.63	86.63
1.48	FLANGE SLIP ON de 12" DE 150 LB, ASTM-A105	UND	1	S/295.16	S/295.16
1.49	ANGLE ASTM A 36 4" X 3/8" X 4255	ML	4.25	S/36.50	155.125
1.50	ANGLE ASTM A 36 4" X 3/8" X 4260	ML	4.26	S/36.50	S/155.49
1.51	ANGLE ASTM A 36 2 1/2" X2 1/4" X 319	ML	7.66	S/26.00	199.16
1.52	Plancha D830 X 12MM	UND	1	S/120.91	S/120.91
1.53	Plancha D830 X 8MM	UND	1	S/80.58	80.58
1.54	Plancha D 96 X 12MM	UND	4	S/1.70	S/6.80
<b>1.2</b>	<b>FABRICACION DEL TANQUE NEUTRALIZADOR</b>				
1.2.1	CORTE Y BISELADO	KG	4195.29	2.76	11,579.00
1.2.2	FABRICACION DEL TANQUE NEUTRALIZADOR	KG	4195.29	5.22	21,899.41
1.2.3	PRUEBAS DE TINTES PENETRANTES	GLB	1.00	1,055.00	1,055.00
1.2.4	PRUEBAS DE RADIOGRAFIA AL 10%	GLB	1.00	990.00	990.00
1.2.5	PRUEBA NEUMÁTICA DEL TANQUE	GLB	1.00	418.80	418.80
1.2.6	PRUEBA DE VACÍO DEL TANQUE	GLB	1.00	238.80	238.80
1.2.7	PRUEBA HIDROSTÁTICA DEL TANQUE	GLB	1.00	400.00	400.00
<b>1.3</b>	<b>ARENADO Y RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL DEL TANQUE</b>				
1.3.1	ARENADO Y RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL DEL TANQUE	M2	148.24	79.61	11,801.39
1.3.2	ELABORACIÓN DEL DOSSIER DE CALIDAD	GLB	1.00	1430.00	1,430.00
	<b>COSTO DIRECTO NUEVOS SOLES</b>				<b>62,935.84</b>

Fuente: Elaboración propia

## Fabricación del Tanque Neutralizador

Tabla 4.27

Presupuesto del Tanque Neutralizador

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	TOTAL (S/)
1	<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>62,935.84</b>
2	GASTOS GENERALES (19.10%)	12,020.75
3	UTILIDAD (10%)	6,293.58
4	<b>TOTAL A FACTURAR (SIN IGV)</b>	<b>81,250.17</b>
5	IGV (18%)	14,625.03
6	<b>MONTO A FACTURAR</b>	<b>95,875.20</b>

Elaboración Propia

### 4.2.5. Medicación del pH para la neutralización

Para neutralizar el agua ácida se tomaron muestras del río Llaucano- Cajamarca que es un efluente cercano a la minera Tantahuatay, donde se utilizó un medidor de indicador de PH mediante colores, una probeta de 250 ml, y cal viva que funcionó de elemento neutralizador para así poder neutralizar el agua ácida.

Figura 4.40

Materiales para neutralizar PH



Fuente: Fotografía Propia

### Figura 4.41

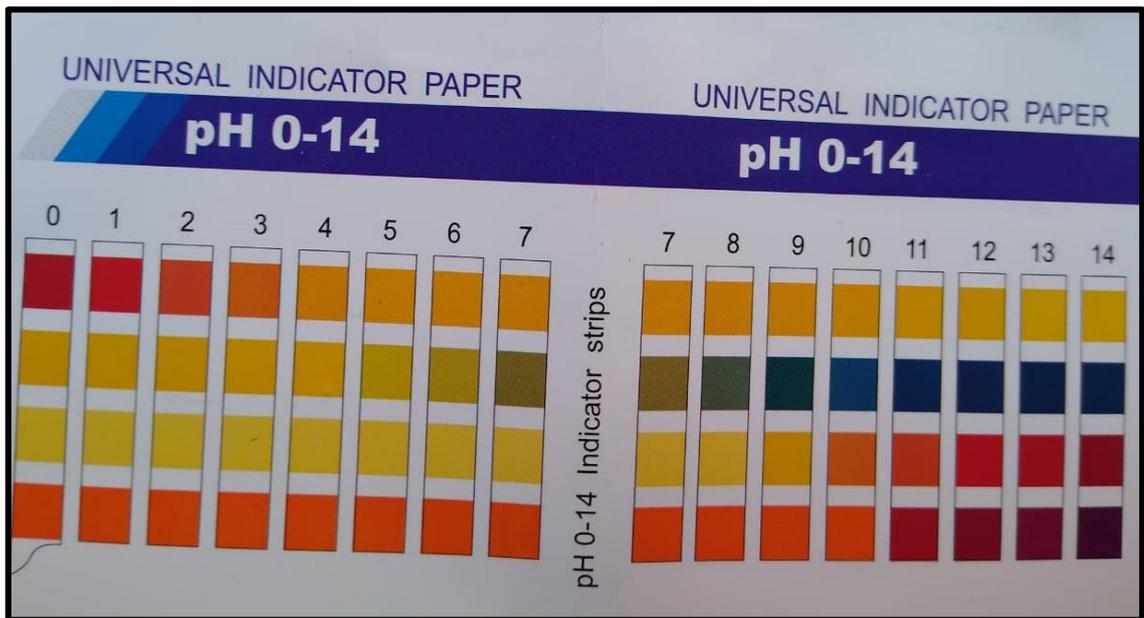
Efluente – Río Llaucano



Fuente: Fotografía Propia

Se tomaron una muestra de 250ml para poder neutralizar el agua residual, se vació en una probeta de muestreo, se midió el PH inicial sin añadir ningún tipo de floculante obteniéndose el PH de 3.3 que es indicador ácido.

Figura 4.42

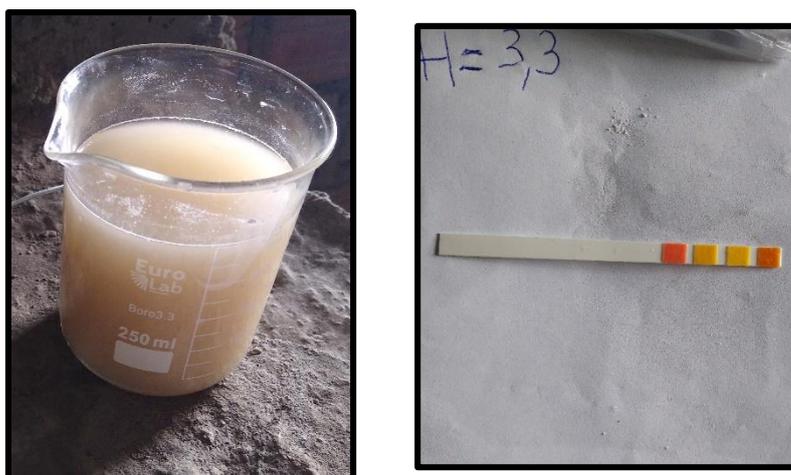


Indicador de PH

Fuente: Fotografía Propia

Figura 4.43

Muestreo de agua residual



Fuente: Fotografía Propia

Luego se añadieron el elemento neutralizador que es cal viva en pequeñas cantidades para incrementar el indicador de PH, y se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 4.28**

Resultados del análisis químico con cal viva

CAL VIVA(g)	PH
0	3.3
0.25	3.5
0.5	3.9
1.0	4
1.5	4.2
2.0	4.5
2.75	5
3.25	6
3.75	8
4.05	9.2

Fuente: Fotografía Propia

**Figura 4.44**

Medición del Indicador de PH

	PH: 3.3		PH: 4.5
	PH: 3.5		PH: 5.0
	PH: 3.8		PH: 6.0
	PH: 4.0		PH: 8.0
	PH: 4.2		PH: 9.2

Fuente: Elaboración Propia

**4.2.6. Cronograma general de la fabricación del tanque neutralizador**



#### **4.3. Población y muestra**

Esta investigación del diseño y construcción del Tanque Neutralizador, analiza los cálculos seleccionados mediante la norma API 650, y la parte constructiva como pruebas de calidad, costos e fabricación, por tanto, no aplica para este presente informe de tesis, porque la muestra coincide con la población por ser un caso de diseño.

Para el análisis de la neutralización, se tomó 10 muestras de 250 ml al azar de agua del río Llaucano.

#### **4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para el diseño y construcción de un tanque neutralizador, se usaron técnica documental, documentos de tesis anteriores como fuentes de investigación que deberán cumplir con la veracidad, objetividad y confiabilidad, de la investigación.

También se tomaron fotografías y fuentes propias para la recolección de datos de la construcción del tanque, normativas, registros, de pruebas de calidad elaborados en la inspección de soldadura y recubrimiento superficial del tanque.

También se usó la técnica empírica para la medición directa del PH de las muestras tomadas usando papel indicador.

#### **4.5. Plan de análisis estadístico de datos**

En el proceso de recolección de datos de esta investigación comienza con las fuentes bibliográficas mencionadas, por tanto, no aplica para este presente informe de tesis, porque es un caso de diseño y construcción único y no se aplica estadística.

## V. RESULTADOS

De acuerdo al informe de tesis, donde se propone el diseño y construcción de un tanque neutralizador de aguas acidas para reducir la contaminación ambiental en la minera Tantahuatay – Cajamarca, se obtuvieron los siguientes resultados:

### **Diseño de un tanque de neutralización de aguas ácidas empleando la norma API 650.**

Para el diseño se empleó la Norma API STANDARD 650 Twelfth Edition 2013 Welded Steel Tanks for Oil Storage. Además, se utilizó para el análisis sísmico la norma E-030 del RNE. Asimismo, para el cálculo se ha trabajado con la normatividad para el diseño de elementos estructurales, donde se usa para aceros Estructurales AISC360-05/IBC2006 y para concreto armado ACI 318.

Mediante el uso de la norma API 650, se logró dimensionar la base y cuerpo del tanque neutralizador como se detalla a continuación:

#### **Dimensiones del Tanque neutralizador de aguas acidas**

Diámetro	2.7 m
Altura	6.1 m
Espesor del cuerpo	6.0 mm
Espesor del piso	9.0 mm
Numero de virolas	6

### **Verificar cargas calculadas para el diseño y construcción del tanque de neutralización de aguas ácidas con el SAP 2000.**

Con el uso del software SAP 2000 para la carga sísmica se determinó Los desplazamientos horizontales  $\delta_{Hmax} = 1.06 \text{ mm} \leq 0.01H = 0.01 \times (6100 \text{ mm}) = 61 \text{ mm}$  en el tanque las cual no es significativa, por lo que la configuración geométrica satisface dichas solicitaciones.

Co el uso del software SAP 2000 se determinó para las cargas de servicio y sollicitaciones externas las tensiones por el esfuerzo Von Misses del tanque fue de  $\sigma_{VM} = 624 \text{ kg/cm}^2 \leq \sigma_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$ . Por tanto, esta configuración de depósito soporta con seguridad las tensiones producidas por servicio y sollicitaciones externas, dado que el valor obtenido es menor al esfuerzo fluencia del acero ( $\sigma_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$ ).

### **Selección de las normas técnicas apropiadas para la construcción y pruebas del tanque de Neutralización de aguas ácidas.**

Para la construcción del tanque neutralizador se hicieron las pruebas de calidad según norma API 650, para asegurar las uniones soldadas de los soldadores calificados según norma La calificación de soldadores para el soldeo de tanques y tuberías se realizará en conformidad al código ASME IX – 2013 Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators – Welding and Brazing Qualifications – Article III.

