



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

“Elaboración de un Plan de Aseguramiento de Calidad para la  
Fabricación de Sistemas de Tuberías para una Central Turbo -  
Generadora de 100MW”

### **TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

### **INGENIERO MECÁNICO**

Presentada por:

Alvaro Xavier Muñoz Vinuesa

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2013

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme el regalo de una vida plena, a mis padres y hermanos por brindarme un hogar cálido, y enseñarme que la perseverancia y el esfuerzo son el camino para alcanzar objetivos. A esta Universidad que me abrió las puertas para poder alcanzar la meta de ser profesional, y al Ing. Ernesto Martínez Lozano, Director de la Tesis, por su colaboración y orientación la cual me dirigió a la culminación de esta tesis

## DEDICATORIA

A Dios que me brindó la fuerza  
para realizar este trabajo.

A mis padres y hermanos por su  
apoyo y amor incondicional.

Al Ing. Ernesto Martínez L., por  
su invaluable apoyo.

Y todos aquellos que hicieron  
posible el desarrollo y  
culminación de esta Tesis.

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Dr. Kleber Barcia V, Ph.D.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE

---

Ing. Ernesto Martínez L.  
DIRECTOR

---

Ing. Federico Camacho B.  
VOCAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

Alvaro Xavier Muñoz Vinueza

## RESUMEN

Debido a la demanda energética del país en épocas de estiaje, en la ciudad de Quevedo, provincia de Los Ríos, se construye una central turbogeneradora, la misma que contará con 60 motores de generación de 1700 KW cada uno, que producen una potencia nominal de 100 MW, los cuales serán entregados al sistema nacional interconectado.

La secuencia de la construcción del sistema de tuberías inició con la construcción de bases estructurales que servirán como soporte de tubería a ser erigida, el prefabricado de tramos (spools), instalación de los sistemas sobre el pipe rack, pruebas de presión, limpieza de la tubería, y aplicación del sistema de protección superficial.

### **Descripción del Problema**

Se requiere la fabricación, inspección y pruebas de sistemas de tuberías para la central turbo - generadora de 100 MW para los diferentes servicios que intervienen en su funcionamiento, acorde a los requisitos presentados en los diferentes códigos de construcción aplicables.

### **Objetivos Generales**

Elaborar y poner en práctica un plan de aseguramiento de la calidad, el cual incluya procedimientos de inspecciones y pruebas, basados en el código de construcción aplicado, que garanticen la calidad del montaje realizado.

### **Objetivos Específicos**

- Elaborar el plan de aseguramiento de calidad para el montaje indicado.
- Elaborar los procedimientos para instalación inspecciones y pruebas del montaje indicado.
- Elaborar reportes y registros que certifique que se han cumplido con los requisitos de los códigos de construcción aplicables.

### **Metodología**

En el desarrollo de la tesis se establece los parámetros para realizar la instalación, inspección y pruebas de un sistema de tuberías cumpliendo los requisitos estipulados en los códigos de construcción aplicables, elaborando un plan de aseguramiento de la calidad, que cubra los siguientes puntos:

- Establecer los puntos de inspección requeridos para elaborar un plan de aseguramiento de la calidad acorde a los trabajos a ser ejecutados.
- Determinar criterios de inspección sobre materiales para construcción.

- Elaborar las correspondientes especificaciones de procedimientos de soldadura y procedimientos de calificación de soldadores, procedimientos de instalación e inspección de los sistemas de tuberías, procedimientos de pruebas y limpieza sobre sistemas de tuberías.
- Implementar procedimientos de aplicación e inspección de sistemas de protección superficial.

### **Resultados esperados**

Obtener la documentación referente a la ejecución de los puntos presentados en el plan de aseguramiento de calidad, cumpliendo los requisitos de los códigos establecidos; de esta manera validar la instalación e incrementar la confiabilidad de la integridad de los sistemas de tuberías existentes en la central turbo - generadora.

Al finalizar esta tesis, el autor ha implementado el Plan de Aseguramiento de Calidad durante la construcción de centrales termoeléctricas tales como Santa Elena 90 MW y Jaramijó 140 MW, y aplicado procedimientos de instalación e inspección en trabajos complementarios en las centrales molino 1100MW y termoeléctrica la sierra 460 MW.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	V
ABREVIATURAS.....	IX
SIMBOLOGÍA.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO 1</b>	
1. CONSIDERACIONES GENERALES.....	3
1.1. Importancia de las centrales turbogeneradoras en ECUADOR.....	4
1.2. Características de la central.....	5
1.2.1. Unidades Turbo - Generadoras.....	6
1.2.2. Servicios Auxiliares.....	8
1.3. Códigos de construcción aplicables.....	14
1.3.1. General.....	14
1.3.2. ANSI.....	15
1.3.3. ASME.....	16
1.3.4. ASTM.....	17
1.3.5. SSPC.....	18

## CAPÍTULO 2

2. PLAN DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD.....	19
2.1. Introducción a códigos de construcción aplicables.....	19
2.1.1. ANSI/ASME B31.3.....	20
2.1.2. ASME BPV IX.....	22
2.1.3. ASTM SECCIÓN 6.....	24
2.2. Elaboración de un plan de aseguramiento de calidad.....	26
2.2.1. Preparación de un plan de calidad.....	26
2.2.2. Elaboración de un plan de inspecciones.....	27

## CAPÍTULO 3

3. PROCEDIMIENTOS DE FABRICACIÓN Y MONTAJE DE SISTEMAS DE TUBERÍAS. ....	30
3.1. Requisitos previos al montaje de sistemas de tuberías.....	30
3.2. Recepción de materiales y electrodos de soldadura.....	32
3.3. Montaje de tuberías.....	40
3.3.1. Materiales.....	40
3.3.2. Prefabricado en taller.....	43
3.3.3. Instalación en sitio.....	45
3.4. Soldadura de sistemas de tuberías.....	47
3.4.1. Especificación de procedimientos de soldadura.....	48
3.4.2. Calificación de procedimientos de soldadura.....	52
3.4.3. Especificación de procedimientos estándares de soldadura.....	66

3.4.4. Calificación de desempeño de soldadores.....	70
3.5. Aplicación de protección superficial.....	76
3.5.1. Selección de sistema de protección superficial.....	77
3.5.2. Limpieza de superficie y preparación de perfil de anclaje..	82
3.5.3. Aplicación de sistema de protección superficial.....	86
3.5.4. Galvanizado.....	91
3.5.5. Identificación de sistemas de tuberías.....	92

## **CAPÍTULO 4**

4. INSPECCIONES Y PRUEBAS SOBRE LOS SISTEMAS DE TUBERÍAS.....	96
4.1. Inspección de juntas soldadas.....	96
4.1.1. Inspección visual.....	98
4.1.2. Inspección radiográfica.....	103
4.1.3. Inspección por tintas penetrantes.....	115
4.1.4. Criterios de aceptación.....	119
4.2. Procedimientos para liberación de sistemas de tuberías.....	122
4.2.1. Pruebas de presión de sistemas de tuberías.....	122
4.2.2. Limpieza de sistemas de tuberías.....	130
4.3. Pruebas sobre sistemas de protección superficial.....	140
4.3.1. Medición de perfil de anclaje.....	140
4.3.2. Medición de espesores de película húmeda.....	146
4.3.3. Medición de espesores de película seca.....	153
4.3.4. Pruebas de adherencia.....	158

**CAPÍTULO 5**

5. EJECUCIÓN DE PLAN SE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD Y REGISTRO DE RESULTADOS.....	166
5.1. Inspecciones realizadas sobre juntas soldadas.....	167
5.2. Reportes de pruebas sobre tuberías.....	167
5.3. Reportes de ensayos sobre sistemas de protección superficial.	168

**CAPÍTULO 6**

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	169
--	-----

**APÉNDICES****BIBLIOGRAFÍA**

## ABREVIATURAS

AC	Corriente alterna
ANSI	American National Standards Institute
API	American Petroleum Institute
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society of Testing Materials
BPV	Boiler & Pressure Vessel
DC	Corriente directa
DO	Diesel oil
GTAW	Gas Tungsten Arc Welding
HFO	heavy fuel oil
IQI	Indicadores de calidad de imagen
P&ID	Diagrama de tuberías e instrumentos
PPS	Packaged Power Station
PQR	Procedure Qualification Records
RF	Cara rugosa
SMAW	Shield metal Arc Welding
SP	Preparación superficial
SSPC	Steel Structure Painting Council
SWPS	Standard Welding Procedure Specifications
WPQ	Welder Performance Qualifications
WPS	Welding Procedure Specifications

## SIMBOLOGÍA

°C	Grados centígrados
°F	Grados Fahrenheit
µm	Micrómetro
cSt	Centi stoke
d	Distancia de la fuente de radiación a la soldadura
D	Distancia del objeto lado fuente a la película
deg	Grados
f	Tamaño de la fuente
ft <sup>2</sup>	Pies cuadrados
Hz	Hertz
in	Pulgadas
kPa	Kilo pascales
KWh	Kilo vatio hora
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
mill	Milesima de pulgada
mm	Milímetros
MW	Mega vatios
Ø	Diámetro interior de la tubería (mm)
P <sub>d</sub>	Presión de diseño
psi	Libras por pulgada cuadrada
P <sub>t</sub>	Presión de prueba
R	Radio
Re	Número de Reynolds
S <sub>d</sub>	Resistencia de material a la temperatura de diseño
S <sub>t</sub>	Resistencia de material a la temperatura de prueba
T	Espesor de cupón de prueba
t	Espesor de material de aporte
TBN	Alcalinidad
T <sub>w</sub>	Espesor de material base
U <sub>g</sub>	Penumbra geométrica
V	Velocidad promedio de flujo (m/s)
W	Altura de la cara transversal del cupón
y	Espesor de cupones cortados
Y	Viscosidad cinemática (cSt)

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Visualización de Planta de Generación.....	6
Figura 1.2	Implantación de las bahías de generación.....	8
Figura 1.3	Implantación del área de tanques.....	13
Figura 1.4	Diagrama de instrumentos y tuberías.....	14
Figura 3.1	Obtención de Especímenes.....	53
Figura 3.2	Espécimen – Ensayo de Tensión.....	54
Figura 3.3	Espécimen Ensayos de Tensión – Tubería de Diámetro $\leq 3"$ .	56
Figura 3.4	Espécimen – Ensayos de Doblado Lateral.....	60
Figura 3.5	Espécimen Para Ensayo de Doblado de Cara O Raíz.....	62
Figura 3.6	Espécimen Para Ensayo de Doblado Longitudinal.....	64
Figura 4.1	Iqi Seleccionado.....	110
Figura 4.2	Medición de Perfil de Anclaje – Método A.....	142
Figura 4.3	Medición de Perfil de Anclaje – Método B.....	144
Figura 4.4	Medición de Perfil de Anclaje – Método C.....	145
Figura 4.5	Galga Rectangular con Muecas.....	149
Figura 4.6	Galga Rectangular con Muecas.....	152
Figura 4.7	Lecturas de Espesor de Capa Seca.....	156

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Datos Principales del Motor .....	7
Tabla 2	Formato de Plan de Inspección (Simple).....	28
Tabla 3	Formato de Plan de Inspección (Complejo).....	28
Tabla 4	formato de Plan de Inspección (Completo).....	29
Tabla 5	Variables que Intervienen en los Procesos de Soldadura Presentadas en el Código Asme Bpv –Sección Ix.....	50
Tabla 6	Variables Esenciales por Proceso de Soldadura Presentadas en el Código Asme Bpv –Sección Ix .....	51
Tabla 7	Espesores Límite de Procedimientos Calificados.....	52
Tabla 8	Especímenes Requeridos para Ensayos.....	53
Tabla 9	Dimensiones para Espécimen - Ensayo Doblado Lateral.....	59
Tabla 10	Dimensiones Espécimen Doblado de Raíz O Cara.....	62
Tabla 11	Dimensiones Espécimen Doblado Longitudinal.....	64
Tabla 12	Calificación de Desempeño – Posiciones y Calificadas.....	74
Tabla 13	Calificación de Desempeño – Diámetros Límites Calificados...	74
Tabla 14	Zonas Ambientales Acorde A La Sspc.....	79
Tabla 15	Sistemas de Pintura Recomendados Para Las Zonas Ambientales Acorde A La Sspc.....	80
Tabla 16	Sistemas de Pintura – Temperaturas Limite de Protección.....	81
Tabla 17	Sistemas de Pintura – Resistencia a La Abrasión.....	81
Tabla 18	Sistemas de Pintura – Preparación Superficial .....	83
Tabla 19	Punto de Rocío del Aire.....	86
Tabla 20	Espesores Referenciales para Diversos Sistemas.....	90
Tabla 21	Identificación de Tuberías Acorde al Código Ansi/Asme A13.1	93
Tabla 22	Tamaños de Etiquetas por Diámetro de Tubería.....	94
Tabla 23	Dimensiones de Flechas de Identificación de Tuberías.....	95
Tabla 24	Penumbra Geométrica.....	107
Tabla 25	Código de Indicadores de Calidad de Imagen.....	109
Tabla 26	Selección de Indicadores de Calidad de Imagen.....	110
Tabla 27	Técnicas de Radiografía.....	114
Tabla 28	Métodos de Evaluación de Imperfecciones de Soldadura...	120
Tabla 29	Altura de Sobremonta Permitida Acorde al Espesor del Metal Base.....	122
Tabla 30	Métodos de Limpieza por Sistemas de Tuberías.....	133
Tabla 31	Medio de Limpieza por Sistemas de Tuberías.....	134

Tabla 32	Resultados del Ensayos de Adherencia Método A.....	162
Tabla 33	Resultados del Ensayos de Adherencia Método B.....	164
Tabla 34	Clasificación de Resultados de Ensayos de Adherencia Método B.....	165

## INTRODUCCIÓN

Se construye en la ciudad de Quevedo una central turbogeneradora, la cual entregará una potencia nominal de 100 MW al sistema interconectado nacional.

Los sistemas dentro de la planta incluyen el almacenamiento y transporte de combustibles, Fuel oil No 6 y Diesel, Agua de proceso, Aceite Lubricante, Aire de Arranque y Aire de Servicio, Vapor, Condensado, Agua de Proceso, Agua Aceitosas y Lodos.

Las tuberías usadas para el transporte de los fluidos antes indicados incluyen tubería ASTM A53, y ASTM A106 para aplicaciones de alta temperatura, debido a los parámetros del proyecto se requiere que la fabricación se realice en un corto tiempo y que los sistemas de tuberías instalados presenten el menor número de fallas durante la ejecución del trabajo.

Para asegurar la calidad del montaje, se lo realizará acorde a los requisitos presentados en los códigos ASME B31.3 para tuberías de proceso, en el cual se define los puntos de inspección para materiales, fabricación, montaje, verificaciones y pruebas de sistemas de tuberías.

Las pruebas sobre los sistemas de protección superficial estarán basadas en las indicaciones de los estándares ASTM Sección 6 aplicables.

En el desarrollo de la tesis se establece los parámetros para realizar la instalación, inspección y pruebas de un sistema de tuberías elaborando un plan de aseguramiento de la calidad, que cubra los siguientes puntos:

- Inspección de materiales.
- Especificación de procedimientos de soldadura.
- Calificación de soldadores.
- Procedimientos de inspección de juntas soldadas.
- Procedimientos de instalación y pruebas de sistemas de tuberías.
- Procedimientos de aplicación e inspección de sistemas de protección superficial

# CAPÍTULO 1

## 1. CONSIDERACIONES GENERALES

Una central generadora de energía es una instalación que tiene como función transformar energía potencial en trabajo.

Las centrales eléctricas son las diferentes plantas encargadas de la producción de energía eléctrica. Estas se sitúan generalmente en las cercanías de fuentes de energía básicas (ríos, yacimientos de carbón, etc.). También pueden ubicarse próximas a las grandes ciudades y zonas industriales, donde el consumo de energía es elevado.

En las centrales denominadas Térmicas, la energía eléctrica surge como consecuencia de la energía térmica de combustión. Estas utilizan distintos combustibles: sólidos (carbón mineral); líquidos (fuel-oil, diesel-

oil, originados en la refinación del petróleo crudo); y gaseosos (gas natural).

Los generadores o alternadores son las máquinas encargadas de la obtención de la electricidad. Estas maquinarias son accionadas por motores primarios. El motor primario junto con el generador forma un conjunto denominado grupo Turbo - Generador.

### **1.1. Importancia de las Centrales Turbogeneradoras en Ecuador**

Se busca incorporar generación termoeléctrica para hacer frente a los estiajes y evitar pérdidas a causa de los racionamientos de energía eléctrica, es por esto que se propone poner al servicio del país una central termoeléctrica Turbo - Generadora en la ciudad de Quevedo, provincia de Los Ríos.

La central que aportará al Sistema Nacional Integrado con 100 MW permitirá satisfacer las necesidades de amplias zonas residenciales y productivas del sector y sus zonas de influencia. La nueva central tendrá 60 unidades de 1.7MW.

Este tipo de planta termoeléctrica se denomina PPS (Estación de Generación en Paquetes), en que las unidades de generación y los

equipos auxiliares, incluyendo los cuartos de control, son contenedores totalmente ensamblados.

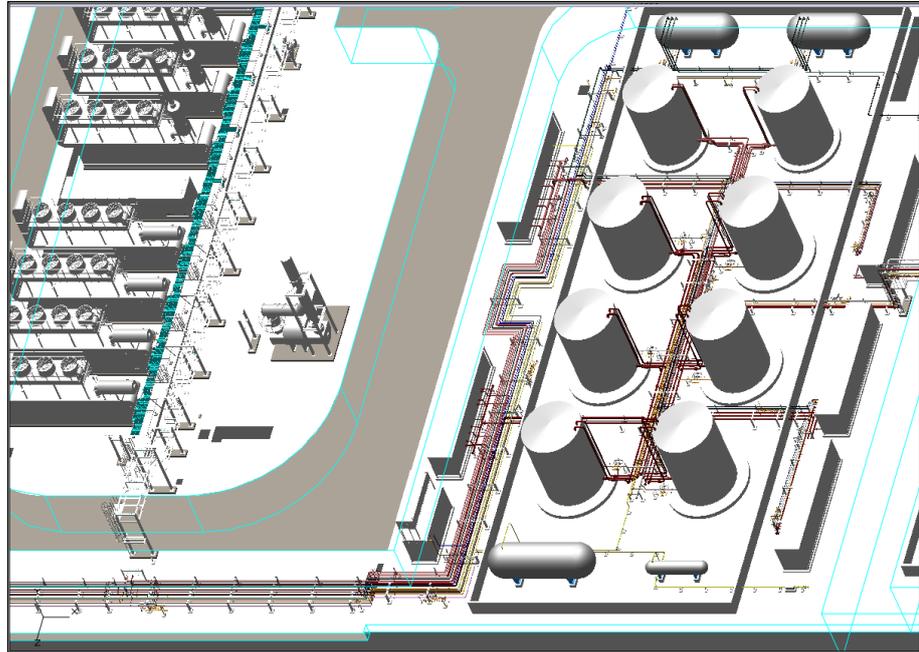
El combustible que utiliza es fuel oil producido por la refinería de La Libertad lo que la convierte en altamente eficiente pues su rendimiento es de 18.3 Kwh por galón. Además, este equipo tiene las siguientes ventajas:

1. Baja inversión inicial
2. Corto tiempo de suministro
3. Simple y fácil construcción, operación y mantenimiento

Para este proyecto se programa la contratación de 105 personas, en su mayoría de la provincia de Los Ríos, otorgando fuentes de trabajo para beneficio de un buen número de familias del sector.

## **1.2 Características de la central**

La central de generación de 100 MW cuenta con 60 unidades turbo generadoras, sistemas de tuberías para servicios, equipos de facilidades, tales como bombas de recepción y transferencia de combustibles, compresores de aire, calderas de generación de calor, tanques de almacenamiento de combustible y agua de servicio.



**FIGURA 1.1 VISUALIZACIÓN DE PLANTA DE GENERACIÓN**

### **1.2.1 Descripción de Unidades de Generación a ser Instaladas en la Planta.**

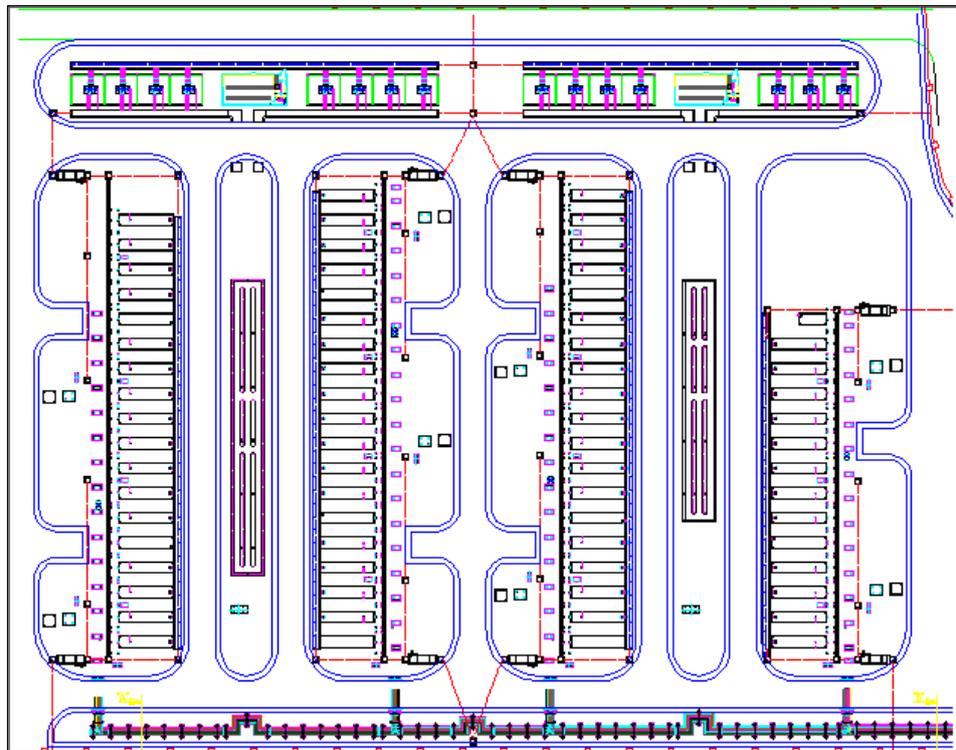
Las unidades de generación consisten de motores de cuatro tiempos, de acción simple, con turbocargador e intercooler, los cuales operan con combustible fuel oil N°6, producido por la refinera de esmeraldas, de velocidad de rotación de 720 rpm. Los datos principales del motor se describen en la tabla

**TABLA 1**  
**DATOS PRINCIPALES DEL MOTOR**

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>
Tipo	De cuatro tiempos, de acción simple, con turbocargadores e intercooler
Numero de cilindros	9
Diámetro interior del cilindro	210 mm
Carrera	320 mm
Potencia por cilindro	200 kW
Revoluciones	720 rpm
Dirección de rotación	Anti – horario
Medio de enfriamiento:	
- Chaqueta del cilindro	- Agua de enfriamiento
- Pistón	- Aceite lubricante
- Enfriador de aire	- Agua de enfriamiento
Sistema de arranque	Aire comprimido (presión máxima 30 bar)

Los generadores comprenden máquinas rotativas en las cuales el rotor que lleva el campo devanado excitado DC y el devanado amortiguador rota dentro de un estator el cual lleva el devanado de salida AC. Los generadores incorporarán un excitador de CA y rectificadores de rotación montado en el eje, que proporcionan la corriente de excitación de la máquina principal.

Los generadores serán trifásicos, de 60 Hz de frecuencia, asilamiento clase F, factor de potencia 0.85 de tipo sin escobillas y auto excitado con regulador de campo giratorio con devanado amortiguador, enfriado por aire.



**FIGURA 1.2 IMPLANTACION DE LAS BAHIAS DE GENERACION**

### **1.2.2 Servicios Auxiliares.**

Los servicios auxiliares de la planta incluyen los sistemas de combustible, aceite lubricante, aire comprimido, agua de enfriamiento para la operación de las unidades turbo -

generadoras, así como las unidades de generación de vapor para mantener el combustible a la temperatura de operación óptima indicada por la especificación de los equipos.

Los sistemas de combustible son capaces de suministrar DO y HFO al motor. El HFO se toma desde un tanque de almacenamiento por una bomba eléctrica de transferencia a un tanque de asentamiento y desde este tanque, a través de purificadoras, al tanque de servicio de HFO; luego desde el tanque servicio de HFO a través de una bomba de suministro eléctrica hacia la unidad de incremento de presión. La bomba de suministro mantiene una presión de aproximada de 6 bares, en la parte de baja presión de la unidad de incremento de presión de combustible. El diésel se toma desde un tanque de almacenamiento por una bomba eléctrica de transferencia, a través de purificadoras, hacia el tanque de servicio, y a su vez tomada de este tanque con una bomba de suministro hacia el circuito de diésel. Todo equipo para los sistemas de combustible están diseñados para HFO con una viscosidad de 630 cSt @ 50°C.

El motor tiene un sistema propio de lubricación con un cárter de aceite, el cual proporciona aceite lubricante a todas las partes móviles para lubricación como para enfriamiento. Para la lubricación de la parte motriz, se recomienda aceite SAE 40, el número TBN (número base total, 20 – 25 para HFO) se seleccionará cuidadosamente dependiendo del grado del combustible y contenido de sulfuros. La planta incluirá un sistema de descarga de aceite lubricante, el mismo que proporcionará al Carter de los motores para compensación de pérdidas. El sistema de tratamiento de lubricante para cada motor asegura una buena condición del aceite durante una normal operación.

Los sistemas de enfriamiento consisten en el sistema de enfriamiento principal y el sistema de enfriamiento por chaqueta. En el sistema principal, el agua de enfriamiento se impulsa a través de una bomba desde el radiador al segundo enfriador por aire y al enfriador de aceite de cada motor. El agua caliente resultante de este proceso retorna al radiador. En el sistema de enfriamiento por chaqueta, El agua de enfriamiento se distribuye a través de la chaqueta del motor, hacia el primer enfriador por aire de carga por medio

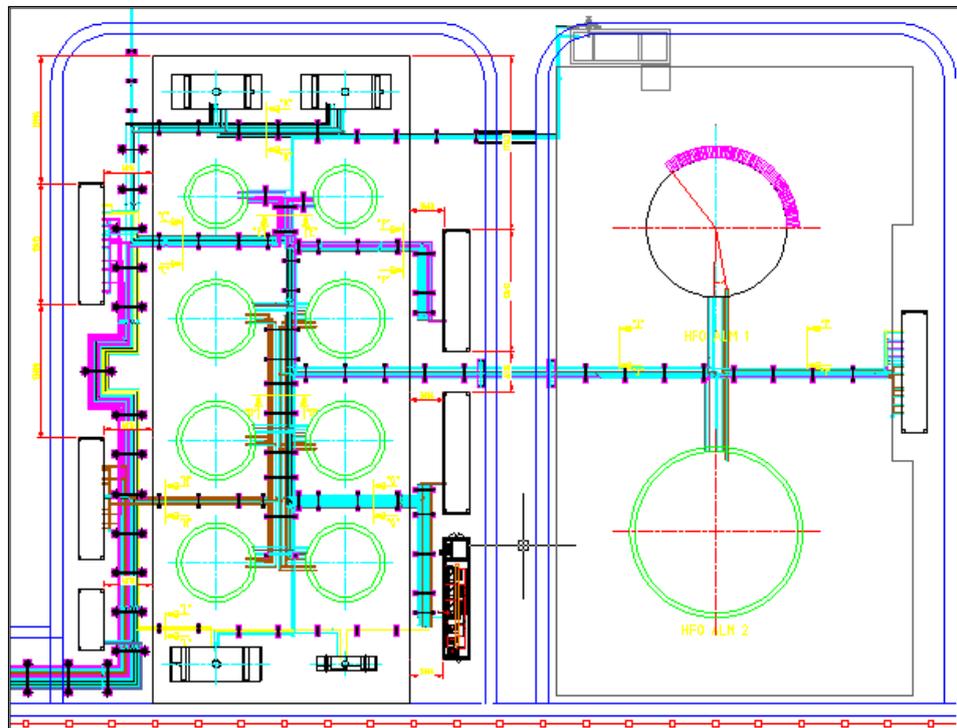
de bomba de agua de alta temperatura de enfriamiento. Para evitar la acumulación de aire en el sistema de refrigeración por agua, se cuenta con un tanque de expansión en la tubería de agua de enfriamiento a salida del motor. El propósito del tanque de expansión es dar cabida a la diferencia en el volumen de agua causada por los cambios de la temperatura.

El sistema de aire comprimido suministrará aire a una presión máxima de 30 bares para el arranque, control y sistema de seguridad del motor. El compresor de aire alimenta aire comprimido al receptor. El compresor opera en función de la presión de entrada del receptor. El aire de control se suministra desde el compresor de aire de arranque a través de una válvula de reducción de presión, luego a través de una unidad de secado por refrigeración, el aire deshumidificado fluye a los sistemas de control de equipos auxiliares. El aire de servicio se suministra desde el receptor a través de una válvula reductora de presión.

El calor residual de los gases de escape de salida del motor se dirige hacia la caldera de recuperación de calor para la

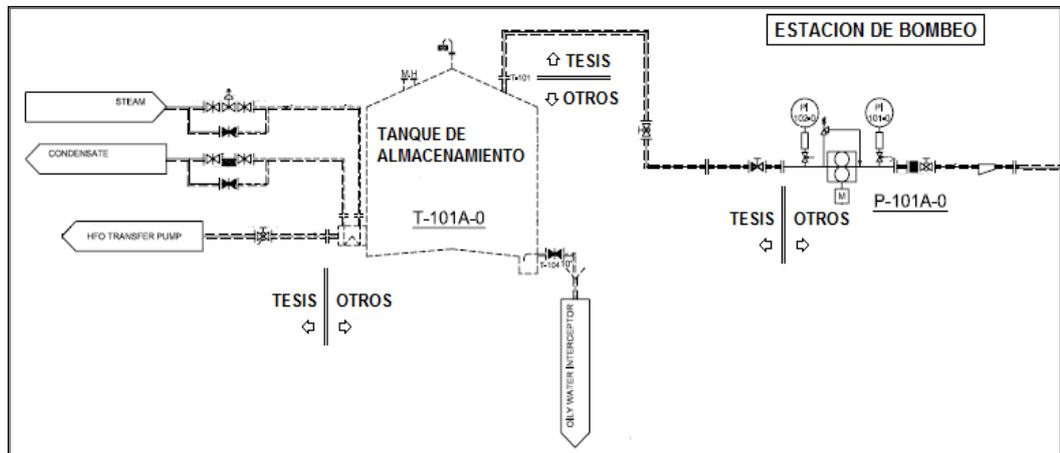
generación de vapor. El vapor generado y la condensación del sistema se utilizan para el calentamiento de los equipos auxiliares, como los sistemas de calentadores de aceite y combustible; así como el uso de las purificadoras centrífugas. El sistema de condensado recupera y recoge la condensación del vapor de diferentes puntos usuarios en la planta y lo retorna al tanque de agua de alimentación de caldera. Las pérdidas del sistema de condensado serán compensados por agua desmineralizada producida en la planta de agua.

El agua desmineralizada se suministrará desde la unidad de tratamiento de agua para proporcionar suficiente agua de calidad adecuada para los motores y las calderas de gases de escape. El tratamiento del agua usada para el sistema de enfriamiento del motor será también requerido para prevenir la corrosión que resulta en una reducción de la resistencia a la fatiga de los componentes del motor y la formación de depósitos que pueden resultar en la transferencia de calor insuficiente.



**FIGURA 1.3 IMPLANTACION DEL AREA DE TANQUES**

Esta tesis tiene como alcance los sistemas de tuberías de proceso para los sistemas descritos, no se incluirá en este estudio equipos, recipientes, intercambiadores de calor o tanques, los sistemas de tubería se revisaran hasta la primera brida de conexión de los elementos mencionados, un gráfico descriptivo de este alcance se encuentra en la figura 1.4, el cual muestra un diagrama de tuberías e instrumentos, con una delimitación de este estudio.



**FIGURA 1.4: DIAGRAMA DE INSTRUMENTOS Y TUBERIAS**

### 1.3 Códigos de construcción aplicables

En esta sección se describe los códigos y estándares de mayor aplicación, y cuyo uso afecta los materiales, instalación, inspecciones y pruebas de los sistemas de tuberías indicados.

#### 1.3.1 General

Códigos referentes a tubería proporcionan criterios de diseño específicos como cargas internas y externas a las cuales están sometidas las tuberías, así también como criterios para la fabricación, instalación y pruebas de muchos aspectos del sistema de tuberías.

El cumplimiento de los códigos es mandatorio acorde a las especificaciones del proyecto de instalación. Cada código

tiene limitaciones definidas acorde a su alcance o campo de aplicación, solo se puede estar familiarizado con estas limitaciones después de una lectura completa del código.

Los estándares proporcionan criterios específicos y regulaciones para componentes específicos o clases de componentes tales como válvulas, juntas y accesorios.

Estándares dimensionales proporcionan control para componentes para asegurar que elementos entregados por diferentes proveedores pueden ser intercambiados, mientras que los estándares de integridad proporcionan criterios de desempeño para que componentes suministrados por diferentes fabricantes funcionen bajo las mismas especificaciones (de presión y temperatura) de una manera similar.

### **1.3.2 ANSI**

El ANSI es una entidad de Estados Unidos, la cual trabaja como instituto nacional de coordinación para la estandarización voluntaria y actividades relacionadas.

Entre los diversos objetivos del ANSI están: promover la estandarización como un medio para impulsar la economía; facilitar el comercio nacional e internacional; proporcionar los medios para determinar la necesidad de nuevas regulaciones y programas de certificación; establecer, difundir y administrar los procedimientos y los criterios para el reconocimiento y la aprobación de normas en los Estados Unidos y el extranjero.

### **1.3.3 ASME**

El ASME es una sociedad que promueve las técnicas y ciencias relacionadas con la ingeniería y la construcción mecánica con fines científicos.

La ASME publica dos de los códigos más utilizados en sistemas de facilidades: El código ASME BPV y la serie de códigos ASME B31, para sistemas de tuberías de presión. El Código de la tubería de presión tiene las siguientes secciones de publicación:

- B31.1. Power Piping
- B31.3. Process Piping

- B31.4. Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons and Other Liquids
- B31.5. Refrigeration Piping and Heat Transfer Components
- B31.8. Gas Transmission and Distribution Piping Systems
- B31.9. Building Services Piping

#### **1.3.4 ASTM**

El ASTM INTERNATIONAL es una sociedad cuyo objetivo es la elaboración de estándares sobre las características y funcionamiento de diversos materiales, productos, otros estándares y servicios, desarrollar y publicar información para promover la comprensión y el avance de la tecnología y asegurar la calidad y la seguridad de los productos y los servicios.

El ASTM ha desarrollado estándares y normas que constan en 67 volúmenes divididos en 16 secciones. Cada volumen se publica anualmente incorporando nuevas revisiones y tecnologías

### **1.3.5 SSPC**

SSPC es una asociación enfocada en la protección y preservación del concreto, acero y otras estructuras y superficies industriales y marinas a través del uso de recubrimientos industriales de alto desempeño, además es una fuente de información primaria sobre preparación superficial, selección de sistemas de protección superficial, aplicación de recubrimientos, regulaciones ambientales y tópicos sobre salud y seguridad que intervienen en la industria de protección superficial.

# **CAPÍTULO 2**

## **2. ELABORACIÓN DE UN PLAN DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD**

### **2.1 Introducción a Código de Construcción Aplicables.**

Para la elaboración del plan de aseguramiento de calidad, es necesario tener presente las referencias aplicables, y los criterios de aceptación para las inspecciones y pruebas realizadas sobre los sistemas a ser instalados. Dado los requisitos del proyecto y los objetivos presentados en esta tesis, los códigos de construcción y estándares a utilizar en el plan consisten principalmente del código ANSI/ASME B31.3 para la instalación de sistemas de tuberías, código ASME BPV sección IX para la especificación de procedimientos de soldadura y calificación de soldadores y la serie de estándares ASTM sección 6 para la aplicación y pruebas de sistemas de protección superficial.

### 2.1.1 ANSI-ASME B31.3

El código ASME B31 para tuberías de presión consiste en un número de secciones publicadas individualmente, cada una como un estándar nacional de Estados Unidos.

Las reglas para cada sección reflejan el tipo de instalación de tuberías consideradas durante su desarrollo, como se indica a continuación:

- B31.1: sistemas de tuberías encontrados en estaciones de generación de potencia, plantas industriales, sistemas de calentamiento geotérmico.
- B31.3: sistemas de tuberías encontrados en refinerías de petróleo, plantas químicas, farmacéuticas, de textiles y criogénicas, así como plantas de procesamiento y terminales afines.
- B31.4: tuberías de transporte de líquidos entre plantas y terminales así como dentro de terminales como estaciones de bombeo y estaciones de medición.
- B31.5: tuberías de refrigeración y refrigerantes secundarios.
- B31.8: Sistemas de transporte de productos en estado predominantemente gaseoso, entre fuentes y terminales,

incluyendo estaciones de compresión, regulación y medición; tuberías de recolección de gas.

- B31.9: sistemas de tuberías encontrados generalmente en edificios industriales, comerciales y públicos así como residenciales, los cuales no requieren el rango de tamaños, presiones y temperaturas cubiertos por el código B31.1.

Dentro del alcance de esta tesis se revisará y se pondrá en práctica el código B31.3.

El contenido y cobertura de este código incluye establecer los requisitos de materiales y componentes, fabricación, ensamblaje, montaje, inspección, y pruebas de los sistemas de tuberías. El código es aplicable para tuberías de proceso que transporten cualquier tipo de fluido incluyendo químicos crudos, intermedios y procesados, derivados de petróleo, gas, aire, vapor, agua, sólidos fluidizados, refrigerantes y fluidos criogénicos [1].

Dentro del alcance de este código se incluye sistemas de tuberías que conectan piezas o etapas dentro de skids o

equipos pre- ensamblados. No están incluidos en el alcance del código los siguientes sistemas:

- Sistemas de tuberías diseñados para una presión manométrica interna mayor de cero pero menor a 105 kPa (15 psi), teniendo en cuenta que el fluido manejado no es inflamable, toxico o dañino para el ser humano, y su temperatura de diseño está entre -29°C (-20°F) hasta 186°C (366°F).
- Calderas de generación de potencia dentro del alcance del código ASME BPV sección I y tuberías de conexión con calderos, las cuales deben cumplir con los requisitos del código ASME B31.1.
- Cañería, cabezales, tuberías de distribución o calentadores a fuego directo.
- Recipientes a presión, intercambiadores de calor, bombas, compresores.

