



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE**

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

**INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

---

**“ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD PARA TUBERÍAS DE FLUJO ENTERRADAS EN PLATAFORMAS Y SU EFECTO EN LA VIDA ÚTIL.”**

---

**AUTOR:**

**Egdo. Fernando Paúl Álvarez Herrera**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**Ing. Alejandro Moretta M.**

**Ambato – Ecuador**

**2012**

## **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de tutor de la presente Tesis de Grado, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, bajo el tema: "ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD PARA TUBERÍAS DE FLUJO ENTERRADAS EN PLATAFORMAS Y SU EFECTO EN LA VIDA ÚTIL.", ejecutado por el Sr. Fernando Paul Álvarez Herrera, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, CERTIFICO que la presente tesis fue elaborada en su totalidad por el autor y ha sido concluida en forma total, en apego al plan de tesis aprobado.

Ambato, Septiembre del 2012.

.....

Ing. Alejandro Moretta M.

## **AUTORIA**

El contenido del presente trabajo de investigación bajo el tema: “ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD PARA TUBERÍAS DE FLUJO ENTERRADAS EN PLATAFORMAS Y SU EFECTO EN LA VIDA ÚTIL.”, así como sus opiniones e ideas, comentarios, resultados y análisis son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Egdo. Fernando Paúl Álvarez Herrera

CI: 171755534-4



## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación está dedicado a mis padres, los cuales afrontando adversidades supieron guiarme y apoyarme hasta culminar mi carrera universitaria y de manera especial a mi esposa e hija que fueron un aliento para poder superar muchos obstáculos.

**Paúl Álvarez**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por ser esa fuente de sabiduría y conocimiento necesario para cumplir con mis metas y objetivos.

A mis padres por confiar en mis capacidades y no dejar de alentarme en todo momento.

A mi esposa e hija que supieron entenderme y apoyarme en los momentos más difíciles.

A todos los docentes de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, que fueron los precursores de la calidad de la educación.

Al Ing. Alejandro Moretta por su guía y enseñanza en la vida estudiantil así como en la ejecución del presente trabajo de titulación.

Al Ing. Eduardo González Gerente Técnico de SEMEG CIA. LTDA, quien confió en mí desde el primer momento y me abrió las puertas de su empresa para crecer profesionalmente.

**Paúl Álvarez**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### Páginas preliminares

Página de título .....	I
Página de aprobación por el tutor .....	II
Página de autoría de tesis .....	III
Página de aprobación del Tribunal de Grado.....	IV
Página de dedicatoria .....	V
Página de agradecimiento .....	VI
Página de contenidos.....	VII
Índice de Gráficos, Tablas y Fotografías.....	XIII
Resumen ejecutivo.....	XX
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.2. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.2.1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.2.2. ANÁLISIS CRÍTICO .....	5
1.2.3. PROGNOSIS .....	6
1.2.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.2.5. PREGUNTAS DIRECTRICES.....	6
1.2.6. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	7
1.2.6.1. DELIMITACIÓN DE CONTENIDO .....	7

1.2.6.2. DELIMITACIÓN ESPACIAL .....	7
1.2.6.3. DELIMITACIÓN TEMPORAL .....	7
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	7
1.4. OBJETIVOS .....	8
1.4.1. OBJETIVO GENERAL .....	8
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	8
<b>CAPÍTULO II</b> .....	10
2. MARCO TEÓRICO .....	10
2.1. INVESTIGACIONES PREVIAS .....	10
2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA .....	10
2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL .....	11
2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES .....	12
2.4.1. SISTEMAS DE LÍNEAS DE FLUJO .....	12
2.4.1.1. TUBERÍAS PARA CONDUCCIÓN DE FLUJO A ALTA PRESIÓN .	12
2.4.1.2. ACCESORIOS EN UNA LÍNEA DE FLUJO .....	14
2.4.2. CORROSIÓN EN TUBERÍAS .....	18
2.4.2.1. CORROSIÓN POR ÁCIDO SULFÍDRICO .....	18
2.4.2.2. CORROSIÓN POR DIÓXIDO DE CARBONO .....	19
2.4.2.3. CORROSIÓN EN SUELOS.....	20
2.4.3. PROCESOS DE SOLDADURA.....	22
2.4.3.1. PROCESO DE SOLDADURA SMAW .....	22
2.4.3.2. PROCESO DE SOLDADURA GTAW .....	24
2.4.3.3. “WPS” ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA.....	28
2.4.3.4. “PQR” REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO .....	29
2.4.3.5. “WPQ” REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADORES .....	30