También se usaron criterios para los tintes penetrantes los parámetros establecidos en el código API STANDARD 650 Twelfth Edition 2013 Welded Steel Tanks for Oil Storage – Section 8.4 / ASME V Boiler and Pressure Vessel Code – Nondestructive Examination - Article 6.

### **Determinación del indicador de PH, añadiendo Cal viva, para neutralizar las aguas ácidas,**

Se determinó que por cada 3.25 gramos de cal viva en una muestra de 250ml de agua ácida, se neutralizará añadiendo cal viva dando como resultado un a un indicador de PH de 6 (Ver la tabla 4.28).

3.25 g cal viva  $\longrightarrow$  250 ml

M kg cal viva  $\longrightarrow$  34 m<sup>3</sup>

El tanque de 34 m<sup>3</sup> de agua acida se neutraliza usando 442 kg de cal viva.

## VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Contratación y demostración de la hipótesis con los resultados.

- ✓ Si se emplea la norma API 650, entonces permitirá dimensionar el tanque neutralizador de aguas ácidas.

En el presente trabajo de investigación se determinó las dimensiones del tanque neutralizador: 2.7 m de diámetro y 6.1 m de altura, así como el espesor de las plancha del cuerpo 6 mm y de la plancha del fondo 6 mm, empleando los requisitos de la norma API 650, con lo cual se contrasto la primera hipótesis específica.

- ✓ Si se utiliza el SAP 2000, permitirá verificar las cargas calculadas.

El uso del software SAP 2000: permitió determinar los desplazamientos horizontales por carga sísmica de 1.06 mm y las tensiones por Von Misses producidas por servicio y sollicitaciones externas de 624 kg/cm<sup>2</sup>, contrastando de esta manera la segunda hipótesis específica.

- ✓ Al seleccionar las normas técnicas se construirá el tanque de neutralización, cumpliendo dichas normas.

La selección correcta de normas: API 650 (Para el dimensionamiento, características del tanque y requisitos de las pruebas de conformidad de la construcción), Código ASME IX (Calificación de soldadores), AISC360-05/IBC2006 (Para el diseño de elementos estructurales de acero) y ACI 318 (Para el diseño de elementos estructurales de concreto armado), permitió tener los parámetros para comparar con los resultados del análisis estructural y de la calidad de la construcción, contrastándose la tercera hipótesis específica.

- ✓ Si se determina el indicador de PH, añadiendo cal viva, se neutralizará las aguas ácidas del tanque.

En el presente trabajo de investigación se determinó que se neutralizar las aguas ácidas midiéndose el PH a 6, añadiendo 442 kg de cal viva al tanque construido de 34 m<sup>3</sup>, contrastado así la cuarta hipótesis específica.

## **6.2. Contratación de los resultados con otros estudios similares**

Diseño y Construcción de un tanque de neutralización de aguas acidas, reduciendo de la contaminación ambiental con software de diseño estructural, mina Tantahuatay- Cajamarca, es comparado en cuanto al Diseño y Construcción de un Tanque para almacenar 2000 toneladas de aceite de palma basado en la norma API- 2017, en donde ambos resultados se basan en la correcta selección de la norma API 650 en cuanto a espesores, de fondo y de cuerpo, también en el número de virolas, para la parte constructiva realiza las pruebas de calidad según normas técnicas cumpliéndose con todas las pruebas como tintes penetrantes, prueba de vacío, neumática, estanqueidad, para así garantizar las uniones soldadas del tanque.

## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES

- ✓ Se diseñó usando la norma API 650 un tanque de Neutralizador de 2.7 m de diámetro, 6 m de altura, 6mm de espesor para las planchas del cuerpo, 9 mm para las del fondo del tanque y la distribución del cuerpo por tres virolas.
- ✓ Se verificó usando SAP 2000: La deflexión horizontal máxima de 1.06 mm la cual no es significativa, por lo que la configuración geométrica satisface dichas solicitaciones. Las tensiones por el esfuerzo Von Misses del tanque fue de 624 kg/cm<sup>2</sup>, por tanto, esta configuración de depósito soportará las tensiones producidas por servicio y solicitaciones externas dado que el valor obtenido es menor a  $\sigma$  fluencia del acero (2500kg/cm<sup>2</sup>).
- ✓ Para la construcción del tanque neutralizador se hicieron las pruebas de calidad según norma API 650, para asegurar las uniones soldadas de los soldadores calificados, se realizó en conformidad al código ASME IX – 2013 Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators – Welding and Brazing Qualifications – Article III.
- ✓ Se determinó para neutralizar las aguas ácidas del tanque de 34 m<sup>3</sup>, se debe usar 442 kg de cal viva, para el indicador de medición del PH de 6.

## CAPITULO VIII

### RECOMENDACIONES

- ✓ En la actualidad casi la mayoría de empresas metalmecánicas se rigen a la norma API 650 para el diseño y la construcción del tanque de acero al carbono, por lo cual garantiza la buena fabricación, cumpliendo las pruebas de calidad requeridas para dicho tanque, se debería de conocer para que las empresas que no usan dicha norma empiezan a tener conocimiento alguno, por más pequeño que sea el tanque.
  
- ✓ Con el uso de la tecnología de software SAP 2000, se analiza las cargas y esfuerzos actuantes para el correcto diseño, se debería de promover el uso.
  
- ✓ Para la neutralización de aguas ácidas existen otros ensayos aparte de añadir un elemento neutralizador que es la cal viva, pero más caros porque implica mayor tecnología, si es un tanque pequeño de capacidades menores a 50 m<sup>3</sup> se recomendaría añadir elementos neutralizadores de lo contrario si son mayores ver otra manera de realizar el tratamiento de aguas ácidas

## CAPITULO IX

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANAYA, Ronald. *Estudio de la influencia del espesador de cono profundo, para la recuperación del agua de la compañía minera volcán S.A.* Tesis de Licenciatura. Huancayo - Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2016. 6.
2. API STANDARD 650. *Welded steel tanks for oil storage*. 12. Washington, D.C., 2016.
3. CALVO, Daniel, CASADO, Jordi, ZAMORA, Gerardo y ALFONSO, María. Estudio para el tratamiento de las aguas ácidas por neutralización-precipitación en interior de la mina Santa Fé, Bolivia. En: *Libro de Actas del III Congreso Internacional de Geología y Minería Ambiental para el Ordenamiento Territorial y el Desarrollo*. [En línea]. 2013. p. 297–310. [fecha de consulta 27 Setiembre de 2019]. ISBN 978-99920-1-769-2. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/20956>
4. FERRARI, Darío y DEL CASTILLO, Felipe. METODO DEL ELEMENTO FINITO Y AutoFEM®. Universidad Nacional Autónoma de México. 2018.
5. INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ. Norma E.030 - Diseño Sismorresistente. [En línea]. [Fecha de consulta 29 Setiembre de 2019]. Disponible en: <https://portal.igp.gob.pe/norma-e030-diseno-sismorresistente>.

6. JIMENEZ, Galo. *Diseño y construcción de un tanque para almacenar 2000 toneladas de aceite de palma basado en la norma API-650-2007*. Tesis de Licenciatura. Guayaquil – Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2016. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/31739>
  
7. LEÓN, Manuel. *Diseño y Cálculo de Tanques de Almacenamiento*. [En línea]. 1994. [fecha de consulta 9 abril de 2018]. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:MrXS25kfZysJ:>
  
8. MALAGA, José. *Evaluación del diseño estructural de un sistema tanque-plataforma de lixiviación de 3336 m<sup>3</sup> de capacidad* [online]. Tesis de Licenciatura. Lima - Perú: PUCP, 2014. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5482>
  
9. MAYORGA, Milton. *Inspección Física y Análisis Estructural para determinar operatividad de un tanque cilíndrico vertical para almacenamiento de Fuel Oil de acuerdo a norma API 653 luego de un siniestro*. Tesis de Licenciatura. Guayaquil – Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2009. Disponible en: [https://www.academia.edu/31302883/ESCUELA\\_SUPERIOR\\_POLIT%C3%89CNICA\\_DEL\\_LITORAL\\_Facultad\\_de\\_Ingenier%C3%ADa\\_en\\_Mec%C3%A1nica\\_y\\_Ciencias\\_de\\_la\\_Producci%C3%B3nESCUELA\\_SUPERIOR\\_POLIT%C3%89CNICA\\_DEL\\_LITORAL\\_Facultad\\_de\\_Ingenier%C3%ADa\\_en\\_Mec%C3%A1nica\\_y\\_Ciencias\\_de\\_la\\_Producci%C3%B3n](https://www.academia.edu/31302883/ESCUELA_SUPERIOR_POLIT%C3%89CNICA_DEL_LITORAL_Facultad_de_Ingenier%C3%ADa_en_Mec%C3%A1nica_y_Ciencias_de_la_Producci%C3%B3nESCUELA_SUPERIOR_POLIT%C3%89CNICA_DEL_LITORAL_Facultad_de_Ingenier%C3%ADa_en_Mec%C3%A1nica_y_Ciencias_de_la_Producci%C3%B3n)

## **ANEXOS**

## ANEXO 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA \$ GENERAL	OBJETIVO \$ GENERAL	HIPOTESIS	METODOLOGIA
<p>¿Cómo diseñar y construir un tanque de neutralización de tratamiento de aguas ácidas para reducir la contaminación ambiental de los efluentes cercanos a la mina Tantahuatay, con software de diseño estructural?</p>	<p>Diseñar y Construir un tanque de neutralización de tratamiento de aguas ácidas para reducir la contaminación ambiental de los efluentes cercanos a la mina Tantahuatay, con software de diseño estructural.</p>	<p>"Si se diseña y construye un tanque de neutralización de tratamiento de aguas ácidas, se reducirá la contaminación ambiental de los efluentes cercanos a la mina Tantahuatay con software de diseño estructural".</p>	<p>El tipo de investigación es de tipo tecnológica y aplicativo ya que los resultados se aplicarán para la fabricación del tanque neutralizador con el fin de reducir la contaminación ambiental.</p>
PROBLEMA \$ ESPECÍFICO \$	OBJETIVO \$ ESPECÍFICO \$	HIPOTESIS \$ ESPECÍFICO \$	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Con qué norma se puede diseñar un tanque de neutralización de aguas ácidas?</li> <li>• ¿Con qué software se puede verificar el valor de cargas calculadas para el diseño y construcción del tanque de neutralización de aguas ácidas?</li> <li>• ¿Cuáles son las normas aplicables para la construcción y pruebas del tanque de neutralización de aguas ácidas?</li> <li>• ¿Cómo determinar el indicador de PH, añadiendo cal viva, para neutralizar las aguas ácidas del tanque?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar un tanque de neutralización de aguas ácidas empleando la norma API 650, para reducir la contaminación ambiental.</li> <li>• Verificar el valor de cargas calculadas para el diseño y construcción del tanque de neutralización de aguas ácidas con el SAP 2000.</li> <li>• Seleccionar las normas técnicas apropiadas para la construcción y pruebas del tanque de Neutralización de aguas ácidas.</li> <li>• Determinar el indicador del PH, añadiendo cal viva, para neutralizar las aguas ácidas del tanque.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se emplea la norma API 650, entonces permitirá dimensionar el tanque de neutralizador de aguas ácidas.</li> <li>• Si se utiliza el SAP 2000, permitirá verificar las cargas calculadas.</li> <li>• Al seleccionar las normas técnicas se construirá el tanque de neutralización, cumpliendo dichas normas.</li> <li>• Si se determina el indicador de PH, añadiendo cal viva, se neutralizará las aguas ácidas del tanque.</li> </ul>	