### **2.1.2 ASME BPV sección IX**

La sección IX del código ASME para calderas y recipientes de presión, cubre la especificación y calificación de procedimientos de soldadura, soldadores y operadores de

soldadura acorde a los requisitos presentados en el código ASME BPV y ASME B31.

El propósito de una especificación de procedimiento de soldadura (WPS), y del registro de calificación de procedimiento (PQR), consiste en determinar si una junta soldada diseñada para la construcción presentará las propiedades mecánicas requeridas para la aplicación; bajo el supuesto que el soldador u operador de soldadura que realiza la junta soldada sometida a calificación es una mano de obra calificada.

La calificación del desempeño de soldadores determina la habilidad de un soldador de realizar una junta soldada libre de defectos.

Para el uso de la sección IX, se debe tener en cuenta la organización del código, y como a su vez esta subdividido en artículos, esta división de indica a continuación [4]:

- Requisitos generales (artículo I).
- Calificación de procedimientos (artículo II).

- Calificación de desempeño (artículo III).
- Datos (artículo IV).
- Especificación de procedimientos estándares (V).
- Apéndices no mandatorios.
- Apéndices mandatorios.

Estos artículos contienen guías y referencias aplicables a la calificación de procedimientos y calificación de desempeño, tales referencias incluyen posiciones, tipos y propósitos de ensayos mecánicos, criterios de aceptación, y la aplicación de la sección IX.

### **2.1.3 ASTM Sección 6**

La sección 6 de la serie de estándares ASTM cubre pintura, recubrimientos similares y aromáticos. En esa sección se presenta una serie de estándares sobre las características de diversos materiales, productos, así como instructivos para ensayos e información para la correcta interpretación de los resultados obtenidos.

Esta sección incluye los volúmenes 1, 2, y 3, dado el alcance de esta tesis se revisará los estándares contenidos en los dos primeros volúmenes:

- ASTM Volumen 06.01 Pintura – ensayos para propiedades químicas, físicas y ópticas, apariencia: este volumen presenta los métodos para análisis químico de pinturas y materiales, incluyendo la determinación de volátiles, pigmentos, contenido de agua, otros estándares se enfocan en las propiedades físicas de capas de pintura aplicada, como espesor de capa de pintura y adherencia, resistencia física, resistencia a químicos y factores ambientales y propiedades ópticas.
- ASTM Volumen 06.02 Pintura – productos y aplicación; recubrimientos de protección y recubrimientos de sistemas de tuberías: Dentro del alcance de este volumen se incluye los revestimientos marinos/industriales y recubrimientos para protección superficial. Dentro del mismo se revisa las pruebas para la aplicación y evaluación de recubrimientos protectores y revestimientos en las instalaciones de generación de energía.

## **2.2 Elaboración de un Plan de Aseguramiento de Calidad.**

El Plan de Aseguramiento de Calidad es un documento que establece la secuencia de actividades y las prácticas relevantes específicas de calidad de un proyecto, llevadas a cabo para lograr un objetivo conforme con requisitos definidos, las cuales deben incluir las limitaciones de tiempo, costo y recursos.

Con la elaboración del plan se establece los lineamientos y actividades para el desarrollo y validación de un proyecto que integren las especificaciones y códigos de construcción aplicables para cumplir los requisitos presentados en los proyectos de montaje de sistemas de tuberías. En el mismo se deben indicar las medidas necesarias para que la instalación tenga conformidad con el código de construcción; así como identificar las actividades del proyecto y los controles que les aplicarán, para lograr los resultados esperados.

### **2.2.1 Preparación de un Plan de Aseguramiento de Calidad.**

En esta tesis se presentará el desarrollo de un plan de calidad, para lo cual se analizará el contenido de los códigos de construcción aplicables y se establecerá un formato para planes de inspección, este formato se presenta como un

listado de puntos de inspección, estándares, guías y métodos usados para realizar las inspecciones, los cuales son transferidos desde la especificación hacia la ejecución.

El propósito del plan de inspección incluye proporcionar un plan de verificaciones y pruebas sistemáticas que cubra todas las fases del montaje en una secuencia lógica, al mismo tiempo que proporciona un documento escrito el cual indica que inspeccionar y como inspeccionar. Este plan de aseguramiento de la calidad podrá ser usado como un requisito de trabajo para ejecución de montaje o como una herramienta de fiscalización.

### **2.2.2 Elaboración de Formato para Plan de Inspecciones.**

Basados en los objetivos propuestos para esta tesis, el formato iniciará con tres campos, los cuales incluyen el punto requerido y método de inspección, y el criterio de aceptación, acorde a lo presentado en la tabla 2:

**TABLA 2**  
**FORMATO DE PLAN DE INSPECCIÓN (SIMPLE)**

Punto de inspección	Método de inspección	Criterio de aceptación

Debido a los requisitos del proyecto, se agregará columnas acorde a los requisitos del código; para lo cual se considerará la frecuencia de muestreo así como la referencia para estandarizar el método de prueba, como está indicado en la tabla 3:

**TABLA 3**  
**FORMATO DE PLAN DE INSPECCIÓN (COMPLEJO)**

Punto de inspección	Método de inspección	Frec. de muestreo	Código de referencia	Criterio de aceptación

Debido a que uno de los objetivos de esta tesis es obtener toda la documentación que certifique la calidad e integridad del montaje del sistema de tuberías, se agregará un campo para el reporte de los resultados de las verificaciones, inspecciones y pruebas efectuadas en un ítem determinado en el plan de calidad, lo cual está indicado en la tabla 4:

**TABLA 4****FORMATO DE PLAN DE INSPECCIÓN (COMPLETO)**

<b>Punto de inspección</b>	<b>Método de inspección</b>	<b>Frec. de muestreo</b>	<b>Código de referencia</b>	<b>Criterio de aceptación</b>	<b>Documento /Registro</b>

Es necesario indicar que la documentación requerida para llenar los campos de la tabla 4, incluye especificaciones del proyecto, estándares mandatorios y/o referenciales.

# **CAPÍTULO 3**

## **3. PROCEDIMIENTOS DE FABRICACIÓN Y MONTAJE DE SISTEMAS DE TUBERÍAS**

En este capítulo se revisarán los procedimientos para instalación de sistemas de tuberías, realizando verificaciones en los puntos de inspección que son indicados previo al desarrollo de estos trabajos.

La fabricación e instalación incluye la recepción de materiales, prácticas recomendadas para el montaje, ejecución de procedimientos de soldadura y aplicación de protección superficial.

### **3.1 Requisitos Previos al Montaje de Sistemas de Tuberías.**

Es necesario definir todos los requisitos técnicos que deben ser cumplidos antes de la ejecución del proyecto de montaje.

Con el fin de garantizar la calidad del proyecto en todas sus etapas de construcción, se debe llevar a cabo una revisión del alcance del trabajo a ser ejecutado, de esta forma establecer la documentación que será base para el cumplimiento de las especificaciones de montaje; además, que los materiales a ser usados cumplan con los requisitos de su aplicación, y que la instalación sea acorde a la ingeniería de detalle elaborada.

El mecanismo de revisión, inspección y ensayo utilizado en el proyecto deberá estar detallado. Todo acuerdo alcanzado, estándar de calidad adoptada o cambio efectuado al concepto original del proyecto, deberá quedar documentado. No se ejecutarán procedimientos basados en prácticas que no se encuentren documentadas.

Todo plano elaborado, que haya sido revisado y validado se considera como un plano “aprobado para construcción”.

Se deberá gestionar la obtención de los certificados de pruebas y ensayos ejecutados sobre el material usado en la ejecución del proyecto para asegurar que cumplan con la especificación aplicable.

Como punto final previo al inicio del montaje se generará un “plan de montaje”, en el cual se indicarán los cronogramas de ejecución, descripción de actividades, equipos y maquinarias requeridas para la instalación.

### **3.2 Recepción de Materiales.**

El siguiente punto será establecer un instructivo para la recepción y almacenamiento de los materiales usados para la ejecución de un montaje de tubería, así como los criterios de inspección de los mismos.

Los materiales a ser enviados a obra deben ser clasificados, agrupados por bultos o paquetes homogéneos durante su transporte para facilitar su descarga.

Durante la recepción de los materiales, la persona encargada del transporte deberá presentar una guía de remisión, la cual debe contar con la siguiente información:

- Identificación del fabricante.
- Identificación del proveedor.
- Procedencia.

- Identificación del destino.
- Identificación del vehículo.
- Numero de paquete.
- Descripción del producto.

Cada paquete llevará su respectiva identificación, esta etiqueta debe llevar datos relevantes del fabricante, tipo de acero, dimensiones, colada [5]; siendo motivo de rechazo el no contar con esta identificación.

Se debe realizar una revisión de cualquier cargamento de materiales que llegue a bodega, para verificar que el contenido del mismo concuerda con lo registrado en la guía de remisión.

Todos los materiales especificados deberán ser nuevos, libres de elementos extraños, defectos superficiales, grietas, sopladuras y no presentar oxidaciones.

La descarga y el manejo de los materiales serán ejecutados con sumo cuidado, debido a que una mala operación puede resultar en accidentes con daños o pérdidas. De ser posible, se debe mantener

a las personas que no intervienen en la recepción alejadas del área mientras se descarga el material.

El camión deberá de estar en un sitio nivelado con el freno de mano y las llantas con cuñas. El equipo para el izaje de carga debe cumplir con las normas de seguridad antes, durante y después de la operación, que garanticen una maniobra segura y eficiente.

En el caso de materiales no paletizados, tuberías, conexiones, piezas fabricadas, registros - hombre, tanques y otros componentes deberán de ser levantados con grúas, utilizando correas de nylon anchas o lateralmente con un montacargas. Estos materiales no deben ser rodados o arrojados desde el vehículo que los transporta.

El equipo usado para el manejo de la carga debe ser adecuado para levantar, manejar y mover la carga del camión al sitio de almacenamiento. Equipos como montacargas y grúas pueden ser utilizados para la descarga. Las instrucciones para el manejo y operación deberán de seguirse en todo momento.

Cuando se usa un montacargas con accesorios o equipo articulado como cargadores frontales o retroexcavadoras, el material debe ser

colocado en lo posible en el centro de carga del equipo. La capacidad máxima de un montacargas está considerada cuando la carga se encuentra en la base de las uñas. Si el centro de carga está más alejada de la base de las uñas, la capacidad de carga disminuye.

Antes de levantar o transportar la carga, las uñas deberán de estar abiertas al máximo posible, y la carga debe estar ubicada lo más cerca posible al montacargas, facilitando la colocación de la carga en las uñas.

Los equipos de descargar como grúas, deberán de usar cintas de nylon anchas, y estarán asegurados alrededor de la carga o a los ganchos de carga que usan los equipos. Las cuerdas, cables y cadenas de metal pueden dañar la carga. Se deben usar barras con cintas en los extremos y enganchadas por el centro para las tuberías o paquetes sean mayores a 6 m (20 pies).

El área de almacenamiento deberá de proporcionar protección suficiente contra el daño físico a los componentes, deberá tener un tamaño suficiente para acomodar los materiales de construcción, permitir la movilidad del equipo de carga y tener una superficie

nivelada, sin piedras, escombros y otros materiales que puedan dañar los materiales,

En caso de que el material necesite condiciones de almacenamiento especiales, las mismas deberán estar descritas en la especificación del material, y se deberá velar por el cumplimiento de estas condiciones.

La tubería y accesorios de tubería deben ser sometidas a la siguiente inspección [5]:

- Control dimensional
- Tolerancias
- Material
- Extremos
- Condiciones de almacenamiento

Todos los materiales de aporte para procesos de soldadura estarán sujetos a una inspección. Al momento de la recepción, todas las cajas están visiblemente marcadas con el nombre del fabricante o su nombre comercial, especificación o clasificación AWS, tamaño estandarizado del electrodo y número de lote de fabricación [2].

Cada electrodo revestido presenta su clasificación AWS aplicable por medio de marcas de identificación sobre el revestimiento; estas se muestran al menos una vez tan cerca como sea posible al extremo visible del núcleo del electrodo pero no más lejano que 65 mm., desde dicho extremo. La marca sobre el electrodo coincide con aquella mostrada en la caja.

Una revisión aleatoria se realiza abriendo una caja de la carga recibida para una revisión parcial de su contenido. Los electrodos tomados de las cajas que se abran son colocados en un horno de mantenimiento a temperatura y por un tiempo determinado dependiendo del tipo de electrodo. Todas las cajas y/o paquetes deben estar herméticamente selladas; las cajas abiertas se rechazan.

Las cajas o botes, se apilan según instrucciones precisas de los fabricantes, o acorde a las siguientes instrucciones:

- No se almacenan cajas o botes sobre el piso, hágalo sobre pallets o madera.
- No golpee las cajas o botes.
- No se pare sobre las cajas o botes.
- No las exponga a la humedad.

- No arroje las cajas al movilizarlas, deslícelas.
- No almacene electrodos cerca de cemento, pintura, ácidos u otros contaminantes.

De acuerdo a su especificación, los electrodos deben ser sometidos a un proceso de secado, debido a las especificaciones del proyecto, las recomendaciones son las siguientes [2]:

- *Electrodos celulósicos* E6010, E6011, E7010, E8010 no requieren de resecado si han sido almacenados correctamente, el resecado puede afectar las características de los electrodos
- *Electrodos básicos de bajo hidrógeno* E6018, E7018, E8018, es necesario realizar un resecado si han permanecido más de dos horas sin protección especial, el resecado se lo realiza en un horno a una temperatura de 250°C por un lapso de una a dos horas; para su conservación deben estar contenidos en termos calientes.

Los siguientes son defectos no permitidos:

Electrodos revestidos:

- Falta de identificación individual
- Disminución del espesor de revestimiento
- Extremos en mal estado

- Falta de adherencia del revestimiento
- Excentricidad del revestimiento con respecto al núcleo
- Puntos que indiquen contaminación

Varillas de aporte:

- Materiales de diferentes tamaños en un solo paquete
- Oxidación
- Falta de identificación individual

Al extraer los electrodos de bajo contenido de hidrógeno de las cajas o del horno de mantenimiento, éstos se colocan en termos portátiles a cargo de los soldadores. Los electrodos se mantienen dentro de dichos termos en un rango de temperatura entre 70°C y 100°C.

El soldador toma del horno portátil únicamente un electrodo mientras realiza los trabajos de soldadura. Si por alguna razón, uno o varios electrodos se dejan sin protección por un período mayor al permitido, son llevados solo una vez al horno de secado y allí ser mantenidos a una temperatura de 250°C durante una a dos horas.

Para transportar electrodos que no sean de bajo hidrógeno y varillas de aporte, se puede utilizar cualquier medio siempre y

cuando se evite el contacto con el agua, humedad u otros contaminantes.

### **3.3 Montaje de Tuberías.**

En esta sección de la tesis se establecerán los procedimientos para montaje de sistema de tuberías, cubriendo la especificación de materiales, el prefabricado en taller, y la instalación final en sitio.

#### **3.3.1 Materiales.**

Los materiales utilizados en el montaje de tubería están de acuerdo a los listados de materiales indicados en los planos aprobados para construcción, y en concordancia con las especificaciones del Proyecto.

Todos los materiales a ser usados en el montaje de tubería deben ser nuevos y respaldados por su respectivo reporte de ensayos de fábrica. Los ensayos ejecutados en fábrica deberán ser aceptados como prueba suficiente de la calidad del material almacenado por el fabricante. El fabricante debe revisar y archivar los reportes de ensayos de fábrica para esos materiales.

A no ser que el contrato requiera ensayos especiales ejecutados sobre los materiales, los ensayos de fábrica estarán limitados a aquellos que son requeridos para el material por la especificación del mismo.

La tubería recuperada o que se mantenga almacenada en bodega y otros componentes de la misma procedencia pueden ser usados siempre y cuando cumplan con las especificaciones requeridas para el material. El material recuperado debe ser sometido a una limpieza, inspección del espesor de la pared y estar libre de imperfecciones.

Materiales que no sean probados bajo ninguna especificación, o probados bajo un estándar menos riguroso que la especificación aplicable, o sin reporte de ensayos ejecutados en fábrica, no deberán ser usados.

Los materiales especificados para la instalación de los sistemas de tuberías que intervienen en los procesos de la central Turbo – Generadora incluyen:

- Tubería: la cual será fabricada, soldada, tratada térmicamente, inspeccionada y probada acorde al

estándar ASTM aplicable; las dimensiones de la tubería estarán acorde al código ANSI B36.10M para tubería de acero [5]. La preparación de la juntas de soldadura estarán acordes a ANSI B16.25.

- Bridas: Se usará bridas ANSI clase 125 ~ 800 hierro fundido (B16.1) y ANSI clase 150 ~ 1500 (B16.5) de cara rugosa “RF” con empaques para las uniones con equipo de hierro fundido y bridas de válvulas.
- Válvulas: Las dimensiones de cara –cara y extremo – extremo de válvulas de acero estarán acordes a lo indicado en el código ANSI B16.10 en la medida prevista, el proveedor o fabricante de válvulas deberá presentar planos certificados de dimensiones para cada válvula. Se usarán:
  - Válvulas de compuerta, globo y de retención: API 602 para clase 400 o menor, y ANSI B16.34 para clase 600 y mayor.
  - Válvulas de bola estarán acorde a las especificaciones del código MSS SP-72.
  - Válvulas mariposa estarán acorde a los requisitos de API 609.

- Pernos y Tuercas: Los hilos serán de serie gruesa, ANSI B1.1; los pernos estarán bajo la especificación: ANSI B18.2.1 mientras que las tuercas serán ANSI B18.2.2
- Empaques : Empaques AFM37

### **3.3.2 Prefabricado en Taller**

En los planos aprobados para construcción se debe presentar los tramos de tubería, de aquí en adelante denominado spool, a ser fabricados, además debe indicar soldaduras o uniones presentes, sean estas de taller (soldadura realizada fuera de la posición final de la tubería) o de campo. Cada spool se identifica con el nombre del isométrico y una letra en orden alfabético acorde con la dirección del flujo. Las juntas a ser soldadas se enumeran consecutivamente, desde el número uno (1) siguiendo la dirección del flujo.

Para cortar y biselar, cada sección de tubería se identifica con el número de isométrico y numero del spool. Las dimensiones de las secciones de tuberías se calculan de eje a eje entre tuberías como se muestra en el isométrico, y para tramos que son de montaje en sitio se adiciona una longitud

de 200 mm para ajuste. El corte de una tubería de acero al carbono se realiza ya sea por procesos mecánicos usando cortadoras o herramientas abrasivas o por procesos térmicos utilizando equipos de corte oxiacetilénico. Una vez que la tubería es cortada, el bisel se limpia usando un esmeril o cualquier otro proceso de maquinado a fin de obtener una superficie sana, limpia y lisa, libre de escoria e irregularidades. El bisel se prepara en concordancia con la especificación del proceso de soldadura (WPS). Los extremos de la tubería y accesorios a ser soldados a tope se alinean lo más exacto posible de tal manera que las superficies internas coincidan.

Aquellas bridas que permanecen verticales u horizontales se colocan de tal manera que los agujeros queden paralelos al centro de la tubería. Una vez que los elementos de conexión están alineados y listos, se realizan puntos de soldadura con el fin de mantener la alineación de la junta. Estos puntos de soldadura pueden ser colocados según como se necesiten, dependiendo del diámetro del tubo pero, al menos, uno en cada cuadrante. La longitud de los puntos soldadura es de aproximadamente 10 mm. Los puntos de soldadura se

realizan por un soldador calificado [1], utilizando un material de aporte y material base que sean compatibles con las juntas a ser soldadas. Cualquier grieta implica remover por completo el punto de soldadura.

Luego de la prefabricación del spool, éste es transportado para ser almacenado o para montaje, según sea el caso. Las partes internas de cada ítem prefabricado deben estar libres de materiales extraños tales como arena, polvo, tierra, etc. Para evitar la entrada de cualquier material extraño, los extremos del spool se encuentran apropiadamente cubiertos.

### **3.3.3 Instalación en Sitio.**

Para la instalación definitiva de la tubería se verifica el nivel de los soportes o pipe racks. La instalación de los spools rectos puede ser realizada soldando sobre el piso y colocando dos o tres tubos sobre caballetes ajustables, dependiendo de la longitud requerida. Estos spools se montan a lo largo del pipe rack para luego ubicar a los soldadores en los diferentes puntos de división; o colocando dos o tres plataformas fijas en los lugares apropiados en el

pipe rack ayudados con deslizadores al mismo tiempo que los tubos son soldados sobre las plataformas.

Los spools prefabricados en taller son transportados desde el área de almacenamiento hacia el lugar de montaje, siguiendo las mismas instrucciones de conservación de las piezas mantenidas en el lugar de almacenamiento. Se toman las medidas necesarias para que los spools se mantengan limpios en su parte interna una vez instalados.

Previo al montaje de una tubería prefabricada que conecta a un equipo, se debe revisar y confirmar que la instalación del equipo ha sido concluida, y su orientación y nivelación han sido verificadas. Las bridas que conectan con equipos rotativos, se conectan de tal forma que mantenga paralelismo y alineación con la brida del equipo. En las bridas de los equipos se dispone de juntas ciegas provisionales con el fin de evitar el ingreso de elementos extraños.

Previo al ensamble de las bridas, las caras de asiento se limpian para eliminar cualquier material protector colocada en

el taller o en fábrica. Si existen signos de oxidación, las superficies son cepilladas, removiendo el óxido presente.

Los espárragos de las uniones bridadas se instalan de forma tal que su longitud quede igualmente repartida a ambos lados de las bridas y, los extremos, con la identificación del material, del lado que sea de más fácil acceso.

Para el montaje de spools prefabricados, se toman en campo las medidas definitivas del isométrico, para realizar los cortes finales en los spools utilizando las longitudes de ajuste. Una vez que los spools han sido cortados y biselados, estos se colocan con grapas articuladas. Luego se puntea la junta y una vez que el isométrico o la tubería están armados, la soldadura de montaje puede ser ejecutada.

### **3.4 Soldadura de Sistemas de Tuberías.**

Los procedimientos de soldadura y los soldadores son calificados de acuerdo a lo estipulado en el Código ASME BPV - Sección IX. Cada soldador es calificado y/o revalidado antes de iniciar su trabajo en la obra.

### **3.4.1 Especificación de procedimientos de soldadura**

Una especificación de procedimiento de soldadura (WPS) es un documento que provee una dirección al soldador para realizar juntas soldadas acorde con los requerimientos del código, cualquier WPS a ser usado debe ser sujeto a calificación acorde al artículo II del código ASME BPV IX, o debe ser un procedimiento de soldadura estándar (SWPS) de sociedad americana de soldadura (AWS), y puesta en práctica acorde con un ensayo no destructivo aplicable [3].

Tanto una especificación de procedimiento de soldadura, como un procedimiento de soldadura precalificado, indica las condiciones (incluido rangos, de presentarse) bajo las cuales la soldadura debe ser ejecutada. Estas condiciones incluyen el metal base, el metal de aporte a ser usado, precalentamiento o tratamiento térmico posterior a la soldadura. Estas condiciones son referidas en el documento como “variables de soldadura”.

Cuando se prepara una WPS se debe indicar, como mínimo, las variables específicas, tanto esenciales como no

esenciales, para cada proceso a ser usado en los procesos de soldadura, adicionalmente, si un procedimiento requiere también calificación con pruebas de impacto, las variables suplementarias deben ser indicadas en el WPS.

Los tipos de variables que afectan el procedimiento de soldadura están divididas en variables esenciales, variables esenciales suplementarias y variables no esenciales [4].

Las variables esenciales son aquellas en la cuales un cambio en las mismas durante la ejecución de un procedimiento de soldadura altera las propiedades de la junta soldada; un cambio en una variable esencial indica un WPS diferente, el mismo que deberá ser calificado.

Las variables esenciales suplementarias son necesarias cuando el metal base y la junta soldada requiere de un ensayo de impacto para su calificación.

Las variables no esenciales son la cuales que pueden ser sujetas a cambios en un procedimiento de soldadura sin requerir que el mismo esté sujeto a recalificación.

La lista de variables que intervienen en los procesos de soldadura presentadas en el código ASME BPV sección IX se muestra en la tabla 5:

**TABLA 5**  
**VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LOS PROCESOS DE**  
**SOLDADURA PRESENTADAS EN EL CÓDIGO ASME BPV –**  
**SECCIÓN IX**

VARIABLE	PÁRRAFO CÓDIGO
Juntas	(QW-402)
Material base	(QW-403)
Material de aporte	(QW-404)
Posiciones	(QW-405)
Pre calentamiento	(QW-406)
Tratamiento térmico	(QW-407)
Gas	(QW-408)
Características eléctricas	(QW-409)
Técnica	(QW-401)
Grupos de metales base	(QW-420)

Las variables esenciales por proceso mostradas en el código ASME BPV sección IX se indican a en la tabla 6:

Las especificaciones del proyecto indican que para las juntas soldadas en tubería, se usará el proceso GTAW [12] o una

combinación de procesos GTAW –SMAW [13], usando para el pase de acabado de electrodos de bajo hidrógeno.

**TABLA 6:**  
**VARIABLES ESENCIALES POR PROCESO DE SOLDADURA**  
**PRESENTADAS EN EL CÓDIGO ASME BPV –SECCIÓN IX**

VARIABLE	PÁRRAFO
SMAW – Soldadura eléctrica con electrodo revestido	(QW-253)
SAW – Soldadura por arco sumergido	(QW-254)
GMAW – Soldadura por arco protegida por gas	(QW-255)
FCAW – Soldadura por arco y núcleo fundente	(QW-256)
GTAW – Soldadura por tungsteno y protección gaseosa	(QW-257)

Más de una WPSs, las cuales presentan diferentes variables esenciales, pueden ser usadas para la fabricación de una junta soldada. Cada WPS puede incluir una combinación de procesos, metales de aporte u otras variables. La combinación de estos procesos es aceptada y siempre y cuando se determine el rango de espesor del metal base y el máximo espesor de metal de aporte colocado calificado por cada proceso [4].

### 3.4.2 Calificación de Procedimientos de Soldadura

El propósito de la calificación de una especificación de procedimiento de soldadura (WPS) es determinar si la junta soldada ejecutada presenta las propiedades requeridas que se indican en el código de construcción aplicable o en los requisitos de diseño. La calificación de procedimiento de soldadura verifica y certifica las propiedades de la soldadura, no la habilidad del soldador.

Los ensayos mecánicos usados para la calificación de procedimientos se presentan en la tabla 8:

**TABLA 7:**  
**ESPEORES LÍMITE DE PROCEDIMIENTOS CALIFICADOS**

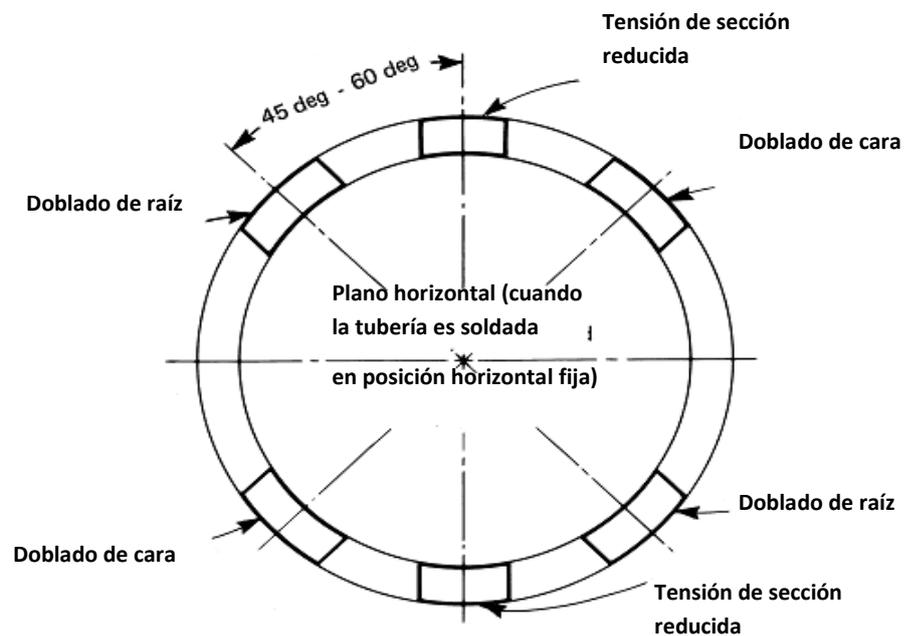
Espesor $T$ del cupón de prueba - in (mm)	Rango de espesor $T$ de metal base - in (mm)		Espesor $t$ de aporte - in (mm)
	Min.	Max.	Max.
menor a 1/16 (1.5)	$T$	$2T$	$2t$
1/16 a 3/8 (1.5 a 10)	1/16 (1.5)	$2T$	$2t$
mayor a 3/8 (10)	3/16 (5)	$2T$	$2t$

El número de ensayos requeridos para la calificación de un procedimiento de soldadura se presenta en la tabla 8. Los

especímenes a ser usados para los ensayos mecánicos indicados en la tabla 8 son obtenidos acorde a lo indicado en la figura 3.1.

**TABLA 8**  
**ESPECÍMENES REQUERIDOS PARA ENSAYOS**

Espesor $T$ del cupón de prueba - in (mm)	Tensión	Doblado de cara	Doblado de raíz
Cualquier espesor	2	2	2

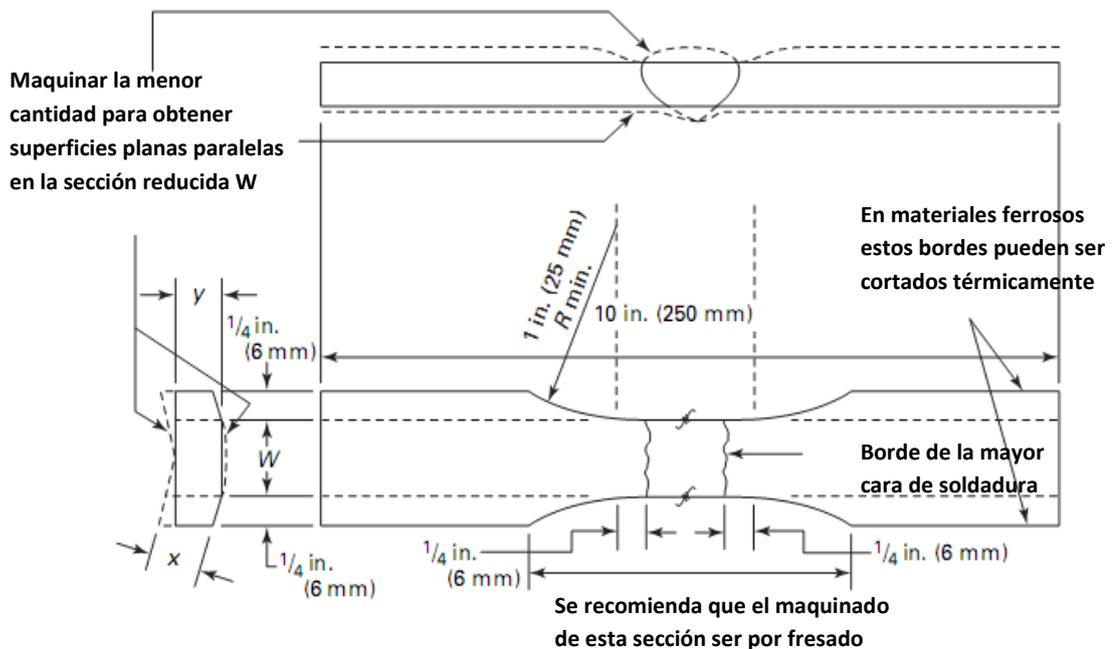


### OBTENCIÓN DE ESPECÍMENES

#### Ensayo de tensión

Estos ensayos son usados para determinar la resistencia última de las juntas soldadas.

Los especímenes a ser usadas en los ensayos de tensión serán acordes a lo indicado en la figura 3.2 el número de especímenes requeridos se indica en tabla 8.



**FIGURA 3.2 ESPÉCIMEN – ENSAYO DE TENSIÓN [4]**

Los especímenes que cumplen con lo indicado en la figura 3.2 pueden ser usados para ensayos de tensión para todos

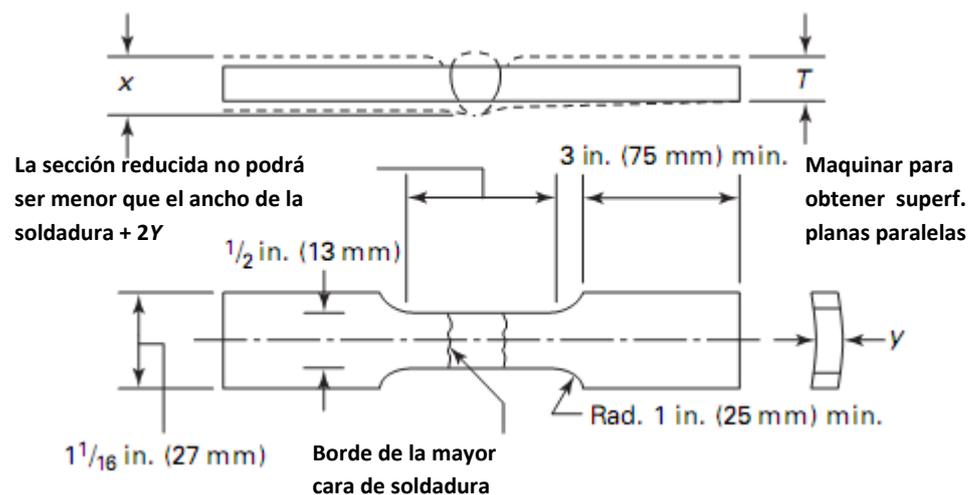
los espesores de pared de tubería; los parámetros y rangos bajos los cuales se clasifica los especímenes son [4]:

- Para espesores de plancha o tubería de hasta 1 pulgada (25 mm), se debe tomar un espécimen del completo espesor de la probeta, para cada ensayo de tensión requerido.
- Para espesores de plancha o tubería mayores a 1 pulgada (25 mm), se podrán obtener de la probeta uno o varios especímenes, para poder obtener varios especímenes del espesor de una probeta, si se cumple los siguientes requisitos:
  - Cuando varios especímenes son usados, en lugar de un solo espécimen del espesor de la probeta, cada conjunto (todas las muestras requeridas para representar a todo el espesor de la junta en la probeta) representará solo un ensayo de tensión del espesor completo de la platina.
  - Cuando varios especímenes son necesarios, el espesor de la probeta debe ser cortado mecánicamente en el mínimo número de especímenes de igual espesor cuya dimensión puede ser probada en el equipo disponible,

cada espécimen debe ser probado y debe cumplir con los criterios de aceptación para esta prueba.

- Para tuberías de diámetro menor o igual a 3 pulgadas (75mm), se debe usar especímenes conforme a lo indicado en la figura 3.3 para ensayos de tensión.

El espécimen sujeto al ensayo de tensión se romperá bajo un esfuerzo de tensión. La resistencia a la tracción se calcula dividiendo la carga de rotura total para la menor área de sección transversal de la muestra, calculado a partir de mediciones reales efectuadas antes de que la carga sea aplicada.



**FIGURA 3.3 ESPÉCIMEN ENSAYOS DE TENSIÓN –  
TUBERÍA DE DIÁMETRO  $\leq 3''$  [4]**

Para que un ensayo de tensión se considere satisfactorio, el espécimen sometido a prueba debe cumplir con uno de los siguientes parámetros:

- La resistencia mínima obtenida es igual a la especificada para el metal base.
- La resistencia mínima obtenida es igual a la especificada para el metal base más débil, en caso de que la junta soldada sea entre dos metales base diferentes.
- Si el espécimen se rompe en el metal base, fuera de la junta soldada o la interface soldada, siempre y cuando la carga sea hasta 5% menor que la resistencia especificada para el metal base.

### **Ensayos de Doblado Guiado**

Estos ensayos de doblado guiado son usados para determinar el nivel de integridad y ductilidad de las juntas soldadas.

Los especímenes a ser usados en los ensayos de doblado guiado deben ser preparados cortando la platina o tubería para formar un espécimen de una sección transversal aproximadamente cuadrada, las superficies sometidas a

corte mecánico serán designadas como los lados del espécimen, las otras dos superficies serán llamada la cara y la raíz, siendo la cara la que tenga mayor espesor de soldadura. El número de especímenes requeridos se indica tabla 8.

Los ensayos de doblado guiado son de 5 tipos, dependiendo si el eje de soldadura es transversal o paralelo a los ejes del espécimen, y que superficie (lado, cara o raíz) se encuentra en el lado convexo (exterior) del espécimen de doblado. Los cinco tipos indicados se definen a continuación:

### **Transversal de Doblado Lateral**

La soldadura es transversal al eje longitudinal del espécimen, el cual es doblado para lograr que uno de los lados se convierta en una superficie convexa. Las dimensiones de este espécimen deben estar acorde a lo indicado en la figura 3.4; las dimensiones de la probeta mostrada en la figura 3.4 se presentan en la tabla 9.

Especímenes con un espesor en el metal base igual o mayor a 1.5 pulgadas (38 mm) pueden ser cortados en tiras de  $\frac{3}{4}$  de pulgada (19 mm) a 1.5 pulgadas (38 mm) de ancho para

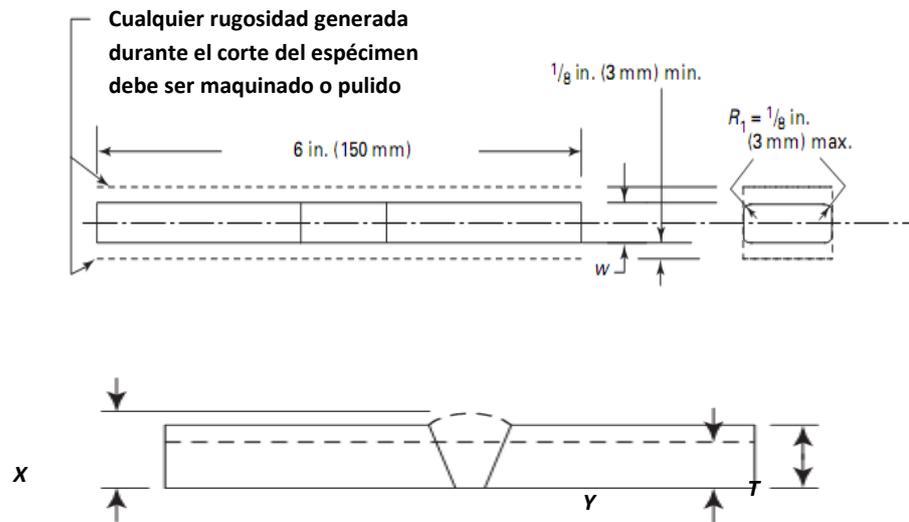
ser probados. O el espécimen puede ser doblado sin alterar su espesor. Si se usan múltiples especímenes, se hace un grupo completo para cada ensayo requerido, todos los especímenes deberán ser probados y cumplir los requerimientos indicados en el código de construcción aplicable.

**TABLA 9:  
DIMENSIONES PARA ESPÉCIMEN - ENSAYO  
DOBLADO LATERAL**

<i>T</i> in (mm)	<i>Y</i> in (mm)	<i>W</i> in (mm)	
		P-No 23 F-No 23 o P-No 35	Todos los demás metales
$\frac{3}{8}$ a $1\frac{1}{2}$ (10 a 38)	Nota 1	$\frac{1}{8}$ (3)	$\frac{3}{8}$ (10)
$\geq 1\frac{1}{2}$ ( $\geq 38$ )	Nota 2	$\frac{1}{8}$ (3)	$\frac{3}{8}$ (10)

Nota 1: Cuando el espesor *t* es menor que el cupón *T*, el espécimen deberá ser de espesor *t*

Nota 2: si el espesor *T* excede  $1\frac{1}{2}$ " (38 mm), se puede cortar en múltiple especímenes de entre  $\frac{3}{4}$  a  $1\frac{1}{2}$  y "Y" será igual al espesor de los especímenes tomados



**FIGURA 3.4 ESPÉCIMEN – ENSAYOS DE DOBLADO LATERAL**

### Transversal de Doblado de Cara

La soldadura es transversal al eje longitudinal del espécimen, el cual es doblado para lograr que uno de la cara se convierta en la superficie convexa. Las dimensiones de este espécimen deben estar acorde a lo indicado en la figura 3.5 y la tabla 10.

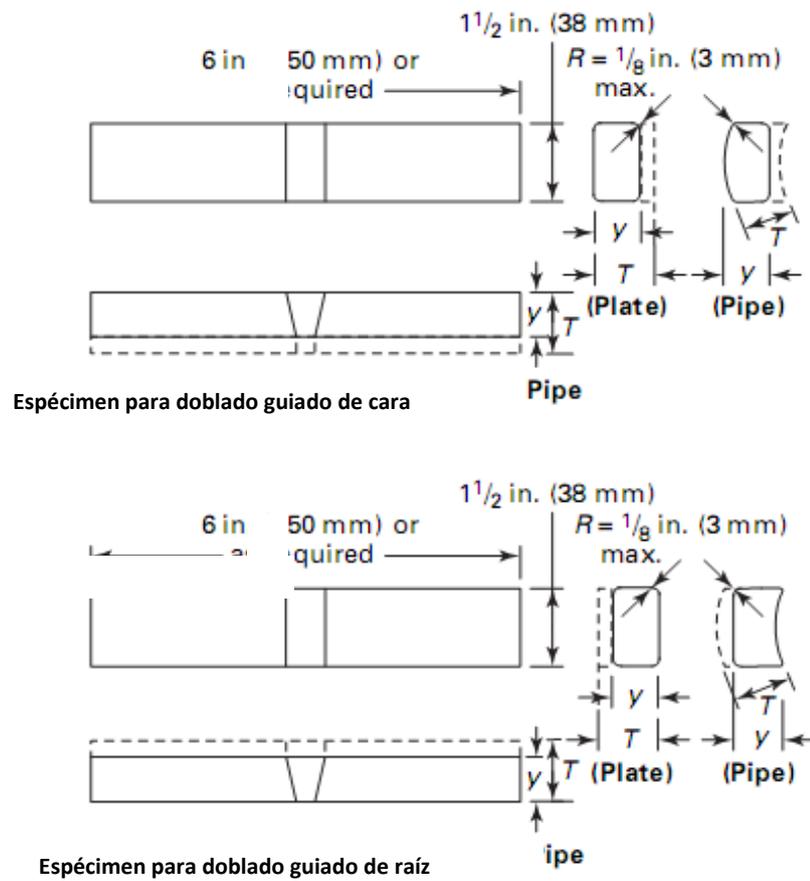
### Transversal de Doblado de Raíz

La soldadura es transversal al eje longitudinal del espécimen, el cual es doblado para lograr que la raíz se convierta en la

superficie convexa. Las dimensiones de este espécimen deben estar acorde a lo indicado en la figura 3.5 y la tabla 10.

### **Transversal Pequeño de Doblado de Cara y Raíz**

Si la tubería a ser probada tiene un diámetro de 4 pulgadas (100 mm) o menor, el ancho del espécimen para doblado será de  $\frac{3}{4}$  de pulgada (19 mm) para tuberías de diámetro de 2 pulgadas (50 mm) hasta 4 pulgadas (100 mm). El ancho del espécimen puede ser de  $\frac{3}{8}$  de pulgada (10 mm) para tuberías de  $\frac{3}{8}$  de pulgada (10 mm) hasta pero no incluido tuberías de 2 pulgadas (50 mm), y como alternativa, si la tubería a ser probada tiene un diámetro igual o menos a 1 pulgada (25 mm), el ancho de los especímenes para doblado puede ser obtenido cortando la tubería en cuartos, menos una tolerancia para in corte mecánico. Estos especímenes cortados en cuartos no requieren tener una superficie maquinada plana como está indicada en la figura 3.5 y la tabla 10. Especímenes para doblado tomados de tubing de tamaños similares pueden tener las mismas consideraciones.



**FIGURA 3.5 ESPÉCIMEN PARA ENSAYO DE DOBLADO DE CARA O RAÍZ**

**TABLA 10**

**DIMENSIONES ESPÉCIMEN DOBLADO DE RAÍZ O CARA**

<b>T</b> <b>in (mm)</b>	<b>Y in (mm)</b>	
	<b>P-No 23 F-No 23 o P-No 35</b>	<b>Todos los demás metales</b>
$\frac{1}{8} < \frac{1}{16} (1.5 < 3)$	T	T
$\frac{1}{8} - \frac{3}{8} (3 < 10)$	$\frac{1}{8} (3)$	T
$> \frac{3}{8} (10)$	$\frac{1}{8} (3)$	$\frac{3}{8} (10)$

### **Ensayo de Doblado Longitudinal**

El ensayo de doblado longitudinal puede ser usado en lugar de los ensayos de doblado transversales (lado, cara y raíz) para juntas soldadas en las cuales se presenta una marcada diferencia de propiedades entre:

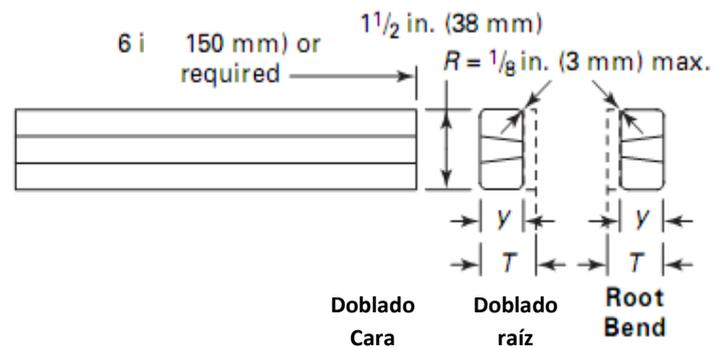
- Metales base
- Metal base y metal de aporte

Longitudinal de doblado de cara

La soldadura es paralela al eje longitudinal del espécimen, el cual es doblado de tal forma que la cara se convierte en una superficie convexa. Los especímenes a ser usados en el doblador de cara longitudinal deben estar acorde a lo indicado en la figura 3.6 y la tabla 11.

### **Longitudinal de Doblado de Raíz**

La soldadura es paralela al eje longitudinal del espécimen, el cual es doblado de tal forma que la raíz se convierte en una superficie convexa. Los especímenes a ser usados en el doblador de raíz longitudinal deben estar acorde a lo indicado en la figura 3.6 y la tabla 11.



**FIGURA 3.6: ESPÉCIMEN PARA ENSAYO DE DOBLADO LONGITUDINAL**

**TABLA 11  
DIMENSIONES ESPÉCIMEN DOBLADO LONGITUDINAL**

<b>T</b> <b>in (mm)</b>	<b>Y in (mm)</b>	
	<b>P-No 23 F-No 23 o P-No 35</b>	<b>Todos los demás metales</b>
$1/8 < 1/16 (1.5 < 3)$	T	T
$1/8 - 3/8 (3 < 10)$	$1/8 (3)$	T
$> 3/8 (10)$	$1/8 (3)$	$3/8 (10)$

Luego de la ejecución del ensayo de doblado guiado, se espera que el aporte de la soldadura y la zona afectada por el calor del espécimen de la junta soldada transversalmente estén dentro de la porción doblada del espécimen

El espécimen no debe mostrar discontinuidades en la soldadura o la zona afectada por el calor que exceda 1/8 de pulgada (3mm), medida en cualquier dirección de la superficie convexa después del doblado.

No deben considerarse discontinuidades abiertas presentes en las esquinas del espécimen a no ser que exista evidencia definitiva que las mismas son el resultado de falta de fusión, inclusiones de escoria, u otras discontinuidades internas.

Una vez que se han finalizado los ensayos de calificación, se procede a elaborar un registro de calificación de procedimiento (PQR), el cual es un reporte de la ejecución de ensayos sobre una probeta para calificación de un procedimiento, así como documentar de los resultados obtenidos.

El PQR debe documentar las variables esenciales y otra información específica identificada para cada proceso usado durante la ejecución de la junta soldada y los resultados de los ensayos sobre esta probeta, adicionalmente cuando se requiera ensayos de impacto para la calificación de un

procedimiento, el PQR deberá también registrar las variables esenciales suplementarias.

### **3.4.3 Especificación de Procedimientos Estándares de Soldadura.**

Los procedimientos de soldadura estándares, identificados como SWPS, son aceptables para los proyectos de construcción en los cuales se especifican requisitos presentados en el código ASME BPV sección IX. Solo se podrán usar SWPs que han sido aceptados e incorporados por la sección IX [4].

Para poner en práctica un SWPS se debe ejecutar una probeta, la misma debe ser examinada visualmente y probada mecánicamente o sometida a ensayos radiográficos. Si la inspección visual, inspección por radiografía, u otro ensayo muestra fallas en la ejecución de la junta soldada, se rechazará el cupón y no se podrá aplicar la SWPs para construcción hasta que un nuevo cupón con resultados satisfactorios sea soldado.

Una vez que un SWPS ha sido verificado, SWPS adicionales que sean similares al demostrado pueden ser implementadas sin ensayos o inspecciones adicionales, siempre y cuando se superen con las siguientes limitaciones [2]:

- Un cambio en el proceso de soldadura.
- Un cambio en el número P.
- Implementación de tratamiento térmico posterior a la soldadura.
- Un cambio de modo de transferencia por atomización, globular, o por pulsos a modo de transferencia por corto circuito) y viceversa.
- Un cambio en el número F el electrodo de soldadura.
- La adición de precalentamiento por sobre la temperatura ambiente.
- Un cambio de una SWPS especificada para hoja de metal a una que no lo es y viceversa.

Previo a su ejecución, se debe verificar que la producción y construcción de juntas soldadas cumplen los siguientes requisitos por cada SWPs a ser usado:

- Ingresar el nombre de la compañía o constructora en el SWPS.

- Un empleado de la compañía que firmará la SWPS.
- Las secciones del código aplicable (Sección VIII, B31.1, etc.) que serán seguidos durante la soldadura estarán listados en el SWPs.
- La compañía constructora deberá soldar una junta de canal siguiendo las indicaciones del SWPs puesto en práctica e inspeccionar la misma con ensayos radiográficos; se registrará la siguiente información:
  1. Especificación, tipo, grado del metal base a ser soldado.
  2. Diseño de la junta.
  3. Método de limpieza inicial.
  4. Uso de respaldo.
  5. La especificación ASME o AWS y la clasificación AWS del electrodo o metal de relleno, y marca genérica del fabricante.
  6. Tamaño y clasificación del electrodo de tungsteno para GTAW.
  7. Tamaño del electrodo consumible o metal de relleno.
  8. Gas de protección y flujo para GTAW y GMAW.
  9. Pre calentamiento.
  10. Posición de la soldadura de canal y si es aplicable la progresión.

11. De usarse más de un proceso o tipo electrodo, el espesor de metal de relleno depositado por cada proceso o tipo de electrodo.
12. Temperatura máxima entre pases.
13. Tratamiento térmico posterior a la soldadura, incluido rango de temperatura y tiempo de aplicación.
14. Inspección visual y resultados de ensayos mecánicos.
15. Los resultados de ensayos radiográficos cuando estos son permitidos como una alternativa al ensayo mecánico.

Similar al uso de una WPS, la implementación para construcción de una SWPS se debe realizar siguiendo una estricta coherencia con su contenido; adicionalmente, los siguientes requisitos se deben añadir para el uso de una SWPS:

- Durante la ejecución de la junta soldada, no se debe desviar de las condiciones de soldadura especificadas en el SWPS.
- SWPS no necesitan ser complementados por un PQR.

- Cuando una SWPS que presenta varios procesos, la aplicación de estos procesos se dará en el orden estricto indicado en la SWPS.
- Una SWPS no será usada en la producción de una junta soldada junto con una WPS calificada.
- Se podrá complementar una SWPS adjuntando instrucciones para proporcionar al soldador datos adicionales para la producción de juntas soldadas, siempre y cuando estas instrucciones estén dentro de los rangos indicados por la SWPS.
- Las SWPS no serán aplicadas para construcción hasta que se haya ejecutado una demostración en la cual un cupón de prueba fue soldado, probado y certificado.
- El número de identificación de la demostración deberá ser indicada en cada SWPS, así mismo los ensayos ejecutados deben estar adjuntos a los registros de demostración

#### **3.4.4 Calificación de Desempeño de Soldadores.**

El propósito de la calificación de desempeño es asegurar que el soldador es capaz de ejecutar un procedimiento de

soldadura obteniendo una junta soldada que cumple con las propiedades mecánicas requeridas.

La calificación del soldador está limitada por las variables esenciales de cada proceso de soldadura. Un soldador puede ser calificado con una probeta de laboratorio, tanto por ensayos no destructivos o ensayos de doblado, o con una probeta de producción con ensayos no destructivos.

Cada soldador debe ser calificado en cada proceso de soldadura que pondrá en práctica durante el montaje de los sistemas de tuberías; la calificación de desempeño debe ser realizada en función a la especificación de procedimiento de soldadura (WPS) calificado y se le debe asignar una identificación (estampa de soldador), con el cual se identificarán las juntas soldadas por este soldador.

Antes de iniciar la calificación de desempeño de un soldador, se debe verificar lo siguiente:

- Material de la probeta, tamaño y espesor acorde a lo requerido
- Revisar que el material de aporte este acorde a las especificaciones

- Que la especificación de proceso de soldadura aplicable sea la correcta
- Biselado, abertura de la raíz.

Cuando la probeta es una tubería, en los procesos de soldadura sin respaldo, no se permite el paso de herramientas de pulido en el interior de la misma, el pulido se realiza solo por la parte exterior; una vez finalizado la soldadura de la raíz se procede a una inspección inicial, de encontrarse un defecto se suspende la prueba inmediatamente.

Luego de la inspección inicial, el soldador continuará con los demás pases; finalizados estos, se procede a realizar una inspección visual de la junta soldada, revisando su aspecto, socavación, uniformidad, el espesor de la sobremonta, exceso de penetración, y posibles defectos presentes en la junta soldada, si la junta supera la inspección visual será sometida a un ensayo de doblado guiado, o a ensayos radiográficos, acorde a la especificación utilizada.

Cuando un soldador es calificado por ensayos no destructivos, la mínima longitud de cordones de soldadura a ser examinado en probetas deberá ser de 6 pulgadas (150 mm), y debe incluir la completa circunferencia de la tubería, cuando se trate de tubería de pequeño diámetro, se puede utilizar múltiples probetas.

Soldadores que completan los requisitos para calificación en soldaduras de canal, indicadas en la tabla 12 serán calificados en la posición para soldadura de canal y soldadura de filete, adicional a esto, estarán calificados para realizar soldaduras de canal y filete en espesores (plancha y tubería) y diámetro (tubería) dentro de los límites de las variables de soldadura indicados en la tabla 7, y para diámetros indicados en la tabla 13.

Un soldador está calificado para realizar juntas bajo las indicaciones de más de una especificación de procedimiento de soldadura calificada, siempre y cuando estas presenten las mismas variables esenciales de soldadura. Cuando se requiera que un soldador este calificado en más de un proceso de soldadura, el mismo se puede calificar soldando probetas para cada proceso de soldadura, o con una

combinación de procesos de soldadura en una misma probeta.

**TABLA 12**  
**CALIFICACIÓN DE DESEMPEÑO – POSICIONES Y CALIFICADAS**

Ensayo para calificación		Posición y tipo de soldadura calificada		
Soldadura	Posición	Canal		Filete
		Tubería > 24 in (610 mm) OD	Tubería ≤ 24 in (610 mm) OD	
Tubería – canal	1G	F	F	F
	2G	F, H	F, H	H
	5G	F, V, O	F, V, O	TODAS
	6G	TODAS	TODAS	TODAS
	2G y 5G	TODAS	TODAS	TODAS

Nota: F = plana; H = horizontal; V = vertical; O = sobre cabeza

**TABLA 13**  
**CALIFICACIÓN DE DESEMPEÑO – DIÁMETROS LÍMITES CALIFICADOS**

Diámetro exterior de cupón de prueba	Diámetro exterior	
	Min In (mm)	Max In (mm)
< 1 (25)	Tamaño	Ilimitado
≥ 1, ≤ 2 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> (73)	1 (25)	Ilimitado
> 2 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> (73)	2 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> (73)	Ilimitado

Si los ensayos elaborados sobre esta probeta son satisfactorios, el soldador se considerará calificado para

soldar usando cualquiera de los procesos indicados de manera conjunta o por separado, siempre y cuando suelde dentro de los límites de espesor calificados.

Así mismo, dos soldadores, cada uno usando un similar o diferente procedimiento de soldadura, pueden ser calificados al mismo tiempo con la misma probeta. Para estos casos, los límites de espesor de los depósitos de material de aporte son presentados en la tabla 7, y deben ser considerados individuales para cada soldador y para cada proceso o donde exista un cambio en una variable esencial.

De presentarse una falla en cualquier porción de la combinación en la junta soldada, la probeta se considerará fallida para ambos procesos.

La calificación de desempeño de un soldador vence o caduca si ocurre uno de los siguientes eventos.

- Cuando el soldador no ha soldado con un determinado procedimiento durante un periodo mayor a 6 meses, su calificación para ese procedimiento se considerará vencida.

- Cuando exista una razón específica para dudar de su habilidad de realizar juntas soldadas que cumplan con los requisitos especificados en la calificación.

La renovación de la calificación se puede dar para cualquier proceso soldando una probeta de prueba, sea esta placa o tubería, de cualquier material, espesor o diámetro, en cualquier posición, y realizando los ensayos requeridos indicados en esta tesis.

Un resultado exitoso en la prueba renueva la calificación previa del soldador, para las variables (material, espesor, diámetro, posición y otras) en las que fue previamente calificado.

### **3.5 Aplicación de Protección Superficial**

Esta sección cubre los requisitos generales para la ejecución de los trabajos de aplicación de pintura para los sistemas de tuberías a ser instalados en la central Turbo – Generadora.

### **3.5.1 Selección de sistema de protección superficial**

La selección de pintura a ser usada se basará en la aplicación del sistema a proteger, los colores usados para identificación deberán ser tomados del código de identificación vigente en el país o por especificaciones presentadas por el cliente.

Las superficies a ser pintadas incluyen tuberías de acero al carbono, que no estén enterradas, bridas, accesorios, válvulas, filtros, trampas, etc. La tubería que presente aislamiento térmico para protección personal se debe considerar con “no-aislada” para la aplicación de pintura.

No deberán ser pintadas las superficies de tuberías aisladas que operen por debajo de  $-20^{\circ}\text{C}$  o sobre los  $90^{\circ}\text{C}$ , tuberías de materiales no ferrosos tales como aluminio y cobre, aleaciones como acero inoxidable y superficies galvanizadas; así mismo no se deberá pintar las caras de las bridas, vástagos de válvulas, u otras partes móviles en las cuales una capa de pintura impiden su libre movimiento.

La aplicación de pintura puede ser considerada de dos maneras, aplicación de pintura en taller o fábrica, y aplicación de pintura en sitio.

De manera general, se aplica las capas primer y acabado en taller a los equipos tales como bombas, compresores, y accesorios para tuberías como válvulas, filtros, trampas; mientras que superficies con acabado maquinado, tales como superficies de contacto para empaques y sellos, no son pintadas pero requieren protección superficial durante el transporte y construcción, como solución se recomienda aplicar una capa de pintura desprendible para evitar corrosión u oxidación.

En general, el alcance de la pintura realizada en campo o en sitio se da para elementos que presenten una primera capa de pintura de taller, que requiera las capas adicionales para su completa protección superficial, también en elementos que fueron pintadas con su capa final en taller que presentan daños o requieran reparaciones.

Entre los factores para la selección de un sistema de pintura, el desempeño del sistema en el ambiente al cual está

expuesto generalmente impera. Una descripción concisa de cada zona ambiental, acorde a la SSPC, se presenta en la tabla 14, mientras que en la tabla 15 indica los sistemas de pintura recomendados para un desempeño adecuado en cada sistema [14].

**TABLA 14:  
ZONAS AMBIENTALES ACORDE A LA SSPC**

Zona	Descripción
0	Interiores secos, acero se encuentra embebido en hormigón, protegido por una membrana resistente a la corrosión o protección contra incendios.
1A	Interior, normalmente seco (o de protección temporal).
1B	Exterior, normalmente seco.
2A	Humedecido frecuentemente por agua dulce, involucra condensado, salpicaduras, atomizado o inmersión frecuente.
2B	Humedecido frecuentemente por agua salada, involucra condensado, salpicaduras, atomizado o inmersión frecuente.
2C	Inmersión en agua dulce.
2D	Inmersión en agua salada.
3A	Exposición a atmosferas químicas (PH 2.0 a 5.0)
3B	Exposición a atmosferas químicas (PH 5.0 a 10.0)
3C	Exposición a atmosferas químicas (PH 10.0 a 12.0)
3D	Exposición a atmosferas químicas, presencia de solventes leves, contacto intermitente con hidrocarburos
3E	Exposición a atmosferas químicas, presencia de químicos oxidantes, solventes fuertes, PH extremos o combinación de estas con altas temperaturas

En la tabla 16 se muestra tipos genéricos de recubrimientos adecuados para las temperaturas límite indicadas, las mismas que pueden ser ajustadas acordes a las hojas de

especificación del fabricante, para determinar un sistema de pintura para tuberías, la temperatura de operación se considerará como la temperatura del sistema, mientras que para servicios expuestos a abrasión, la tabla 17 muestra sistemas de pintura recomendados.

**TABLA 15:**  
**SISTEMAS DE PINTURA RECOMENDADOS PARA LAS**  
**ZONAS AMBIENTALES ACORDE A LA SSPC**

Sistema de Pintura		Zona Ambiental												
Genérico	SSPC	0	1A	1B	2A	2B	2C	2D	3A	3B	3C	3D	3E	
Base en aceite	PS 1	X	X											
Alquílico	PS 2	X	X											
Fenólico	PS 3	X	X	X										
Vinilo	PS 4	X		X	X	X	X	X	X	X				
Una capa en taller	PS 7	X	X											
Macilla asfáltica	PS 9				X	X				X	X			
Macilla con alquitrán	PS 10					X				X	X			
Epóxico con alquitrán	PS 11				X	X	X	X		X		X		
Rico en zinc	PS 12				X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Epóxico poliamida	PS 13		X	X	X	X	X	X		X		X		
Silicón alquídico	PS 16				X									
Uretano	PS 17		X	X	X	X								
Látex	PS 18		X	X										

Los tipos genéricos de pintura presentados son adecuados tomando en consideración los límites de temperatura en su aplicación, dadas las especificaciones del proyecto, los sistemas de pintura seleccionados serán:

- Primer de inorgánico de zinc y acabado de epóxico
- Primer de epóxico y poliuretano acrílico de acabado

**TABLA 16:**  
**SISTEMAS DE PINTURA – TEMPERATURAS LIMITE DE PROTECCIÓN**

RECUBRIMIENTO	TEMPERATURA (°C)
Vinilo	65
Epóxico catalizado	93
Resina alquídica	93
Poliuretano acrílico	93
Silicón modificado (acrílico)	200
Silicón modificado (alquídico)	200
Silicón sintético con pigmentos de aluminio	300
Zinc inorgánico	400

**TABLA 17:**  
**SISTEMAS DE PINTURA – RESISTENCIA A LA ABRASIÓN**

Tipo de servicio	Recomendaciones
Resistente a la abrasión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poliuretanos presentan una mayor resistencia por mil que cualquier otra clase orgánica genérica.</li> <li>• Epóxicos pueden ser formulados de tal manera que su remoción es complicado incluso por arenado.</li> <li>• Recubrimientos ricos en zinc, especialmente los tipos inorgánicos, tienden a "pulir" y no desgastar las superficies de acero.</li> <li>• Epóxicos con presencia de alquitrán.</li> </ul>

### **3.5.2 Limpieza de Superficie y Preparación de Perfil de Anclaje**

Para garantizar la integridad y adherencia de los sistemas de pintura, las superficies donde se aplicará la protección superficial deberán ser sometidas a una limpieza, así como una preparación de perfil de anclaje.

Las tuberías o accesorios a ser pintados, se inspeccionan previamente, garantizando que las uniones soldadas estén terminadas y que los ensayos no-destructivos requeridos sobre las mismas hayan sido finalizados.

El método de preparación de superficies puede ser químico y/o mecánico de acuerdo a la especificación del proceso tomando en consideración las recomendaciones emitidas por el fabricante.

Previo a la operación de limpieza por chorro abrasivo (blasting), toda superficie contaminada con grasa y aceite, deberá ser limpiada con un solvente [16]. Toda suciedad, escamas, u otro material extraño deben ser removidos con un proceso abrasivo [18], con un perfil de anclaje de 1 ½” a 2 mills (40 a 50 µm).

En caso de que se requieran reparaciones en la pintura existente, se procederá a una limpieza con herramientas eléctricas [17], previa a la aplicación de limpieza por un solvente.

La tabla 18 indicará las especificaciones para preparación de superficies.

**TABLA 18**  
**SISTEMAS DE PINTURA – PREPARACIÓN SUPERFICIAL**

<b>Especificación</b>	<b>Método</b>
SSPC-SP-1	Limpieza mediante solventes
SSPC-SP-2	Limpieza con herramientas manuales
SSPC-SP-3	Limpieza con herramientas eléctricas
SSPC-SP-5	Limpieza abrasiva de metal blanco
SSPC-SP-6	Limpieza abrasiva comercial
SSPC-SP-7	Limpieza abrasiva de cepillado
SSPC-SP-8	Limpieza química
SSPC-SP-9	Desgaste con limpieza abrasiva
SSPC-SP-10	Limpieza abrasiva de metal blanco

Durante la operación de limpieza por chorro abrasivo, es necesario verificar que el material abrasivo utilizado se encuentra seco y libre de elementos contaminantes,

comprobar que el aire comprimido usado para el proceso de abrasión está libre de agua y aceite. Las trampas y los separadores de condensados se encuentran debidamente instalados en el puerto de salida del compresor de aire. Al mismo tiempo se debe revisar que las superficies a limpiar se encuentran secas y la temperatura de la superficie a ser pintada esté al menos a 4°C arriba de la temperatura de rocío del aire y que la humedad relativa del aire no sea mayor que 85%. Las partes que van a ser ensambladas en sitio tales como las zonas de las juntas soldadas, se protegen desde el extremo.

Cualquier defecto que sea revelado durante el proceso de limpieza superficial como: porosidad, laminaciones, fisuras, corrosión, etc. Es evaluado y de ser necesario se toman acciones correctivas.

Finalizada la limpieza abrasiva, y previa aplicación del sistema de pintura, se deben hacer una revisión de la superficie a ser pintada, la cual debe estar seca, limpia, libre de suciedades, aceite, grasa, agua u otro material extraño.

Las superficies que han sido limpiadas se pintan el mismo día (se recomienda realizar la tarea 4 – 6 horas posterior a la limpieza abrasiva). En el caso de que esto no sea práctico, se realiza una ligera limpieza con el mismo método antes de pintar.

Los componentes de la pintura se mezclan hasta obtener un conjunto homogéneo, según las especificaciones del fabricante.

No se deberá aplicar una capa de pintura si la temperatura ambiental está por debajo de los 5°C, o cuando la temperatura de rocío del aire esta 3°C por debajo de la temperatura del metal, o cuando la humedad es de 80%, la tabla 19 Indica la temperatura de rocío del aire. No se deberá aplicar pintura en presencia de lluvia [14].

**TABLA 19:  
PUNTO DE ROCÍO DEL AIRE**

		Temperatura ambiente (°C)							
		5	10	15	20	25	30	35	40
% Humedad Relativa	90	3.5	8.2	13.3	18.3	23.2	28.0	33.0	38.2
	85	2.6	7.3	12.5	17.4	22.1	27.0	32.0	37.1
	80	1.9	6.5	11.6	16.5	21.0	25.9	31.0	36.2
	75	0.9	5.6	10.4	15.4	19.9	24.7	29.6	35.0
	70	0.2	4.5	9.1	14.2	18.6	23.3	28.1	33.5
	65	-1.0	3.3	8.0	13.0	17.4	22.0	26.8	32.0
	60	-2.1	2.3	6.7	11.9	16.2	20.6	25.3	30.5
	55	-3.2	1.0	5.6	10.4	14.8	19.1	23.9	28.9
	50	-4.4	-0.3	4.1	8.6	13.3	17.5	22.2	27.1
	45	-5.7	-1.5	2.6	7.0	11.7	16.0	20.2	25.2
	40	-7.3	-3.1	0.9	5.4	9.5	14.0	18.2	23.0
	35	-8.6	-4.7	-0.8	3.4	7.4	12.0	16.1	20.6
	30	-10.2	-6.9	-2.9	1.3	5.2	9.2	13.7	28.0

### 3.5.3 Aplicación de Sistema de Protección Superficial

La preparación de los sistemas de pintura, o el mezclado de sus componentes, se realiza en un área designada en el sitio; los componentes deben ser agitados hasta que los ingredientes presenten una mezcla homogénea; cuando se trabaja con materiales que se sedimentan rápidamente, la mezcla debe ser frecuentemente agitada durante la aplicación. Los sistemas de dos componentes no deben ser preparados hasta el momento de su aplicación, observando

las indicaciones del fabricante, solo deberá preparar la cantidad mínima para completar un área de trabajo asignada. Cuando se especifique la aplicación de recubrimientos ricos en zinc, esta debe ser mezclada con sumo cuidado y filtrado previo a su uso, y debe ser constantemente agitada durante su aplicación para garantizar una consistencia uniforme.

Se debe establecer una proporción de mezcla cuando se selecciona sistemas de varios componentes. Si se agrega diluyente al sistema, su volumen deberá estar limitado al estándar del fabricante del sistema de pintura.

Luego de la operación de limpieza abrasiva y preparación de los componentes del sistema de pintura, se procede a la aplicación mediante atomizador, brocha o rodillo, los dos últimos serán usados siempre que se requiera reparaciones o aplicación lugares de difícil acceso.

El atomizador tiene la capacidad de pulverizar apropiadamente la pintura a ser aplicada y está equipado con sus correspondientes reguladores y medidores, de forma que permita una correcta y segura aplicación. La pintura se aplica

en una capa uniforme y sin excesivos traslapes. La boquilla de atomización se ajusta de forma que la pintura sea depositada de manera uniforme.

Cuando el sistema de pintura es aplicado por atomización, los principales factores que intervienen en el desempeño incluye solvente usado (tipo y cantidad), la temperatura de pintura y la técnica de aplicación, estos factores pueden generar una mezcla demasiado viscosa o muy diluida, por lo que se formula y planea adecuadamente el proceso para cada aplicación en particular.

Las brochas a ser utilizadas son deben garantizar una correcta aplicación de la pintura. Los rodillos de pintura deben ser planos o ligeramente curvados y de una longitud adecuada según la aplicación.

El proceso de pintura con brocha o rodillo se ejecuta de tal manera que se obtenga lo mejor posible una capa lisa y uniforme en espesor, cuidando que la película de pintura quede con buena apariencia y sin marcas.

Una vez que el agente de curado se ha mezclado con la base, esta mezcla tiene un tiempo de vida limitado, el mismo que varía acorde a las condiciones ambientales, toda mezcla que haya excedido el tiempo de vida indicado por el fabricante, debe ser descartado.

La eficiencia del sistema de pintura está influenciada por la efectividad de la capa primer, por lo tanto se deben tomar para mantener la misma en buena condición. Esta capa debe ser aplicada antes que la superficie preparada muestre indicios de decoloración, todas las soldaduras de campo, y el área dentro de 100 mm (4 in) de la soldadura debe ser limpiada antes de la aplicación del sistema de pintura, usando solventes adecuados y herramientas eléctricas [14].

Las capas subsecuentes de pintura se aplicarán después de revisar las capas previas, cualquier defecto, partes sin protección, depósitos de materiales extraños deben ser atendidos previos a la aplicación de la siguiente capa. Si un área presente signos de daños en la capa primer aplicada, deben ser limpiadas por herramientas eléctricas o limpieza a mano, y se debe aplicar el mismo sistema especificado.

Cuando se han especificado capas sucesivas de pintura del mismo color, se deben teñir capas alternas de pintura para generar suficiente contraste e indicar completa cobertura de la superficie. Este material de tinturado debe ser compatible con la pintura y no ser perjudicial para su servicio o tiempo de vida.

Los espesores referenciales de pintura que se deben aplicar acorde a las diferentes superficies y servicio se indican en la tabla 20.

**TABLA 20:  
ESPESORES REFERENCIALES PARA DIVERSOS SISTEMAS**

Superficie	Prep. Superf.	Primera Capa	Capa Interm.	Capa Acabado	Espesor Total
Tuberías no aisladas hasta 120°C	1-2 (38-51)	2 (50)	5 (125)	2 (50)	9 (225)
Tuberías aisladas hasta 220°C	2-3 (50-75)	4-6 (100-150)	4-6 (100-150)	--	6-9 (150-225)

Nota: unidad presentada es el mill (mm); 1 mill = 25 µm

Las reparaciones en los sistemas de pintura se realizan cuando se presenta cualquier irregularidad perjudicial en la película aplicada, como pintura suelta, agrietada, frágil o

decoloración. La limpieza se llevará a cabo 50 mm (2") más allá de las zonas dañadas en toda la dirección o hasta que se obtenga una capa firmemente adherida.

En las áreas en las cuales se aplique inorgánico de zinc como sistema de pintura, y muestren averías deben ser limpiadas por medio de abrasivos a chorro, y retocadas con el mismo inorgánico de zinc.

#### **3.5.4 Galvanizado**

Cuando la protección superficial requerida sea galvanizado (hot-dip), esta se realizará en taller, aplicando los siguientes estándares:

- ASTM A123 for "Standard specification for Zinc coatings on iron and steel Products".
- ASTM A385 for "Standard Practice for Providing High-Quality Zinc Coatings.

Todas las superficies de acero deberán ser sometidas a una limpieza química antes del galvanizado, aéreas soldadas deberán ser limpiadas por chorro abrasivo acorde al estándar SSPC-SP6 previa a la limpieza química.

El galvanizado se lo realizará después de completar todos los trabajos de cortado, taladrado, formado y soldadura de taller, pero antes de ejecutar cualquier unión empernada.

La ejecución de juntas soldadas, cortes, abrasión o cualquier otro daño en superficies galvanizadas deben ser reparados en el taller antes de su envío con un procedimiento aceptable que no afecte el galvanizado. La preparación de la superficie y la aplicación se hará de conformidad con las recomendaciones del estándar ASTM A780. La reparación por medio de soldadura de zinc es el método preferido para la reparación en campo y se utilizará siempre que sea posible. Sin embargo, el zinc inorgánico, de un espesor de película seca de 3 mills puede ser usado en campo como sustituto.

### **3.5.5 Identificación de Sistemas de Tuberías.**

Los sistemas de tuberías deben estar acompañados por un sistema de identificación, el cual consiste en un código de colores, asignado de acuerdo al fluido transportado, la información sobre los colores de identificación se tomará

acorde a códigos ANSI/ASME, o códigos locales, acorde a la especificación del proyecto. En la tabla 21 se muestra los colores de identificación de los sistemas de tuberías.

**TABLA 21:  
IDENTIFICACIÓN DE TUBERÍAS ACORDE AL CÓDIGO  
ANSI/ASME A13.1**

<b>CONTENIDO DE LA TUBERÍA</b>	<b>ESQUEMA DE COLORES</b>
Fluido de extinción de incendios	Letras blancas - Fondo rojo
Fluidos tóxicos y corrosivos	Letras negras – Fondo naranja
Fluidos inflamables	Letras negras – Fondo amarillo
Agua potable y servicios	Letras blancas – Fondo verde
Aire comprimido	Letras blancas – Fondo azul
Definido por usuario	Letras negras – Fondo blanco
Definido por usuario	Letras blancas – Fondo gris
Definido por usuario	Letras blancas – Fondo negro

La identificación se realizará por medio de bandas, con un espesor de 200 mm, ubicadas en ambos lados de las válvulas, bridas, y cambios de dirección; además, en tramos rectos, estas bandas deben tener una separación de 15 m. En tuberías de acero inoxidable, galvanizado, o que tengan

aislamiento térmico se usará el mismo método de identificación. Estas dimensiones son presentadas en la tabla 22.

**TABLA 22:  
TAMAÑOS DE ETIQUETAS POR DIÁMETRO DE TUBERÍA**

Diámetro exterior (incluye aislamiento)	Longitud mínima de etiqueta de color	de Altura mínima de letras
.75-1.25 (19-32)	8 (203)	.5 (13)
1.5-2 (28-51)	8 (203)	.75 (19)
2.5-6 (64-152)	12 (305)	1.25 (32)
8-10 (203-254)	24 (610)	2.5 (64)
>10	32	3.5
>254	(813)	(89)

Las tuberías de proceso deben tener flechas de identificación que muestren la dirección del flujo. Estas flechas deben estar pintadas en puntos donde puedan ser observadas durante la normal operación de la planta o equipo. La tabla 23 indica las medidas que estas flechas de identificación deben tener para los distintos diámetros de tubería.

**TABLA 23:**  
**DIMENSIONES DE FLECHAS DE IDENTIFICACIÓN DE TUBERÍAS**

Díámetro de Tubería	Longitud de la flecha (mm)	Ancho de la cabeza de la flecha (mm)	Altura de letras (mm)
$\leq 2''$	200	20	20
$> 2'' , \leq 6''$	250	50	50
$> 6''$	300	70	70

# **CAPÍTULO 4**

## **4. INSPECCIONES Y PRUEBAS SOBRE LOS SISTEMAS DE TUBERÍAS**

Antes de la puesta en funcionamiento o comisionado, y durante su instalación, cada sistema de tubería debe ser inspeccionado acorde a lo indicado en el plan de aseguramiento de calidad, con los criterios presentados en el código de construcción de referencia.