## ANEXO 2: Norma API 650

**Table A.1a—Typical Sizes and Corresponding Nominal Capacities (m<sup>3</sup>) for Tanks with 1800-mm Courses (SI)**

Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	Column 7	Column 8	Column 9	Column 10	Column 11
Tank Diameter m	Capacity per m of Height m <sup>3</sup>	Tank Height (m) / Number of Courses in Completed Tank								
		3.6 / 2	5.4 / 3	7.2 / 4	9 / 5	10.8 / 6	12.6 / 7	14.4 / 8	16.2 / 9	18 / 10
3	7.07	25	38	51	64	76	—	—	—	—
4.5	15.9	57	86	115	143	172	—	—	—	—
6	28.3	102	153	204	254	305	356	407	—	—
7.5	44.2	159	239	318	398	477	557	636	716	795
9	63.6	229	344	458	573	687	802	916	1,031	1,145
<i>D = 18</i>										
10.5	86.6	312	468	623	779	935	1,091	1,247	1,403	1,559
12	113	407	611	814	1,018	1,221	1,425	1,629	1,832	2,036
13.5	143	515	773	1,031	1,288	1,546	1,804	2,061	2,319	2,576
15	177	636	954	1,272	1,590	1,909	2,227	2,545	2,863	3,181
18	254	916	1,374	1,832	2,290	2,748	3,206	3,664	4,122	4,580
<i>D = 18</i>										
21	346	1,247	1,870	2,494	3,117	3,741	4,364	4,988	5,089	—
24	452	1,629	2,443	3,257	4,072	4,886	5,700	5,474	<i>D = 20</i>	—
27	573	2,061	3,092	4,122	5,153	6,184	6,690	<i>D = 22</i>	—	—
30	707	2,545	3,817	5,089	6,362	7,634	<i>D = 26</i>	—	—	—
36	1,018	3,664	5,497	7,329	9,161	<i>D = 30</i>	—	—	—	—
<i>D = 36</i>										
42	1,385	4,988	7,481	9,975	—	—	—	—	—	—
48	1,810	6,514	9,772	11,966	—	—	—	—	—	—
54	2,290	8,245	12,367	<i>D = 46</i>	—	—	—	—	—	—
60	2,827	10,179	15,268	—	—	—	—	—	—	—
66	3,421	12,316	16,303	—	—	—	—	—	—	—
<i>D = 62</i>										
<p>NOTE The nominal capacities given in this table were calculated using the following formula:</p> <p>In SI units:</p> $C = 0.785D^2H$ <p>where</p> <p><i>C</i> is the capacity of tank, in m<sup>3</sup>;</p> <p><i>D</i> is the diameter of tank, in m (see A.4.1);</p> <p><i>H</i> is the height of tank, in m (see A.4.1).</p> <p>The capacities and diameters in italics (Columns 4 through 11) are the maximums for the tank heights given in the column heads, based on a maximum permissible shell-plate thickness of 13 mm, a maximum allowable design stress of 145 MPa, a joint efficiency of 0.85, and no corrosion allowance (see A.4.1).</p>										

Table A.2a—Shell-Plate Thicknesses (mm) for Typical Sizes of Tanks with 1800-mm Courses (SI)

Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	Column 7	Column 8	Column 9	Column 10	Column 11	Column 12
Tank Diameter m	Tank Height (m) / Number of Courses in Completed Tank										Maximum Allowable Height for Diameter <sup>a</sup> m
	1.8 / 1	3.6 / 2	5.4 / 3	7.2 / 4	9 / 5	10.8 / 6	12.6 / 7	14.4 / 8	16.2 / 9	18 / 10	
3	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	—	—	—	—	—
4.5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	—	—	—	—	—
6	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	—	—	—
7.5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.3	—
9	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.7	6.3	—
10.5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.1	5.9	6.6	7.4	—
12	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.9	6.7	7.6	8.4	—
13.5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.6	6.6	7.6	8.5	9.5	—
15	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.3	7.3	8.4	9.5	10.6	—
18	6.0	6.0	6.0	6.0	6.2	7.5	8.8	10.1	11.4	—	17.8
18	6.0	6.0	6.0	6.0	6.2	7.5	8.8	10.1	11.4	—	17.8
21	6.0	6.0	6.0	6.0	7.3	8.8	10.3	11.8	—	—	15.3
24	6.0	6.0	6.0	6.6	8.3	10.0	11.7	—	—	—	13.4
27	6.0	6.0	6.0	7.4	9.3	11.3	—	—	—	—	11.9
30	6.0	6.0	6.0	8.2	10.4	12.5	—	—	—	—	10.8
36	8.0	8.0	8.0	9.9	12.5	—	—	—	—	—	9.0
42	8.0	8.0	8.5	11.5	—	—	—	—	—	—	7.8
48	8.0	8.0	9.7	—	—	—	—	—	—	—	6.9
54	8.0	8.0	10.9	—	—	—	—	—	—	—	6.1
60	8.0	8.0	12.2	—	—	—	—	—	—	—	5.5
66	10.0	10.0	—	—	—	—	—	—	—	—	5.1

<sup>a</sup> Based on a maximum permissible shell-plate thickness of 13 mm, a maximum allowable design stress of 145 MPa, a joint efficiency of 0.85, and no corrosion allowance.

NOTE The plate thicknesses shown in this table are based on a maximum allowable design stress of 145 MPa, a joint efficiency of 0.85, and no corrosion allowance (see A.4.1).

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

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

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

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

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

Hydrostatic Test Stress =  $(t_r / \text{nominal } t) (S_r)$

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.

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

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
<b>ASTM Specifications</b>						
A283M	C		205	380	137	154
A285M	C		205	380	137	154
A131M	A, B		235	400	157	171
A36M	—		250	400	160	171
A131M	EH 36		360	490 <sup>a</sup>	196	210
A573M	400		220	400	147	165
A573M	450		240	450	160	180
A573M	485		290	485 <sup>a</sup>	193	208
A516M	380		205	380	137	154
A516M	415		220	415	147	165
A516M	450		240	450	160	180
A516M	485		260	485	173	195
A662M	B		275	450	180	193
A662M	C		295	485 <sup>a</sup>	194	208
A537M	1	$t \leq 65$	345	485 <sup>a</sup>	194	208
		$65 < t \leq 100$	310	450 <sup>b</sup>	180	193
A537M	2	$t \leq 65$	415	550 <sup>a</sup>	220	236
		$65 < t \leq 100$	380	515 <sup>b</sup>	206	221
A633M	C, D	$t \leq 65$	345	485 <sup>a</sup>	194	208
		$65 < t \leq 100$	315	450 <sup>b</sup>	180	193
A678M	A		345	485 <sup>a</sup>	194	208
A678M	B		415	550 <sup>a</sup>	220	236
A737M	B		345	485 <sup>a</sup>	194	208
A841M	Class 1		345	485 <sup>a</sup>	194	208
A841M	Class 2		415	550 <sup>a</sup>	220	236

## ANEXO 3- CALIFICACIÓN DE SOLDADORES

### Anexo 3.1 - Soldador: Juan Cabrera Zavaleta- JCZ-02

	<b>REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPQ)</b> De acuerdo al código ASME - Sección IX	<b>PT-CC-F-033</b>																		
	HOJA: 1 de 1 EMISION: 01/01/2017 REVISION: 0																			
<b>REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPQ)</b>																				
Nombre del Soldador: <u>Hugo Lizaro Chiriquel</u> No. Registro: <u>HLC-12</u> WPCR No.: <u>020</u> DM: <u>4279632</u> Identificación de WPQ según por el soldador: <u>WPG-ASME-001</u> <input checked="" type="checkbox"/> Prueba <input type="checkbox"/> Soldadura Producción Especificación de metal base: <u>ASTM A36</u> Espesor: <u>5mm</u>																				
<b>Variables de soldadura</b> Proceso de Soldadura: Tipo usado (manual, semiautomático): Resparto/metall, soldadura, soldadura ooble: Metal Base: Metal Base No. P o S a No. P o S: Tipo de Unión: Plancha <input type="checkbox"/> Tuberia (ingreso diámetro si es tubería) Especificación metal aporte (SFA): Clasificación metal aporte: Metal de aporte No. F: Inserto Consumible: (GTAW o PAW) Tipo de aporte (GTAW o PAW): Posición calificada: Progresión vertical (ascendente/descendente): Tipo de gas combustible (OPW): Gas inerte de resparto (STAW, PAW, SSMW): Modo de Transferencia (GMAW): Corriente Tipo/Polifilar: (GTAW):	<b>Valor Usado en la Calificación</b> OAW semiautomático Sin resparto ASTM A 36 PM1 A tope en V 6mm S 18 ER70S-E E - 3G Ascendente Ar 80% - Co2 20% - Controlado	<b>Rango Calificado</b> OAW semiautomático Con o Sin resparto Grupo 1 PM1 o PM1 Plancha - Ranura - 3mm - 12mm Placa - Simbala Tubería: 1/2" a 18mm Tubo: 1/2" a 18mm Fij E 18 ER70S-E E - Ranura: Plano, Vertical Placa: Plano, Horizontal, Vertical Ascendente - Controlado																		
<b>RESULTADOS</b>																				
Resultado de Inspección Visual: Aceptable <input type="checkbox"/> Lado Resultado de Prueba de Doblo: EDM-020 <input checked="" type="checkbox"/> Cara y Razo Transversal <input type="checkbox"/> Cara y Razo Longitudinal																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Tipo</th> <th>Resultado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Doblado de cara</td> <td>Aceptable</td> </tr> <tr> <td>Doblado de razo</td> <td>Aceptable</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo	Resultado	Doblado de cara	Aceptable	Doblado de razo	Aceptable	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Tipo</th> <th>Resultado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo	Resultado	-	-	-	-	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Tipo</th> <th>Resultado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo	Resultado	-	-	-	-
Tipo	Resultado																			
Doblado de cara	Aceptable																			
Doblado de razo	Aceptable																			
Tipo	Resultado																			
-	-																			
-	-																			
Tipo	Resultado																			
-	-																			
-	-																			
Resultado de examen radiográfico alternativo: Soldadura de Razo: Prueba de fractura: _____ Longitud y porcentaje de defectos: _____ Macro abrup: _____ Tamaño de Razo: <u>E</u> _____ Densidad/Contraste: _____ Clase Pruebas: _____ Pelicula y Probeta evaluada por: _____ Competencia: _____ Pruebas Mecánicas concluidas por: _____ Prueba de Laboratorio No: _____ Soldadura supervisada por: _____																				
Nosotros certificamos que los datos registrados son correctos y que las pruebas fueron preparadas, soldadas y probadas de acuerdo a los requerimientos del Código ASME Sección IX.																				
Fabricante o contratista: Pentatech Construccion Snc Autorizado/Ing. Giovanni Dabaza J. Calificación: Ing. Walter Manuel Huanacollo CRI: 10012001 Fecha: 01/06/2017																				



### Anexo 3.2 - Soldador: Luigui Castillo Francia- LCF-74

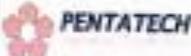
	<b>REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPQ)</b> De acuerdo al código ASME - Sección IX	PT-CC-F-033	
		HORA:	1 de 1
		EMISION:	01/01/2017
		REVISION:	0

REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPQ)		
Nombre del Soldador: <u>Eduin Yegorin Lopez</u> No. Estampa: <u>EJL-25</u> WPQR No: <u>018</u> DN: <u>438/038</u>		
Identificación de WPQ seguido por el soldador: <u>WPQ-438/038</u> <input type="checkbox"/> Pruebas <input checked="" type="checkbox"/> Soldadura Producción		
Especificación de metal base: <u>ASTM A36</u> Espesor: <u>5mm</u>		
Variables de soldadura	Valor Usado en la Calificación	Rango Certificado
Proceso de Soldadura:	GMAW	GMAW
Tipo usado (manual, semiautomático):	semiautomático	semiautomático
Respaldo (metal, soldadura, soldadura doble):	sin respaldo	Con o Sin respaldo
Metal base:	ASTM A36	Grp 1
Metal Base No. P o S a: No. P o S	PW1	PW1 o PW1
Tipo de Unión:	A tope en V	Flanco - Ranura: 3mm - 12mm
Posición: <input type="checkbox"/> Tuberia (espesa diámetro si es tuberia)	5mm	Fleco: 3mm Tubería: tuberia Tubo: 4013mm Fijo
Especificación metal aporte (SFA):	E 18	E 18
Clasificación metal aporte:	ER70S-6	ER70-6
Metal de aporte No. F:	6	6
Inserto Consumible: (STAW o RAW):	-	-
Tipo de aporte (STAW o RAW):	-	-
Posición calificada:	30	Ranura: Plano, Vertical Flanco: Plano, Horizontal, Vertical
Progresión vertical (ascendente/descendente):	Ascendente	Ascendente
Tipo de gas combustible (OFW):	Ar 80% - Co2 20%	-
Gas inerte de respaldo (STAW, RAW, GMAW):	-	-
Modo de Transferencia (GMAW):	Controlado	Controlado
Contorno Tipo/Posición (STAW):	-	-

RESULTADOS					
Resultado de Inspección Visual: Aceptable		Resultado de Prueba de Doblar: EDNB-018			
<input type="checkbox"/> Lado		<input checked="" type="checkbox"/> Cara y Raíz Transversal		<input type="checkbox"/> Cara y Raíz Longitudinal	
Tipo	Resultado	Tipo	Resultado	Tipo	Resultado
Doblado de cara	Aceptable	-	-	-	-
Doblado de raíz	Aceptable	-	-	-	-
Resultado de examen radiográfico alternativo: _____					
Soldadura de fleco: Prueba de fractura: _____			Longitud y porcentaje de Defectos: _____		
Macro ataque: _____		Tamaño de fleco: <u>X</u>		Convexidad/Concavidad: _____	
Otras Pruebas: _____					
Película o Prueba evaluada por: _____ Compañía: _____					
Pruebas Mecánicas concluidas por: _____ Prueba de Laboratorio No: _____					
Soldadura supervisada por: _____					
Mostrar certificaciones que los datos registrados son correctos y que los probados fueron preparados, soldados y probados de acuerdo a los requerimientos del Código ASME Sección IX					
Fabricante o controlista: Pentatech Construcción Snc			Autorizado: Ing. Giovanni Cabezas J.		
Calificación: Ing. Walter Mariani Huarcoffo		DN: 19012801		Fecha: 01/05/2017	



Anexo 3.3 - Soldador: Iván Santos Briceño - ISB-97

	<b>REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPQ)</b> De acuerdo al código ASME - Sección IX	PT-CC-F-033	
		HOJA:	1 de 1
		EMISION:	01/01/2017
		REVISION:	0

REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPQ)		
Nombre del Soldador: <u>Juan Carlos Zavala</u>	No. Examen: <u>JG2-02</u>	WQP No.: <u>ETS</u> DNI: <u>4119852</u>
Identificación de WPS seguido por el soldador: <u>WPS-ASME 001</u>	<input checked="" type="checkbox"/> Prueba <input type="checkbox"/> Soldadura Probada	
Especificación de metal base: <u>ASTM A31</u>	Espesor: <u>6mm</u>	
<b>Variariables de soldadura</b> Proceso de Soldadura: Tipo usado (manual, semiautomático): Respaldo (metal, soldadura, soldadura doble): Metal Base: Metal Base No. P a S a No. P o S: Tipo de Unión: --- Plancha <input type="checkbox"/> Tuberia (ingreso diámetro si es tubería)	<b>Valor Usado en la Calificación</b> GMAW semiautomático Sin respaldo ASTM A-31 PN1 A tipo en T 6mm S18 ER70S-6 6 - 3G Ascendente Ar 80% - Co2 20% - Controlado -	<b>Rango Calificado</b> GMAW semiautomático Con o Sin respaldo Grupo 1 PN1 a PN1 Plancha - Rótulo: 3mm - 12mm Plancha - Rótulo Tubería: tubo 219mm Tubo: 4813mm T1p S18 ER70S-6 6 - Rótulo: Plano, Vertical Rótulo: Plano, Horizontal, Vertical Ascendente - Controlado
Especificación metal aporte (SPA) Clasificación metal aporte: Metal de aporte No. P: Inerte Consumible (GTAW o PAW): Tipo de aporte (GTAW o PAW): Posición calificada: Progresión vertical (ascendente/descendente): Tipo de gas combustible (C/FW): Gas Inerte de respaldo (STCW, PAW, S/MW): Modo de Transferencia (GMAW): Corriente Tipo/Polaridad (GTAW):		

RESULTADOS					
Apto de Inspección Visual: Aceptable <input type="checkbox"/> Labo		Resultados de Prueba de Doble: E0MB-016 <input checked="" type="checkbox"/> Codo y Raiz Transversal <input type="checkbox"/> Codo y Raiz Longitudinal			
Tipo	Resultado	Tipo	Resultado	Tipo	Resultado
Doblado de codo	Aceptable	-	-	-	-
Doblado de raíz	Aceptable	-	-	-	-
Resultado de examen radiográfico alternativo: _____ Soldadura de filete: Prueba de fractura: _____      Longitud y porcentaje de Defectos: _____ Macro ataque: _____      Tamaño de filete: <u>X</u> Concavidad/Convexidad: _____ Otras Pruebas: _____ Película o Prueba evaluada por: _____      Comparar: _____ Pruebas mecánicas conducidas por: _____      Prueba de Laboratorio No: _____ Soldadura supervisada por: _____					
Nosotros certificamos que los datos registrados son correctos y que los probados fueron preparados, soldados y probados de acuerdo a los requerimientos del Código ASME Sección IX.					
Fabricante o contratista: Pentatech Construcción Snc			Autoridad (Ing. Giovanni Cabezas J.)		
Calificación: Ing. Walter Moreno Huacollo		DNI: 15012811		Fecha: 31/05/2017	



### Anexo 3.4- Soldador: Edwin Vergaray Lopez- EVL-35

	<b>REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPQ)</b> De acuerdo al código ASME - Sección IX		<b>PT-CC-F-003</b>	
			HCUA:	1 de 1
			EMISION:	01/01/2017
		REVISION:	0	

REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPQ)		
Nombre del Soldador: <u>Edwin Vergaray Lopez</u> No. Ejemplo: <u>LCF-22</u> WPCF No.: <u>014</u> DNI: <u>40286204</u>		
Identificación de WPQ según por el estándar: <u>WPS-ASME-005</u> <input checked="" type="checkbox"/> Probado <input type="checkbox"/> Soldadura Protectora		
Especificación de metal base: <u>ASTM A36</u> Espesor: <u>Seve</u>		
<b>Variables de soldadura</b>	<b>Valor Usado en la Calificación</b>	<b>Rango Calificado</b>
Proceso de Soldadura:	GMAW	GMAW
Tipo usado (manera, semiautomático):	semiautomático	semiautomático
Respaldo (metal, soldadura, soldadura doble):	Sin respaldo	Con o Sin respaldo
Metal Base:	ASTM A-36	Grupo 1
Metal Base No. P a S a No. P o S:	PWT	PWT a PWT
Tipo de Unión:	A tope en V	Plancha - Ranura - 3mm - 12mm
Plancha <input type="checkbox"/> Tuberia (ingresa diámetro si es tubería):	6mm	Filete - Simbado Tubería: 1/2" a 12" DN Tubo: 1/2" DN a 12"
Especificación metal aporte (DPA):	E 518	E 518
Calificación metal aporte:	ER70S-G	ER70S-G
Metal de aporte No. F:	G	G
Inserto Consumible (GTAW o PAW):	-	-
Tipo de aporte (GTAW o PAW):	-	-
Posición calificado:	3G	Ranura: Plano, Vertical Filete: Plano, Horizontal, Vertical
Progresión vertical (ascendente/descendente):	Ascendente	Ascendente
Tipo de gas combustible (CPW):	Ar 80% - Co2 20%	-
Gas Inerte de respaldo (GTAW, PAW, GMAW):	-	-
Modo de Transferencia (GMAW):	Controlado	Controlado
Corriente Tipo/Polaridad (GTAW):	-	-

RESULTADOS					
Resultado de Inspección Visual: Aceptable		Resultados de Prueba de Dobles: EDND-014			
[ ] Lado		[ X ] Codo y Rell. Transversal			
Tipo	Resultado	Tipo	Resultado	Tipo	Resultado
Doblete de cara	Aceptable	-	-	-	-
Doblete de riel	Aceptable	-	-	-	-
Resultado de examen radiográfico alternativo: _____					
Soldadura de filete: Prueba de fractura: _____ Longitud y porcentaje de Defectos: _____					
Mecro ataque: _____		Tamaño de filete: _____ X _____		Compatibilidad/Conversión: _____	
Clase Pruebas: _____					
Película o Prueba evaluado por: _____ Compañía: _____					
Pruebas Mecánicas realizadas por: _____ Pruebas de Laboratorio No: _____					
Sociedad supervisada por: _____					
Nosotros certificamos que los datos registrados son correctos y que las pruebas fueron preparadas, realizadas y probadas de acuerdo a los requerimientos del Código ASME Sección IX					
Fabricante y controlista: Pentatech Construcción Snc			Autorizado: Ing. Giovanni Cabezas J.		
Calificador: Ing. Walter Mansani Huancillo		DNI: 18012901		Fecha: 01/06/2017	



### Anexo 3.5 - Soldador: Hugo Litano Chiroque- HLC-12

	<b>REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPQ)</b> De acuerdo al código ASME - Sección IX		<b>PT-CC-F-033</b>	
			HOJA:	1 de 1
			EMISOR:	01/01/2017
		REVISOR:	0	

REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPQ)			
Nombre del Soldador: <u>Hugo Litano Chiroque</u>		No. Examen: <u>006-07</u>	WPQR No.: <u>012</u>
Identificación de WPQ según por el soldador: <u>WPQ ASME IX</u>		<input checked="" type="checkbox"/> Pruebas	<input type="checkbox"/> Soldadura Productiva
Especificación de metal base: <u>ASTM A307</u>		Espec. <u>3mm</u>	

Variables de soldadura	Valor Usado en la Calificación	Rango Calificado
Proceso de Soldadura:	GMW	GMW
Tipo usado (manual, semiautomático):	semiautomático	semiautomático
Respaldo (metal, soldadura, soldadura doble):	Sin respaldo	Con o Sin respaldo
Met. Base:	ASTM A-307	Grupo 1
Met. Base No. P o S a. No. P o S	PW1	PW1 a PW1
Tipo de Unión:	A tope en V	Puede - Ranura: 3mm - 12mm
(Plancha <input type="checkbox"/> Tuberia (espesor diámetro a es tubería))	Sew	Filete: Simlado Tubería: 40x30Dms Tubo: 4010mm Pjo
Especificación metal aporte (SFA):	5-18	5-18
Clasificación metal aporte:	ER70S-6	ER70-6-8
Met. de aporte No. P:	0	0
Inserto Consumible: (GTAW o PAW):	-	-
Tipo de aporte (GTAW o PAW):	-	-
Posición calificada:	3R	Ranura: Plano, Vertical Filete: Plano, Horizontal, Vertical
Protección vertical (ascendente/descendente):	Ascendente	Ascendente
Tipo de gas combustible (CPW):	Ar 80% - Co2 20%	-
Gas Inerte de respaldo (GTAW, PAW, GMW):	-	-
Medo de Transmisión (GMW):	Contacto	Contacto
Corriente Tipo/Polaridad (GTAW):	-	-

RESULTADOS				
Resultado de Inspección Visual: Aceptable		Resultados de Pruebas de Doble: 02MS-012		
<input type="checkbox"/> Lado		<input checked="" type="checkbox"/> Cara y Razo Transversal		<input type="checkbox"/> Cara y Razo Longitudinal
Tipo	Resultado	Tipo	Resultado	Tipo
Doblado en frío	Aceptable	-	-	-
Doblado de raíz	Aceptable	-	-	-

Resultado de examen radiográfico alternativo: \_\_\_\_\_

Soldadura de filete: Prueba de fractura: \_\_\_\_\_

Medio de prueba: \_\_\_\_\_ Tamaño de filete: X Longitud y porcentaje de defectos: \_\_\_\_\_

Otras Pruebas: \_\_\_\_\_

Folleto o Protocolo evaluado por: \_\_\_\_\_

Pruebas destructivas controladas por: \_\_\_\_\_ Prueba de Laboratorio No.: \_\_\_\_\_

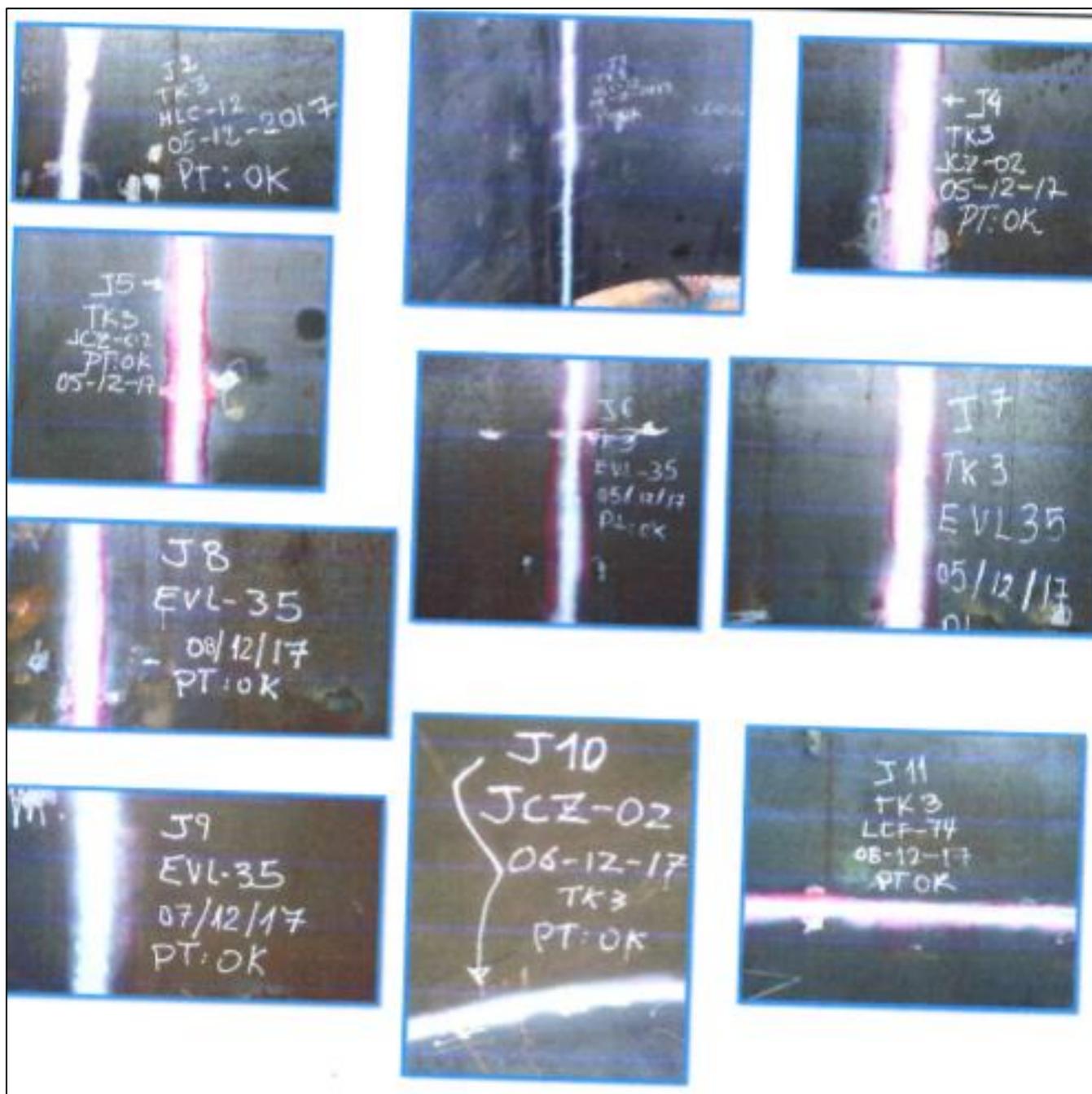
Soldadura supervisada por: \_\_\_\_\_

Notamos certificar que los datos registrados son correctos y que las pruebas fueron preparadas, realizadas y probadas de acuerdo a los requerimientos del Código ASME Sección IX

Fabricante o controlista: Pentatech Construcción Snc  
 Autorizado: Ing. Giovanni Cabezas J.  
 Calificación: Ing. Walter Mianani Huanzoto CWI: 18012801 Fecha: 01/06/2017

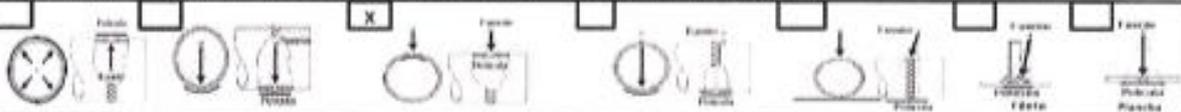


#### ANEXO 4 – TINTE PENETRANTE DEL CUERPO DEL TANQUE



Fuente: Fotografía Propia

## ANEXO 5 – INFORME RADIOGRÁFICO DEL TANQUE NETRALIZADOR

 Av. Ocean A, Brezalejo 1986, Torre B, Of. 181 Lima Teléfono: 447-4507 / 4808 - 4980 suezwater@suzeperu.com www.suezwater.com.pe		<b>REPORTE DE INSPECCIÓN MEDIANTE</b>				Focalizador: INSAPI/0081-15											
		<b>GAMMAGRAFIA INDUSTRIAL</b>				Fecha: 13/12/2017											
		<b>Proyecto: Planta de Tratamiento de Aguas Ácidas en Ciénaga Norte</b>				Revisión: 0											
		<b>REPORTE N°: 3054-02-17</b>															
<b>CLIENTE</b>		<b>SUEZ WATER ADVANCE SOLUTIONS PERU SAC</b>				<b>FECHA DE INSPECCIÓN</b>		<b>13/12/2017</b>		<b>LUGAR DE TRABAJO</b>		<b>CHILCA</b>					
<b>ELEMENTO EXAMINADO:</b>		<b>TANQUE TK2</b>		<b>ESPELOR MATERIAL:</b>		<b>6 mm</b>		<b>COORDENATA:</b>		<b>3 mm</b>		<b>CLASE DE MATERIAL:</b>		<b>API 5L X52</b>			
<b>EQUIPO</b>		<b>SEITERM 800</b>		<b>Géa</b>		<b>1480</b>		<b>TIEMPO EXP.:</b>		<b>HELO ESQUEM:</b>		<b>0.25 mm</b>		<b>SUPERFICIE SOLDADA:</b>		<b>RUGOSA</b>	
<b>RADIOISOTOPO</b>		<b>Irdo 192</b>		<b>Nº DE EXPOSICIONES</b>		<b>51</b>		<b>33.53 seg.</b>		<b>TECNICA RADIOGRAF.</b>		<b>D. fuente a objeto</b>		<b>D. objeto a films</b>		<b>Penumbra Geométrica a 0.03"</b>	
<b>DESEO DE JUNTA</b>		<b>Tiempo / temperatura controlado</b>		<b>TIPO DE FILM RADIOGRAFICO</b>		<b>TANQUE DE FILM RADIOGRAFICO</b>		<b>DENSIDAD FIL.</b>		<b>3-4</b>		<b>300 mm</b>		<b>22,0 mm</b>			
<b>A TOPE / EN V</b>		<b>5 mm / 22°C</b>		<b>AGFA G5</b>		<b>90 X 300 mm</b>		<b>SADACION A TRAVES DE:</b>		<b>EN PARED DOBLE PARED</b>		<b>X</b>		<b>CAUSAS RADIOGRAFICAS</b>			
<b>PENETRIMETRO:</b>		<b>1 ASTM E</b>		<b>TIPO:</b>		<b>H&amp;O</b>		<b>POSICION</b>		<b>L. PELICULA</b>		<b>X</b>		<b>L. FUENTE</b>		<b>X</b>	
																	
ITEM	CODIGO DE ELEMENTO	ETIQUETA	PROBADO	JUNTA	PLACA	ACEPTADO	RECHAZADO	TIPO DE DEFECTO	UBICACIÓN								
1	<b>TANQUE OXIDACION 52-TK-2</b>  <i>185 - TK - 202</i>	EVL-35	-	32	P1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-									
2		EVL-35	-	32	P2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-									
3		EVL-35	-	33	P1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-									
4		EVL-35	-	33	P2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-									
5		JC2-02	-	34	P1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-									
6		JC2-02	-	34	P2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-									
7		JC2-02	-	35	P1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-									
8		JC2-02	-	35	P2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-									
9		LCP-74	-	36	P1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-									
10		LCP-74	-	36	P2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-									
11		LCP-74	-	37	P1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-									
12		JC2-02	-	38	P1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-									
13		JC2-02	-		P2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-									
14		JC2-02	-		P3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-									
15		JC2-02	-		P4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-									
16		JC2-02	-		P5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-									
<b>Clase de Imperfecciones de acuerdo a API 650</b>																	
Porosidad Agrupada		Aa	Penetración excesiva		De	Fisura Transversal		Eb									
Porosidad Dispersa		Ac	Rehupo de raíz		E	Socavado interno		Fa									
Porosidad alineada en raíz		Ae	Conicidad interior de raíz		Da	Socavado externo		Fb									
Escoria entre cordones		Ba	Conicidad exterior		Db	Inclusión de Tungsteno		T									
Falta de Fusión		C	Descentramiento High-Low		Dh	Cordon irregular		I									
Penetración Incompleta		D	Fisura longitudinal		Ea												
<b>NOTA: Se evaluará de acuerdo a API 650</b>																	
<b>OBSERVACIONES</b>				<b>RESPONSABLE</b>				<b>APROBACION FINAL</b>				<b>FECHA</b>					
				EMPRESA END				NOMBRE				13/12/2017					
				ROBERTO LEÓN DÁVALOS				INSAPI/0081-15  Roberto Leon Davalos INSAPI/0081-15									
				SUBCONTRATISTA													
				CONTRATISTA													
				EMPLEADOR													