### **4.1 Inspección de Juntas Soldadas**

En caso de presentarse imperfecciones o defectos en la junta soldada, estas no deben superar los límites establecidos para cada tipo de falla.

Una junta examinada con uno o más defectos (imperfecciones de un tipo o magnitud que exceden los criterios de aceptación del código de construcción aplicable), debe ser reparada o

reemplazada; y la misma debe ser re-examinada con el mismo método y los mismos criterios de aceptación que la junta original fue examinada.

Cuando una junta soldada revela un defecto, entonces [1]:

- a) Se deberá inspeccionar dos muestras adicionales, soldadas por el mismo soldador, con el mismo tipo de inspección.
- b) Si estas dos juntas adicionales requeridas por a) son aceptables, la junta con el defecto será reparada o reemplazada y todas las juntas representadas por estas dos muestras adicionales se considerarán aceptadas.
- c) Si una de estas dos juntas requeridas por a) muestra un defecto, 2 muestras adicionales del mismo tipo deben ser examinadas por cada junta que presente defectos en la muestra tomada en a).
- d) Si todas las juntas requeridas por c) son aceptables, las juntas que presentaron el defecto deben ser reemplazadas o reparadas, y todas las juntas representadas por c) se considerarán aceptadas.
- e) Si cualquier junta soldada examinada acorde a lo requerido por c) muestra un defecto, todas las juntas representadas por c) deben ser reparadas o reemplazadas en su totalidad, y re-

examinadas o 100% radiografiadas, reparando o reemplazando las juntas que muestres defectos, luego re-examinadas.

#### **4.1.1 Inspección Visual**

En esta sección se describe los métodos, requisitos y parámetros aplicables para la inspección visual. La inspección visual es la observación de una porción de los elementos o juntas, que están o pueden ser expuestas a la vista, antes, durante o después de la fabricación.

Antes de comenzar las operaciones de soldadura, se revisará los materiales a soldar en busca de defectos tales como fisuras, escamas, laminaciones ya sean estos en lámina o tubería.

El área de la junta y una distancia de 25 mm (1") a cada lado deben estar libres de pintura, tierra, incrustaciones, óxido y otras sustancias que puedan afectar adversamente la operación de soldadura o su calidad final.

La tubería fabricada trae un bisel de junta estándar de 30° ( $\pm 2^\circ$ ) y posee una altura de talón de 1.6 mm ( $1/16$ " ) con una

tolerancia de  $\pm 0.8$  mm ( $1/32$ ""). Si por algún motivo el bisel se encuentra deformado, es necesario volver a biselar los extremos de la tubería usando el equipo apropiado.

Ninguna operación de soldadura podrá ser efectuada cuando su calidad pueda ser afectada por condiciones meteorológicas adversas, tales como humedad ambiental, arena o fuertes vientos, es recomendable utilizar escudos contra vientos y albergues para garantizar las soldaduras de producción.

Antes de alinear la tubería, se inspeccionan los posibles defectos que pudieran afectar la vida útil. Las tuberías que tienen discontinuidades o indicaciones tales como laminaciones, ralladuras, pliegues son eliminadas si estos exceden 6.35mm ( $1/4$ ""). Las partes defectuosas se cortan por completo en forma cilíndrica y los extremos que quedan se vuelven a biselar.

Los daños en el bisel, como abolladuras o mellas pueden ser reparadas si su profundidad no excede 1.6 mm ( $5/8$ ""). Las reparaciones son efectuadas esmerilando o limando

únicamente para eliminar el defecto existente. No se permite reparaciones a daños que requieran desbaste hasta un punto en el cuál se modifique las tolerancias de los biseles presentados en los procedimientos de soldadura, en caso de presentarse se debe ejecutar el biselado en los extremos nuevamente.

Si el talón del bisel se encontrase defectuoso, éste se restaura a su dimensión original por medio de limado.

Un punto importante antes de la ejecución del procedimiento de soldadura es el precalentamiento; en caso de ser requerido, por especificación o por código, este se censará de acuerdo al tipo de material con lápices indicadores de temperatura de cera o pirómetros de lectura directa. Las mediciones se toman en cuatro puntos a noventa grados, a cada lado de la junta. La ubicación es a 100 mm (4") de la línea central de la junta. La máxima diferencia de temperatura entre dos puntos no debe exceder 10°C.

En cualquier caso, el precalentamiento es ejecutado bajo las siguientes condiciones [1]:

- De acuerdo al tipo de material
- De acuerdo al procedimiento de soldadura correspondiente
- Si los materiales a soldar se encuentran húmedos o mojados.
- Soldadura de materiales con espesor de pared igual o mayor a 13 mm ( $1/2$ ").

Se utiliza mordazas para rectificar la excentricidad para garantizar un empalme uniforme de la junta (alto - bajo) que no exceda 1.6 mm ( $1/16$ " ). Cuando la desalineación exceda 1.6 mm ( $1/16$ " ) debido a diferencias en el espesor de pared, se rectifica ya sea la superficie interna o externa con una transición no menor a 4:1. Para el rectificado se utiliza una máquina de biselado o un equipo similar.

Los filos de juntas adyacentes a ser soldadas y la abertura de raíz a lo largo de la circunferencia de la unión tienen un espaciamento uniforme de acuerdo al procedimiento de soldadura aprobado.

En todas las juntas soldadas, el pase en caliente se inicia luego de terminar el cordón de raíz, en la medida de lo posible. Para cada pase del metal depositado se elimina la escoria y fundente mediante el uso de herramientas eléctricas manuales antes de aplicar un próximo pase. Defectos visibles tales como cavidades, escoria, traslapes en frío, porosidad superficial, puntos de arranque u otros defectos se remueven mediante esmerilado.

Los materiales de aporte, fundentes, electrodos para soldadura son aquellos descritos en el procedimiento de soldadura aprobado. Los materiales de soldadura se almacenados de manera que se evite el daño debido a humedad o contaminación de aceite, grasa u otros materiales nocivos.

Los equipos e instrumentos utilizados para la inspección visual son:

- HI-LO, Medidor completo de soldadura.
- Medidor graduable de soldaduras de filete.
- Medidor ajustable para relleno de soldadura
- Espejo

- Lupas
- Escuadras
- Cinta Métrica

A menos que se especifique de otra manera, se evaluará como mínimo el 5% de las soldaduras a tope. Este porcentaje se incrementa cuando se duda de la destreza del soldador. Se establecen puntos específicos de inspección para no detener el total de trabajo de soldadura.

#### **4.1.2 Inspección Radiográfica**

En esta sección se presentará un método de inspección para la inspección de juntas soldadas usando radiografía industrial.

Este tipo de inspección es aplicable a uniones soldadas circunferenciales con penetración completa o parcial en tuberías de acero de diferentes dimensiones y espesores.

Para realizar la inspección de uniones soldadas aplicables a este procedimiento se utilizará una fuente de Iridio-192 [3]. La idoneidad de la fuente seleccionada se demostrará con el

cumplimiento de la sensibilidad requerida (densidad en el filme e indicadores IQI). El máximo espesor para uso de isótopos radioactivos está principalmente dictaminado por el tiempo de exposición. El límite del mínimo espesor recomendado puede ser reducido cuando la técnica utilizada demuestre que la sensibilidad radiográfica ha sido obtenida.

Las películas para la aplicación indicada se selecciona acorde a lo indicado en el estándar ASTM E 1815 "Standard Test Method for Classification of Film Systems for Industrial Radiography" usando película radiográfica industrial clase especial, clase I, clase II, clase III.

Para aplicaciones radiográficas, se utilizan pantallas intensificadoras de plomo, las cuales son de las mismas dimensiones que la película usada, y debe estar en contacto directo con la misma durante la exposición.

Para el procesado de películas la solución de preparará de acuerdo a recomendaciones del fabricante. La temperatura de los baños para el procesado de las películas será  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Las pequeñas variaciones de temperatura pueden ser

compensadas aumentando o disminuyendo el tiempo de revelado de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Los baños se agitarán adecuadamente antes del tratamiento de las películas. Los cuartos oscuros donde se procesan las películas deben ser mantenidos limpios y libres de polvo, la iluminación de seguridad en el cuarto a usarse se selecciona en función de las indicaciones del fabricante de películas y su ubicación debe estar acorde a las recomendaciones del fabricante.

El revelado será manual, el tiempo de revelado se fijará en 5 minutos a 20°C, durante el tiempo de revelado se agitarán las películas a intervalos de un minuto. Después del revelado, las películas se pasarán por agua limpia al menos por un minuto, luego de esto las películas pasarán al baño fijador, agitándolas durante los primeros 20 segundos. Las películas permanecerán en este baño durante un mínimo de 10 minutos o el doble del tiempo que la película requiere para alcanzar su transparencia; pero no más de 15 minutos. Luego se las someterá a un lavado final, en el cual las películas se lavarán en agua limpia al menos durante 30 minutos y se deben agitar adecuadamente. De ser posible para el secado se usará un agente humectante después del

lavado final y antes del secado de las películas. Se procurará realizar el secado lentamente sin que algún medio artificial lo acelere.

Los cuartos de observación oscuros deben proporcionar una iluminación tenue, que no cause reflejos, sombras, brillo en la radiografía. Para la observación de radiografías se debe contar con una fuente, denominado negatoscopio, la cual deberá proveer luz con una intensidad variable que permita cubrir diferentes densidades en áreas de interés de la muestra sin dañar la película.

Las ondas presentes en la soldadura o irregularidades superficiales pueden enmascarar un defecto o ser confundida con indicaciones, estas deben ser removidas tanto en el exterior como en el interior (de ser accesible) por un proceso adecuado. Los acabados de las juntas soldadas a tope deberán maquinadas y niveladas al ras con el metal base o presentar una corona uniforme, con una sobremona que no exceda lo indicado en la especificación. Los ensayos radiográficos se ejecutarán previos al tratamiento térmico de las juntas soldadas.

La penumbra geométrica ( $U_g$ ) de las radiografías, o distancia de la fuente a la película, se determina acuerde a la ecuación 4.1:

$$U_g = f * d / D [3] \quad (\text{Ecuación 4.1})$$

Donde:

F = Tamaño de fuente (tamaño focal efectivo)

D = Distancia de la fuente de radiación a la soldadura

d = Distancia del objeto lado fuente a la película.

Los valores máximos admitidos para la penumbra geométrica en función del espesor radiográfico se indican en la tabla 24:

**TABLA 24**  
**PENUMBRA GEOMÉTRICA**

<b>Espesor <math>T</math> del material base</b>	<b><math>U_g</math> máximo</b>
Menor de 2"	0.020"
2" hasta 3"	0.030"
Mayor a 3" hasta 4"	0.040"
Mayor 4"	0.070"

La radiación reflejada por superficies ubicadas atrás de la película se denomina radiación dispersa, esta afecta la calidad de la imagen al reducir el contraste presentado en la película, una lámina de plomo de 1/8" de espesor, ubicada atrás de la película, otorga una adecuada protección contra la radiación dispersa.

Para determinar o descartar la existencia de radiación dispersa provenientes de cuerpos o materiales cercanos a la junta inspeccionada, se colocará en cada porta película una letra B de plomo con 1/2" de altura y 1/16" de espesor en el lado posterior de cada porta película. Si aparece una imagen clara de la letra "B" en un fondo oscuro de la radiografía, la protección a la radiación dispersa es insuficiente y la radiografía deberá ser considerada inaceptable. Una imagen oscura de la letra "B" en un fondo claro no es causa de rechazo.

Los indicadores de calidad de imagen - IQI, se usarán acorde a lo especificado en el código ASTM E 747, el cual indica el diseño, construcción y clasificación de los indicadores de imagen, los mismos que serán seleccionados en función del espesor del metal base más la sobremonta permitida, el

respaldo no se considera para la selección del IQI, también se puede seleccionar un indicador con menor absorción a la radiación que el material que está siendo inspeccionado. El código de estos indicadores tipo alambre, y una guía de selección se muestran en las tablas 25 y tabla 26 respectivamente:

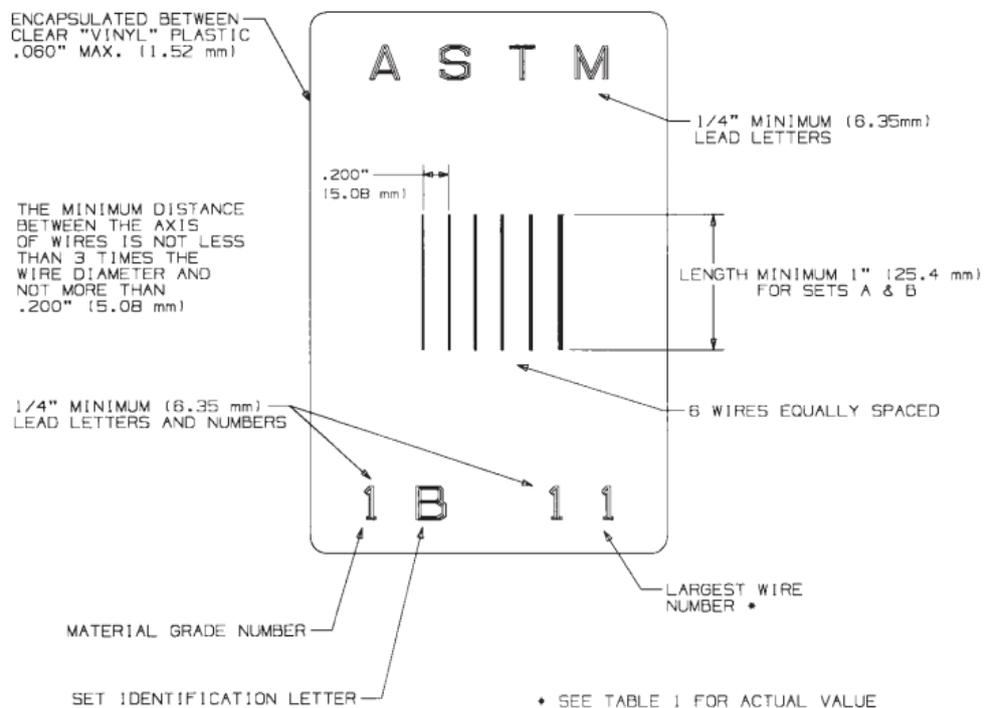
**TABLA 25**  
**CÓDIGO DE INDICADORES DE CALIDAD DE IMAGEN [10]**

<u>Designación ASTM</u>	<u>Diámetro del alambre</u>
A	0.0032
	0.004
	0.005
	0.0063
	0.008
B	0.010
	0.013
	0.016
	0.020
	0.025
C	0.032
	0.040
	0.050
	0.063
	0.080
D	0.100
	0.126
	0.160
	0.200
	0.250
	0.320

**TABLA 26**  
**SELECCIÓN DE INDICADORES DE CALIDAD DE IMAGEN**

Rango de espesores nominal de pared sencilla del material (in)	Indicadores IQI	
	Lado de la fuente diámetro (in)	Lado de la película diámetro (in)
Hasta 0.25	0.008	0.006
Mayor a 0.25 hasta 0.375	0.010	0.008
Mayor a 0.375 hasta 0.5	0.013	0.010
Mayor a 0.5 hasta 0.75	0.016	0.013

En la figura 4.1 se presenta el indicador de calidad de imagen seleccionado para los ensayos radiográficos sobre los sistemas de tuberías.



**FIGURA 4.1 IQI SELECCIONADO**

De presentarse uniones soldadas en material disímil o soldaduras con material de aporte disímil el cual tiene una atenuación a la radiación que difiere del metal base, la selección del material del indicador será basada en el metal de soldadura.

Los indicadores deben ser colocados en el lado fuente de la parte que va a ser examinada, si esto no es posible, el indicador se colocará sobre un bloque o cuña de material que sea radiográficamente similar al que se está evaluando; el bloque debe tener el mismo espesor en la parte a ser radiografiada y debe ser colocada lo más cerca posible del material a inspeccionar. Si la colocación sobre el lado de la fuente no es aplicable, se puede ser colocar el indicador en el lado película en contacto con la parte que está siendo inspeccionada. Una letra "F" de identificación deberá ser colocada a un lado o sobre el indicador siempre y cuando no cubra el alambre designado.

Los indicadores deberán ser colocados sobre la soldadura de tal manera que la longitud de los alambres sea perpendicular a la longitud de la soldadura.

Cuando se coloca un refuerzo o anillo de respaldo que no son removidos, se colocará una cuña o bloque bajo el indicador, de material radiográficamente similar al respaldo o refuerzo para proporcionar aproximadamente el mismo espesor de material bajo el indicador.

Las marcas de identificación se colocarán fuera del área soldada, la imagen obtenida mostrará las marcas de identificación sin interferir con la interpretación de la radiografía.

Las técnicas para tomar imágenes radiográficas se denominan de pared simple o de pared doble, estas difieren por la ubicación de la película con respecto a la fuente, si el haz debe pasar por una pared o por dos paredes para llegar a la película.

Debido a que es impráctico el método de pared simple, se seleccionará el método de pared doble, tomando en consideración que se debe tomar un número adecuado de exposiciones para demostrar que se ha obtenido la cobertura

requerida. Al aplicar el método de pared doble, se tendrá dos alternativas de observación, ilustradas en la tabla 27 [11]:

- Observación de pared simple, en la cual la radiación pasa a través de dos paredes y solo se observa la soldadura del lado de la película para aceptación de la radiografía. Cuando se requiere una cobertura completa se requiere para soldaduras circunferenciales, se deben realizar un mínimo de 3 exposiciones a 120° la una de la otra, el indicador de calidad de imagen puede estar colocado tanto del lado de la película como de la fuente.
- Observación de pared doble, para tuberías y componentes de diámetro exterior no mayor a 89 mm ( $3\frac{1}{2}$ "), se puede usar una técnica en la cual el haz pasa a través de dos paredes y la soldadura de ambas paredes es observada en la misma radiografía para aceptación. Cuando se requiere cobertura completa de la junta soldada, se debe tomar como mínimo dos exposiciones a 90°. Con este método el indicador de calidad de imagen solo podrá estar en el lado de la fuente.

**TABLA 27**  
**TÉCNICAS DE RADIOGRAFÍA**

Técnica exposición	Arreglo fuente- película	
	Vista frontal	Vista lateral
Pared doble, al menos 3 tomas a 120° para cobertura completa		
Pared doble, al menos 2 tomas a 90° para cobertura completa		

Todas las radiografías deben ser identificadas en forma permanente y clara mediante el uso de números o letras de plomo de 1/16" de espesor, esta identificación debe presentar al menos la siguiente información:

- Nombre de la Compañía o logotipo
- Fecha de inspección
- Número de radiografía

- Número de soldadura, número de isométrico
- Número de soldador
- Una letra “R” en caso de inspeccionar una zona reparada
- Diámetro y espesor de tubería

Todas las radiografías deben de estar libre de averías mecánicas, químicas u otras manchas que puedan cubrir o generar una imagen que pueda ser confundida con una discontinuidad en el área de interés de la junta que este siendo evaluada. El almacenamiento de las películas radiográficas debe darse en un lugar con un correcto control ambiental que evite el deterioro de la imagen o de la calidad de la película.

#### **4.1.3 Inspección por Tintas Penetrantes**

Este procedimiento describe las técnicas para la inspección de juntas soldadas por líquidos penetrantes fluorescentes y coloreados; es aplicable para la detección de discontinuidades abiertas a la superficie de soldadura y zona afectada por el calor en partes y/o componentes de tuberías.

Previo a cada prueba, se deberá examinar la superficie y cerciorarse que todas las áreas adyacentes, al menos 1 pulgada (25 mm) de la junta soldada, se encuentren secas, libres de grasa, pintura, aceite, salpicaduras, escorias u otro elemento extraño que pueda interferir o esconder indicaciones de discontinuidades inaceptables, para lo cual se utilizará un método adecuado de limpieza, sea este cepillado, maquinado, etc.

Como limpiadores se pueden usar detergentes, solventes orgánicos, soluciones. Los solventes utilizados para la preparación de la superficie deben cumplir los requerimientos de control de contaminantes.

El penetrante se aplicará por medio de atomización o brocha, trabajando en temperatura ambiente de 25 – 30 °C, y un tiempo de aplicación no menor a 10 minutos. La temperatura de la superficie a examinarse no deberá ser superior a 48° C (128° F) e inferior a 10° C (50° F) durante el periodo de inspección.

Luego de haber transcurrido el tiempo de penetración se produce a remover el exceso de penetrante de tal manera

que únicamente quede aquel que se halla retenido en las discontinuidades que se pretende detectar usando trapos o material que no deje hilos o pelusas, se debe repetir esta operación mientras se mantenga residuos de penetrante sobre la superficie. Posteriormente con un trapo humedecido en solvente eliminar totalmente cualquier residuo de penetrante. Para minimizar la remoción del líquido penetrante de las discontinuidades tomar cuidado del uso excesivo del solvente. No se debe aplicar directamente el solvente sobre la superficie a inspeccionarse para remover el exceso del penetrante.

El tiempo de secado del penetrante no debe ser menor a 5 minutos, y debe realizarse de forma natural.

El revelador se aplicará mediante atomización y será de tipo húmedo no acuoso, agitando el producto rigurosamente previo a su aplicación y formando una capa fina y uniforme. El tiempo de revelado debe ser de al menos 7 minutos y no más de 30.

Una vez que transcurra el tiempo de revelado se realizará la inspección. Todas las indicaciones deberán ser evaluadas según el código de construcción aplicable. Las indicaciones del líquido penetrante sobre la superficie se consideraran como discontinuidades, sin embargo irregularidades localizadas superficialmente debido a marcas de maquinando u otras condiciones de superficie pueden producir falsas indicaciones.

El tiempo de inspección debe estar en un intervalo de 7 a 30 minutos desde la aplicación del revelador. Si la magnitud del área a inspeccionarse es tal que no se puede observar este intervalo, la inspección se hará en secciones parciales hasta cubrir toda área; se debe además contar con una correcta iluminación para evaluar las indicaciones, para líquidos penetrantes coloreados la observación se realizará bajo luz natural o artificial; para líquidos penetrantes coloreados la observación se realizará bajo luz natural o artificial; para líquidos penetrantes fluorescentes la observación se realizará con lámpara de luz negra y adecuando un área oscura de tal manera que se observe nítidamente la pigmentación fluorescente.

En caso de presentarse grandes áreas de pigmentación que puedan esconder indicaciones de discontinuidades, la inspección se considerará inaceptable. Tales áreas serán limpiadas y re-examinadas.

Se revisará si los residuos de penetrante y revelador afectan con los requerimientos de servicio de las superficies inspeccionadas (Ej. Riesgo de corrosión). La limpieza se puede realizar con agua o solventes.

#### **4.1.4 Criterios de Aceptación**

Los criterios de aceptación se establecen acorde al código de construcción seleccionado, dadas las a las especificaciones de este proyecto se usará el código ANSI/ASME B31.3; en la tabla 28 se presenta defectos e imperfecciones frecuentes encontradas en juntas soldadas, así como los métodos de inspección recomendados para su detección. Para las juntas soldadas que pueden ser evaluadas por más de un método, la aplicación de un método dependerá de del requerimiento presentado en el plan de calidad.

**TABLA 28**  
**MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE IMPERFECCIONES DE**  
**SOLDADURA [1]**

Imperfección de soldadura	Métodos de inspección		
	Visual	Radiografía	Líquidos penetrantes
Grieta	X	X	X
Falta de fusión	X	X	--
Penetración incompleta	X	X	--
Porosidad interna	--	X	--
Indicación elongada (inclusión de escoria)	--	X	--
Socavación	X	--	--
Porosidad superficial o inclusiones expuestas	X	--	--
Raíz cóncava	X	X	--
Sobremonta	X	--	--

Indiferente del método de inspección seleccionado, los límites de las imperfecciones evaluadas se describen a continuación [1]:

- Para uniones soldadas con junta de canal:
  1. No debe haber evidencia de grietas, falta de fusión, porosidades superficiales o inclusiones expuestas.
  2. Se puede aceptar una penetración incompleta siempre y cuando la longitud de una indicación no supere 1mm (1/32") y  $\leq 0.2\overline{T_w}$  y la longitud acumulada de

varias indicaciones no supere 38mm en 150mm de soldadura

3. El tamaño y distribución de la porosidad interna permitida por el código se presenta en el apéndice 4 del código ASME BPV VIII.
  4. Una indicación elongada o inclusión de escoria no deberá superar una longitud individual de  $0.2\overline{T_w}$ ; un ancho individual de 3mm (1/8") o  $\overline{T_w}/2$ , y una longitud acumulada de varias indicaciones no supere  $4\overline{T_w}$  en 150mm de soldadura.
  5. En caso de existir socavación, la profundidad de la misma no debe superar 1mm (1/32") o  $\overline{T_w}/4$ .
  6. De presentarse una indicación de raíz cóncava, su profundidad no debe afectar el espesor de la junta soldada, su espesor, incluyendo la sobremonta, debe ser mayor o igual a  $\overline{T_w}$ .
  7. La sobremonta o refuerzo presente en las juntas soldadas medidas desde un plano no debe superar lo indicado en la tabla 29.
- Para uniones soldadas con junta de filete [1]:

1. No debe haber evidencia de grietas, falta de fusión, porosidades superficiales o inclusiones expuestas.
2. En caso de existir socavación, la profundidad de la misma no debe superar 1mm ( $1/32$ " ) o  $\overline{T}_w/4$ .
3. La sobremonta o refuerzo presente en las juntas soldadas medidas desde un plano no debe superar lo indicado en la tabla 29.

**TABLA 29:**  
**ALTURA DE SOBREMONTA PERMITIDA ACORDE AL**  
**ESPEJOR DEL METAL BASE**

$\overline{T}_w$ mm (in)	Altura mm (in)
$\leq 6$ ( $1/4$ )	$\leq 1.5$ ( $1/16$ )
$>6$ ( $1/4$ ), $\leq 13$ ( $1/2$ )	$\leq 3$ ( $1/8$ )
$>13$ ( $1/2$ ), $\leq 25$ (1)	$\leq 4$ ( $5/32$ )
$> 25$ (1)	$\leq 5$ ( $3/16$ )

## 4.2 Procedimientos para Liberación de Sistemas de Tuberías

### 4.2.1 Pruebas de presión de sistemas de tuberías

Previo a que los sistemas de tuberías entren en operación, y después de terminar con los ensayos no destructivos, cada sistema de tubería debe ser probado para asegurar que esté

libre de fugas, la prueba a usarse puede ser hidrostática, neumática, o una observación de fugas durante el arranque inicial; el método a usarse para la prueba se definirá tomando en consideración lo siguiente puntos:

- Cuando se considere que una prueba hidrostática no es factible, se podrá realizar una prueba neumática, tomando en consideración las medidas preventivas adicionales al manejar un gas comprimido
- Se puede realizar una observación de fugas durante el arranque inicial, cuando una prueba hidrostática genere contaminación del sistema, presentando corrosión, o humedad; y la prueba neumática represente riesgos por el manejo de gases comprimidos

Si la presión de prueba produce un esfuerzo que exceda la resistencia de fluencia de la tubería, la presión deberá ser reducida a la máxima permitida que no exceda el límite de fluencia a la temperatura de la prueba. Se deberá tomar precauciones si la duración de la prueba es tal que el fluido de prueba en el sistema presentará una expansión térmica.

Previo a la ejecución se debe confirmar que el trabajo esté completo de acuerdo a los planos P & ID, prestando atención específicamente a lo siguiente puntos:

- Trabajo incompleto o partes faltantes
- Suciedad o basura dentro de los sistemas de tubería
- Instalación apropiada de discos ciegos
- Instalación apropiada de soportes de tubería
- Dirección de flujo de válvulas manuales, válvulas de control, válvulas “check” y otro equipo instalado

Se recomienda realizar una prueba neumática preliminar, a una presión no mayor de 25 psi, para localizar e identificar fugas mayores en el sistema, esta presión deberá ser mantenida al menos 10 minutos.

Las derivaciones de tuberías y subsistemas pueden ser probados de manera separada, o como parte del sistema de tuberías, siempre que sus condiciones de servicio (presión y temperatura) sean las mismas. Se recomienda colocar una brida ciega para aislar un subsistema o derivación que no sea participe en la prueba.

Es caso de que exista una soldadura adicional al final del sistema que ha sido probado, no se requerirá que se vuelva a probar, sobre la misma se deberá realizar una inspección radiográfica del 100% de la junta adicional, cuando se requiera una reparación debido a una fuga, el sistema completo deberá ser sometido a prueba de presión una vez más.

Durante la etapa de preparación para la prueba de presión de tuberías, todas las uniones soldadas, roscadas o bridadas deben estar expuestas para su inspección, preferiblemente libres de pintura, pero es aceptable que tengan como máximo una capa de primer.

Las tuberías conectadas a equipos pueden ser desconectadas de estos o bien ser aislados por medio de discos ciegos o válvulas, cuando se tenga la seguridad de que la válvula, incluyendo sus mecanismos de cierre, es adecuada para la presión de prueba que se va a aplicar.

Se constata que la línea esté provista de válvulas que servirán como venteos para liberar la presión del sistema.

Las tuberías deben estar adecuadamente soportadas. Si se requiere, se puede adicionar soportes temporales para la ejecución de la prueba, adicional a esto se instalará un manómetro a la descarga del compresor para verificar cuando se ha alcanzado la presión de prueba especificada.

Los siguientes equipos no se someten a la prueba de presión neumática de la tubería:

- Bombas, turbinas y compresores
- Válvulas de seguridad, discos de ruptura, filtros, válvulas de control, medidores de flujo.
- Las tuberías de instrumentos se prueban separadamente
- Los manómetros que forman parte de la instalación de la línea que se está probando se verifican para constatar si el rango de la escala de estos es igual o menor que el valor de la presión de prueba
- Las juntas de expansión se proveen con restricciones temporales o se remplazan por tramos de tuberías separadores, lo cual depende de la resistencia del material de la junta y del valor de la presión de prueba

En la prueba de presión hidrostática, el fluido a ser usado es agua, en caso de no ser aplicable debido a los efectos negativos que puede tener sobre la tubería de procesos, se deberá optar por otro líquido, no tóxico, y en la medida de lo posible no inflamable (si el fluido a ser usado es inflamable, su punto de inflamación deberá estar al menos a 49°C).

Para la ejecución de la prueba, se instalarán venteos en los puntos más altos de la tubería, para poder purgar cualquier bolsa de aire presente en el líquido.

La presión de la prueba hidrostática, en cualquier punto de una tubería metálica, se calculará acorde a lo indicado por la ecuación 4.2:

$$P_t = 1.5P_d \quad [1] \quad (\text{Ecuación 4.2})$$

Si la temperatura de diseño es superior a la temperatura de prueba, la presión mínima de diseño deberá calcularse acorde a la ecuación 4.3, siempre y cuando la relación  $S_T/S$  no exceda 6.5:

$$P_t = \frac{1.5P_d S_t}{S_d} [1] \quad (\text{Ecuación 4.3})$$

Esta presión debe ser mantenida por un mínimo de 10 minutos, pasado este periodo, se puede optar por reducir la presión de prueba a la presión de diseño y mantenerla por el tiempo necesario para la inspección en busca de fugas, que se debe realizar en todas las juntas y uniones. La presencia de una fuga, en cualquier extensión, se considerará inaceptable.

La prueba de presión neumática, es una alternativa cuando se presentan situaciones en las cuales no se permite tener humedad o corrosión en el sistema a ser probado. El medio para la prueba neumática a ser usado es aire, en caso de que el uso de este no sea aplicable, se puede seleccionar un gas no tóxico y no inflamable.

Se debe proporcionar un dispositivo de alivio de presión, calibrado a una presión no mayor a la presión de prueba del sistema más 345 kPa (50 psi) o 10% de la presión de prueba.

El equipo de prueba debe ser examinado antes de aplicar presión para asegurar que está conectado firmemente y asegurado.

La presión de la prueba neumática, en cualquier punto de una tubería metálica, se indica en la ecuación 4.4:

$$P_t = 1.1 P_d [1] \quad (\text{Ecuación 4.4})$$

Para alcanzar estos rangos de prueba, la presión debe ser incrementada gradualmente hasta alcanzar una presión preliminar de 170 kPa (25 psi), en la cual se debe hacer una revisión preliminar, después de esto se debe incrementar la presión al valor de prueba, y luego reducirla al valor la presión de diseño, para proceder a examinar la tubería en busca de fugas.

Se puede optar por un ensayo de fugas en servicio, cuando el fluido no es inflamable, no tóxico y no contaminante. En este ensayo el fluido de prueba es el fluido de servicio, la prueba consiste en incrementar paulatinamente la presión durante el arranque de un sistema hasta que la presión de

trabajo sea alcanzada, se puede realizar una revisión preliminar si el fluido de trabajo es gas o vapor.

En caso de no ejecutar pruebas de presión a los sistemas de tuberías, pueden ser liberadas si se inspecciona el 100% de las juntas circunferenciales soldadas por medio de ensayos radiográficos, y soldaduras de filete deben ser 100% inspeccionadas por medio de líquidos penetrantes.

Se mantendrá registros de cada sistema de tuberías que es sometido a pruebas de presión, incluyendo los siguientes datos:

- Fecha de la prueba
- Identificación del sistema de tubería que es probado
- Fluido de prueba
- Presión de la prueba
- Tiempo de ejecución de a prueba

#### **4.2.2 Limpieza de Sistemas de Tuberías**

La limpieza de los sistemas de tuberías tiene como objetivo la protección de los componentes de las unidades Turbo - Generador, la limpieza interna de la limpieza de tubería se la

realiza como paso previo a las pruebas para la puesta en marcha de las unidades de generación.

Los circuitos y límites de limpieza se definen en base a los medios a ser utilizados durante la limpieza y soplado, considerando la continuidad del flujo, evitando ramales sin salida o bolsas de acumulación.

El tramo de tubería a ser limpiado se marca en los planos P & ID en los cuales se determinan e indican los equipos, accesorios o instrumentos que se puedan mantener o que se deban retirar por razones de protección y seguridad.

En el lugar de los equipos que se retiran, se colocan accesorios (ej bridas ciegas, interconexiones) con empaques provisionales.

Los puntos de alimentación, descarga, drenajes y venteos se marcan en los planos P & ID o en los planos isométricos, así como el método de limpieza y soplado.

De ser requeridos, se pueden instalar soportes temporales con un código de identificación que permita su remoción del sistema posterior a la limpieza.

Una vez finalizada la prueba de presión de los sistemas de tubería, lentamente se procede a reducir la presión del sistema, se retiran los discos y bridas ciegas existentes y se deja libre la línea para la operación de soplado. Si existen válvulas en los extremos, éstas se abren para facilitar la limpieza.

Los métodos de limpieza dependen del tipo de fluido que circulará durante la operación normal del sistema de tubería, la tabla 30 muestra los métodos recomendados. El método puede variar en sitio en función de las condiciones de operación o requerimientos del cliente.

La operación de Lavado, una vez consiste en el desplazamiento del fluido a través de la línea hacia un drenaje, el fluido debe ser desplazado por medio de una bomba que le permita alcanzar un grado de turbulencia.

**TABLA 30**  
**MÉTODOS DE LIMPIEZA POR SISTEMAS DE TUBERÍAS**

<b>SISTEMA</b>	<b>MÉTODO</b>
Fuel oil (FO)	Recirculación
Diesel oil (DO)	Recirculación
Lubricant oil (LO)	Recirculación
Cooling Water (CW)	Lavado, una vez
Starting / Control air (STA/ SA)	Soplado
Steam & Condensate (ST & CO)	Soplado
Sludge & Oily Water (SL & OW)	Soplado

En la operación de Recirculación el flujo se mantiene circulando en un circuito cerrado, que incluye una bomba para dar el cabezal al fluido, un tanque de almacenamiento provisional, y un filtro, cuya malla debe ser inspeccionada de manera periódica para constatar el nivel de limpieza.

Durante el Soplado se abren los discos ciegos que se encuentran al final de un sistema y permite que salga el gas que arrastra las impurezas que se encuentran al interior de las tuberías. Los equipos a usar durante el soplado son caldera para el caso de vapor o compresor en el caso de aire.

Dependiendo del fluido que va a circular en un sistema de tubería, la limpieza requerida puede ser de un paso, o tomar varios pasos, con distintos medios de limpieza, en la tabla 31 se indica los medios usados para la limpieza de varios sistemas.

**TABLA 31**  
**MEDIO DE LIMPIEZA POR SISTEMAS DE TUBERÍAS**

SISTEMA	MEDIO
Bunker N°6 (HFO)	Soplado, Químico y Diesel oil (DO)
Diesel (DO)	Soplado, Químico y Diesel oil (DO)
Lubricante (LO)	Soplado, Químico y Flushing oil
Agua de enfriamiento (CW)	Agua
Aire de arranque (STA/ SA)	Aire
Vapor y condensado	Vapor

El Soplado se ejecuta una vez terminada la prueba de presión y limpiar la tubería antes de iniciar la limpieza química, removiendo todo el material extraño del interior.

La operación de soplado consiste en inyectar aire o vapor a presión dentro de la línea, lo que permite el transporte y remoción de suciedad, limalla y viruta que puede permanecer en el interior de la tubería, dejando el sistema libre para una operación de limpieza más profunda.

Durante la operación de soplado, se golpean las juntas soldadas con un martillo de goma para desprender escorias y suciedad adheridas al interior de las mismas, para que sean removidas por el soplado.

La limpieza química es un proceso de recirculación de agua combinada con un químico que permite limpiar y remover residuos grasos, costras, escamas de oxido, incrustaciones ligeras localizadas en la tubería y en las juntas soldadas, mediante una reacción química.

Previo a este método de limpieza la tubería, se deben realizar los ensayos no destructivos indicados en esta tesis y las pruebas de presión, de acuerdo a las especificaciones presentadas.

El interior de la tubería se examina para determinar el estado de la misma, en base de la cual se determina el procedimiento de ejecución de la limpieza química, ya que pueden presentarse los siguientes casos:

- El interior de la tubería es liso, limpio u oxidado

- El interior de la tubería es rugoso, limpio u oxidado

El lavado químico, dependiendo de la configuración y tamaño de los spools que componen la línea, se realiza llenando la tubería y circulando con una solución agua-ácido utilizando un tanque y una bomba.

El tiempo de circulación de la solución para la limpieza química es de 4 a 5 horas, luego se neutraliza con una solución alcalina. Esta solución tiene un pH mayor a 6.5.

Para ejecutar este procedimiento se requiere:

- La línea se libera de procesos de soldadura y pruebas de presión.
- Las válvulas, instrumentos y equipos se desconectan.
- Las válvulas e instrumentos se reemplazan por carretes.
- Conexiones tipo “by-pass” se realizan para evitar los equipos.