		<b>REPORTE DE INSPECCIÓN MEDIANTE GAMMAGRAFIA INDUSTRIAL</b>				Procedimiento: WI-AP-PT00-15			
Av. Dora, 8. Brecocha 200, Torre B, CL 800 Lima Tel: 011 641 0817 - 1844 - 7036 info@inspecdat.com www.inspecdat.com.pe		<b>Proyecto: Planta de Tratamiento de Aguas Ácidas en Ciénaga Norte</b>				Emisión: 13/12/2017 Revisión: 0 <b>REPORTE N° : 5054-03-17</b>			
CLIENTE	SUEZ WATER ADVANCE SOLUTIONS PERU SAC			FECHA DE INSPECCIÓN	13/12/2017		LUGAR DE TRABAJO	ONILCA	
ELEMENTO EVALUADO	TANQUE TK2	ESPECSR MATERIAL	3 mm	SENSIBILIZADA	3 mm	CLASE DE MATERIAL	API SL X52		
EQUIPO	SERIAL 800	GdJ	300		TIEMPO EXP.	HELI ESENCIAL		RUGOSA	
RADIOISÓTOPO	Isótopo 152	N° DE EXPOSICIONES	11		00.53 seg	0.25 mm		PANTALLAS 600* REVEST. <input checked="" type="checkbox"/> X 600* REVEST. <input checked="" type="checkbox"/> X	
DISÑO DE JUNTA	TIPO: / ENTRENAMIENTO NOVIANO	TIPO DE PELUR RADIOGRAFICO	TAMPAÑO DE PELUR RADIOGRAFICO		DIVISION PE.	TECNICA RADIOGRAF.		D. Surto a objeto 300 mm D. Objeto a Filtro 22.0 mm Positiva Generadora u. 5.000"	
A TOPE / EN V	5 mm / 22°C	AGFA DS	90 X 300 mm		2-4	PANTALLAS PANTALLAS PANTALLAS		CALIDAD RADIOGRAFICA	
PERIÓMETRO:	TIPO:	ROSKOPF	L. FOLIO A	L. FOLIO B	RADIACION A TRAVES DE:	UNA FOLIO	DOBLE FOLIO	<input checked="" type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/>	
L. AITH 8	HELO								
									
ITEM	CODIGO DE ELEMENTO	ESTERNA	PROCESO	JUNTA	PLACA	ACEPTADO	RECHAZADO	TIPO DE DEFECTO	UBICACIÓN
1	TANQUE OXIDACION SZ-TN-2 155-TK-202	EVL-35	-	JB	P1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-	-
2		EVL-35	-		P2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-	-
3		EVL-35	-		P3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-	-
4		EVL-35	-		P4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-	-
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
<b>Clase de Ingerfecciones de acuerdo a API 650</b>									
Porosidad Agrupada	Aa	Penetración excesiva	Dd	Fisura Transversal	Eb				
Porosidad Dispersa	Ac	Refuge de raíz	K	Socavado interno	Fa				
Porosidad alineada en raíz	Ae	Concavidad interior de raíz	Qa	Socavado externo	Fb				
Escoria entre cordones	Ba	Concavidad exterior	Db	Inclusión de Tungsteno	T				
Falta de Fusión	C	Descentramiento High-Low	Dh	Cordon irregular	I				
Penetración Incompleta	D	Fisura Longitudinal	Ea						
<b>NOTA: Se evaluará de acuerdo a API 650</b>									
OBSERVACIONES	RESPONSABLE		NOMBRE		FIRMA		FECHA		
	EMPRESA END		ROBERTO LEÓN DÁVALOS		 INSPECDAT S.A.C. Roberto León Dávalos ANGL 1017 DC - 1A (11/07/2017)		13/12/2017		
	SUBCONTRATISTA								
	CONTRATISTA								
	EMPLEADOR								

Fuente: INSPECDAT

## ANEXO 6 – Tabla Psicométrica

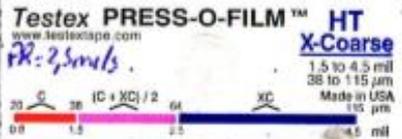
Tabla Psicometrica para el Cálculo de la Humedad Relativa y Temperatura de rocío													
TBS (°C)	Diferencias de Temperaturas (TBS - TBH) °C												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7	8	9	10
5	86/3	79/2	72/0	65/-1	59/-2	52/-3							
6	86/4	80/3	73/2	67/0	61/-1	54/-2							
7	87/5	81/4	74/3	68/2	62/0	56/-1	50/-2						
8	87/6	81/5	75/4	69/3	63/2	58/0	52/-1						
9	88/7	82/6	76/5	70/4	65/3	59/1	43/-2						
10	88/8	83/7	77/6	71/5	66/4	61/3	55/1	45/-1					
11	89/9	83/8	78/7	72/6	67/5	62/4	57/3	47/0	37/-3				
12	89/10	84/9	78/8	73/7	68/6	63/5	58/4	49/2	39/-1				
13	89/11	84/10	79/10	74/9	69/8	64/6	60/5	50/3	41/0				
14	90/12	85/12	80/11	75/10	70/9	65/8	61/7	52/4	43/2	35/-1			
15	90/13	85/13	80/12	76/11	71/10	66/9	62/8	53/6	45/3	37/0			
16	90/14	86/14	81/13	76/12	72/11	67/10	63/9	55/7	46/5	38/2			
17	91/16	86/15	81/14	77/13	73/12	68/11	64/10	56/8	48/6	40/3	33/0		
18	91/17	86/16	82/15	78/14	73/14	69/12	65/11	57/9	49/7	42/5	35/2		
19	91/18	87/17	82/16	78/15	74/14	70/13	66/13	58/11	51/9	43/6	36/4	30/0	
20	91/19	87/18	83/17	79/16	75/15	71/15	67/14	60/12	52/10	45/8	38/5	31/3	
21	91/20	87/19	83/18	79/17	75/17	71/16	68/15	60/13	53/11	46/9	40/7	33/4	
22	92/21	88/20	84/19	80/18	76/18	72/17	68/16	61/14	54/12	48/10	41/8	35/6	
23	92/22	88/21	84/20	80/19	76/19	73/18	69/17	62/15	55/14	49/12	42/10	36/7	
24	92/23	88/22	84/21	81/21	77/20	73/19	70/18	63/17	56/15	50/13	44/11	38/9	32/6
25	92/24	88/23	85/22	81/22	77/21	74/20	70/19	64/18	57/16	51/14	45/12	39/10	34/8
26	92/25	89/24	85/23	81/23	78/22	74/21	71/20	64/19	58/17	52/15	46/14	40/12	35/9
27	93/26	89/25	85/24	82/24	78/23	75/22	72/21	65/20	59/18	53/17	47/15	42/13	36/11
28	93/27	89/26	86/25	82/25	79/24	75/23	72/23	66/21	60/20	54/18	48/16	43/14	38/12
29	93/28	89/27	86/26	82/26	79/25	76/24	73/24	67/22	61/21	55/19	49/17	44/16	39/14
30	93/29	90/28	86/27	83/27	80/26	76/25	73/25	67/23	61/22	56/20	50/19	45/17	40/15
31	93/30	90/29	86/28	83/28	80/27	77/26	74/26	68/24	62/23	56/21	51/20	46/18	41/16
32	93/31	90/30	87/30	83/29	80/28	77/28	74/27	68/25	63/24	57/23	52/21	47/19	42/18
33	93/32	90/31	87/31	84/30	81/29	78/29	75/28	69/27	63/25	58/24	53/22	48/21	43/19
34	93/33	90/32	87/32	84/31	81/30	78/30	75/29	69/28	64/26	59/25	54/23	49/22	44/20
35	94/34	90/33	87/33	84/32	81/31	78/31	75/30	70/29	65/27	59/26	54/24	50/23	45/21
36	94/35	90/34	87/34	84/33	82/33	79/32	76/31	70/30	65/28	60/27	55/26	50/24	46/23
37	94/36	91/35	88/35	85/34	82/33	79/33	76/32	71/31	66/29	61/28	56/27	51/25	47/24
38	94/37	91/36	88/36	85/35	82/34	79/34	77/33	71/32	66/31	61/29	56/28	52/26	47/25
39	94/38	91/37	88/37	85/36	82/35	80/35	77/34	72/33	67/32	62/30	57/29	53/28	49/26
40	94/39	91/38	88/38	85/37	83/36	80/36	77/35	72/34	67/33	63/31	58/30	54/29	49/27

Fuente: Calculado para 500 msnm, formulación ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)

Fuente: ASHRAE

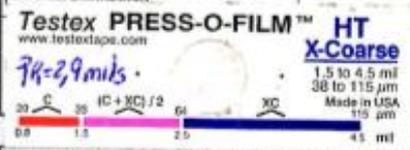
## ANEXO 7 – Registro de Recubrimiento Superficial

### Anexo 7.1 Parte Interior del Tanque

PREPARACIÓN SUPERFICIAL							
Tipo de Superficie:	Acero	Micrometro Comparador:	Mituloyo 73265TX1				
Grado de Corrosión:	CONDICION B	Certificado de Calibración:	CLU-418-2016				
Tipo de Abrasivo:	Arena		2.5 mils				
N° de Boquilla:	7"						
Area de Evaluación:	Superficie de Acero al Carbono						
Sistema de Preparación Superficial:	SSPC-SP8						
SISTEMA ESPECIFICADO DE PINTURA							
Primer Pase (interior):	Producto:	Macropoxy 646	Equipo de Pintura:	Airless	N° Certificado (A/B):	CMP 001	
	Color:	Blanco	N° de Boquilla:	417	Aplicador 1:	BBC-06	
	EPS Nominal:	2 mils	Diluyente (%):	10%	Aplicador 2:	-	
Segundo Pase (interior):	Producto:	Macropoxy 646	Equipo de Pintura:	Airless	N° Certificado (A/B):	CMP 003	
	Color:	RAL 7035	N° de Boquilla:	417	Aplicador 1:	BBC-06	
	EPS Nominal:	6 mils	Diluyente (%):	15%	Aplicador 2:	-	
CONDICIONES AMBIENTALES							
Primer Pase (interior):	Fecha:	22/12/2017	Temp. Bulbo Seco:	25°C	Temp. de Rocio:	20.7°C	
	Hora de Inicio:	16:45 p.m.	Temp. Bulbo Hum.:	22°C	Temp. Superficie:	24°C	
	Hora de Terminó:	17:30 p.m.	Humedad Relativa:	77.3%	ΔT:	3.3°C	
Segundo Pase (interior):	Fecha:	23/12/2017	Temp. Bulbo Seco:	26.5°C	Temp. de Rocio:	21.5°C	
	Hora de Inicio:	16:00 p.m.	Temp. Bulbo Hum.:	23°C	Temp. Superficie:	24.5°C	
	Hora de Terminó:	17:05 p.m.	Humedad Relativa:	74.0%	ΔT:	3°C	
Term. Infrarrojo:	Flúo	Cert. Calibración:	CTU-1295-2017	Psicrómetro Giratorio:	Bacharach	Cert. Calibración:	51095-11249-CLT-2017
MEDICIÓN DE ESPESOR DE PELÍCULA SECA							
Primer Pase(interior):	3	Mediciones			Promedio		
		3.87	1.46	2			
		2.36	1.65	2.15			
		2.45	2.35	2.54			
		2.51	2.45	3			
		2.54	2.55	2.87			
Segundo Pase(interior):	3	Mediciones			Promedio		
		6.15	7.04	7			
		8.16	7.61	7.94			
		8.24	7.63	7.63			
		8.98	7.51	7.54			
		8.14	7.68	7.99			

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 7.2 Parte Exterior del Tanque

PREPARACIÓN SUPERFICIAL							
Tipo de Superficie:	Acero		Micrometro Comparador:	Mitutoyo 73265TX1			
Grado de Corrosión:	CONDICION B		Certificado de Calibración:	CLU-418-2016			
Tipo de Abrasivo:	Arens		Paño de Bonafidad:	2.9 mls			
N° de Boquilla:	7"						
Area de Evaluación:	Superficie de Acero al Carbono						
Sistema de Preparación Superficial:	SSPC-SP6						
SISTEMA ESPECIFICADO DE PINTURA							
Primer Pase (exterior):	Producto:	Macropoxy 646	Equipo de Pintura:	Airless	N° Certificado (A/B):	CMP 001	
	Color:	BLANCO	N° de Boquilla:	417	Aplicador 1:	BBC-06	
	EPS Nominal:	2 mls	Diluyente (%):	10%	Aplicador 2:	-	
Segundo Pase (exterior):	Producto:	Macropoxy 646	Equipo de Pintura:	Airless	N° Certificado (A/B):	CMP 003	
	Color:	RAL 6029	N° de Boquilla:	417	Aplicador 1:	BBC-06	
	EPS Nominal:	4 mls	Diluyente (%):	15%	Aplicador 2:	-	
CONDICIONES AMBIENTALES							
Primer Pase (exterior):	Fecha:	22/12/2017	Temp. Bulbo Seco:	28°C	Temp. de Rocio:	21°C	
	Hora de Inicio:	17:40 p.m.	Temp. Bulbo Hum.:	23°C	Temp. Superficie:	26°C	
	Hora de Terminó:	18:30 p.m.	Humedad Relativa:	65.7%	ΔT:	4°C	
Segundo Pase (exterior):	Fecha:	23/12/2017	Temp. Bulbo Seco:	25°C	Temp. de Rocio:	20.7°C	
	Hora de Inicio:	17:10 p.m.	Temp. Bulbo Hum.:	22°C	Temp. Superficie:	24°C	
	Hora de Terminó:	18:05 p.m.	Humedad Relativa:	77.3%	ΔT:	3.3°C	
Term. Infrarrojo:	Fluke	Cert. Calibración:	CTU-1295-2017	Psicrómetro Giratorio:	Bacharach	Cert. Calibración:	51050-11249-CLT-2017
MEDICIÓN DE ESPESOR DE PELÍCULA SECA							
Primer Pase(exterior):	N° de Spots	Mediciones			Promedio		
	3	3.51	2.54	2.66	2.988		
		3.54	2.58	2.58			
		3.54	2.54	2.54			
		3.58	2.58	3			
		3.57	2.55	3.51			
Segundo Pase(exterior):	N° de Spots	Mediciones			Promedio		
	3	8.05	7.36	7.60	7.809333333		
		8	7.15	7.64			
		7.62	7.23	8.54			
		7.45	7.51	8.05			
		8.26	7.63	8.16			

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 8 – Catálogo de Tubisa- Pesos y Áreas de Planchas

### Dimensiones y Pesos Teóricos

SISTEMA METRICO			SISTEMA INGLES, REFERENCIAL			PESOS TEORICOS			AREA DE PLANCHA	
Espesor mm	Ancho mm	Largo mm	Espesor	Ancho pie	Largo pie	kg/plancha	kg/m <sup>2</sup>	kg/pie <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	pie <sup>2</sup>
1.5	1200	2400	1/16"	4	8	33.91	11.78	1.09	2.88	31.0
1.8	1200	2400	9/128"	4	8	40.69	14.13	1.31	2.88	31.0
2.0	1200	2400	5/64"	4	8	45.22	15.70	1.46	2.88	31.0
2.2	1200	2400	11/128"	4	8	49.74	17.27	1.60	2.88	31.0
2.3	1200	2400	12/128"	4	8	52.00	18.06	1.68	2.88	31.0
2.4	1200	2400	3/32"	4	8	54.26	18.84	1.75	2.88	31.0
2.5	1200	2400	3/32"	4	8	56.52	19.63	1.82	2.88	31.0
2.7	1200	2400	7/64"	4	8	61.04	21.20	1.97	2.88	31.0
2.9	1200	2400	1/8"	4	8	65.56	22.77	2.11	2.88	31.0
3.9	1200	2400	5/32"	4	8	88.17	30.62	2.84	2.88	31.0
4.0	1200	2400	5/32"	4	8	90.43	31.40	2.92	2.88	31.0
4.4	1200	2400	3/16"	4	8	99.48	34.54	3.21	2.88	31.0
4.5	1200	2400	3/16"	4	8	101.74	35.33	3.28	2.88	31.0

Fuente: Catálogo de Tubisa S.A.

SISTEMA METRICO			SISTEMA INGLES, REFERENCIAL			PESOS TEORICOS			AREA DE PLANCHA	
Espesor mm	Ancho mm	Largo mm	Espesor	Ancho pie	Largo pie	kg/plancha	kg/m <sup>2</sup>	kg/pie <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	pie <sup>2</sup>
5.9	1200	2400	1/4"	4	8	133.39	46.32	4.30	2.88	31.0
6.0	1200	2400	1/4"	4	8	135.65	47.10	4.38	2.88	31.0
6.4	1200	2400	1/4"	4	8	144.69	50.24	4.67	2.88	31.0
7.9	1200	2400	5/16"	4	8	178.60	62.02	5.76	2.88	31.0
8.0	1200	2400	5/16"	4	8	180.86	62.80	5.83	2.88	31.0
9.0	1200	2400	3/8"	4	8	203.47	70.65	6.56	2.88	31.0
9.5	1200	2400	3/8"	4	8	214.78	74.58	6.93	2.88	31.0
12.0	1200	2400	1/2"	4	8	271.30	94.20	8.75	2.88	31.0
12.5	1200	2400	1/2"	4	8	282.60	98.13	9.12	2.88	31.0
12.7	1200	2400	1/2"	4	8	287.12	99.70	9.26	2.88	31.0
16.0	1200	2400	5/8"	4	8	361.73	125.60	11.67	2.88	31.0
19.0	1200	2400	3/4"	4	8	429.55	149.15	13.86	2.88	31.0
22.0	1200	2400	7/8"	4	8	497.38	172.70	16.04	2.88	31.0
25.0	1200	2400	1"	4	8	565.20	196.25	18.23	2.88	31.0
32.0	1200	2400	1 1/4"	4	8	723.46	251.20	23.34	2.88	31.0
38.0	1200	2400	1 1/2"	4	8	859.10	298.30	27.71	2.88	31.0
50.0	1200	2400	2"	4	8	1130.40	392.50	36.46	2.88	31.0
65.0	1200	2400	2 1/2"	4	8	1469.52	510.25	47.40	2.88	31.0
75.0	1200	2400	3"	4	8	1695.60	588.75	54.70	2.88	31.0
100.0	1200	2400	4"	4	8	2260.80	785.00	72.93	2.88	31.0

Fuente: Catálogo de Tubisa S.A.

## ANEXO 9 – Catálogo de Tradi SA. – Pesos de ángulos

DIMENSIONES (mm)	PESO ESTIMADO	
	Kg/m	Kg / 6m
2 x 2 x 1/4	4.747	28.483
2 x 2 x 5/16	5.834	35.002
2 x 2 x 3/8	6.994	41.966
2 1/2 x 2 1/2 x 3/16	4.569	27.412
2 1/2 x 2 1/2 x 1/4	6.101	36.609
2 1/2 x 2 1/2 x 5/16	7.441	44.645
2 1/2 x 2 1/2 x 3/8	8.780	52.681
3 x 3 x 1/4	7.292	43.752
3 x 3 x 5/16	9.078	54.467
3 x 3 x 3/8	10.715	64.289
3 x 3 x 1/2	13.989	83.932
4 x 4 x 1/4	9.822	58.932
4 x 4 x 5/16	12.203	73.218
4 x 4 x 3/8	14.584	87.504
4 x 4 x 1/2	19.048	114.288

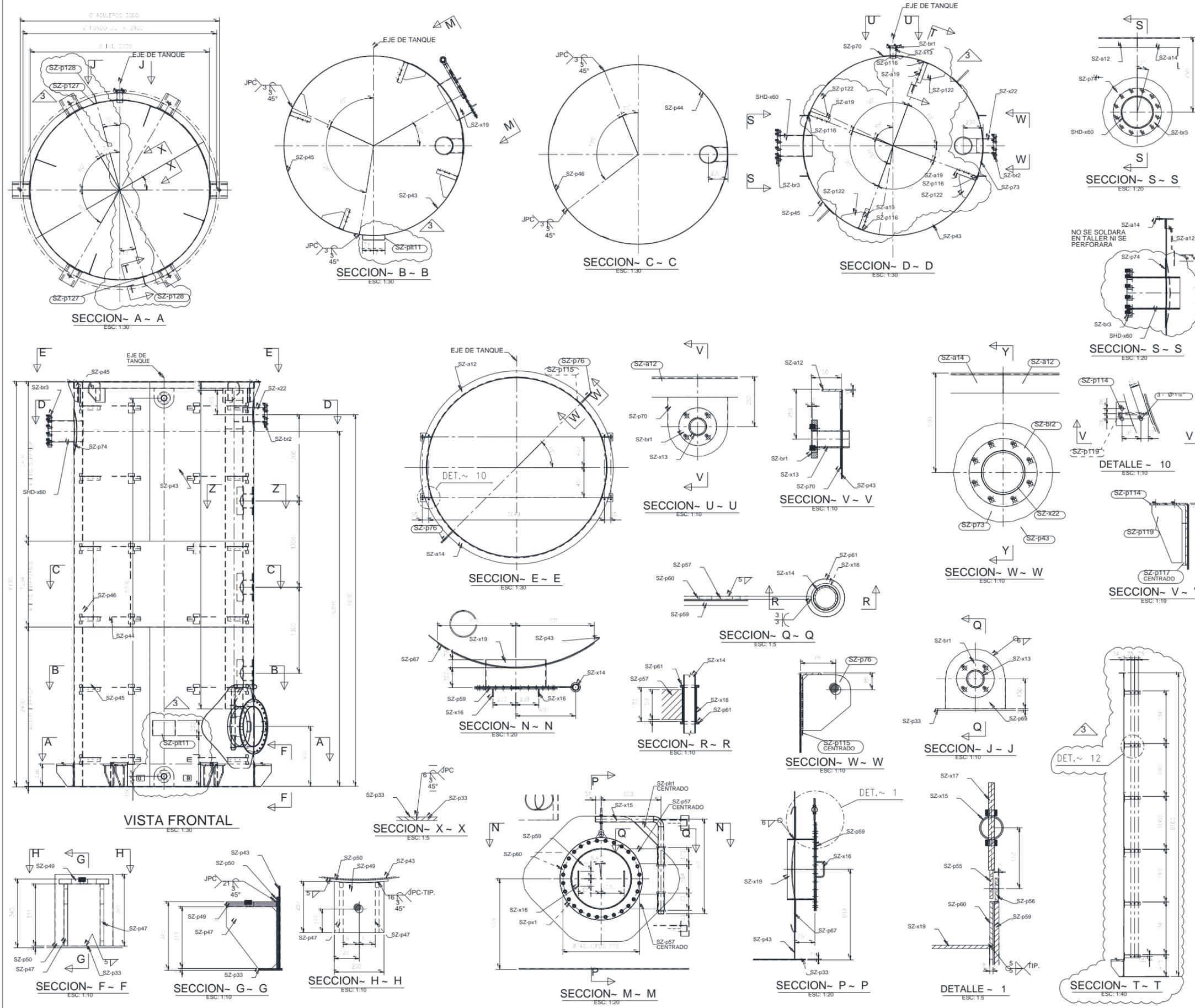
Fuente: Catálogo de Fierro TRADI S.A.