Una bomba adecuada se instala una bomba se para hacer circular la solución, la descarga de la bomba se conecta a un extremo de la línea, desde el extremo opuesto de la línea,

una conexión provisional se instala hacia el tanque de circulación.

El agua circula por la línea para verificar la existencia de fugas de líquido. Si estas se producen, se reparan en forma inmediata hasta obtener un flujo normal sin pérdidas.

Durante la circulación con agua, las válvulas de venteo se abren para eliminar el aire y conseguir que la línea se llene por completo.

La solución ácida es preparada, considerando el volumen de líquido contenido en la tubería, más el volumen que permanece en el tanque para mantener la circulación. La composición volumétrica y el pH (>6.5) de la solución se verifica

Terminado el lavado con la solución ácida se recupera esta solución en un tanque adicional para su posteriormente eliminación, considerando los aspectos legales y disposiciones relacionadas con la preservación y contaminación del medio ambiente

El agua se hace circular para lavar la tubería y eliminar la solución ácida que puede haber quedado retenida en el interior. El agua del sistema se drena.

La solución alcalina se hace circular por un lapso de tiempo de 30 minutos a 1 hora. Finalizado el lavado alcalino, el producto es recuperado en un tanque adicional para su posterior eliminación (similar a la solución ácida).

La tubería se seca soplando aire seco para evitar la oxidación. Luego de esto se realiza una inspección visual del interior de las tuberías. Si no se han removido las escamas, entonces la limpieza química se repite.

Luego de la limpieza química, es necesario realizar un lavado final de las tuberías con el producto que va a circular por ellas o un producto afín, para obtener un recubrimiento de la pared interior del tubo y evitar una posterior oxidación.

Después de la preparación y conexión de las líneas temporales, se procede a la conexión a la bomba y llenado de las líneas y del tanque provisional; se deberá seleccionar

una bomba que permite obtener un flujo turbulento satisfactorio, el flujo debe alcanzar un número de Reynolds de 3000 o mayor para garantizar flujo turbulento.

$$Re = V * D / \nu \times 1000 \quad (\text{ecuación 4.5})$$

Se debe tener a la mano martillos de goma para golpear las juntas soldadas durante la recirculación, para soltar y remover impurezas en el sistema de tubería. Una malla se instala en la canastilla de filtración del tanque de circulación de acuerdo con el siguiente requerimiento:

La circulación del fluido de limpieza se mantiene por un tiempo de 1 hora, momento en el cual una revisión preliminar se hace en la malla, luego de esto cada hora se revisará la misma, cambiando gradualmente el número de la malla, de 100 a 200, y luego a 300. Cuando no se encuentre material particulado en la malla se detiene la circulación y se drena el sistema.

Una vez concluidos los procesos para la limpieza se procede a retirar los accesorios, materiales y equipos temporales, a

continuación se instalan los equipos y accesorios definitivos y se inspecciona el circuito en base a los planos P & ID e isométricos.

### **4.3 Procedimientos de Pruebas sobre Sistemas de Protección Superficial**

#### **4.3.1 Medición de perfil de anclaje**

La altura del perfil de la superficie ha demostrado ser un factor en el desempeño de diversos revestimientos aplicados a acero, por esta razón el perfil de anclaje debe ser medido antes de la aplicación de revestimiento para asegurar que cumple con los requisitos especificados para un determinado sistema de pintura.

En esta sección se describen las técnicas para la medición del perfil de anclaje luego de una limpieza por chorro abrasivo, estas mediciones se pueden efectuar en laboratorio, en el taller de fabricación o en el sitio de trabajo.

Los instrumentos descritos son fácilmente portátiles y suficientemente resistentes para su uso en el campo.

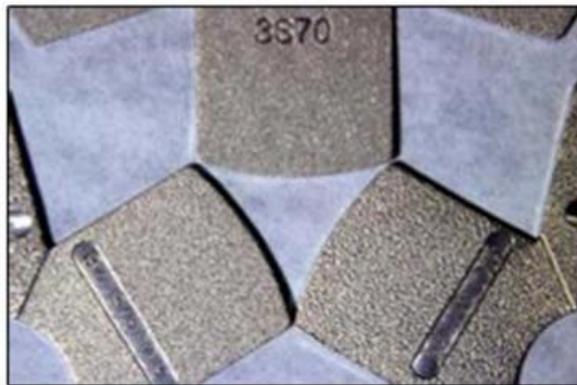
Los métodos son [9]:

- Método A: la superficie es comparada visualmente con otras superficies estándares preparadas con varias profundidades de perfil.
- Método B: la profundidad del perfil es medida usando un micrómetro en un número determinado de ubicaciones para la obtención de la media de las mediciones tomadas.
- Método C: una cinta replica plástica es presionada contra la superficie formando una imagen invertida del perfil, y la máxima distancia entre pico y valle del perfil es medida con un micrómetro.

Estos métodos son aplicables sobre cualquier superficie metálica que esté libre de interferencia por material suelto en la superficie, suciedad y residuos abrasivos después de la limpieza por chorro abrasivo.

La herramienta de medición usada en el método A es un comparador de perfiles (figura 4.3), el cual consiste de un número de áreas (cada una de  $1\text{in}^2$  de área aproximadamente) que muestran diferentes perfiles de

anclaje o patrones de profundidades. Cada área está identificada con su perfil nominal, en micras o en mills. Estas áreas son preparadas por chorros de abrasivos metálicos, de granalla, arenado u otro abrasivo no metálicos dado que la apariencia generada por estos materiales difiere, y puede generar errores de apreciación en la medición del perfil de anclaje. Estos comparadores son usados con o sin aumento, sin embargo se recomienda un aumento de 5 a 10.



**FIGURA 4.2 MEDICIÓN DE PERFIL DE ANCLAJE –  
MÉTODO A**

Para la aplicación de este método, se selecciona comparador estándar apropiado acorde al abrasivo usado para la limpieza por chorro abrasivo, este se coloca

directamente sobre la superficie a ser medida para comparar la rugosidad de la superficie preparada con la rugosidad de la sección del comparador. En caso de usar aumento para la observación y comparación de superficies, se debe tener la precaución de tener la profundidad del enfoque para el estándar y la superficie tratada sean enfocadas simultáneamente.

Se selecciona el segmento del comparador que más se aproxime a la rugosidad de la superficie a ser evaluada, o de ser necesario, los dos segmentos a los cuales es intermedia. Se recomienda evaluar la rugosidad en una cantidad suficiente de locaciones para caracterizar la superficie.

La herramienta de medición usada en el método B es un micrómetro de dial con una sonda en forma de punta (figura 4.3), la cual está maquinada a un ángulo de  $60^\circ$  con un radio nominal de  $50 \mu\text{m}$ . La base de este instrumento descansa sobre los picos del perfil de anclaje mientras que la punta empujada por resortes se proyecta hacia los valles.



**FIGURA 4.3 MEDICIÓN DE PERFIL DE ANCLAJE – MÉTODO B**

Previo a su uso se debe encerar el micrómetro colocándolo sobre una placa de vidrio, mientras se sostiene el dispositivo por su base se presiona firmemente contra el vidrio, para proceder a ajustar el instrumento en cero.

Para tomar lecturas, sostener el calibrador contra la superficie preparada, no se debe arrastrar el instrumento a través de la superficie entre medidas, ya que esto puede afectar la punta o su resorte, y causar lecturas erróneas.

Se deben tomar suficientes lecturas para caracterizar una superficie, por cada locación se tomarán 10 lecturas para obtener una media.

Los materiales para el método C incluyen un cinta especial (Press -O-Film- figura 4.4) la cual contiene un tipo espuma

compresible adjuntadas a una película de plástico no compresible, se usara una herramienta para pulir o bruñir para tomar la impresión del perfil preparado sobre la cara de espuma de la cinta, generando una imagen invertida del perfil que es medido usando un micrómetro de dial con resortes.



**FIGURA 4.4 MEDICIÓN DE PERFIL DE ANCLAJE –  
MÉTODO C**

Se debe seleccionar la cinta correcta para el rango de perfil a ser medido; grueso para un rango de 0 a 50  $\mu\text{m}$  (0 a 2 mils) y extra grueso, 40 a 115  $\mu\text{m}$  (1.5 a 4.5 mils). Colocar la cinta sobre la superficie preparada con el lado de la espuma hacia abajo y sostener firmemente la cinta y frotar la porción circular cortada (de diámetro aproximado de 6.5 mm (3/8 in.)) con la herramienta de bruñido hasta que un color gris uniforme aparece.

Para medir el espesor de la cinta (espuma comprimida y película de plástico no comprimida combinado) se coloca entre los yunques de un micrómetro, se debe restar el espesor de la película de plásticos para obtener el perfil de anclaje de la superficie.

Se deben tomar suficientes mediciones para caracterizar una superficie, en cada locación tomar 3 muestras para determinar el promedio.

En cualquier método aplicado para la medición del perfil de anclaje, se debe registrar el rango obtenido o las muestras tomadas para la determinación de la media, el número de locaciones y el área total aproximada cubierta.

#### **4.3.2 Medición de Espesores de Película Húmeda**

Esta práctica describe el uso de galgas de metal rígidas con muescas, para la medición de espesor húmedo de películas de pintura para protección superficial. Estas mediciones no son sensibles ni precisas, pero son útiles para determinar el espesor húmedo aproximado de recubrimientos.

La medición de espesor de película húmeda de recubrimientos puede ser de gran ayuda para el control del espesor final seco del sistema de pintura, además la medición de perfil húmedo puede ser especificada en los requisitos de un proyecto mas la mayoría de los sistemas de protección superficial y recubrimientos de alto desempeño son aplicados para cumplir requisitos o especificaciones de espesor de película seca.

Existe una relación directa entre el espesor de película seca y espesor de película húmeda, esta relación está determinada por el volumen de volátiles en el recubrimiento aplicado, incluido el volumen de diluyente permitido. La medición de espesor de película húmeda al momento de la aplicación apropiado ya que permite correcciones y ajuste en la película por el pintor; las correcciones en espesor de película después de que esta se ha secado o se ha curado químicamente requieren tiempo extra de ejecución, puede conducir a la contaminación de la película y puede acarrear problemas de adherencia e integridad del sistema aplicado.

Los procedimientos que emplean galgas con muescas no proporcionan lecturas precisas, sin embargo estas pueden ser usadas en superficies no uniformes, además, son usadas comúnmente en talleres o en sitio de construcción.

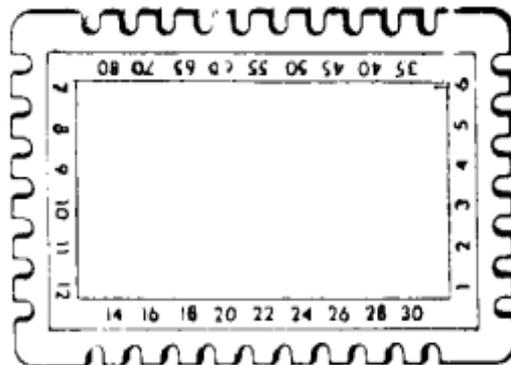
Las pérdidas de recubrimiento durante la aplicación, tales como perdidas en la transferencia, residuos de mezclas en los equipos de aplicación, son una parte significativa no – medible del material usado en la aplicación y no son representadas por mediciones de espesor de película húmeda.

Esta práctica se puede ejecutar acorde a dos procedimientos [8]:

- Procedimiento A: una galga de metal rígida rectangular con muescas en los lados es usada para medir espesores de películas húmedos en rangos de 13 a 2000  $\mu\text{m}$  (0.5 a 80 mills), tal galga es aplicable a recubrimientos en substratos planos y artículos de varios tamaños y figuras complejas.
- Procedimiento B: una galga de metal rígida circular con muescas es usada para medir espesores de películas

húmedos en rangos de 25 a 2500  $\mu\text{m}$  (1 a 100 mills), aplicable para sustratos planos y recubrimientos en objetos de tamaño variado y forma compleja.

La herramienta de medición usada en el procedimiento A consiste de una galga con muescas, de forma cuadrada o rectangular, de metal rígido, hecha de acero o aluminio, el uso de un metal deformable no es recomendado, las galgas no metálicas están prohibidas, la figura 4.5 muestra una galga rectangular con muescas.



**FIGURA 4.5 GALGA RECTANGULAR CON MUESCAS**

Cada lado con muesca consiste en una serie de pestañas (entre muescas) que varían en longitud y localizadas en una línea entre dos pestañas en los extremos de igual longitud, que son las más largas de la fila.

La medición con la galga se debe realizar inmediatamente después de la aplicación del recubrimiento, algunos sistemas de pintura pierden solventes rápidamente y aplicaciones por atomización incrementan la velocidad de aplicación, la reducción rápida del espesor húmedo puede generar lecturas erróneas.

Para la medición se debe seleccionar un área suficientemente larga para permitir que las pestañas en los extremos de un lado se apoyen sobre el plano. Se presiona y remueve la galga perpendicularmente sobre el sustrato para revisar las pestañas, el espesor se determina como la ubicación entre la pestaña más corta humedecida y la distancia de entre la pestaña siguiente no humedecida por la película. Se debe repetir estos pasos al menos en tres locaciones en la película.

Se debe limpiar la galga inmediatamente después de cada lectura con un paño o solventes adecuados, no limpiar el metal con raspadores de metal.

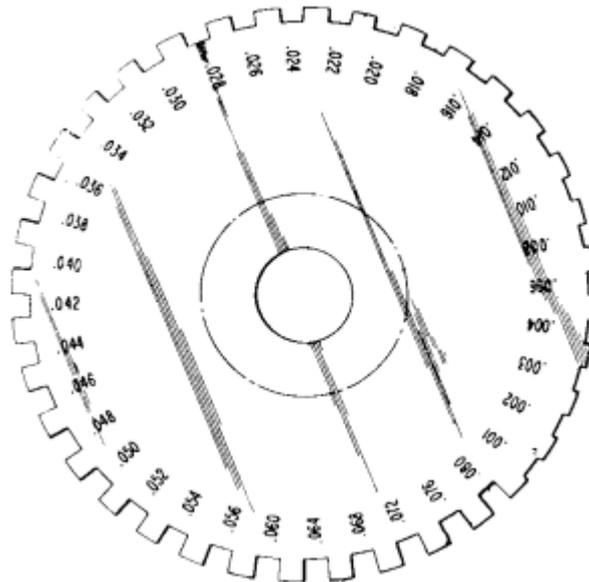
Durante la lectura se pueden presentar uno o más de los siguientes problemas:

- Algunos recubrimientos pueden no humedecer algunas galgas, sin embargo la película en si mostrará donde se tuvo contacto.
- La galga puede deslizarse en la superficie; de darse ese caso ignorar las lecturas.
- La superficie donde se toma la medida puede ser rugoso, de tal manera que se generan lecturas erróneas.

La herramienta de medición usada en el procedimiento B consiste de un disco rígido de metal con muescas de diferentes profundidades alrededor de su periferia, cada galga tiene una cara plana empotrada.

Se selecciona una galga con un segmento de espesor apropiado para el rango de espesor húmedo esperado, se localizan aéreas con un sustrato suficientemente largo para permitir a la galga rodar de manera perpendicular al mismo al menos 40 mm (1 ½"). Luego de rodar la galga el espesor de película húmeda se determina como el espacio entre cara de

la muesca más profunda humedecida y la cara de la siguiente muesca no humedecida.



**FIGURA 4.6 GALGA CIRCULAR CON MUESCAS**

Al igual que con la galga rectangular, se debe limpiar la galga circular inmediatamente después de las mediciones

La precisión de los procedimientos A y B para la medición de espesores de película húmeda depende de los métodos de aplicación de recubrimientos, del tiempo en el cual la se realiza la medición posterior a la aplicación, de las condiciones mecánicas de las galgas, y el rango de medición de las mismas. Se puede obtener similares resultados

durante la prueba al usar dos galgas diferentes debido a que no son sensibles a pequeñas diferencias en espesores de película, dicho de otra forma, los intervalos de entre pestañas o pasos son relativamente altos.

#### **4.3.3 Medición de Espesores de Película Seca**

En esta sección se describirá los métodos para medir el espesor de una película seca de una capa no magnética aplicada sobre un sustrato magnético utilizando medidores magnéticos.

Los tipos de instrumentos de medición se indican a continuación [6]:

- Instrumentos pull-off
- Dispositivos de presión constante

El primer método consiste en la colocación de un magneto en contacto directo con la superficie pintada, que a su vez esta está acoplado a una escala calibrada indica la fuerza requerida para retirar el magneto de la superficie. Existen dos variantes de este método, en la primera variante se adjunta un magneto a un extremo de un brazo pivoteado, este

arreglo está colocado a un resorte helicoidal calibrado, al rotar el dial se registra la fuerza necesaria para remover el magneto; en la segunda variante el magneto está montado de manera directa o indirecta a un resorte, el cual actúa perpendicular a la superficie para halar el magneto.

En el segundo método se usa un dispositivo o sonda la cual ejerce una presión constante en la superficie con recubrimiento durante la operación de medición, se usa un circuito electrónico para convertir una señal referencial a espesor de recubrimiento

Se debe asegurar la confiabilidad de las lecturas realizando una prueba de verificación del instrumento de medición periódicamente, tanto antes o después de lecturas críticas.

Ciertas características de las superficies afectan la precisión de la medición, estas incluyen:

- Rugosidad en la superficie del sustrato.
- Perfil del sistema de protección superficial.
- Espesor del sustrato.
- Formas complejas de la superficie.

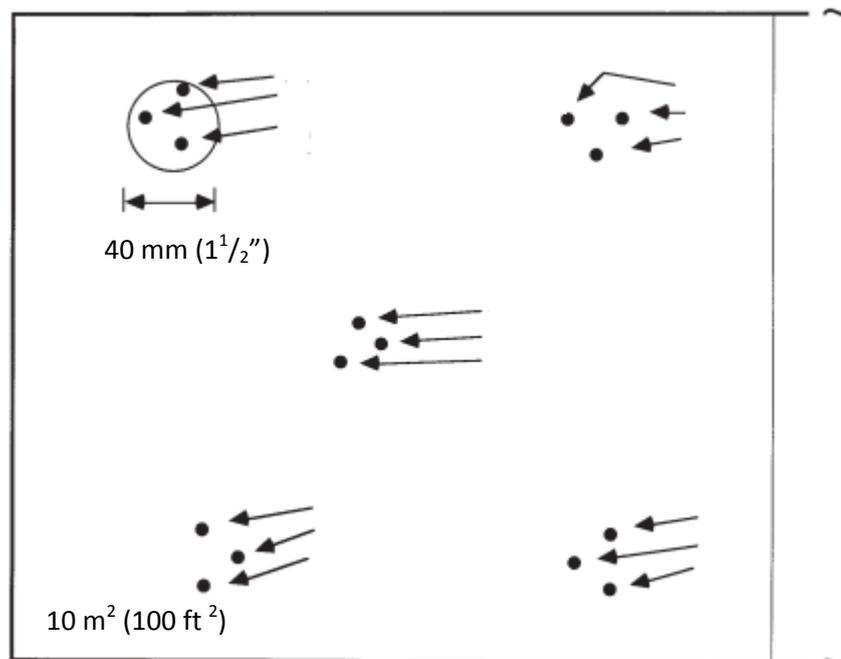
- Cualquier característica que afecte la permeabilidad magnética del sustrato recubrimiento.

La verificación de los instrumentos se debe realizar en lo posible en patrones de espesor de pintura conocidos, cuyo sustrato sea similar a la superficie a ser examinada. Una alternativa a esta verificación consiste en usar lanas de metal no magnético, papel de aluminio u otro tipo de película de espesor conocido para simular el recubrimiento sobre un sustrato similar a la superficie donde se aplicará el sistema de protección superficial.

Al realizar la verificación, existen factores que pueden afectar la calibración, estos factores incluyen:

- Pliegues permanentes en la placa de apoyo debido al doblado.
- Aire atrapado entre la película y el sustrato.
- Distorsión debido a condiciones ambientales tales como temperatura.
- Inconsistencia en el espesor de la película debido a la presión ejercida por el instrumento

El número de mediciones de espesor de pintura requeridas para caracterizar una superficie [15] consiste de 5 mediciones separadas (las cuales son el promedio de un mínimo de tres (3) lecturas puntuales tomadas dentro de un círculo de diámetro 40 mm (1.5 in)), espaciadas aleatoriamente en un área de 10 m<sup>2</sup> (100 ft<sup>2</sup>), las 5 mediciones se realizan sobre la superficie de 10 m<sup>2</sup> (100 ft<sup>2</sup>) acorde a la figura 4.7



**FIGURA 4.7 LECTURAS DE ESPESOR DE CAPA SECA [15]**

Las mediciones para áreas que excedan los 10 m<sup>2</sup> (100 ft<sup>2</sup>) deben ser ejecutadas acorde a los siguientes criterios:

- Para sistemas que no excedan los 30 m<sup>2</sup> (300 ft<sup>2</sup>) de área, cada área de 10 m<sup>2</sup> (100 ft<sup>2</sup>) debe ser medidas.
- Para sistemas que no excedan los 100 m<sup>2</sup> (1000 ft<sup>2</sup>) de área, tres áreas de 10 m<sup>2</sup> (100 ft<sup>2</sup>) seleccionadas aleatoriamente deben ser medidas.
- Para sistemas que excedan los 100 m<sup>2</sup> (1000 ft<sup>2</sup>) de área, se debe medir tres áreas de 10 m<sup>2</sup> (100 ft<sup>2</sup>) para los primeros 100 m<sup>2</sup> (1000 ft<sup>2</sup>), y por cada 100 m<sup>2</sup> (1000 ft<sup>2</sup>) adicionales se debe seleccionar un área de 10 m<sup>2</sup> (100 ft<sup>2</sup>) aleatoria para ser medido

Si la medición de capa seca de algún área de 100 m<sup>2</sup> (1000 ft<sup>2</sup>) no cumple con el espesor especificado, se deben realizar mediciones adicionales para aislar el área no conforme.

Tanto el espesor máximo y mínimo pueden ser especificados para la medición, en caso de no ser así, el espesor para conformidad con el estándar presentado será el mínimo.

El promedio de las mediciones tomadas en un área de 10 m<sup>2</sup> (100 ft<sup>2</sup>) deberá cumplir con el espesor especificado, de la misma manera todas las mediciones deben estar dentro del

rango especificado, las lecturas puntuales para una medición no serán menores al 80% del mínimo espesor de recubrimiento especificado. En caso de que el promedio del área cumple o excede los requisitos de espesor mínimo, pero una lectura puntual es menor al 80% del espesor, se deben tomar lecturas adicionales para aislar el área no conforme [15].

Para la aplicación del código, la herramienta de medición debe tener una precisión al menos de  $\pm 10\%$ .

#### **4.3.4 Pruebas de Adherencia de Sistemas de Protección Superficial**

Esta sección cubre procedimientos para la evaluación de adherencia de sistemas de protección superficial a sustratos metálicos por medio de la aplicación y remoción de una cinta adhesiva colocada sobre cortes hechos en la película de pintura.

Debido a que el sustrato y la preparación de la superficie (o falta de ella) tiene un efecto drástico en la adherencia de los recubrimientos, se requiere establecer métodos para

evaluar la adherencia de un revestimiento a diferentes sustratos, o de revestimientos diferentes para el mismo sustrato

Las limitaciones de todos los métodos para prueba adherencia y la limitación específica de este método de ensayo deben ser indicadas antes de su ejecución. La limitada escala de 0 a 5 presentada en el código fue elegida deliberadamente para evitar una falsa impresión de ser sensibilidad en las mediciones. En sistemas de pintura de varias capas, si la falla ocurre entre capas, no se puede determinar la adherencia del sistema al sustrato.

Esta práctica se puede ejecutar acorde a dos procedimientos [7]:

- Método A: un corte en forma de X se ejecuta en la película, se coloca una cinta adhesiva sobre el corte y luego retirada, la adherencia se evalúa cualitativamente en una escala de 0 a 5
- Método B: un patrón de 6 u 11 cortes en forma de reja se realiza sobre la película, para luego proceder de la misma manera que el método A.

El método A se recomienda principalmente para el sitio de trabajo mientras que el método B es adecuado para uso en laboratorio; además el método de prueba B no se considera apropiado para espesores de película mayores a 125 $\mu$ m (5 mills). Estos métodos establecen si la adherencia esta en un nivel adecuado, no hacen distinciones entre niveles mayores de adherencia.

Los herramientas y materiales requeridas para la ejecución del método A incluye una herramienta de corte (cuchillo, bisturí, hoja de afeitar) siempre y cuando los filos estén en buenas condiciones; una regla de metal para asegurar cortes rectos; cinta adhesiva de 25 mm (1.0 in) de ancho, semitransparente; un objeto romo de caucho; y buena iluminación para determinar si el corte se realizó a través de la película hasta el sustrato.

El procedimiento consiste en realizar dos cortes en la película, cada uno cercano a los 40 mm (1.5 in) de longitud, que se interceptan en su centro formando un ángulo menor entre 30° y 45°, sobre un área seca y limpia, libre de manchas, e imperfecciones superficiales, se debe usar la

regla de metal para asegurar el corte hasta el sustrato en un solo movimiento constante; se debe tomar la precaución de inspeccionar el corte para garantizar que se ha penetrado hasta el sustrato, de no ser el caso, se procede a realizar otro corte en x en otra ubicación, no se permite de ejecutar un corte más profundo en el corte anterior.

Antes de aplicar la cinta adhesiva, se debe remover y descartar dos vueltas del rollo, se retira una longitud adicional de 75 mm (3 in) de longitud y colocar el centro de esta porción de cinta sobre la intersección de los cortes en la misma dirección de los ángulos agudos, luego suavemente colocar la cinta sobre el corte y frotar suavemente con el objeto romo de caucho (de preferencia usar un borrador de goma). Luego remover la cinta de una manera rápida para inspeccionar el corte en búsqueda de película no adherida, la adherencia se califica acorde a la tabla 32.

Este ensayo se repite en al menos dos locaciones adicionales por cada superficie a ser probada, en largas superficies, realizar suficientes ensayos para caracterizar la superficie completa, se recomienda en ese caso tomar en

consideración cambios ambientales durante la aplicación, aplicación en diferentes turnos.

**TABLA 32**  
**RESULTADOS DEL ENSAYOS DE ADHERENCIA MÉTODO A**

<b>Escala cualitativa</b>	<b>Descripción</b>
5A	No presenta remoción de película
4A	Presenta remoción de película en las incisiones o en su intersección
3A	Remoción a lo largo de las incisiones de hasta 1.6 mm (1/16")
2A	Remoción a lo largo de las incisiones de hasta 3.2 mm (1/8")
1A	Remoción de la mayoría del área de la X bajo la cinta
0A	Remoción de película más allá del área de la x

Para el método B, las herramientas requeridas para el corta son similares a las usadas para el método A; con la excepción de que se requiere una regla graduada en 0.5 mm para medir los cortes individuales.

Se selecciona un área libre de imperfecciones: los cortes paralelos en la superficie acorde a este procedimiento se ejecuta:

- Para recubrimientos de espesor de película seca hasta de 50  $\mu\text{m}$  (2.0 mils), se realizan 11 cortes con una separación de 1 mm.
- Para recubrimientos de espesor de película seca mayores a 50  $\mu\text{m}$  (2.0 mils) hasta espesores de 125  $\mu\text{m}$  (5.0 mils), se realizan 6 cortes con una separación de 2 mm.
- Para recubrimientos de espesor de película seca mayores a 125  $\mu\text{m}$  (5.0 mils), se procede con el método A. Los cortes deben tener una longitud aproximada de 20 mm (3/4 in)

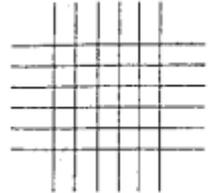
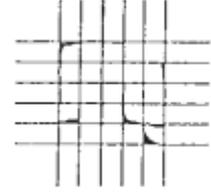
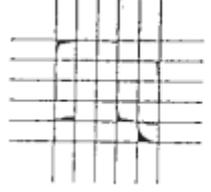
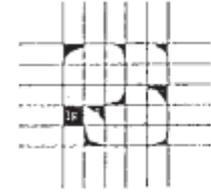
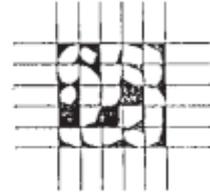
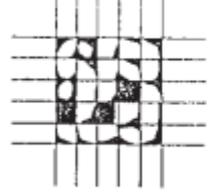
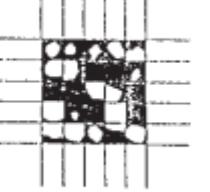
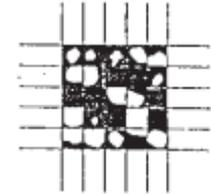
Al realizar los cortes asegurarse que estos lleguen al sustrato, remover con una brocha suave o un pañuelo cualquier parte de recubrimiento desprendida.

Colocar y retirar la cinta acorde a los pasos presentados en el método A, se inspecciona y se describe la adherencia del recubrimiento con el sustrato acorde a la tabla 33. La tabla 34 presenta clasificación visual que se aplicará como guía para los resultados de ensayos de adherencia para el método B

**TABLA 33**  
**RESULTADOS DEL ENSAYOS DE ADHERENCIA**  
**MÉTODO B**

<b>Escala cualitativa</b>	<b>Descripción</b>
5B	Los bordes de los cortes son lisos, ningún cuadrado del entramado se desprende
4B	Pequeñas escamas se desprenden en las intersecciones, menos del 5% del área es afectada
3B	Pequeñas escamas se desprenden en las intersecciones, y a lo largo de los cortes, el área afectada comprende entre el 5% y 15% de la rejilla
2B	El recubrimiento se ha despegado en los bordes y en parte de los cuadros, el área afectada comprende entre el 15% y 35% de la rejilla
1B	El recubrimiento se desprende en largas secciones y cuadrados enteros se desprenden, área afectada comprende entre el 35% y 65% de la rejilla
0B	Desprendimiento mayor al presentado en la escala 1B

**TABLA 34**  
**CLASIFICACIÓN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE**  
**ADHERENCIA MÉTODO B [7]**

Escala cualitativa	Área removida	Superficie del área sometida al corte en cruz	
5B	0%		
4B	< 5%		
3B	5% - 15%		
2B	15% - 35%		
1B	35% - 65%		
0B	> 65%		

# **CAPÍTULO 5**

## **5. EJECUCIÓN DE PLAN SE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD Y REGISTRO DE RESULTADOS**

Una vez establecido los procedimientos de instalación, métodos de inspección y pruebas y criterios de aceptación, información avalada por los códigos de construcción aplicables presentados en esta tesis, se procede a completar la tabla 4: formato de inspección completo, esta tabla se presentará en el apéndice A.

Los certificados de pruebas ejecutadas en fábrica sobre los materiales para mostrar la conformidad de los mismos con el estándar ASTM aplicable, los cuales son solicitados antes del inicio de la obra, se adjuntan como apéndice B

La especificación de procedimientos de soldadura a ser utilizados en este proyecto se presenta como apéndice C, mientras en el apéndice D se

adjunta las calificaciones de desempeño de soldadores en los rangos de los procesos usados para la ejecución del proyecto.

### **5.1. Inspecciones Realizadas sobre Juntas Soldadas**

Acorde lo indicado en a especificación, se procedió a realizar ensayos radiográficos sobre el 10% de las juntas circunferenciales soldadas, mientras se procedió a una inspección por tintas penetrantes en las juntas de filete. Los resultados de las inspecciones se adjuntan en el apéndice E

### **5.2. Reportes de Pruebas sobre Tuberías**

Debido a las características del proyecto, se opto por una prueba neumática para la prueba de presión de tuberías. Las presiones de prueba para los diferentes sistemas calculadas acorde a la ecuación 4.4.

Los reportes de las pruebas de presión neumática se presentan en el apéndice F. Los reportes de limpieza de tubería, acorde a los diferentes métodos se incluyen en el apéndice G

### **5.3. Reportes de Ensayos sobre Sistemas de Protección Superficial.**

Los reportes de ensayos ejecutados sobre la preparación superficial, inspecciones previas a la aplicación de pintura, y pruebas sobre recubrimientos se adjuntan como apéndice H.

# CAPÍTULO 6

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### **Conclusiones**

Se ha preparado un plan general de aseguramiento de calidad para la ejecución del montaje, inspecciones y pruebas de sistemas de tuberías, el cual conduce a un trabajo exitoso, la integridad de los sistemas y la generación de una menor cantidad de no conformidades durante el desarrollo.

Se han identificado los puntos de inspección para la ejecución de los trabajos basados en códigos de construcción aplicables, incluyendo el método de prueba, y describiendo de manera precisa los resultados esperados de las pruebas ejecutadas.

La inspección visual es el primer método de inspección y es usada ampliamente durante la ejecución de un trabajo, siendo esta de simple

ejecución y manteniendo un bajo costo al proyecto, permitiendo el rechazo de elementos fuera de especificación previo a la ejecución de ensayos adicionales de mayor costo.

La aplicación del código ASME BPV sección IX introduce los requerimientos para calificación de procedimientos de soldadura, así como permite la aplicación de procedimientos de soldadura estándares acorde a su apéndice E; además de asentar los criterios para calificación del desempeño de soldadores, mediante el cual se busca garantizar la ejecución de soldadura sin fallas al seguir los lineamientos de una especificación calificada o estándar; siempre y cuando no se altere una variable esencial del procedimiento.

Los códigos ASTM establecen la estandarización de prácticas, métodos y guías que aseguran la conformidad de un producto a una especificación, sea este un material o proceso, durante la etapa de fabricación, montaje o pruebas.

### **Recomendaciones**

Como paso previo al inicio de un trabajo se debe tramitar la obtención de los certificados de pruebas de fabrica MTR, que muestran que se han realizado todas las pruebas y ensayos mandatorios sobre un material, los

cuales aseguran la conformidad de un material con su especificación ASTM aplicable.

Se deben seguir las observaciones respecto a la realización de trabajos en condiciones ambientales adversas, sobre todo para la ejecución de trabajos de soldadura, limpieza de superficies por chorro abrasivo y aplicación de sistemas de protección superficial, ya que factores como humedad, polvo, viento o lluvia son muy perjudiciales y conducirán a un resultado fallido de una inspección y a un rechazo del trabajo ejecutado

La inspección mediante líquidos penetrantes debe realizarse en sitios que disponga de una buena ventilación, puesto que los productos que se utilizan son altamente volátiles e inflamables

Para la ejecución de inspecciones radiográficas se debe determinar la hora de menor presencia del personal dentro del proyecto, o desalojar al personal a una distancia segura del punto de trabajo y así minimizar la posibilidad de exposición a radiaciones ionizantes.

# APÉNDICES

## **APÉNDICE A**

### **PLAN DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD E INSPECCIONES**

Punto de inspección	Método de inspección	Frecuencia de muestreo	Código de referencia	Criterio de aceptación	Documento /Registro
Recepcion de materiales	Cumplimiento con los ensayos de fabrica ASTM	100% de los materiales	ASTM aplicable	MTR tiene conformidad con codigo ASTM aplicabl	MTR
Procedimientos de soldadura	Especificacion de procedimientos de soldadura	Todo procedimiento que muestres un cambio en una variable esencial	ASME BPV SECTION IX	Cumplir con propiedades mecanicas	WPS
Desempeño de soldadores	Calificacion de desempeño de soldadores	calificacion por cada wps cada vez que cambio una variable esencial	ASME BPV SECTION IX	Presentar una soldadura sin fallas	WPQ
Integridad de juntas soldadas	Inspeccion visual	10% de las juntas soldadas	ANSI/ASME B31.3 PROCESS PIPING	Tabla 341.3.2 de codigo ANSI/ ASME B31.3	REG-VIS
integridad de juntas de canal	Inspeccion Radiografica	10% de las juntas circunferenciales	ANSI/ASME B31.3 PROCESS PIPING	Tabla 341.3.2 de codigo ANSI/ ASME B31.3	REG-RX
integridad de juntas de filete	Inspeccion por tintas penetrantes	10% de las juntas a tope	ANSI/ASME B31.3 PROCESS PIPING	Tabla 341.3.2 de codigo ANSI/ ASME B31.3	REG-TP
Integridad de sistemas de tuberias	Pruebas de presion en sistemas de tuberias	100 % de las tuberias de proceso	ANSI/ASME B31.3 PROCESS PIPING	No deben presentarse fugas	REG-PP
Limpieza de sistemas de tuberias	revision de particulas en filtro de flushing	100 % de las tuberias de proceso	ANSI/ASME B31.3 PROCESS PIPING	no deben existir particulas mayores a 100 um	REG-LT
Preparacion superficial	Medicion de perfil de anclaje	3 mediciones para caracterizar la superficie	ASTM D 4417	Distancia pico-valle del perfil acorde a especificacion	REG-MPH
Espesor de recubrimiento	Medicion de espesores de pelicula humeda	3 mediciones para caracterizar la superficie	ASTM D 4414	espesor humedo acorde a la presencia de volatiles	REG-MPH
Espesor de recubrimiento	Medicion de espesores de pelicula seca	3 lecturas por medicion, 5 mediciones cada 10 m2	ASTM D 1186 / SSPS PA 2	espesor de pelicula seca dentro de la especificacion	REG-MPS
Adherencia de recubrimiento	Pruebas de adherencia por cinta adhesiva	3 mediciones para caracterizar la superficie	ASTM D 3359	no debe desprenderse mas alla de lo permitido por el	REG-PA

## **APÉNDICE B**

### **REPORTES/CERTIFICADOS DE ENSAYOS DE FÁBRICAS (MILL TEST REPORT)**

CUSTOMER:  
 PRODUCT: CARBON STEEL SEAMLESS PIPE  
 SPEC: A-53 GR.B  
 TOTAL: 868 PCS 130TON

Certificate No.: 109444  
 CONTRACT NO.:RT/100608

NO.	HEAT NO.	BATCH NO.	STEEL GRADE	SIZE	PIECES	WEIGHT TON	ANALYSIS %	CHEMICAL COMPOSITION%									
								C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	V
1	060207	94740	B	2 1/2" SCH 40	399	20	PRODUCT	0.23	0.22	0.55	0.015	0.014	0.03	0.021	0.021	0.05	0.01
2	060216	94741	B	6" SCH 40	122	20	PRODUCT	0.22	0.25	0.54	0.014	0.013	0.02	0.023	0.024	0.06	0.04
3	060220	94742	B	10" SCH 40	119	40	PRODUCT	0.19	0.23	0.56	0.013	0.015	0.03	0.022	0.022	0.07	0.03
4	060225	94743	B	16" SCH STD	9	5	PRODUCT	0.18	0.24	0.53	0.015	0.014	0.02	0.021	0.023	0.05	0.02
5	060237	94744	B	4" SCH80	154	20	PRODUCT	0.21	0.23	0.54	0.016	0.013	0.03	0.022	0.021	0.06	0.03
6	060238	94745	B	8" SCH80	27	10	PRODUCT	0.18	0.22	0.46	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.05	0.02
7	060826	94746	B	12"x6.32mm	17	5	PRODUCT	0.20	0.21	0.53	0.014	0.013	0.035	0.023	0.024	0.06	0.04
8	060813	94747	B	16"x6.32mm	14	5	PRODUCT	0.19	0.24	0.56	0.013	0.015	0.032	0.022	0.022	0.07	0.03
9	060822	94748	B	20" SCH STD	7	5	PRODUCT	0.18	0.25	0.55	0.015	0.014	0.02	0.021	0.023	0.05	0.02
NO.	MECHANICAL PROPERTIES				TECHNOLOGICAL PROPERTIES		NONDESTRUCTIVE TEST		SURFACE QUANTITY		DIMENSION TOLERANCE						
	as(Mpa) YIELD POINT	ab(Mpa) TENSILE STRENGTH	ELONGATION	HARDNESS RB	FLATTENING TEST	BENDING TEST	E.C.T	H.T	IN	OUT	IN	OUT					
1	270/280	431/432	32.5/34.0	-	Satisfactory	N/A	Satisfactory	-	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory					
2	280/281	433/435	33.0/34.0	-	Satisfactory	N/A	Satisfactory	-	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory					
3	285/285	432/434	32.0/33.0	-	Satisfactory	N/A	Satisfactory	-	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory					
4	270/282	430/430	32.0/33.5	-	Satisfactory	N/A	Satisfactory	-	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory					
5	275/285	435/435	32.0/33.0	-	Satisfactory	N/A	Satisfactory	-	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory					
6	281/280	430/432	33.0/34.0	-	Satisfactory	N/A	Satisfactory	-	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory					
7	280/283	433/435	32.0/33.0	-	Satisfactory	N/A	Satisfactory	-	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory					
8	275/280	430/430	32.0/33.5	-	Satisfactory	N/A	Satisfactory	-	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory					
9	285/285	435/435	32.0/33.0	-	Satisfactory	N/A	Satisfactory	-	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory					

MANAGING REPRESENTATIVE:SELINA STAMPER: DATE: AUG.30.2010

MILL TEST CERTIFICATE

PRODUCT: CARBON STEEL SEAMLESS PIPE  
 SPEC: A-106 GR.B  
 TOTAL: 3632 PCS 190TON

Certificate No.: 108136  
 CONTRACT NO.:RT/1003051

NO.	HEAT NO.	BATCH NO.	STEEL GRADE	SIZE	PIECES	WEIGHT KGG	ANALYSIS %	CHEMICAL COMPOSITION%									
								C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	V
1	031401	80811	B	14" SCH40	1362	5000	PRODUCT	0.17	0.22	0.55	0.015	0.014	0.03	0.021	0.021	0.05	0.02
2	031407	80812	B	1" SCH40	1378	20000	PRODUCT	0.22	0.25	0.54	0.014	0.013	0.02	0.023	0.024	0.06	0.04
3	031422	80813	B	4" SCH20	73	5000	PRODUCT	0.19	0.23	0.56	0.013	0.015	0.03	0.022	0.022	0.07	0.03
4	031420	80814	B	5" SCH20	53	5000	PRODUCT	0.18	0.24	0.53	0.015	0.014	0.02	0.021	0.023	0.05	0.02
5	031418	80815	B	6" SCH20	95	10000	PRODUCT	0.23	0.23	0.54	0.016	0.013	0.03	0.022	0.021	0.06	0.03
6	031414	80816	B	10" SCH20	21	5000	PRODUCT	0.18	0.22	0.46	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.05	0.02
7	031413	80817	B	6" SCH40	244	40000	PRODUCT	0.20	0.21	0.53	0.014	0.013	0.035	0.023	0.024	0.06	0.04
8	031415	80818	B	8" SCH40	243	60000	PRODUCT	0.19	0.24	0.56	0.013	0.015	0.03	0.022	0.022	0.07	0.03
9	031410	80819	B	4" SCH80	116	15000	PRODUCT	0.18	0.25	0.55	0.015	0.014	0.02	0.021	0.023	0.05	0.02
10	031428	80820	B	24" STD	6	5000	PRODUCT	0.21	0.23	0.54	0.016	0.013	0.03	0.022	0.021	0.06	0.03
11	031421	80821	B	12" SCH40	32	15000	PRODUCT	0.20	0.21	0.52	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.01
12	031422	80822	B	14" SCH40	9	5000	PRODUCT	0.19	0.23	0.54	0.016	0.013	0.03	0.022	0.021	0.06	0.03
NO.	MECHANICAL PROPERTIES				TECHNOLOGICAL PROPERTIES		NONDESTRUCTIVE TEST		SURFACE QUANTITY		DIMENSION TOLERANCE						
	as(Mpa) YIELD POINT	ab(Mpa) TENSILE STRENGTH	ELONGATION	HARDNESS RB	FLATTENING TEST	BENDING TEST	E.C.T	H.T	IN	OUT	IN	OUT					
1	275/280	430/432	32.5/34.0	-	Satisfactory	N/A	Satisfactory	-	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory					
2	280/281	433/435	33.0/34.0	-	Satisfactory	N/A	Satisfactory	-	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory					
3	280/280	432/434	32.0/33.0	-	Satisfactory	N/A	Satisfactory	-	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory					
4	275/282	432/430	32.0/33.5	-	Satisfactory	N/A	Satisfactory	-	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory					
5	275/285	435/435	32.0/33.0	-	Satisfactory	N/A	Satisfactory	-	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory					
6	280/280	430/432	33.0/34.0	-	Satisfactory	N/A	Satisfactory	-	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory					
7	280/283	433/435	32.0/33.0	-	Satisfactory	N/A	Satisfactory	-	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory					
8	275/280	435/430	32.0/33.5	-	Satisfactory	N/A	Satisfactory	-	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory					
9	275/285	435/435	32.0/33.0	-	Satisfactory	N/A	Satisfactory	-	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory					
10	280/284	430/430	32.5/34.0	-	Satisfactory	N/A	Satisfactory	-	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory					
11	275/280	432/435	32.0/33.0	-	Satisfactory	N/A	Satisfactory	-	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory					
12	280/283	433/435	32.0/33.0	-	Satisfactory	N/A	Satisfactory	-	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory					

MANAGING REPRESENTATIVE:SELINA STAMPER: DATE: AUG.16.2010

**MANUFACTURER TEST CERTIFICATE  
BUTT-WELDING PIPE FITTINGS**

CERTIFICATE NO.  
GJ064-2

MATERIAL STANDARDS: ASTM SA/A234 WPB  
DIMENSION STANDARDS: ANSI B16.9  
SPECIAL CONDITIONS: Made of seamless pipes  
CERTIFICATE STANDARD: EN 10204 3.1B  
MANUFACTURING PROCESS: HOT FORMED

C.E. = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15

MINIMUM STANDARD AS PER ABOVE SPECIFICATIONS				MECHANICAL PROPERTIES						CHEMICAL COMPOSITION										
NPS	DESCRIPTION	QTY	HEAT #	415MPa	240MPa	ELONGAT	197 HB	0.3M	0.29-	0.05	0.058	0.1	0.4	0.15	0.4	0.4	0.08	0.02M	0.5	
				MIN	MIN	10%	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX
				TENSILE	YIELD	30% (min)	HARDENS	C	Mn	P	S	SI	Cr	Mo	Ni	Cu	V	Nb	CE	
5"	45° Elbow Sch 40	10	G26372	451	257	31	169	0.23	0.54	0.015	0.012	0.23	0.09	0.02	0.1	0.11	0.01	0.01	0.35	
5"	90° Elbow Sch 40	240	G26372	451	257	31	169	0.19	0.54	0.015	0.012	0.23	0.09	0.02	0.1	0.11	0.01	0.01	0.35	
2"	90° Elbow Sch 80	1140	G17542	450	257	32	170	0.23	0.56	0.017	0.015	0.22	0.1	0.02	0.09	0.01	0.01	0.36		
2-1/2"	CAP Sch40	45	G26579	457	255	32	168	0.21	0.54	0.02	0.017	0.26	0.11	0.03	0.12	0.1	0.01	0.009	0.37	
3"	CAP Sch40	10	G26580	456	258	31	171	0.24	0.56	0.021	0.013	0.24	0.09	0.02	0.15	0.1	0.01	0.009	0.35	
1/2"	Equal Tee Sch40	75	G27619	472	257	32	171	0.24	0.56	0.021	0.013	0.24	0.09	0.02	0.15	0.1	0.01	0.009	0.34	
1"	Equal Tee Sch40	250	G31022	454	258	31	171	0.22	0.56	0.021	0.013	0.24	0.09	0.02	0.15	0.1	0.01	0.009	0.34	
1-1/2"	Equal Tee Sch40	158	G31158	460	258	32	171	0.22	0.57	0.019	0.016	0.24	0.09	0.02	0.15	0.1	0.01	0.009	0.34	
2-1/2"	Equal Tee Sch40	315	G37542	458	253	33	172	0.21	0.54	0.018	0.013	0.23	0.11	0.03	0.14	0.1	0.01	0.009	0.34	
1-1/4"	Equal Tee Sch40	180	G27619	472	257	32	168	0.21	0.54	0.021	0.013	0.24	0.09	0.02	0.15	0.1	0.01	0.009	0.37	
2-1/4"	Equal Tee Sch80	20	G23417	456	258	31	171	0.24	0.56	0.021	0.013	0.24	0.09	0.02	0.15	0.1	0.01	0.009	0.34	
2-1/2"	Equal Tee Sch80	85	G27619	472	257	32	168	0.21	0.54	0.02	0.017	0.26	0.11	0.03	0.12	0.1	0.01	0.009	0.37	
4"	Equal Tee Sch60	140	G25500	455	255	32	170	0.19	0.58	0.017	0.015	0.22	0.1	0.02	0.09	0.01	0.01	0.008	0.34	
4"	Equal Tee Sch80	155	G26208	459	255	32	171	0.22	0.57	0.019	0.016	0.24	0.12	0.03	0.14	0.1	0.01	0.009	0.37	
4"	90° Elbow LR Sch160	15	G23276	449	255	32	171	0.22	0.54	0.015	0.012	0.24	0.09	0.02	0.15	0.1	0.01	0.01	0.35	
2"	Equal Tee Sch160	20	G28768	451	257	31	169	0.23	0.54	0.015	0.012	0.24	0.09	0.02	0.15	0.1	0.01	0.01	0.35	
3/4"x1/2"	Con. Reducer Sch40	50	H2052	456	258	31	171	0.24	0.56	0.021	0.013	0.24	0.09	0.02	0.15	0.1	0.01	0.009	0.37	
3"x1-1/2"	Con. Reducer Sch40	25	H2052	456	258	31	171	0.24	0.56	0.021	0.013	0.24	0.09	0.02	0.15	0.1	0.01	0.009	0.37	
3"x1-1/2"	Con. Reducer Sch40	55	H2052	456	258	31	171	0.24	0.56	0.021	0.013	0.24	0.09	0.02	0.15	0.1	0.01	0.009	0.37	
3"x2-1/2"	Con. Reducer Sch40	85	H2052	456	258	31	171	0.24	0.56	0.021	0.013	0.24	0.09	0.02	0.15	0.1	0.01	0.009	0.37	
4"x2"	Con. Reducer Sch40	245	G26208	462	255	32	170	0.21	0.56	0.017	0.015	0.22	0.1	0.02	0.09	0.01	0.01	0.008	0.34	
4"x2-1/2"	Con. Reducer Sch40	70	G26208	462	255	32	170	0.21	0.56	0.017	0.015	0.22	0.1	0.02	0.09	0.01	0.01	0.008	0.34	

**MANUFACTURER TEST CERTIFICATE  
BUTT-WELDING PIPE FITTINGS**

CERTIFICATE NO.  
GJ064-2

MATERIAL STANDARDS: ASTM SA/A234 WPB  
DIMENSION STANDARDS: ANSI B16.9  
SPECIAL CONDITIONS: Made of seamless pipes  
CERTIFICATE STANDARD: EN 10204 3.1B  
MANUFACTURING PROCESS: HOT FORMED

C.E. = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15

MINIMUM STANDARD AS PER ABOVE SPECIFICATIONS				MECHANICAL PROPERTIES						CHEMICAL COMPOSITION										
NPS	DESCRIPTION	QTY	HEAT #	415MPa	240MPa	ELONGAT	197 HB	0.3M	0.29-	0.05	0.058	0.1	0.4	0.15	0.4	0.4	0.08	0.02M	0.5	
				MIN	MIN	10%	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX
				TENSILE	YIELD	30% (min)	HARDENS	C	Mn	P	S	SI	Cr	Mo	Ni	Cu	V	Nb	CE	
6"x3"	Con. Reducer Sch40	125	G30877	457	255	32	170	0.23	0.56	0.017	0.015	0.22	0.1	0.02	0.09	0.01	0.01	0.011	0.36	
6"x4"	Con. Reducer Sch40	385	G30877	457	255	32	170	0.23	0.56	0.017	0.015	0.22	0.1	0.02	0.09	0.01	0.01	0.011	0.36	
6"x5"	Con. Reducer Sch40	110	G30877	457	255	32	170	0.23	0.56	0.017	0.015	0.22	0.1	0.02	0.09	0.01	0.01	0.011	0.36	
1"x1/2"	Con. Reducer Sch80	30	G37542	450	247	31	168	0.19	0.57	0.015	0.012	0.24	0.09	0.02	0.15	0.1	0.01	0.01	0.36	
3"x3"	Con. Reducer Sch80	25	G39808	457	255	32	170	0.23	0.56	0.017	0.015	0.22	0.1	0.02	0.09	0.01	0.01	0.011	0.36	
5"x4"	Con. Reducer Sch80	50	G39808	457	255	32	170	0.23	0.56	0.017	0.015	0.22	0.1	0.02	0.09	0.01	0.01	0.011	0.36	
6"x3"	Con. Reducer Sch80	20	G39766	472	257	32	168	0.21	0.54	0.02	0.017	0.26	0.11	0.03	0.12	0.1	0.01	0.009	0.34	
6"x4"	Con. Reducer Sch80	30	G39766	472	257	32	168	0.21	0.54	0.02	0.017	0.26	0.11	0.03	0.12	0.1	0.01	0.009	0.34	
6"x5"	Con. Reducer Sch80	40	G39766	472	257	32	168	0.21	0.54	0.02	0.017	0.26	0.11	0.03	0.12	0.1	0.01	0.009	0.34	
8"x6"	Con. Reducer Sch80	15	G30108	468	253	31	171	0.23	0.57	0.021	0.013	0.24	0.09	0.02	0.15	0.1	0.01	0.009	0.36	
3"x2"	Rec. Reducer Sch40	20	H2052	456	258	31	171	0.24	0.56	0.021	0.013	0.24	0.09	0.02	0.15	0.1	0.01	0.009	0.37	
12"x6"	Rec. Reducer Sch40	2	G27618	449	255	32	171	0.22	0.57	0.019	0.016	0.24	0.12	0.03	0.14	0.1	0.01	0.008	0.34	
12"x8"	Rec. Reducer Sch40	2	G27618	449	255	32	171	0.22	0.57	0.019	0.016	0.24	0.12	0.03	0.14	0.1	0.01	0.008	0.34	
12"x10"	Rec. Reducer Sch40	3	G27618	449	255	32	171	0.22	0.57	0.019	0.016	0.24	0.12	0.03	0.14	0.1	0.01	0.008	0.34	
3"x2"	Red Tee Sch40	5	G26580	456	258	31	171	0.24	0.56	0.021	0.013	0.24	0.09	0.02	0.15	0.1	0.01	0.009	0.37	
4"x2"	Red Tee Sch80	10	G26208	462	255	32	170	0.21	0.56	0.017	0.015	0.22	0.1	0.02	0.09	0.01	0.01	0.008	0.34	
4"x3"	Red Tee Sch80	5	G26208	462	255	32	170	0.21	0.56	0.017	0.015	0.22	0.1	0.02	0.09	0.01	0.01	0.008	0.34	

we certify that the material described herein has been inspected/tested satisfactorily in accordance with the standards specified above and fulfills the requirements.

March 15th, 2010

- ARKS: 1. VISUAL EXAMINATION: GOOD  
2. DIMENSIONAL EXAMINATION: GOOD  
3. IDENTIFICATION MARK: PH

CHIEF INSPECTOR:

PH

MILL TEST CERTIFICATE

NUMBER: D: ASTM /ASME A/SA 234 WPB 2003  
 DIMENSIONS IN ACCORDANCE WITH ANSI B16.9

SHIPPING MARK: T.S.A-984  
 NO.1-38/38  
 INVOICE NO.: UV10002  
 PAGE NO.: 1 OF 3  
 DATE: 05-Apr-10

DESCRIPTION: SEAMLESS BUTT WELD FITTINGS MANUFACTURED TO ASTM /ASME A/SA 234 WPB 2003

Heat No	DESCRIPTION	SIZE	CHEMICAL COMPOSITION											PHYSICAL PROPERTIES		
			C	Mn	P	S	Si	Cr	Mo	V	Ni	Cu	TENSILE STRENGTH (Mpa)	YIELD POINT (Mpa)	ELONGATION %	
12507	90 DEGREES ELBOWS L/R SCH 40	2 1/2"	0.20	0.47	0.018	0.008	0.25	0.02	0.010	0.009	0.011	0.013	450	280	28	
12501	90 DEGREES ELBOWS L/R SCH 40	4"	0.21	0.49	0.017	0.009	0.26	0.03	0.010	0.009	0.011	0.013	445	275	29	
12726	90 DEGREES ELBOWS L/R SCH 40	6"	0.19	0.48	0.019	0.025	0.21	0.03	0.010	0.009	0.013	0.012	440	325	26	
12567	90 DEGREES ELBOWS L/R SCH 40	8"	0.20	0.47	0.018	0.008	0.25	0.02	0.009	0.010	0.011	0.013	450	280	28	
12107	90 DEGREES ELBOWS L/R SCH 80	1/2"	0.21	0.49	0.017	0.009	0.26	0.03	0.010	0.009	0.011	0.013	445	275	29	
12187	90 DEGREES ELBOWS L/R SCH 80	2 1/2"	0.20	0.48	0.019	0.025	0.21	0.03	0.010	0.009	0.013	0.012	450	300	29	
12478	90 DEGREES ELBOWS L/R SCH 80	3"	0.18	0.49	0.019	0.025	0.21	0.03	0.010	0.009	0.013	0.012	440	325	26	
12134	90 DEGREES ELBOWS L/R SCH 80	8"	0.20	0.47	0.018	0.008	0.25	0.02	0.010	0.009	0.011	0.013	450	280	28	
12301	CAPS SCH 40	6"	0.19	0.48	0.019	0.025	0.21	0.03	0.010	0.009	0.013	0.012	450	300	29	
12421	CAPS SCH 40	8"	0.18	0.46	0.019	0.025	0.21	0.03	0.009	0.010	0.013	0.012	460	325	28	

WE CERTIFY THAT THE ABOVE PRODUCTS MEET THE REQUIREMENTS AND STANDARDS CONCERNED AND OF THE ORDER.

INSPECTOR:

MILL TEST CERTIFICATE

NUMBER: D: ASTM /ASME A/SA 234 WPB 2003  
 DIMENSIONS IN ACCORDANCE WITH ANSI B16.9

SHIPPING MARK: T.S.A-984  
 NO.1-38/38  
 INVOICE NO.: UV10002  
 PAGE NO.: 2 OF 3  
 DATE: 05-Apr-10

DESCRIPTION: SEAMLESS BUTT WELD FITTINGS MANUFACTURED TO ASTM /ASME A/SA 234 WPB 2003

Heat No	DESCRIPTION	SIZE	CHEMICAL COMPOSITION											PHYSICAL PROPERTIES		
			C	Mn	P	S	Si	Cr	Mo	V	Ni	Cu	TENSILE STRENGTH (Mpa)	YIELD POINT (Mpa)	ELONGATION %	
12137	CAPS SCH 40	10"	0.21	0.47	0.018	0.021	0.22	0.02	0.010	0.009	0.012	0.013	460	320	28	
12946	EQUAL TEE SCH 40	5"	0.18	0.46	0.018	0.025	0.21	0.03	0.009	0.010	0.013	0.013	450	310	29	
12897	CONCENTRIC REDUCER SCH 40	2-1/2" x 1-1/2"	0.18	0.48	0.019	0.025	0.21	0.03	0.010	0.009	0.013	0.012	440	325	26	
12897	CONCENTRIC REDUCER SCH 40	2-1/2" x 2"	0.18	0.47	0.019	0.025	0.21	0.03	0.010	0.009	0.012	0.013	440	325	26	
12655	CONCENTRIC REDUCER SCH 40	3" x 1"	0.19	0.48	0.019	0.025	0.21	0.03	0.009	0.010	0.013	0.012	460	325	28	
12658	CONCENTRIC REDUCER SCH 40	3" x 2"	0.18	0.48	0.019	0.025	0.21	0.03	0.010	0.009	0.013	0.012	460	325	28	
12618	CONCENTRIC REDUCER SCH 40	4" x 3"	0.21	0.46	0.018	0.020	0.22	0.02	0.010	0.009	0.012	0.013	460	320	28	
12946	CONCENTRIC REDUCER SCH 40	5" x 3"	0.21	0.46	0.018	0.020	0.22	0.02	0.009	0.010	0.012	0.012	460	320	28	
12946	CONCENTRIC REDUCER SCH 40	5" x 4"	0.21	0.46	0.018	0.020	0.22	0.02	0.009	0.010	0.012	0.012	450	300	29	
12446	CONCENTRIC REDUCER SCH 80	1" x 3/4"	0.18	0.48	0.019	0.025	0.21	0.03	0.009	0.010	0.013	0.012	445	320	27	

WE CERTIFY THAT THE ABOVE PRODUCTS MEET THE REQUIREMENTS AND STANDARDS CONCERNED AND OF THE ORDER.

INSPECTOR:

MILL TEST CERTIFICATE

NUMBER: RD: ASTM /ASME A/SA 234 WPB 2003  
DIMENSIONS IN ACCORDANCE WITH ANSI B16.9

SHIPPING MARK: T.S.A-984  
NO.1-38/38  
INVOICE NO.: UV10002  
PAGE NO.: 3 OF 3  
DATE: 05-Apr-10

DESCRIPTION: SEAMLESS BUTT WELD FITTINGS MANUFACTURED TO ASTM /ASME A/SA 234 WPR 2003

Item	Heat No	DESCRIPTION	SIZE	CHEMICAL COMPOSITION										PHYSICAL PROPERTIES		
				C	Mn	P	S	Si	Cr	Mo	V	Ni	Cu	TENSILE STRENGTH (Mpa)	YIELD POINT (Mpa)	ELONGATION %
5	12642	CONCENTRIC REDUCER SCH 80	1-1/4" x 1"	0.20	0.47	0.018	0.008	0.25	0.02	0.010	0.009	0.011	0.013	450	280	29
5	12278	CONCENTRIC REDUCER SCH 80	1 1/2" x 1"	0.21	0.49	0.017	0.009	0.26	0.02	0.010	0.009	0.011	0.013	440	275	29
5	12854	CONCENTRIC REDUCER SCH 80	3" X 1 1/4"	0.18	0.48	0.019	0.025	0.21	0.03	0.009	0.010	0.013	440	325	26	
5	12854	CONCENTRIC REDUCER SCH 80	3" x 2"	0.18	0.48	0.019	0.025	0.21	0.03	0.010	0.009	0.012	0.013	440	325	26
5	12854	CONCENTRIC REDUCER SCH 80	3" x 2-1/2"	0.18	0.48	0.019	0.025	0.21	0.03	0.010	0.009	0.011	0.013	440	325	26
5	12958	CONCENTRIC REDUCER SCH 80	4" X 2"	0.18	0.48	0.019	0.025	0.21	0.03	0.009	0.010	0.013	0.012	450	300	29
5	12958	CONCENTRIC REDUCER SCH 80	4" X 3"	0.18	0.48	0.019	0.025	0.21	0.03	0.009	0.010	0.013	0.012	450	300	29

This Mill test report are in compliance with NACE MR-01-75.

WE CERTIFY THAT THE ABOVE PRODUCTS MEET THE REQUIREMENTS STANDARD CONCERNED AND OF THE ORDER.

INSPECTOR:

MANUFACTURER TEST CERTIFICATE  
FORGED FLANGES

CERTIFICATE NO.  
030564-1

CUSTOMER:  
P. U. NO. 987

MATERIAL STANDARDS: ASTM A105  
DIMENSION STANDARDS: ANSI B16.5  
SPECIAL CONDITIONS: Made of Billets  
CERTIFICATE STANDARD: EN 10204 3.1B  
MANUFACTURING PROCESS: HOT FORMED

C.E = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15

ITEM	NPS	DESCRIPTION	QTY	HEAT#	MECHANICAL PROPERTIES				CHEMICAL COMPOSITION										C.E.	
					TENSILE	YIELD	30% (min)	HARDNESS	C	Mn	P	S	Si	Cr	Mo	Ni	Cu	V		Nb
17	2"	Threaded Flange 150# NPT	300	F58733	457	255	32	170	0.21	0.56	0.017	0.015	0.22	0.1	0.02	0.09	0.09	0.01	0.011	0.34
18	2-1/2"	Threaded Flange 150# NPT	40	F58733	457	255	32	170	0.21	0.56	0.017	0.015	0.22	0.1	0.02	0.09	0.09	0.01	0.011	0.34
19	3"	Threaded Flange 150# NPT	40	F58733	457	255	32	170	0.21	0.56	0.017	0.015	0.22	0.1	0.02	0.09	0.09	0.01	0.011	0.34
20	4"	Threaded Flange 150# NPT	300	F58733	457	255	32	170	0.21	0.56	0.017	0.015	0.22	0.1	0.02	0.09	0.09	0.01	0.011	0.34
21	4"	WN Flange RF 150# Sch80	20	F58733	457	255	32	170	0.21	0.56	0.017	0.015	0.22	0.1	0.02	0.09	0.09	0.01	0.011	0.34
22	6"	WN Flange RF 150# Sch80	55	F58733	457	255	32	170	0.21	0.56	0.017	0.015	0.22	0.1	0.02	0.09	0.09	0.01	0.011	0.34

We hereby certify that the material described herein has been inspected/tested satisfactorily in accordance with the standards specified above and purchase order requirements.

Date: March. 20, 2010

REMARKS: 1. VISUAL EXAMINATION: GOOD  
2. DIMENSIONAL EXAMINATION: GOOD  
3. IDENTIFICATION MARK: PH

## **APÉNDICE C**

### **ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA**

**Compañía:**

WPS #: 3-11

Fecha: 08-Ago-11

PQR de soporte:

Revisión #:

Fecha:

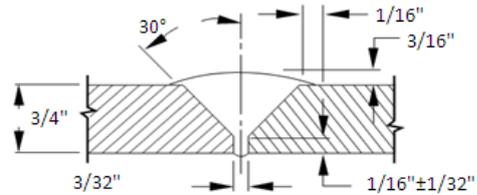
Hoja: 1-2

Proceso(s) de Soldadura: **GTAW- SMAW**

Tipo: Manual (  ) Semi-automática ( ) Automática ( )

**JUNTA QW-402**

Diseño de junta: **ANSI B 16.25**  
 Abertura de raíz: **3/32"**  
 Respaldo: Si (  ) No (  )  
 Material de respaldo: **NA**  
 Repelado de raíz: Si ( ) No (  )  
 Metodo: **NA**  
*respaldo para smaw, gtaw no requiere*



**METALES BASE QW - 403**

P-No: **1** Group No: **1-2** al P-No: **1** Group No: **1-2**  
 Especificación: **ASTM A106**  
 Rango del espesor de metal base: Canal: **1/8" - 1 1/2"** Filete: **1/8"**

**METALES APORTE QW - 404**

Paso:	Raíz	Relleno
Proceso:	<b>GTAW</b>	<b>SMAW</b>
Especificación SFA:	<b>5.18</b>	<b>5.1</b>
Clasificación AWS:	<b>ER-70S-X</b>	<b>E 7018</b>
Metal de Relleno F Nº	<b>6</b>	<b>4</b>
Metal de Relleno A Nº	<b>1</b>	<b>1</b>
φ metal de relleno:	<b>3/32"</b>	<b>1/8"</b>
Forma metal de relleno:	<b>Electrodo</b>	<b>Electrodo Revestido</b>
Revestimiento:	<b>NA</b>	<b>Celulosico</b>
Metal de relleno suplementario:	<b>NA</b>	<b>NA</b>
Rango de espesores de metal depositado:		
canal:	<b>1 1/2" + sobremona</b>	
filete:	<b>1/8-1 1/2"</b>	
Electrodo-Fundente (Clase):	<b>NA</b>	<b>NA</b>
Tipo de Fundente:	<b>NA</b>	<b>NA</b>
Nombre comercial de Fundente:	<b>NA</b>	<b>NA</b>
Insertos consumible:	<b>NA</b>	<b>NA</b>
Otro:		

**POSICIONES QW-405**

Posiciones Canal (groove): **6G**  
 Avance: **uphill**  
 Posiciones Filete (Fillet): **6F**  
 Otro: **NA**

**GAS QW-408**

Shielding	Gas(es)	Porcentaje	Flujo
Backing	<b>ARGON</b>	<b>99.96%</b>	<b>22-30 CFH</b>
Railing	<b>NA</b>		
Otro	<b>NA</b>		

**PRECALENTAMIENTO QW-406**

PRECALENTAMIENTO *por codigo (  )* por proceso ( ) si ( ) no ( )  
 Temp. de precalentamiento: **10°C** Temp. entre pasadas min: **10°C** max: **260°C**  
 CALENTAMIENTO POSTERIOR A LA SOLDADURA si ( ) no (  )

**TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA QW-407**

TRAT. TERMICO *por codigo ( )* por proceso ( ) si ( ) no (  )  
 Rango de Temp. \_\_\_\_\_ Rango de Tiempo. \_\_\_\_\_ Otro \_\_\_\_\_

Compañía:

WPS #: 3-11

Fecha: 08-Ago-11

PQR de soporte:

Revision #:

Fecha:

Hoja: 2-2

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)

Capa	Proceso	Material de aporte		Corriente				
		Clase	$\phi$	Polaridad	Amperaje	Voltaje	V. avance	V aporte
<i>punteado</i>	GTAW	ER-70S-X	3/32"	DCSP (E-)	80-140	10-14	NA	NA
<i>raiz</i>	GTAW	ER-70S-X	3/32"	DCSP (E-)	80-140	10-14	NA	NA
<i>pasos</i>	GTAW	ER-70S-X	3/32"	DCSP (E-)	80-140	10-14	NA	NA
<i>relleno</i>	SMAW	E-7018	3/32-3/16"	DCRP (E+)	70-270	20-28	NA	NA

Tamaño y tipo del electrode de Tungsteno: **1/8"- AWS 5.12**

Mode de transferencia de metal para GMAW (FCAW): **NA**

Otro: **NA**

TECNICA QW-410

Cordon: **Rectilineo en raiz, ondulado en demas pasas**

Diametro del orificio, boquilla: **Nº4 y Nº6 con filtros difusores de gas**

Limpieza inicial entre pasadas: **Cepillo, grata, esmeril entre capas.**

Metodo de remocion de raiz: **NA**

Oscilacion: **NA**

Paso simple o multiple por lado: **Paso multiple de un solo lado**

Electrodo simple o multiple: **Electrodo simple**

Martillado: **No se permite**

Otro: **NA**

**Compañía:**

**WPS #:** 4-11

**Fecha:** 08-Ago-11

**PQR de soporte:**

**Revisión #:**

**Fecha:**

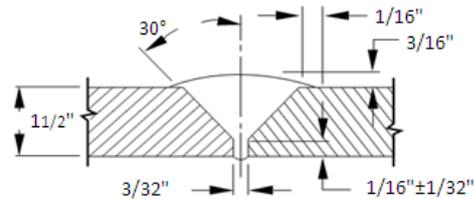
**Hoja:** 1-2

Proceso(s) de Soldadura: **GTAW**

Tipo: Manual (  ) Semi-automática ( ) Automática ( )

**JUNTA QW-402**

Diseño de junta: **ANSI B 16.25**  
 Abertura de raíz: **3/32"**  
 Respaldo: Si ( ) No (  )  
 Material de respaldo: **NA**  
 Repelado de raíz: Si ( ) No (  )  
 Metodo: **NA**



**METALES BASE QW - 403**

P-No: **1** Group No: **1-2** al P-No: **1** Group No: **1-2**  
 Especificación: **ASTM A106**  
 Rango del espesor de metal base: Canal: **1/8" - 1 1/2 "** Filete: **1/8"**

**METALES APORTE QW - 404**

Paso:	Raíz	Relleno
Proceso:	<b>GTAW</b>	<b>GTAW</b>
Especificación SFA:	<b>5.18</b>	<b>5.18</b>
Clasificación AWS:	<b>ER-70S-X</b>	<b>ER-70S-X</b>
Metal de Relleno F N°	<b>6</b>	<b>6</b>
Metal de Relleno A N°	<b>1</b>	<b>1</b>
Ø metal de relleno:	<b>3/32"</b>	<b>3/32"</b>
Forma metal de relleno:	<b>Electrodo</b>	<b>Electrodo</b>
Revestimiento:	<b>NA</b>	<b>NA</b>
Metal de relleno suplementario:	<b>NA</b>	<b>NA</b>
Rango de espesores de metal depositado:		
canal:	<b>1 1/2 + sobremonta</b>	
filete:	<b>1/8-1 1/2 "</b>	
Electrodo-Fundente (Clase):	<b>NA</b>	<b>NA</b>
Tipo de Fundente:	<b>NA</b>	<b>NA</b>
Nombre comercial de Fundente:	<b>NA</b>	<b>NA</b>
Insertos consumible :	<b>NA</b>	<b>NA</b>
Otro:	<b>NA</b>	<b>NA</b>

**POSICIONES QW-405**

Posiciones Canal (groove): **6G**  
 Avance: **uphill**  
 Posiciones Filete (Fillet): **6F**  
 Otro: **NA**

**GAS QW-408**

Shielding	Gas(es)	Porcentaje	Flujo
Backing	<b>ARGON</b>	<b>99.96%</b>	<b>22-30 CFH</b>
Railing	<b>NA</b>		
Otro	<b>NA</b>		

**PRECALENTAMIENTO QW-406**

PRECALENTAMIENTO *porcodigo* (  ) por proceso ( ) si ( ) no ( )  
 Temp. de precalentamiento: **10°C** Temp. entre pasadas min: **10°C** max: **260°C**  
 CALENTAMIENTO POSTERIOR A LA SOLDADURA si ( ) no (  )

**TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA QW-407**

TRAT. TERMICO por codigo ( ) por proceso ( ) si ( ) no (  )  
 Rango de Temp \_\_\_\_\_ Rango de Tiempo. \_\_\_\_\_ Otro \_\_\_\_\_

Compañía:

WPS #: 4-11

Fecha: 08-Ago-11

PQR de soporte:

Revision #:

Fecha:

Hoja: 2-2

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)

Capa	Proceso	Material de aporte		Corriente			V. avance	V aporte
		Clase	φ	Polaridad	Amperaje	Voltaje		
<i>punteado</i>	GTAW	ER-70S-X	3/32"	DCSP (E-)	90-130	10-12	5-15 cm/min	NA
<i>raiz</i>	GTAW	ER-70S-X	3/32"	DCSP (E-)	110-140	12-16	5-15 cm/min	NA
<i>pasos</i>	GTAW	ER-70S-X	3/32"	DCSP (E-)	120-140	12-16	5-15 cm/min	NA
<i>relleno</i>	GTAW	ER-70S-X	3/32"	DCSP (E-)	120-140	12-16	5-15 cm/min	NA

Tamaño y tipo del electrode de Tungsteno: **1/8"- AWS 5.12**

Mode de transferencia de metal para GMAW (FCAW): **NA**

Otro: **NA**

TECNICA QW-410

Cordon: **Rectilineo en raiz, ondulado en demas pasos**

Diametro del orificio, boquilla: **Nº4 y Nº6 con filtros difusores de gas**

Limpieza inicial entre pasadas: **Cepillo, grata, esmeril entre capas.**

Metodo de remocion de raiz: **NA**

Oscilacion: **NA**

Paso simple o multiple por lado: **Paso multiple de un solo lado**

Electrodo simple o multiple: **Electrodo simple**

Martillado: **No se permite**

Otro: **NA**

## **APÉNDICE D**

### **CALIFICACIÓN DE DESEMPEÑO DE SOLDADORES**

<b>Compañía:</b>		<b>Fecha:</b>	
<b>Cliente:</b>		<b>Reporte No.</b>	
<b>Proyecto:</b>		<b>Código del Proyecto:</b>	
Nombre:		Tipo de Probeta:	
# Cedula:		# Estampe:	
		De Prueba ( ) De Campo ( )	
		Procedimiento/WPS:	
<b>VARIABLES DE LA PRUEBA Y RANGOS DE CALIFICACION</b>			
<b>Variables de soldadura ( QW-350 )</b>		<b>Valores reales</b>	
<b>Rango de calificacion</b>			
Proceso de soldadura	<i>GTAW</i>	<i>GTAW</i>	<i>GTAW</i>
Tipo	<i>MANUAL</i>	<i>MANUAL</i>	<i>MANUAL</i>
Diseño de junta	<i>CANAL</i>	<i>CANALY FILETE</i>	<i>CANALY FILETE</i>
Respaldo	<i>SIN RESPALDO</i>	<i>CON O SIN RESPALDO</i>	<i>CON O SIN RESPALDO</i>
Especificación de material base	<i>P No1 G No 1-2</i>	<i>P No1 G No 1-2</i>	<i>P No1 G No 1-2</i>
Diametro	<i>2"</i>	<i>1"- ilimitado</i>	<i>1"- ilimitado</i>
Espesor	<i>.154" [3.91 mm]</i>	<i>.0308" [7.82 mm]</i>	<i>.0308" [7.82 mm]</i>
Especificación SFA metal de aporte	<i>5.18</i>	<i>5.18</i>	<i>5.18</i>
Clasificación AWS metal de aporte	<i>ER-70S-3</i>	<i>toda clasificacion</i>	<i>toda clasificacion</i>
Metal de aporte F N°	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>6</i>
φ metal de aporte	<i>3/32"</i>	<i>NA</i>	<i>NA</i>
Injerto consumible (GTAW o PAW)	<i>NA</i>	<i>NA</i>	<i>NA</i>
Forma del metal de aporte	<i>metal solido</i>	<i>metal solido</i>	<i>metal solido</i>
Espesor depositado por proceso	<i>t</i>	<i>2t</i>	<i>2t</i>
Posición	<i>6G</i>	<i>Todas</i>	<i>Todas</i>
Progresion	<i>Uphill</i>	<i>Uphill</i>	<i>Uphill</i>
Tipo de gas combustible (OFW)	<i>NA</i>	<i>NA</i>	<i>NA</i>
Gas o tipo de fundente	<i>Argon 99.9%</i>	<i>NA</i>	<i>NA</i>
Gas inerte de respaldo	<i>NA</i>	<i>NA</i>	<i>NA</i>
Modo de transferencia (GMAW)	<i>NA</i>	<i>NA</i>	<i>NA</i>
Tipo de corriente y polaridad	<i>DCSP E(-)</i>	<i>NA</i>	<i>NA</i>
<b>Inspeccion visual (QW-302.4): buena presentacion, no presenta socavacion, sobremonta dentro del rango no presenta porosidades, no presenta rajaduras.</b>			
<b>Ensayo destructivo: NA</b>			
tipo	resultado	tipo	resultado
<b>Prueba radiografica: aprobada, soldador calificado acorde a los requisitos presentados en el codigo ASME BPV seccion IX, con la prueba acorde a la seccion V, articulo II del codigo mencionado</b>			
Radiografias evaluados por:		Compañía:	
Ensayos mecanicos evaluados por: <i>NA</i>		Reporte de laboratorio No: <i>NA</i>	
Soldadura supervisada por:		Cargo:	