## ANEXO 10 – Catálogo de Tradi SA. – Pesos de conexiones

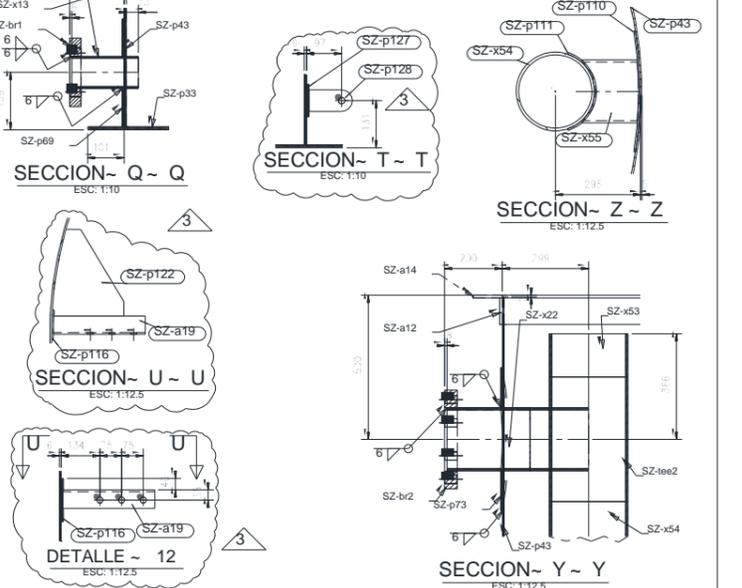
DIAMETRO NOMINAL	DIAMETRO EXTERIOR		SCHEDULE	ESPESOR DE PARED	PESO NOMINAL	PRESIÓN DE PRUEBA		
	(pulg.)	pulg.				m.m	in <sup>2</sup>	mm
3/8		675	17,1	40	2,31	0,84	700	48,2
				80	3,20	1,10	850	60,0
1/2		0,840	21,3	40	2,77	1,27	700	48,2
				80	3,73	1,62	850	60,0
3/4		1,050	26,7	40	2,87	1,69	700	48,2
				80	3,91	2,20	850	60,0
1		1,315	33,4	40	3,38	2,50	700	48,2
				80	4,55	3,24	850	60,0
1 1/4		1,660	42,2	40	3,56	3,39	1300	91,0
				80	4,85	4,47	1900	133,0
1 1/2		1,900	48,3	40	3,68	4,05	1300	91,0
				80	5,08	5,41	1900	133,0
				160	7,14	7,25	2050	140,0
2		2,375	60,3	40	3,91	5,44	2500	175,0
				80	5,54	7,48	2500	175,0
				160	8,74	11,11	2500	175,0
2 1/2		2,875	73,0	40	5,16	8,63	2500	175,0
				80	7,01	11,41	2500	175,0
3		3,500	88,9	40	5,49	11,29	2500	175,0
				80	7,62	15,27	2500	175,0
				160	11,13	21,35	2500	175,0
3 1/2		4,000	101,6	40	5,74	13,57	2370	166,0
				80	8,08	18,63	2800	196,0
4		4,500	114,3	40	6,02	16,07	2210	155,0
				80	8,56	22,32	2800	196,0
				160	13,49	33,54	2800	196,0
5		5,563	141,3	40	6,55	21,77	1950	137,0
				80	9,53	30,94	2800	196,0
6		6,625	168,3	40	7,11	28,26	1780	125,0
				80	10,97	42,56	2740	192,0
8		8,625	219,1	40	8,18	42,55	1570	110,0
				80	12,70	64,64	2430	170,0
10		10,750	273,0	40	9,27	60,29	1430	100,0
				80	15,09	95,97	2320	162,0

Fuente: Catálogo de Fierro TRADISA

## **ANEXO 11 – Planos de Construcción**



LISTA DE MATERIALES (CONJUNTO)												
Marca	Descripción	Pebibng.	Grado	Unid.	Total	PESO (kg)		AREA (m <sup>2</sup> )		OBSERVACION		
						Unid.	Total	Unid.	Total			
SZ-TK3	TANQUE NEUTRALIZADOR			1	1	4157.38	4157.38	146.6	146.63			
SHD-x60	PIPE12STD	524	A53	1	1	38.44	38.44	0.54	0.54			
SZ-a12	L4X4X3/8	4255	A36	1	1	62.88	62.88	1.77	1.77			
SZ-a14	L4X4X3/8	4260	A36	1	1	62.95	62.95	1.77	1.77			
SZ-a19	L2-1/2X2-1/2X1/4	319	A36	24	24	1.91	45.91	0.08	1.98			
SZ-br1	BRIDA Ø3" SLIP-ON	30	A53	2	2	5.18	10.37	0.05	0.10			
SZ-br2	BRIDA Ø8" SLIP-ON	44	A36	1	1	18.58	18.58	0.11	0.11			
SZ-br3	BRIDA Ø12" SLIP-ON	56	A36	1	1	43.05	43.05	0.20	0.20			
SZ-cd1	PIPE2SCH40	119	A53	1	1	0.63	0.63	0.02	0.02			
SZ-p33	PL9X1460	2920	A36	2	2	235.04	470.08	6.72	13.44			
SZ-p43	PL6X2400	6000	A36	2	2	677.58	1355.17	28.89	57.79			
SZ-p44	PL6X1294	6000	A36	1	1	365.33	365.33	15.61	15.61			
SZ-p45	PL6X2400	2501	A36	2	2	282.46	564.93	12.06	24.12			
SZ-p46	PL6X1294	2501	A36	1	1	152.30	152.30	6.52	6.52			
SZ-p47	PL19X252	311	A36	12	12	9.09	109.11	0.14	1.69			
SZ-p49	PL25X250	257	A36	6	6	12.42	74.52	0.15	0.91			
SZ-p50	PL12X292	360	A36	6	6	9.89	59.33	0.23	1.35			
SZ-p53	PL5X55	55	A36	2	2	0.09	0.19	0.01	0.01			
SZ-p55	FL8X51	71	A36	1	1	0.19	0.19	0.01	0.01			
SZ-p56	FL8X89	94	A36	1	1	0.26	0.26	0.01	0.01			
SZ-p57	PL8X150	281	A36	2	2	2.09	4.18	0.07	0.15			
SZ-p59	D830	12	A36	1	1	50.82	50.82	1.11	1.11			
SZ-p60	D830	8	A36	1	1	15.60	15.60	0.53	0.53			
SZ-p61	D96	12	A36	4	4	0.40	1.61	0.01	0.06			
SZ-p67	PL8X1260	1687	A36	1	1	75.40	75.40	2.46	2.46			
SZ-p69	PL6X299	314	A36	1	1	3.46	3.46	0.16	0.16			
SZ-p70	PL6X298	314	A36	1	1	3.44	3.44	0.15	0.15			
SZ-p73	PL6X498	504	A36	1	1	7.32	7.32	0.32	0.32			
SZ-p74	PL6X697	710	A36	1	1	14.01	14.01	0.61	0.61			
SZ-p76	PL19X240	280	A36	2	2	8.38	16.76	0.13	0.26			
SZ-p110	PL6X420	421	A36	3	3	8.32	24.96	0.36	1.09			
SZ-p111	PL6X351	420	A36	3	3	6.88	20.63	0.30	0.91			
SZ-p114	PL9X88	120	A36	4	4	0.56	2.25	0.02	0.08			
SZ-p115	PL9X201	210	A36	2	2	2.98	5.95	0.09	0.18			
SZ-p116	PL6X103	150	A36	24	24	0.73	17.53	0.03	0.82			
SZ-p117	PL9X110	210	A36	4	4	1.62	6.50	0.05	0.21			
SZ-p119	PL12X151	290	A36	4	4	2.92	11.67	0.07	0.29			
SZ-p122	PL6X248	300	A36	24	24	2.38	57.06	0.11	2.56			
SZ-p127	PL6X90	120	A36	2	2	0.51	1.02	0.02	0.05			
SZ-p128	PL6X60	120	A36	2	2	0.32	0.64	0.02	0.03			
SZ-plt1	PLT.1/4X2	328	A36	1	1	0.70	0.70	0.03	0.03			
SZ-plt11	PL6X230	474	A36	1	1	5.12	5.12	0.23	0.23			
SZ-px1	D830	3	Neopren	1	1	0.00	0.00	0.51	0.51			
SZ-tee2	PIPE10SCH40	432	A53	1	1	25.81	25.81	0.38	0.38			
SZ-tee4	PIPE8SCH40	203	A53	1	1	8.57	8.57	0.15	0.15			
SZ-x13	PIPE3SCH40	184	A53	2	2	2.03	4.05	0.05	0.11			
SZ-x14	PIPE2SCH40	874	A36	1	1	4.63	4.63	0.17	0.17			
SZ-x15	PIPE2SCH40	581	A36	1	1	3.07	3.07	0.11	0.11			
SZ-x16	BR.Ø1/2	279	A36	2	2	0.25	0.50	0.01	0.02			
SZ-x17	BR.Ø5/8	220	A53	1	1	0.31	0.31	0.01	0.01			
SZ-x18	PIPE1-1/2SCH40	170	A36	2	2	1.43	2.86	0.04	0.08			
SZ-x19	SPD610X8	270	A36	1	1	31.93	31.93	0.53	0.53			
SZ-x20	5/8_HEAVY_HEX_NUT5		A36	2	2	0.05	0.10	0.00	0.01			
SZ-x22	PIPE8SCH40	288	A53	1	1	12.16	12.16	0.20	0.20			
SZ-x53	PIPE10SCH40	150	A53	1	1	8.98	8.98	0.14	0.14			
SZ-x54	PIPE10SCH40	4218	A53	1	1	252.27	252.27	3.62	3.62			
SZ-x55	PIPE8SCH40	197	A53	3	3	7.10	21.29	0.12	0.36			
PESO Y AREA TOTAL :						4157.38kg		146.63m <sup>2</sup>				



REV.	DATE	DESCRIPTION	DIS. REV.	APPROVED	NUMBER OF DRAWING	REFERENCES OF DRAWING
3	12-12-17	EMITIDO PARA FABRICACION	G.C	J.Z.T.		
2	11-12-17	EMITIDO PARA FABRICACION	D.V.Y	J.Z.T.		
1	11-10-17	MODIFICACION INDICADA	G.C	J.Z.T.		
0	04-12-17	EMITIDO PARA FABRICACION	D.V.Y	J.Z.T.		
B	30-11-17	EMITIDO PARA REVISION	G.C	J.Z.T.		

APPROVED

REVISADO POR: D.V.Y. FECHA: 18-10-17

DISEÑADO POR: G.C. FECHA:

REVISADO POR: H.P. FECHA: 31-10-2013

APROBADO POR: FECHA:

PROYECTO: WANDER. FECHA:

FECHA:

ESCALA: INDI/PLANO

Nº DIBUJO: TANQUE NEUTRALIZADOR

REV. SZ-TK3

**TANQUE NEUTRALIZADOR**  
CAJAMARCA - PERU  
**DETALLE DE INGENIERIA**  
MINERA TANTAHUATAY  
153  
**TANQUES ESTRUCTURALES**  
**PLANO DE CONJUNTO**