<b>Compañía:</b>		<b>Fecha:</b>			
<b>Cliente:</b>		<b>Reporte No.</b>			
<b>Proyecto:</b>		<b>Código del Proyecto:</b>			
Nombre:		Tipo de Probeta: De Prueba ( ) De Campo ( )			
# Cedula:		# Estampe: Procedimiento/WPS:			
<b>VARIABLES DE LA PRUEBA Y RANGOS DE CALIFICACION</b>					
<b>Variables de soldadura ( QW-350 )</b>	<b>Valores reales</b>	<b>Rango de calificacion</b>			
Proceso de soldadura	<i>GTAW</i>	<i>GTAW</i>			
Tipo	<i>MANUAL</i>	<i>MANUAL</i>			
Diseño de junta	<i>CANAL</i>	<i>CANAL Y FILETE</i>			
Respaldo	<i>SIN RESPALDO</i>	<i>CON O SIN RESPALDO</i>			
Especificación de material base	<i>P No1 G No 1-2</i>	<i>P No1 G No 1-2</i>			
Diametro	<i>6"</i>	<i>2 7/8" - ilimitado</i>			
Espesor	<i>.280" [7,11 mm]</i>	<i>.560" [14,22 mm]</i>			
Especificación SFA metal de aporte	<i>5.18</i>	<i>5.18</i>			
Clasificación AWS metal de aporte	<i>ER-70S-3</i>	<i>toda clasificacion</i>			
Metal de aporte F N°	<i>6</i>	<i>6</i>			
φ metal de aporte	<i>3/32"</i>	<i>NA</i>			
Injerto consumible (GTAW o PAW)	<i>NA</i>	<i>NA</i>			
Forma del metal de aporte	<i>metal solido</i>	<i>metal solido</i>			
Espesor depositado por proceso	<i>t</i>	<i>2t</i>			
Posicion	<i>6G</i>	<i>Todas</i>			
Progresion	<i>Uphill</i>	<i>Uphill</i>			
Tipo de gas combustible (OFW)	<i>NA</i>	<i>NA</i>			
Gas o tipo de fundente	<i>Argon 99.9%</i>	<i>NA</i>			
Gas inerte de respaldo	<i>NA</i>	<i>NA</i>			
Modo de transferencia (GMAW)	<i>NA</i>	<i>NA</i>			
Tipo de corriente y polaridad	<i>DCSP E(-)</i>	<i>NA</i>			
Inspeccion visual (QW-302.4): buena presentacion, no presenta socavacion, sobremonta dentro del rango no presenta porosidades, no presenta rajaduras.					
Ensayo destructivo: NA					
tipo	resultado	tipo	resultado	tipo	resultado
Prueba radiografica: aprobada, soldador calificado acorde a los requisitos presentados en el codigo ASME BPV seccion IX, con la prueba acorde a la seccion V, articulo II del codigo mencionado					
Radiografias evaluados por:			Compañía:		
Ensayos mecanicos evaluados por: <b>NA</b>			Reporte de laboratorio No: <b>NA</b>		
Soldadura supervisada por:			Cargo:		

<b>Compañía:</b>		<b>Fecha:</b>			
<b>Cliente:</b>		<b>Reporte No.</b>			
<b>Proyecto:</b>		<b>Código del Proyecto:</b>			
Nombre: _____ Tipo de Probeta: De Prueba ( ) De Campo ( )					
# Cedula: _____		# Estampe: _____ Procedimiento/WPS: _____			
<b>VARIABLES DE LA PRUEBA Y RANGOS DE CALIFICACION</b>					
<b>VARIABLES DE SOLDADURA ( QW-350 )</b>					
	<b>Valores reales</b>		<b>Rango de calificacion</b>		
Proceso de soldadura	<i>GTAW</i>	<i>SMAW</i>	<i>GTAW</i>	<i>SMAW</i>	
Tipo	<i>MANUAL</i>		<i>MANUAL</i>		
Diseño de junta	<i>CANAL</i>		<i>CANALY FILETE</i>		
Respaldo	<i>SIN RESPALDO</i>	<i>CON RESPALDO</i>	<i>CON O SIN RESPALDO</i>	<i>CON RESPALDO</i>	
Especificación de material base	<i>P No1 G No 1-2</i>	<i>P No1 G No 1-2</i>	<i>P No1 G No 1-2</i>	<i>P No1 G No 1-2</i>	
Diametro	<i>6"</i>		<i>27/8" - ilimitado</i>		
Espesor de metal base	<i>.280" [7,11 mm]</i>		<i>.560" [14,22 mm]</i>		
Especificación SFA metal de aporte	<i>5.18</i>	<i>5.1</i>	<i>5.18</i>	<i>5.1</i>	
Clasificación AWS metal de aporte	<i>ER-70S-3</i>	<i>E 7018</i>	<i>toda clasif.</i>	<i>E XX18</i>	
Metal de aporte F N°	<i>6</i>	<i>4</i>	<i>6</i>	<i>4</i>	
φ metal de aporte	<i>3/32"</i>	<i>3/32"</i>	<i>NA</i>	<i>NA</i>	
Injerto consumible (GTAW o PAW)	<i>NA</i>	<i>NA</i>	<i>NA</i>	<i>NA</i>	
Forma del metal de aporte	<i>metal solido</i>	<i>elect. revestido</i>	<i>metal solido</i>	<i>elect. revestido</i>	
Espesor depositado por proceso	<i>.140" [3,55 mm]</i>	<i>.140" [3,55 mm]</i>	<i>.280" [7,11 mm]</i>	<i>.280" [7,11 mm]</i>	
Posicion	<i>6G</i>	<i>6G</i>	<i>Todas</i>	<i>Todas</i>	
Progresion	<i>Uphill</i>	<i>Uphill</i>	<i>Uphill</i>	<i>Uphill</i>	
Tipo de gas combustible (OFW)	<i>NA</i>	<i>NA</i>	<i>NA</i>	<i>NA</i>	
Gas o tipo de fundente	<i>Argon 99.9%</i>	<i>NA</i>	<i>NA</i>	<i>NA</i>	
Gas inerte de respaldo	<i>NA</i>	<i>NA</i>	<i>NA</i>	<i>NA</i>	
Modo de transferencia (GMAW)	<i>NA</i>	<i>NA</i>	<i>NA</i>	<i>NA</i>	
Tipo de corriente y polaridad	<i>DCSP E(-)</i>	<i>DCRP E(+)</i>	<i>NA</i>	<i>NA</i>	
Inspeccion visual (QW-302.4): buena presentacion, no presenta socavacion, sobremonta dentro del rango no presenta porosidades, no presenta rajaduras.					
Ensayo destructivo: <b>NA</b>					
tipo	resultado	tipo	resultado	tipo	resultado
Prueba radiografica: aprobada, soldador calificado acorde a los requisitos presentados en el codigo ASME BPV seccion IX, con la prueba acorde a la seccion V, articulo II del codigo mencionado					
Radiografias evaluados por:			Compañía:		
Ensayos mecanicos evaluados por: <b>NA</b>			Reporte de laboratorio No: <b>NA</b>		
Soldadura supervisada por:			Cargo:		

## **APÉNDICE E**

### **RESULTADOS DE INSPECCIONES RADIOGRÁFICOS**















## **APÉNDICE F**

### **REPORTE DE PRUEBAS DE PRESIÓN NEUMÁTICAS**

<b>Compañía</b>				<b>Fecha:</b>				
<b>Cliente:</b>				<b>Reporte No.</b>				
<b>Proyecto:</b>				<b>Código del Proyecto:</b>				
DATOS DE LINEA				CONDICIONES DE DISEÑO		CONDICIONES DE LA PRUEBA		
No.	Servicio	Desde	Hasta	Pre. Dis. Kg/cm2	Temp. °c	Presión Kg/cm2	Temp. °c	Tiempo min.
1	HFO	UNLOADING PUMP	STORAGE TANK	5	40	5,5	30	60
2	HFO	STORAGE TANK	TRANSFER PUMP	5	60	5,5	30	69
3	HFO	TRANSFER PUMP	SETTLING TANK	5	60	5,5	30	72
4	HFO	SERVICE TANK	SUPPLY PUMP	10	95	11	30	60
5	HFO	SUPPLY PUMP	BOOSTER UNIT	10	95	11	30	60
7	HFO	SETTLING TANK	PURIFIER UNIT	5	70	5,5	30	65
8	HFO	PURIFIER UNIT	SERVICE TANK	5	98	5,5	30	60
9	HFO	BOOSTER UNIT	MDU HFO INLET	16	130	17,6	30	63
10	HFO	MDU HFO OUTLET	BOOSTER UNIT	16	130	17,6	30	48
11	DO	UNLOADING PUMP	STORAGE TANK	5	30	5,5	30	50
12	DO	SERVICE TANK	SUPPLY PUMP	10	30	11	30	55
13	DO	SUPPLY PUMP	MDU (DO INLET)	10	30	11	30	62
14	DO	MDU (DO OUTLET)	SERVICE TANK	10	30	11	30	55
15	DO	STORAGE TANK	PURIFIER UNIT	5	30	5,5	30	50
16	DO	PURIFIER UNIT	SERVICE TANK	5	30	5,5	30	48
17	LO	UNLOADING PUMP	LO STORAGE TANK	5	30	5,5	30	30
18	LO	STORAGE TANK	LO TRANSFER PUMP	5	30	5,5	30	35
19	LO	TRANSFER PUMP	MDU (LO INLET)	5	30	5,5	30	30
20	LO	MDU LO OUTLET	PURIFIER UNIT	5	70	5,5	30	52
21	LO	PURIFIER UNIT	MDU (LO INLET)	5	90	5,5	30	60
22	LO	LO PURIFIER UNIT	USED LO TANK	5	70	5,5	30	70
23	CW	WATER TREATMENT U	HFO PURIFIER UNIT	10	30	11	30	30
24	CW	WATER TREATMENT U	DO PURIFIER UNIT	10	30	11	30	30
25	CW	WATER TREATMENT U	HFO PURIFIER UNIT	10	30	11	30	30
26	CW	RADIATOR	MDU (WATER INLET)	6	40	6,6	30	30
27	CW	MDU (WATER OUTLET)	RADIATOR	6	60	6,6	30	30
28	CW	MDU (WATER VENTIN	EXPANSION TANK	5	60	5,5	30	30
29	CW	WATER TREATMENT U	EXPANSION TANK	10	30	11	30	30
30	SA	AIR COMPRESSOR	HFO PURIFIER UNIT	10	30	33	30	60
31	SA	AIR COMPRESSOR	DO PURIFIER UNIT	10	30	33	30	60
32	SA	AIR COMPRESSOR	LO PURIFIER UNIT	10	30	33	30	60
33	SA	AIR COMPRESSOR	WATER TREATMENT U	10	30	33	30	60
34	STA	AIR COMPRESSOR	MDU (STARTING AIR	30	30	33	30	60
--	--	--	--	--	--	--	--	--
<b>Registrado por:</b>				<b>Liberado por:</b>				
<b>Nombre:</b>								
<b>Cargo:</b>								
<b>Firma:</b>								
<b>Fecha:</b>								



## **APÉNDICE G**

### **REPORTE DE LIMPIEZA DE SISTEMAS DE TUBERÍAS**

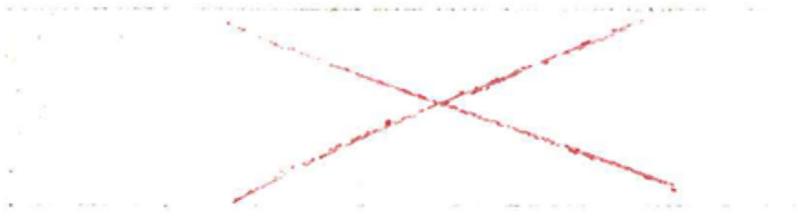


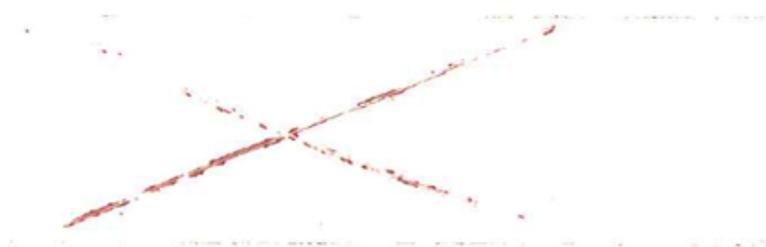




## **APÉNDICE H**

### **REPORTE DE PRUEBAS SOBRE SISTEMAS DE PROTECCIÓN SUPERFICIAL**

<b>Fecha:</b>		<b>Reporte No.</b>					
<b>Cliente:</b>		<b>Código del Proyecto:</b>					
<b>Proyecto:</b>							
<b>PREPARACION SUPERFICIAL</b>							
<p>Tipo de herramienta de corte: cuchilla de una sola hoja  Resistencia de adherencia de la cinta: 10 N  Espesor del metal base: sch 40  Tiempo de curado: 7 días  Espesor del recubrimiento: 250 µm  Temperatura ambiente: 29°C  Numero de ensayos: 1</p> <p style="text-align: right;">Temperatura de curado: 29°C  codigo de referencia: SSPC PA2  Humedad relativa: 25%</p>							
<b>APLICACIÓN DE PINTURA</b>							
Capa	Pintura	Diluyente	Espesor previo	Espesor medido		Metodo aplicación	observaciones
				Humedo	Seco		
acabado	poliuretano	8088	100	--	200	atomizado	
acabado	poliuretano	8088	200	--	250	atomizado	
<b>CHEQUEO FINAL Y OTRAS INSPECCIONES</b>							
<p>Cinta adhesiva de perfil de anclaje y prueba de adherencia de pintura</p> 							
OBSERVACIONES: los espesores indicados para la aplicación de pintura estan en mills/micras							
	<b>Registrado por:</b>		<b>Liberado por:</b>				
<b>Nombre:</b>							
<b>Cargo:</b>							
<b>Firma:</b>							
<b>Fecha:</b>							

<b>Fecha:</b>		<b>Reporte No.</b>					
<b>Cliete:</b>		<b>Código del Proyecto:</b>					
<b>Proyecto:</b>		<b>PREPARACION SUPERFICIAL</b>					
<p>Tipo de herramienta de corte: cuchilla de una sola hoja  Resistencia de adherencia de la cinta: 10 N  Espesor del metal base: sch 40  Tiempo de curado: 7 días  Espesor del recubrimiento: 280 µm  Temperatura ambiente: 29°C  Numero de ensayos: 1</p> <p style="text-align: right;">Temperatura de curado: 29°C  codigo de referencia: SSPC PA2  Humedad relativa: 25%</p>							
<b>APLICACIÓN DE PINTURA</b>							
Capa	Pintura	Diluyente	Espesor previo	Espesor medido		Metodo aplicación	observaciones
				Humedo	Seco		
acabado	poliuretano	8088	100	--	210	atomizado	
acabado	poliuretano	8088	210	--	280	atomizado	
<b>CHEQUEO FINAL Y OTRAS INSPECCIONES</b>							
<p>Cinta adhesiva de perfil de anclaje y prueba de adherencia de pintura</p>  <p>OBSERVACIONES: los espesores indicados para la aplicación de pintura estan en mills/micras</p>							
<b>Registrado por:</b>				<b>Liberado por:</b>			
<b>Nombre:</b>							
<b>Cargo:</b>							
<b>Firma:</b>							
<b>Fecha:</b>							

## **APÉNDICE I**

### **DIAGRAMAS DE TUBERÍAS E INSTRUMENTOS DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN**

SYMBOLS		5. FITTINGS	
1. PIPES AND PIPE JOINT	3. CONTROL AND REGULATION PART	VENT	VENT
INSULATED PIPE	HAND-OPERATED	VENT PIPE WITH NET	VENT PIPE WITH NET
STEAM TRACED & INSULATED PIPE	REMOTE CONTROL	FUNNEL/WASTE TRAY	FUNNEL/WASTE TRAY
CROSSING PIPES, NOT CONNECTED	SPRING	DRAIN	DRAIN
CROSSING PIPES, CONNECTED	MASS	GLYCERINE POT	GLYCERINE POT
TEE PIPE	FLOAT	DIAPHRAGM SEAL	DIAPHRAGM SEAL
FLEXIBLE JOINT	PISTON	LOOP SEAL	LOOP SEAL
BELLOWS TYPE EXPANSION JOINT	MEMBRANE	REDUCER	REDUCER
JOINT, SCREWED	* M - ELECTSD MOTOR S - SOLENOID E/H - ELECTRO-HYDRAULIC G - GAS MOTOR		
JOINT, FLANGED	** SPECIAL IDENTIFICATION OF FUNCTION LETTERS		
JOINT, SLEEVE			
JOINT, QUICK-RELEASING			
EXPANSION JOINT WITH GLAND			
EXPANSION BEND PIPE	4. APPLIANCES	SIGHT FLOW INDICATOR	SIGHT FLOW INDICATOR
CAP NUT	AUTO-BACK FLUSHING FILTER	OBSERVATION GLASS	OBSERVATION GLASS
BLIND FLANGE	Y-TYPE STRAINER	LEVEL INDICATOR	LEVEL INDICATOR
SPECTACLE FLANGE	BASKET TYPE STRAINER	MAIN PANEL FRONT MOUNTED INSTRUMENTS	MAIN PANEL FRONT MOUNTED INSTRUMENTS
ORIFICE ON FLANGE	DUPLEX STRAINER (BASKET TYPE)	LOCAL PANEL MOUNTED INSTRUMENTS	LOCAL PANEL MOUNTED INSTRUMENTS
LOOP EXPANSION JOINT	MAGNETIC FILTER	LOCALLY MOUNTED INSTRUMENTS	LOCALLY MOUNTED INSTRUMENTS
REDUCER	SEPARATOR	MAIN PANEL REAR MOUNTED INSTRUMENTS	MAIN PANEL REAR MOUNTED INSTRUMENTS
WELDED CAP	STEAM TRAP	LOCAL PANEL REAR MOUNTED INSTRUMENTS	LOCAL PANEL REAR MOUNTED INSTRUMENTS
INSULATION(TANK)	AUTO DRAIN TRAP	TELEMETRY SIGNAL	TELEMETRY SIGNAL
2. VALVES	WATER TRAP WITH MANUAL CONTROL	INTERLOCK IN REMOTE PANEL	INTERLOCK IN REMOTE PANEL
GLOBE VALVE(NORMAL OPEN)	CENTRIFUGAL PUMP	DISPLAY ON CRT	DISPLAY ON CRT
GLOBE VALVE(NORMAL CLOSE)	GEAR OR SCREW PUMP	* H : HIGH HH : HIGH HIGH ** L : LOW LL : LOW LOW	* H : HIGH HH : HIGH HIGH ** L : LOW LL : LOW LOW
ANGLE VALVE	HAND PUMP		
THREE-WAY VALVE	PISTON/DIAPHRAGM PUMP		
CHECK VALVE	HEAT EXCHANGER		
SCREW DOWN STOP CHECK VALVE (GLOBE)	ELECTSD PRE-HEATER		
SAFETY/RELIEF VALVE	AIR FILTER		
SELF-CLOSING VALVE	SILENCER		
QUICK-OPENING VALVE	CONE ROOF TANK		
QUICK-CLOSING VALVE	CYLINDRICAL TANK		
REGULATING VALVE	RECTANGULAR TANK		
NEEDLE VALVE	VESSEL		
BALL VALVE, COCK(NORMAL OPEN)	PURIFIER		
BALL VALVE, COCK(NORMAL CLOSE)	COMPRESSOR		
BUTTERFLY VALVE(NORMAL OPEN)	RADIATOR		
BUTTERFLY VALVE(NORMAL CLOSE)	COOLING TOWER		
GATE VALVE	EJECTOR		
THERMOSTATIC VALVE	ELECTROSTATIC PRECIPITATOR		
VALVE WITH TEST FLANGE	FLOW METER		
3-WAY VALVE WITH REMOTE CONTROL(ACTUATOR)	VISCOSITY CONTROLLER		
REDUCING VALVE			
DAMPER			
AUTO VENTING VALVE			

INSTRUMENT IDENTIFICATION TABLE																		
FUNCTION	PRIM-ARY ELEMENT	RECO-RDER	CONTROLLER		TRANSMITTER		CONVE-RTER	VALVE		SWITCH		ALARM		SHUT DOWN				
			IND.	REC.	BLIND	IND.		IND.	CONT.	GENER -AL	WELL	GLASS	GENE-RAL		EXT.	LOW	HIGH	
VARIABLE	E	I	R	C	IC	RC	T	IT	Y	CV	SHL	SH	SHH	A	ALL	AH	AHH	SDH
ANALYSIS	AE	AI	AR	AC	AIC	ARC	AT	AIT	AY	AS	ASH	ASH	ASH	AA	AAH	AAH	AAH	SDH
CONDUCTIVITY (ELECTSD)	CE	CI	CR	CC	CIC	CR	CT	CIT	CY	CS	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	SDH
DENSITY OR SPECIFIC GRAVITY	DE	DI	DR	DC	DIC	DRC	DT	DIT	DY	DS	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	SDH
VOLTAGE	EE	EI	ER	EC	EIC	ERC	ET	EIT	ES	ES	EA	EA	EA	EA	EA	EA	EA	SDH
FLOW	FE	FI	FR	FC	FIC	FRC	FT	FIT	FCV	FS	FSL	FSL	FSL	FA	FALL	FAH	FAH	FSDH
CURRENT	IE	II	IR	IC	IIC	IRC	IT	IIT	IS	IS	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	SDH
POWER	JE	JI	JR	JC	JIC	JRC	JT	JIT	JS	JS	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	SDH
LEVEL	LE	LI	LR	LC	LIC	LRC	LT	LIT	LY	LS	LAL	LAL	LAL	LA	LAL	LAH	LAH	LSDH
MOISTURE OR HUMIDITY	ME	MI	MR	MC	MIC	MRC	MT	MIT	MY	MS	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	SDH
PRESSURE	PE	PI	PR	PC	PIC	PRC	PT	PIT	PCV	PS	PSL	PSL	PSH	PA	PAL	PAH	PAH	PSDH
SPEED	SE	SI	SR	SC	SIC	SRC	ST	SIT	SS	SS	SA	SA	SA	SA	SA	SA	SA	SDH
TEMPERATURE	TE	TI	TR	TC	TIC	TRC	TT	TIT	TV	TS	TSL	TSL	TSH	TA	TAL	TAH	TAH	TSDH
VISCOSITY	VE	VI	VR	VC	VIC	VRC	VT	VIT	VS	VS	VA	VA	VA	VA	VA	VA	VA	SDH
WEIGHT	WE	WI	WR	WC	WIC	WRC	WT	WIT	WS	WS	WA	WA	WA	WA	WA	WA	WA	SDH
POSITION	ZE	ZI	ZR	ZC	ZIC	ZRC	ZT	ZIT	ZS	ZS	ZA	ZAL	ZAL	ZAH	ZAH	ZAH	ZAH	ZSDH
PH	PH	PHI	PHR	PHC	PHIC	PHRC	PHI	PHIT	PHV	PHS	PHA	PHA	PHA	PHA	PHA	PHA	PHA	SDH
PRESSURE DIFFERENTIAL	Pd	PdI	PdR	PdC	PdIC	PdRC	PdI	PdIT	PdV	PdS	PdL	PdL	PdH	PdA	PdAL	PdAH	PdAH	PdSDH
FLOW RATIO	FF	FFI	FFR	FFC	FFIC	FFRC	FFT	FFIT	FFV	FFS	FFA	FFA	FFA	FFA	FFA	FFA	FFA	SDH
FLOW INTEGRATE	FQ	FQI	FQR	FQC	FQIC	FQRC	FQT	FQIT	FQV	FQS	FQA	FQA	FQA	FQA	FQA	FQA	FQA	SDH
HAND (MANUALLY INITIATED)	H			HC	HIC				HCV	HS								HSDH
INTERFACE LEVEL	IL	ILE	ILR	ILC	ILIC	ILRC	ILT	ILIT	ILV	ILS	ILSL	ILSL	ILSH	ILA	ILAL	ILAH	ILAH	ILSDH
OTHER	X	XE	XI	XC	XIC	XRC	XT	XIT	XV	XS	XSL	XSL	XSH	XA	XAL	XAH	XAH	XSDH

LINE IDENTIFICATION		ABBREVIATIONS	
(A) ROW OF PLANT SEQUENTIAL NO.	0: SITE COMMON 1~4: ROW OF PLANT	L	LC : LOCKED CLOSED LO : LOCKED OPEN LCP : LOCAL CONTROL PANEL
(B) PLANT SEQUENTIAL NO.	0: PLANT COMMON 1~2: PLANT	M	MCC : MOTOR CONTROL CENTER ML : MANUAL LOADER MOV : MOTOR CONTROLLED VALVE MR : MANUAL RESET MS : MOTOR STARTER MH : MANHOLE
(C) SUB PLANT SEQUENTIAL NO.	0: SUB PLANT COMMON A~B: SUB PLANT	N	NC : NORMALLY CLOSED NO : NORMALLY OPEN
(D) MDU SEQUENTIAL NO.	0: MDU COMMON *SUB PLANT 'A' 1: #1MDU 2: #2MDU 3: #3MDU 4: #4MDU *SUB PLANT 'B' 5: #5MDU 6: #6MDU 7: #7MDU 8: #8MDU (E) PIPE SIZE (INCH)	O	OS : OVER SPEED O/C : OPEN / CLOSE OWS : OILY WATER SEWER
(E) LINE SERVICE SYMBOL	BA : BLOWING AIR BD : BLOW DOWN BW : BOILER FEED WATER CD : CONDENSATE DRAIN CP : CHEMICAL FEED CW : COOLING WATER DO : DIESEL OIL FO : FUEL OIL LO : LUBE OIL RW : RAW WATER / UNTREATED WATER SA : SERVICE AIR STA : STEAM SW : SOFT WATER TW : TREATED WATER EG : EXHAUST GAS (G) SEQUENTIAL NO. 01 ~ 99	P	PB : PUSH BUTTON PCP : PUMP CONTROL PANEL P/I : PNEUMATIC TO CURRENT TRANSDUCER PSV : PRESSURE SAFETY VALVE
(F) EQUIPMENT CODE	(A) EQUIPMENT CODE T : TANK P : PUMP M : PACKAGED ITEM V : VESSEL A : HEAT EXCHANGER & COOLER S : SILENCER & STACK C : COMPRESSOR E : ELECTRIC PANEL H : HEADER D : DAMPER OR OTHER J : EXPANSION JOINT SP : FLOW VISCOSITY CONTROLLER SP : SEPARATOR	R	RA : REVERSE ACTION RO : RESTITUTION ORIFICE RR : RATIO RELAY
(G) SEQUENTIAL NO.	(A) SEQUENTIAL NO. 01 ~ 99 (B) SYSTEM NO. 1 : FUEL OIL SYSTEM 2 : LUBE OIL SYSTEM 3 : COOLING WATER SYSTEM 4 : INHALE AIR AND EXHAUST INHALE AIR SYSTEM 5 : SLUDGE DISPOSAL SYSTEM 6 : EXHAUST GAS BOILER SYSTEM 7 : EXHAUST GAS BOILER SYSTEM 8 : FRESH WATER SYSTEM (C) SEQUENTIAL NO. 01 ~ 99 (D) OPERATING CODE A~Z : RUNNING (E) ROW OF PLANT SEQUENTIAL NO. 0: SITE COMMON 1~4: ROW OF PLANT (F) PLANT SEQUENTIAL NO. 0: PLANT COMMON 1~2: PLANT (G) SUB PLANT SEQUENTIAL NO. A~B: SUB PLANT (H) MDU SEQUENTIAL NO. 0: MDU COMMON 1: #1MDU 2: #2MDU 3: #3MDU 4: #4MDU *SUB PLANT 'A' 5: #5MDU 6: #6MDU 7: #7MDU 8: #8MDU	S	SC : SAMPLE CONNECTION SD : SLUDGE SDV : SHUT-DOWN VALVE SV : SOLENOID VALVE SWD : STORM SEWER DRAIN
(H) INSULATION CODE	01 ~ 99	T	TA : HOSE CONNECTION TB : HEATING ELEMENT TC : HAND HOLE TD : HYDRAULIC POWER SUPPLY
INSULATION TYPE	01 ~ 99	U	UA : MULTIVARIABLE USD : UNIT SHUT DOWN
		V	VF : VENDOR FURNISHED
		W	WL : WORK LIMIT
		X	XA : COMMON TROUBLE ALARM XI : INDICATING LAMP

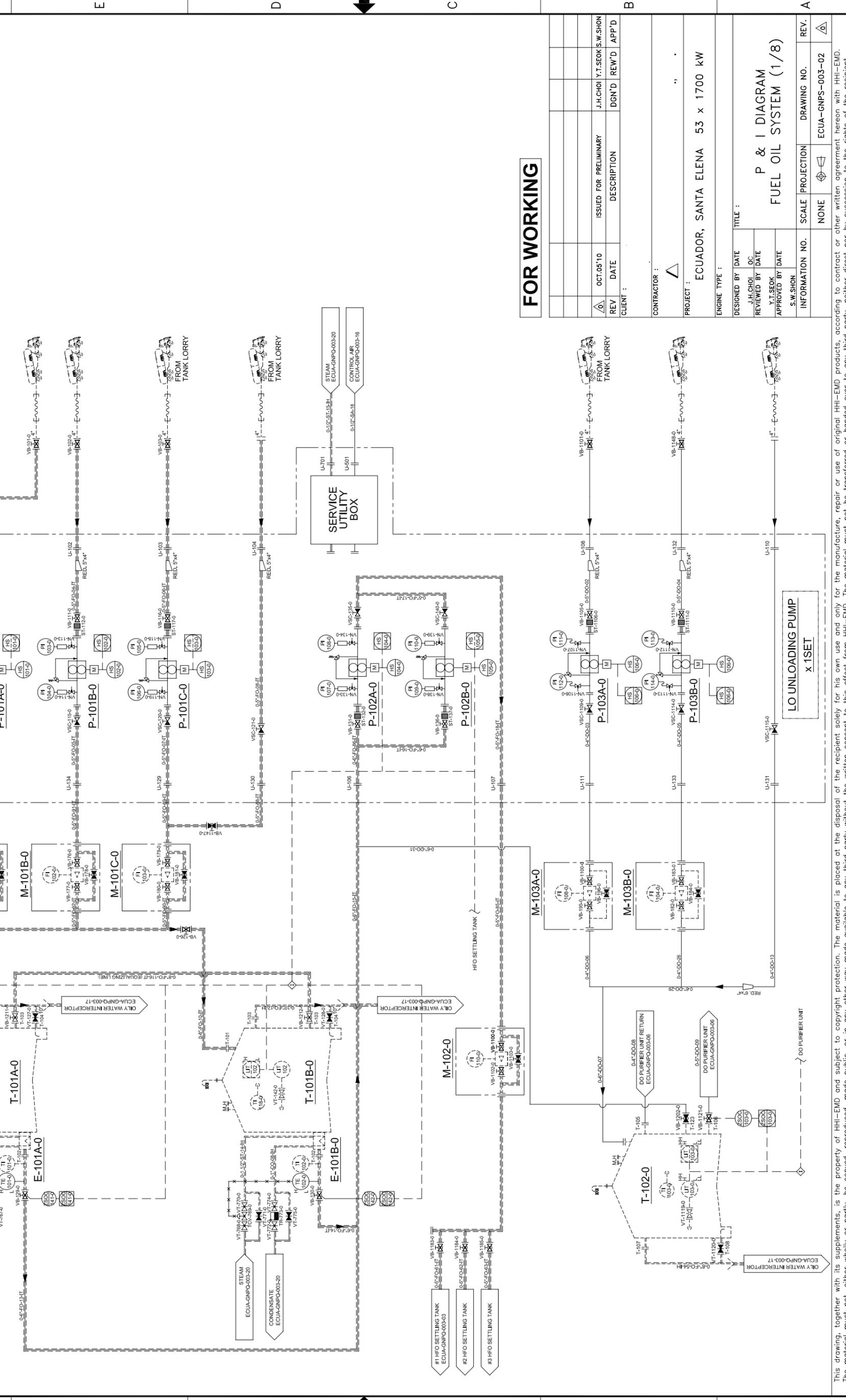
EQUIPMENT NUMBERING	
(A) EQUIPMENT CODE	(B) SYSTEM NO.
T : TANK	1 : FUEL OIL SYSTEM
P : PUMP	2 : LUBE OIL SYSTEM
M : PACKAGED ITEM	3 : COOLING WATER SYSTEM
V : VESSEL	4 : INHALE AIR AND EXHAUST INHALE AIR SYSTEM
A : HEAT EXCHANGER & COOLER	5 : SLUDGE DISPOSAL SYSTEM
S : SILENCER & STACK	6 : EXHAUST GAS BOILER SYSTEM
C : COMPRESSOR	7 : EXHAUST GAS BOILER SYSTEM
E : ELECTRIC PANEL	8 : FRESH WATER SYSTEM
H : HEADER	
D : DAMPER OR OTHER	
J : EXPANSION JOINT	
SP : FLOW VISCOSITY CONTROLLER	
SP : SEPARATOR	

REVISION HISTORY	
REV	DATE
01	OCT.05'10
02	OCT.05'10
03	OCT.05'10
04	OCT.05'10
05	OCT.05'10
06	OCT.05'10
07	OCT.05'10
08	OCT.05'10
09	OCT.05'10
10	OCT.05'10
11	OCT.05'10
12	OCT.05'10
13	OCT.05'10
14	OCT.05'10
15	OCT.05'10
16	OCT.05'10
17	OCT.05'10
18	OCT.05'10
19	OCT.05'10
20	OCT.05'10
21	OCT.05'10
22	OCT.05'10
23	OCT.05'10
24	OCT.05'10
25	OCT.05'10
26	OCT.05'10
27	OCT.05'10
28	OCT.05'10
29	OCT.05'10
30	OCT.05'10
31	OCT.05'10
32	OCT.05'10
33	OCT.05'10
34	OCT.05'10
35	OCT.05'10
36	OCT.05'10
37	OCT.05'10
38	OCT.05'10
39	OCT.05'10
40	OCT.05'10
41	OCT.05'10
42	OCT.05'10
43	OCT.05'10
44	OCT.05'10
45	OCT.05'10
46	OCT.05'10
47	OCT.05'10
48	OCT.05'10
49	OCT.05'10
50	OCT.05'10
51	OCT.05'10
52	OCT.05'10
53	OCT.05'10
54	OCT.05'10
55	OCT.05'10
56	OCT.05'10
57	OCT.05'10
58	OCT.05'10
59	OCT.05'10
60	OCT.05'10
61	OCT.05'10
62	OCT.05'10
63	OCT.05'10
64	OCT.05'10
65	OCT.05'10
66	OCT.05'10
67	OCT.05'10
68	OCT.05'10
69	OCT.05'10
70	OCT.05'10
71	OCT.05'10
72	OCT.05'10
73	OCT.05'10
74	OCT.05'10
75	OCT.05'10
76	OCT.05'10
77	OCT.05'10
78	OCT.05'10
79	OCT.05'10
80	OCT.05'10
81	OCT.05'10
82	OCT.05'10
83	OCT.05'10
84	OCT.05'10
85	OCT.05'10
86	OCT.05'10
87	OCT.05'10
88	OCT.05'10
89	OCT.05'10
90	OCT.05'10
91	OCT.05'10
92	OCT.05'10
93	OCT.05'10
94	OCT.05'10
95	OCT.05'10
96	OCT.05'10
97	OCT.05'10
98	OCT.05'10
99	OCT.05'10

FOR WORKING	
SCALE	PROJECTION
NONE	
DRAWING NO.	ECUA-GNPO-003-01
REV.	
ENGINE TYPE :	HYUNDAI HIMSEN 9H21/32
PROJECT :	ECUADOR, QUEVEDO 60 x 1700 kW
CONTRACTOR :	
ISSUED FOR PRELIMINARY	DESCRIPTION
OCT.05'10	J.H. CHOI Y.T. SEOK S.W. SHON
DESIGNED BY DATE	REVIEWED BY DATE
J.H. CHOI OCT.05'10	Y.T. SEOK OCT.05'10
APPROVED BY DATE	S.W. SHON OCT.05'10
TITLE :	P & I DIAGRAM SYMBOLS & LEGENDS

1 2 3 4 5 6 7 8

1	2	3	4	5	6	7	8
TAG NO.	DESCRIPTION	UNIT	CAPACITY	QTY/SITE	TYPE	REMARK	
T-101AB-0	HFO STORAGE TANK	2270	2	2	CYL.	BY CLIENT	
T-102-0	DO STORAGE TANK	m3	160	1	CYL.	BY CLIENT	
P-101A-C-0	HFO UNLOADING PUMP	m3/h, bar	40, 2.5	3	ROTARY	BY HHI	
P-102AB-0	HFO TRANSFER PUMP	m3/h, bar	40, 3.0	2	ROTARY	BY HHI	
P-103AB-0	DO UNLOADING PUMP	m3/h, bar	40, 2.5	2	ROTARY	BY HHI	
E-101AB-0	HFO STORAGE TANK SUCTION HEATER	m3/h, kW	40, 565	2	STEAM	BY CLIENT	
M-101A-C-0	MASS FLOW METER	m3/h, bar	40, 2.5	3	P. DIS.	BY CLIENT	
M-102-0	FLOW METER	m3/h, bar	40, 3.0	1	P. DIS.	BY CLIENT	
M-103AB-0	MASS FLOW METER	m3/h, bar	40, 2.5	2	P. DIS.	BY CLIENT	



**FOR WORKING**

REV	DATE	DESCRIPTION	DGN'D	REV'D	APP'D
1	OCT.05'10	ISSUED FOR PRELIMINARY	J.H.CHOI	Y.T.SEOK	S.W.SHON
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

CLIENT :

CONTRACTOR :

PROJECT : ECUADOR, SANTA ELENA 53 x 1700 kW

ENGINE TYPE :

DESIGNED BY DATE : J.H.CHOI 05

REVIEWED BY DATE : Y.T.SEOK

APPROVED BY DATE : S.W.SHON

INFORMATION NO. : NONE

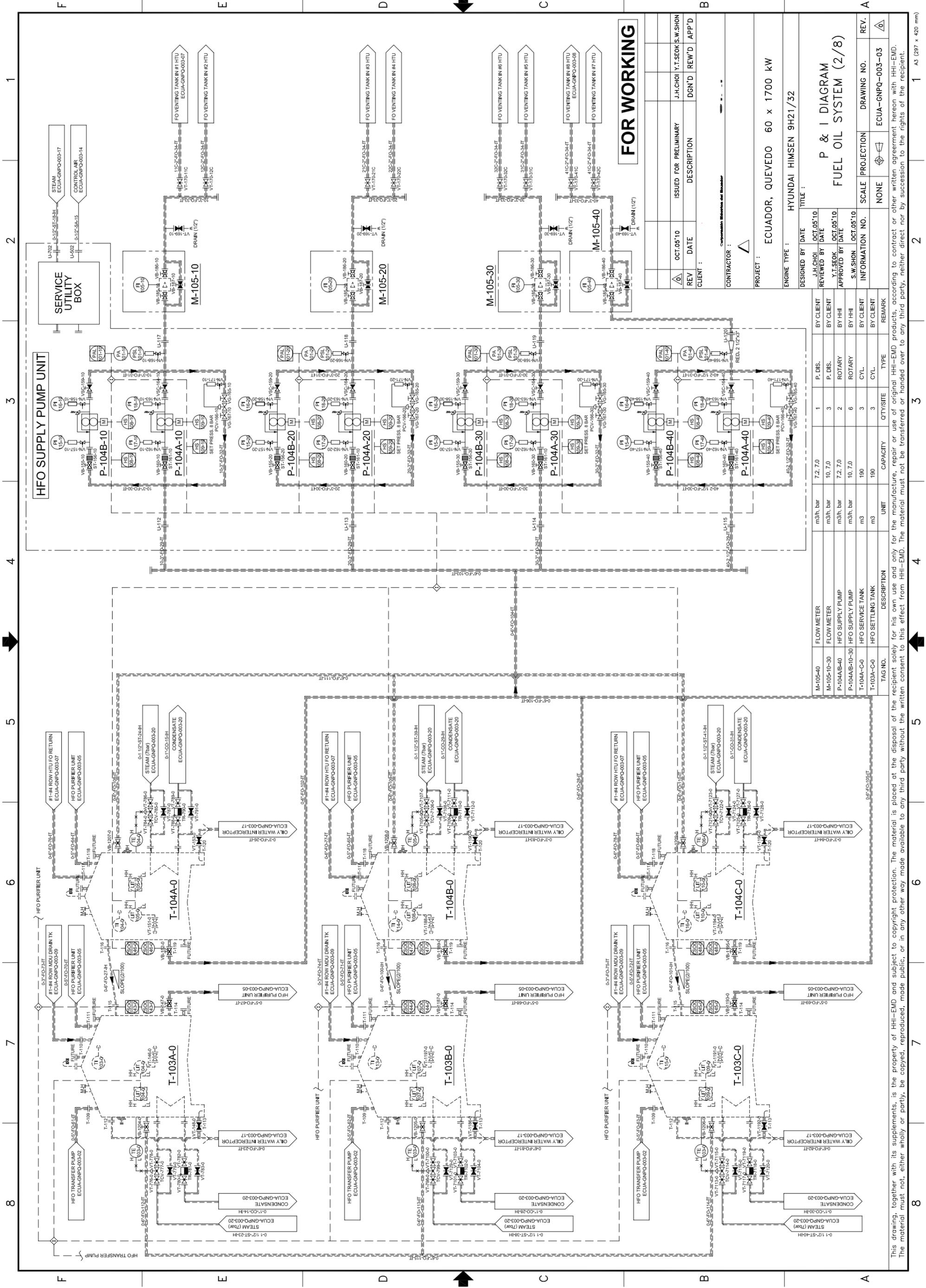
SCALE : NONE

PROJECTION : NONE

DRAWING NO. : ECUA-GNPS-003-02

REV. : 1

This drawing, together with its supplements, is the property of HHI-EMD and subject to copyright protection. The material is placed at the disposal of the recipient solely for his own use and only for the manufacture, repair or use of original HHI-EMD products, according to contract or other written agreement hereon with HHI-EMD. The material must not be transferred or handed over to any third party, neither direct nor by succession to the rights of the recipient.



**FOR WORKING**

REV	DATE	DESCRIPTION	DGN'D	REV'D	APP'D
01	OCT.05'10	ISSUED FOR PRELIMINARY	J.H.CHOI	Y.T.SEOK	S.W.SHON

CLIENT :   
 CONTRACTOR :   
 PROJECT : **ECUADOR, QUEVEDO 60 x 1700 kW**   
 ENGINE TYPE : **HYUNDAI HIMSEN 9H21/32**

DESIGNED BY	DATE	BY CLIENT	REMARK
J.H.CHOI	OCT.05'10	1	P. DIS.
REVIEWED BY	DATE	BY CLIENT	REMARK
Y.T.SEOK	OCT.05'10	3	P. DIS.
APPROVED BY	DATE	BY HHI	REMARK
S.W.SHON	OCT.05'10	2	ROTARY
INFORMATION NO.	SCALE	PROJECTION	DRAWING NO.
003-03	NONE	1:1	ECUA-GNPO-003-03

TAG NO.	DESCRIPTION	UNIT	CAPACITY	QTY/SITE	TYPE	REMARK
M-105-40	FLOW METER	m3/h, bar	7.2, 7.0	1	P. DIS.	
M-105-10-30	FLOW METER	m3/h, bar	10, 7.0	3	P. DIS.	
P-104A/B-40	HFO SUPPLY PUMP	m3/h, bar	7.2, 7.0	2	ROTARY	
P-104A/B-10-30	HFO SUPPLY PUMP	m3/h, bar	10, 7.0	6	ROTARY	
T-104A-C-0	HFO SERVICE TANK	m3	190	3	CYL.	
T-103A-C-0	HFO SETTLING TANK	m3	190	3	CYL.	

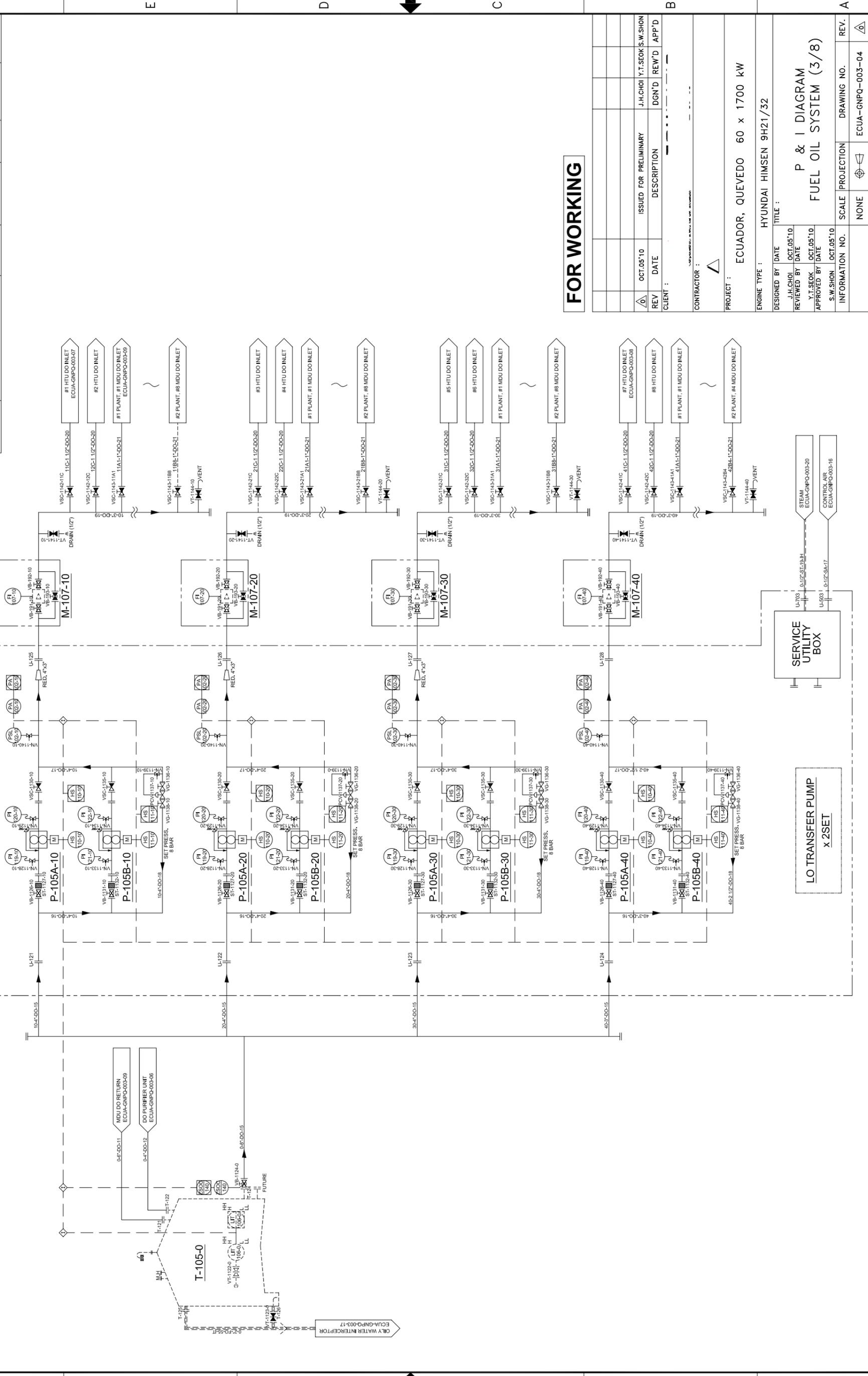
This drawing, together with its supplements, is the property of HHI-EMD and subject to copyright protection. The material is placed at the disposal of the recipient solely for his own use and only for the manufacture, repair or use of original HHI-EMD products, according to contract or other written agreement hereon with HHI-EMD. The material must not be transferred or handed over to any third party without the written consent to this effect from HHI-EMD. The material must not be copied, reproduced, made public, or in any other way made available to any third party without the written consent to this effect from HHI-EMD.

1 2 3 4 5 6 7 8

F E D C B A

8 7 6 5 4 3 2 1

3	2	1
TAG NO.	DESCRIPTION	UNIT
T-105-0	DO SERVICE TANK	m <sup>3</sup>
P-105A-B-10-30	DO SUPPLY PUMP	m <sup>3</sup> /h, bar
P-105A-B-40	DO SUPPLY PUMP	m <sup>3</sup> /h, bar
M-107-10-30	FLOW METER	m <sup>3</sup> /h, bar
M-107-10-30	FLOW METER	m <sup>3</sup> /h, bar



3	2	1
DESCRIPTION	UNIT	CAPACITY
DO SERVICE TANK	m <sup>3</sup>	160
DO SUPPLY PUMP	m <sup>3</sup> /h, bar	20, 8.0
DO SUPPLY PUMP	m <sup>3</sup> /h, bar	14.4, 8.0
FLOW METER	m <sup>3</sup> /h, bar	20, 8.0
FLOW METER	m <sup>3</sup> /h, bar	14.4, 8.0

**FOR WORKING**

ISSUED FOR PRELIMINARY	J.H. CHOI	Y.T. SEOK	S.W. SHON
DATE	OCT.05'10	OCT.05'10	OCT.05'10
DESCRIPTION	ISSUED FOR PRELIMINARY	REVIEWED	APPROVED
DGN'D	J.H. CHOI	REV'D	Y.T. SEOK
APP'D	S.W. SHON	REV'D	S.W. SHON

CONTRACTOR : HYUNDAI HIMSEN 9H21/32

PROJECT : ECUADOR, QUEVEDO 60 x 1700 kW

ENGINE TYPE : HYUNDAI HIMSEN 9H21/32

DESIGNED BY DATE : J.H. CHOI OCT.05'10

REVIEWED BY DATE : Y.T. SEOK OCT.05'10

APPROVED BY DATE : S.W. SHON OCT.05'10

INFORMATION NO. : NONE

SCALE : NONE

PROJECTION : NONE

DRAWING NO. : EQUA-GNPO-003-04

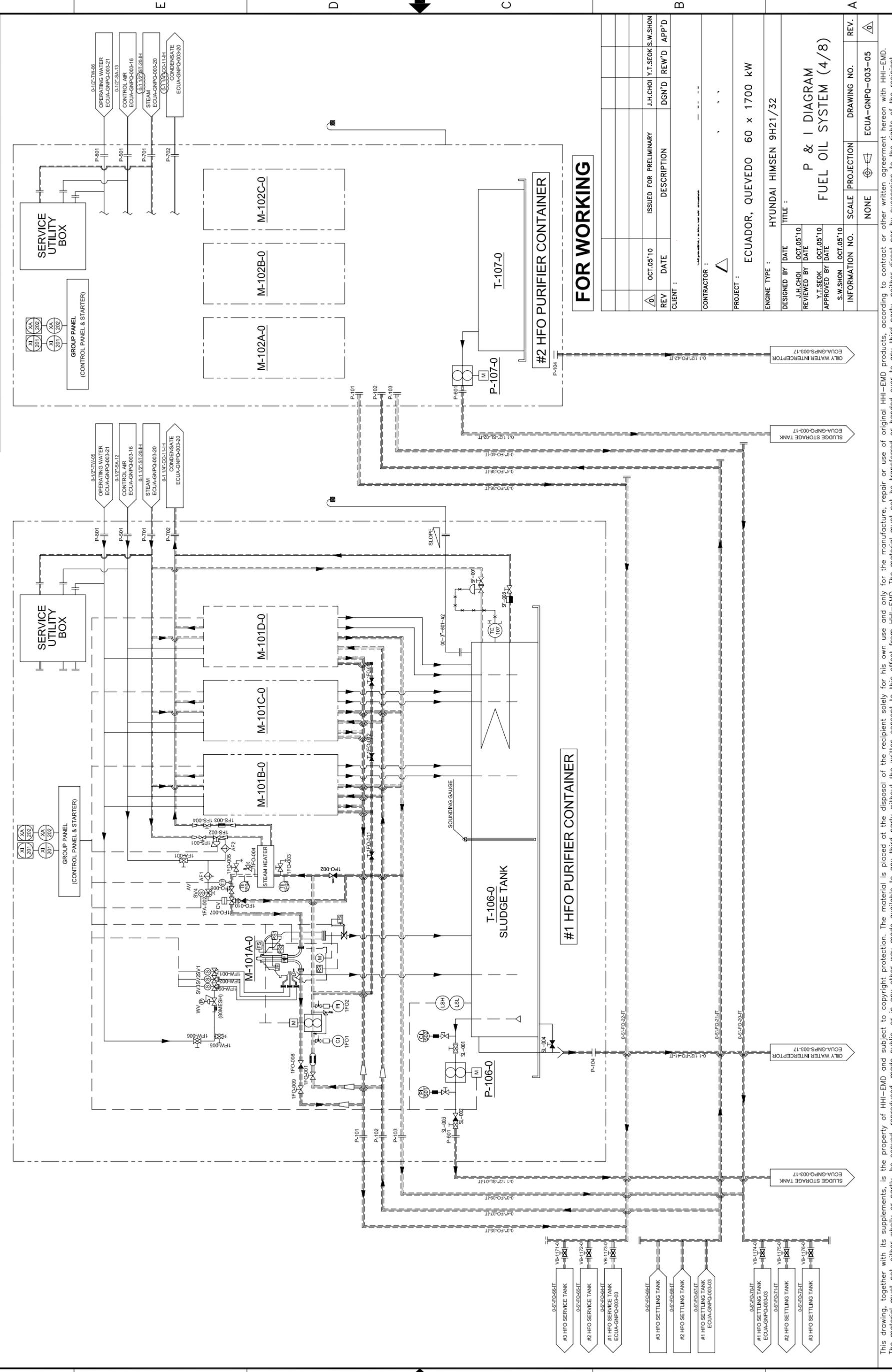
REV. : 1

LO TRANSFER PUMP  
x2SET

SERVICE UTILITY BOX

This drawing, together with its supplements, is the property of HHI-EMD and subject to copyright protection. The material is placed at the disposal of the recipient solely for his own use and only for the manufacture, repair or use of original HHI-EMD products, according to contract or other written agreement hereon with HHI-EMD. The material must not be transferred or handed over to any third party, neither direct nor by succession to the rights of the recipient. The material must not, either wholly or partly, be copied, reproduced, made public, or in any other way made available to any third party without the written consent to this effect from HHI-EMD.

1	2	3	4	5	6	7	8
TAG NO.	DESCRIPTION	UNIT	CAPACITY	QTY/SITE	TYPE	REMARK	
T-106/107-0	HFO SLUDGE TANK	m <sup>3</sup>	1,5(1)	2		BY HHI	
P-106/107-0	HFO SLUDGE PUMP	m <sup>3</sup> /h, bar	1,5, 3	2		BY HHI	
M-101A-D-0	HFO PURIFIER UNIT	Liter/h	4500	4	T. DIS.	BY HHI	
M-102A-C-0	HFO PURIFIER UNIT	Liter/h	4500	3	T. DIS.	BY HHI	

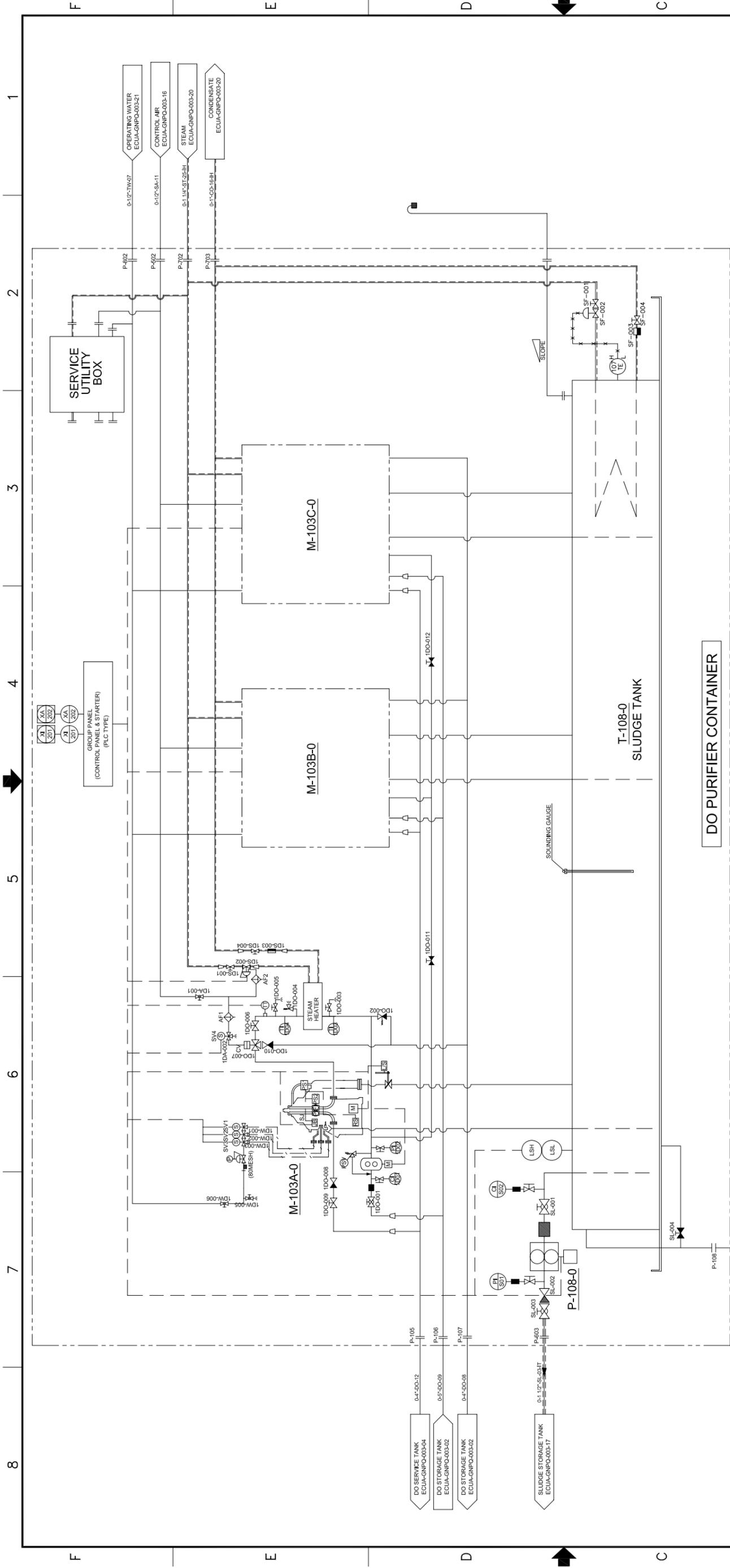


**FOR WORKING**

REV	DATE	DESCRIPTION	DGN'D	REV'D	APP'D
Δ	OCT.05'10	ISSUED FOR PRELIMINARY	J.H.CHOI	Y.T.SEOK	S.W.SHON
CLIENT :					
CONTRACTOR :					
PROJECT :					
ENGINE TYPE :					
DESIGNED BY DATE :					
REVIEWED BY DATE :					
APPROVED BY DATE :					
S.W.SHON OCT.05'10					
INFORMATION NO.	SCALE	PROJECTION	DRAWING NO.	REV.	
	NONE		ECUA-GNPO-003-05	Δ	

**P & I DIAGRAM**  
**FUEL OIL SYSTEM (4/8)**

This drawing, together with its supplements, is the property of HHI-EMD and subject to copyright protection. The material is placed at the disposal of the recipient solely for his own use and only for the manufacture, repair or use of original HHI-EMD products, according to contract or other written agreement hereon with HHI-EMD. The material must not be transferred or handed over to any third party, neither direct nor by succession to the rights of the recipient. The material must not be copied, reproduced, made public, or in any other way made available to any third party without the written consent to this effect from HHI-EMD.



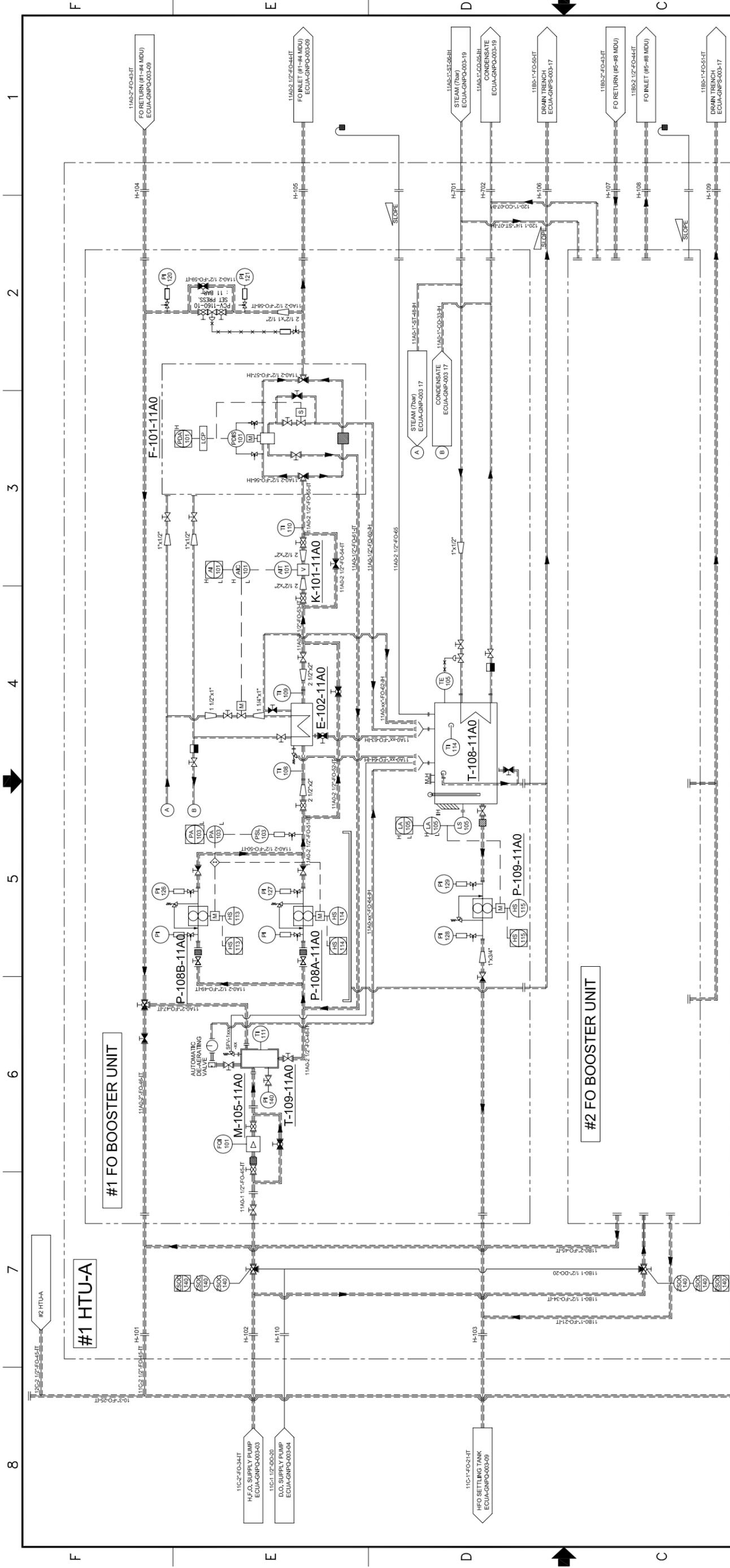
**FOR WORKING**

REV	DATE	DESCRIPTION	DGN'D	REW'D	APP'D
Δ	OCT.05'10	ISSUED FOR PRELIMINARY	J.H.CHOI	Y.T.SEOK	S.W.SHON
CLIENT :					
CONTRACTOR :					
PROJECT :					
ENGINE TYPE :					
DESIGNED BY DATE					
REVIEWED BY DATE					
APPROVED BY DATE					
INFORMATION NO.					
SCALE					
PROJECTION					
DRAWING NO.					
REV.					

HYUNDAI HIMSEN 9H21/32					
Ecuador, Quevedo 60 x 1700 kW					
TITLE :					
P & I DIAGRAM					
FUEL OIL SYSTEM (5/8)					
NONE					
EQUIVALENT					

TAG NO.	DESCRIPTION	UNIT	CAPACITY	QTY/SITE	TYPE	REMARK
M-103A-C-0	DO PURIFIER UNIT	Liter/h	15000	3	T. DIS.	BY CLIENT
P-108-0	DO SLUDGE PUMP	m <sup>3</sup> /h, bar	1.5, 3.0	1		BY CLIENT
T-108-0	DO SLUDGE TANK	m <sup>3</sup>	1.1	1		BY CLIENT

This drawing, together with its supplements, is the property of HHI-EMD and subject to copyright protection. The material is placed at the disposal of the recipient solely for his own use and only for the manufacture, repair or use of original HHI-EMD products, according to contract or other written agreement hereon with HHI-EMD. The material must not be transferred or handed over to any third party, neither direct nor by succession to the rights of the recipient. The material must not, either wholly or partly, be copied, reproduced, made public, or in any other way made available to any third party without the written consent to this effect from HHI-EMD.



**FOR WORKING**

REV	DATE	DESCRIPTION	DGN'D	REV'D	APP'D
Δ	OCT.05'10	ISSUED FOR PRELIMINARY	J.H.CHOI	Y.T.SEOK	S.W.SHON
CLIENT :					
CONTRACTOR :					
PROJECT :					
ENGINE TYPE :					
DESIGNED BY :					
DESIGNED BY DATE :					
REVIEWED BY DATE :					
APPROVED BY DATE :					
S.W.SHON OCT.05'10					
INFORMATION NO. :					
SCALE :					
PROJECTION :					
DRAWING NO. :					
REV. :					

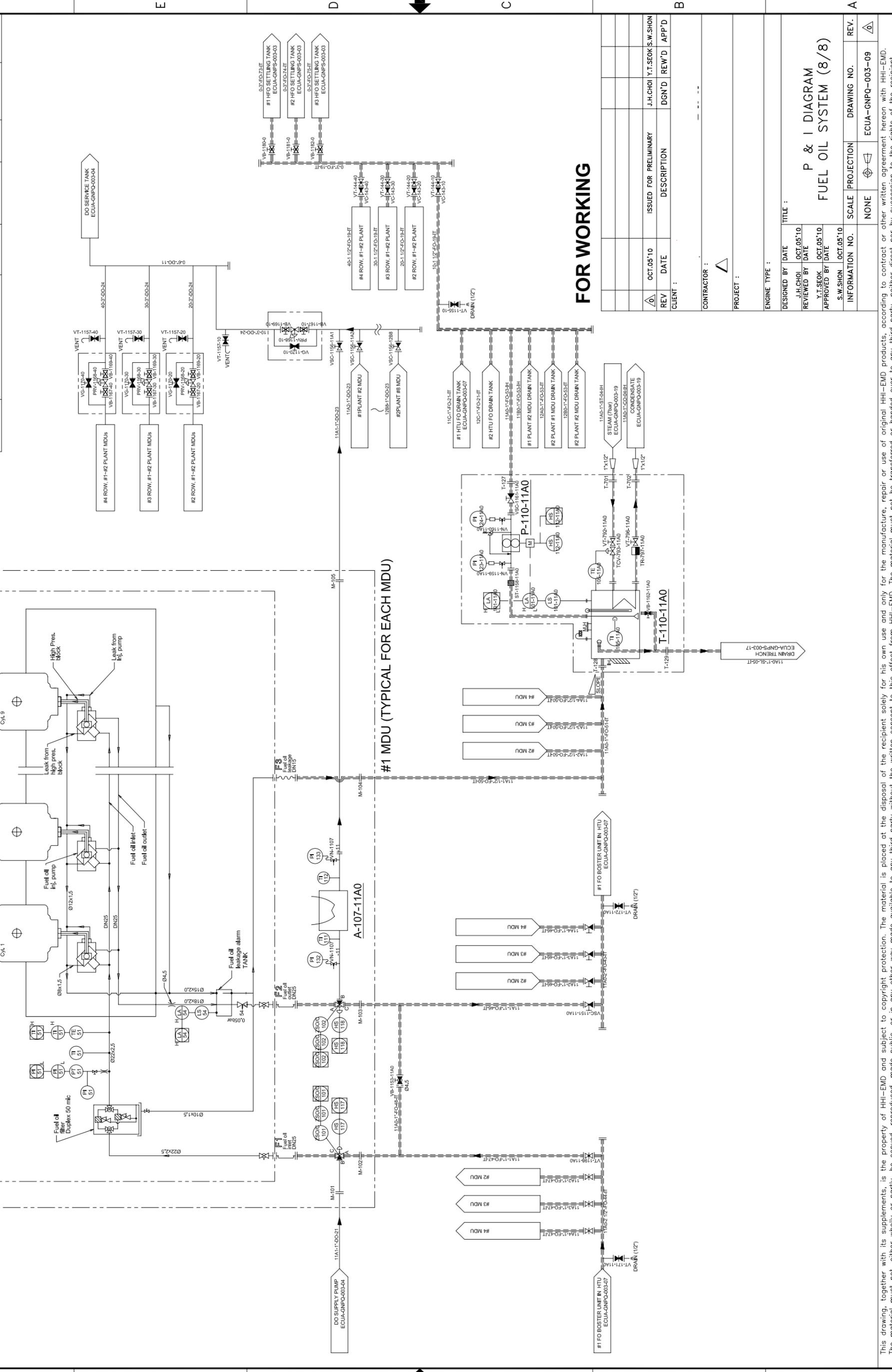
HYUNDAI HIMSEN 9H21/32					
TITLE :					
P & I DIAGRAM					
FUEL OIL SYSTEM (6/8)					
EQUADOR, QUEVEDO 60 x 1700 kW					
ENGINE TYPE :					
DESIGNED BY :					
DESIGNED BY DATE :					
REVIEWED BY DATE :					
APPROVED BY DATE :					
S.W.SHON OCT.05'10					
INFORMATION NO. :					
SCALE :					
PROJECTION :					
DRAWING NO. :					
REV. :					

TAG NO.	DESCRIPTION	UNIT	CAPACITY	QTY/PLANT (8 ENGS.)	TYPE	REMARK
M-105-11AO	FO FLOW METER	m3/h, bar	1.5, 6	2		BY HHI
F-101-11AO	FO AUTO FILTER	m3/h, bar	5.5, 12	2		BY HHI
K-101-11AO	FO VISCOSITY CONTROLLER	m3/h, bar	5.5, 12	2		BY HHI
E-102-11AO	FO HEATER	m3/h, kW	5.5, 150	2	STEAM	BY HHI
P-109-11AO	HTU DRAIN PUMP	m3/h, bar	0.5, 3	2	ROTARY	BY HHI
P-108A/B-11AO	FO BOOSTER PUMP	m3/h, bar	5.5, 6	4	ROTARY	BY HHI
T-109-11AO	FO VENTING TANK	Liter	80	2		BY HHI
T-108-11AO	FO DRAIN TANK	m3	0.5	2	REC.	BY HHI

This drawing, together with its supplements, is the property of HHI-EMD and subject to copyright protection. The material is placed at the disposal of the recipient solely for his own use and only for the manufacture, repair or use of original HHI-EMD products, according to contract or other written agreement hereon with HHI-EMD. The material must not be copied, reproduced, made public, or in any other way made available to any third party without the written consent to this effect from HHI-EMD. The material must not be transferred or handed over to any third party, neither direct nor by succession to the rights of HHI-EMD.



3	4	5	6	7	8	1	2	1
TAG NO.	DESCRIPTION	UNIT	CAPACITY	QTY/PLANT (8 ENGS.)	TYPE	REMARK		
T-110-11A0	MDU DRAIN TANK	m <sup>3</sup>	0.3	2	REC.	BY HHI		
P-110-11A0	MDU DRAIN PUMP	m <sup>3</sup> /h, bar	0.5, 3	2		BY HHI		
M-104-11A0	FO FLOW METER	m <sup>3</sup> /h, bar	1, 2, 6	16		BY HHI		
A-107-11A0	DO COOLER	KW	12	8	WATER	BY HHI		



**FOR WORKING**

REV	DATE	DESCRIPTION	DGN'D	REW'D	APP'D
Δ	OCT.05'10	ISSUED FOR PRELIMINARY	J.H. CHOI	Y.T. SEOK	S.W. SHON

CLIENT :

CONTRACTOR :

PROJECT :

ENGINE TYPE :

DESIGNED BY DATE : J.H. CHOI OCT.05'10

REVIEWED BY DATE : Y.T. SEOK OCT.05'10

APPROVED BY DATE : S.W. SHON OCT.05'10

TITLE : P & I DIAGRAM FUEL OIL SYSTEM (8/8)

INFORMATION NO.	SCALE	PROJECTION	DRAWING NO.	REV.
	NONE		ECUA-GNPO-003-09	Δ

## BIBLIOGRAFÍA

1. ANSI/ASME, B31.3-2006, PROCESS PIPING, New York-USA, Mayo 2007
2. ASME, Boiler and Pressure Vessel Code II-2003, MATERIALS PART C SPECIFICATIONS FOR WELDING RODS, ELECTRODES AND FILLER METALS, New York-USA, Julio 2004
3. ASME, Boiler and Pressure Vessel Code V-2000, NONDESTRUCTIVE EXAMINATION, New York-USA, Julio 2000
4. ASME, Boiler and Pressure Vessel Code IX-2010, QUALIFICATION STANDARD FOR WELDING AND BRAZING PROCEDURES, WELDERS, BRAZERS, AND WELDING AND BRAZING OPERATORS, New York-USA, Julio 2010
5. ASTM INTERNATIONAL, A 53/A53M-02, Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless, Pensilvania-USA, Noviembre 2002
6. ASTM INTERNATIONAL, D 1186-01, Standard Test Methods for Nondestructive Measurement of Dry Film Thickness of Nonmagnetic Coatings Applied to a Ferrous Base, Pensilvania-USA, Septiembre 2001
7. ASTM INTERNATIONAL, D 3359-02, Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test, Pensilvania-USA, Octubre 2002

8. ASTM INTERNATIONAL, D 4414-95 Standard Practice for Measurement of Wet Film Thickness by Notch Gages, Pensilvania-USA, Enero 1996
9. ASTM INTERNATIONAL, D 4417-93 Standard Test Methods for Field Measurement of Surface Profile of Blast Cleaned Steel, Pensilvania-USA, Julio 1993
10. ASTM INTERNATIONAL, E 747-04 Standard Practice for Design, Manufacture and Material Grouping Classification of Wire Image Quality Indicators (IQI) Used for Radiology, Pensilvania-USA, Febrero 2004
11. ASTM INTERNATIONAL, E 1032-01 Standard Test Method for Radiographic Examination of Weldments, Pensilvania-USA, Agosto 2001
12. AWS B2.1-1-207- 96 (R2007) Standard Welding Procedure Specification (SWPS) for Gas Tungsten Arc Welding of Carbon Steel (M-1/P-1/S-1, Group 1 or 2), 1/8 through 1 1/2 inch Thick, ER70S-2, As-Welded or PWHT Condition, Primarily Pipe Applications, Florida-USA, Enero 2007
13. AWS B2.1-1-209 -96 (R2007) Standard Welding Procedure Specification (SWPS) for Gas Tungsten Arc Welding followed by Shielded Metal Arc Welding of Carbon Steel (M-1/P-1/S-1, Group 1 or 2), 1/8 through 1 1/2 inch Thick, ER70S-2 and E7018, As-Welded or PWHT Condition, Primarily Pipe Applications, Florida-USA, Enero 2007

14. SSPC PAINT APPLICATION SPECIFICATION NO. 1 Shop, Field and Maintenance Painting, Pensilvania -USA, Agosto 1991
15. SSPC PAINT APPLICATION SPECIFICATION NO. 2 Measurement of Dry Coating Thickness With Magnetic Gages, Pensilvania-USA, Junio 1996
16. SSPC SURFACE PREPARATION SPECIFICATION NO. 1 Solvent Cleaning, Pensilvania-USA, Septiembre 2000
17. SSPC SURFACE PREPARATION SPECIFICATION NO. 3 Power Tool Cleaning, Pensilvania-USA, Septiembre 2000
18. SSPC SURFACE PREPARATION SPECIFICATION NO. 10, Near-White Blast Cleaning, Pensilvania-USA, Septiembre 2000