2.4.3.6. APLICACIÓN DE END A JUNTAS SOLDADAS .....	30
2.4.4. PREPARACIÓN DE SUPERFICIES .....	33
2.4.4.1. GRANALLA MINERAL .....	33
2.4.4.2. APLICACIÓN DE BLASTING .....	34
2.4.5. APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS.....	35
2.4.6. ZANJADO, ENTERRADO Y TAPADO DE TUBERÍA.....	36
2.4.6.1. GENERALIDADES PARA REALIZAR EXCAVACIONES .....	37
2.4.7. PRUEBAS HIDROSTÁTICAS EN LÍNEAS DE FLUJO .....	38
2.4.7.1. PRESIÓN DE DISEÑO .....	38
2.4.7.2. PRESIÓN DE PRUEBA .....	39
2.4.7.3. PRESIÓN DE OPERACIÓN.....	39
2.4.7.4. PRESIÓN DE OPERACIÓN MÁXIMA.....	39
2.5. HIPÓTESIS .....	40
2.6. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES .....	40
2.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	40
2.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE .....	40
2.6.3. TÉRMINO DE RELACIÓN .....	40
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>41</b>
3. METODOLOGÍA .....	41
3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN .....	41
3.2. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN .....	41
3.2.1. MODALIDAD .....	41
3.2.2. TIPO.....	42
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	42
3.3.1. POBLACIÓN .....	42
3.3.2. MUESTRA.....	42

3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	43
3.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	43
3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE .....	44
3.5. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	44
3.6. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS .....	44
3.6.1. PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	44
3.6.2. PLAN DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ...	45
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	46
4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	46
4.1. PROCESO DE ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	46
4.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	49
4.2.1. REGISTRO DIARIO DE SOLDADURA .....	50
4.2.2. REPORTE DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE Y APLICACIÓN DE PINTURA .....	58
4.2.3. REGISTRO DE ZANJADO Y TENDIDO DE LÍNEAS DE FLUJO .	64
4.2.4. REGISTRO DE PRUEBAS DE REVESTIMIENTO CON DETECTOR DE DISCONTINUIDADES “HOLLIDAY DETECTOR” .....	69
4.2.5. REGISTRO FINAL DE GAMMAGRAFÍA .....	71
4.3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	75
4.3.1. ANÁLISIS EN LA ETAPA DE SOLDADURA .....	75
4.3.2. ANÁLISIS EN LA ETAPA DE LIMPIEZA SUPERFICIAL Y APLICACIÓN DE PINTURA .....	77
4.3.3. ANÁLISIS EN ETAPA DE INSPECCIÓN DE REVESTIMIENTO ..	80
4.3.4. ANÁLISIS EN LA ETAPA DE PRUEBAS HIDROSTÁTICAS .....	80
4.4. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	82
<b>CAPÍTULO V</b> .....	85
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	85

5.1. CONCLUSIONES .....	85
5.2. RECOMENDACIONES .....	87
<b>CAPÍTULO VI</b> .....	<b>90</b>
6. PROPUESTA .....	90
6.1. DATOS INFORMATIVOS .....	90
6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA .....	91
6.3. JUSTIFICACIÓN .....	92
6.4. OBJETIVOS .....	92
6.4.1. GENERAL .....	92
6.4.2. ESPECÍFICOS .....	93
6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD .....	93
6.6. FUNDAMENTACIÓN .....	94
6.6.1. NORMAS DE APLICACIÓN .....	94
6.6.1.1. CALIFICACIÓN DE SOLDADORES .....	94
6.6.1.2. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN PARA JUNTAS SOLDADAS .	107
6.6.1.3. CRITERIOS PARA EVALUACIÓN DE LIMPIEZA SUPERFICIAL Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS EN TUBERÍA .....	124
6.7. METODOLOGÍA .....	130
6.7.1. PROCEDIMIENTO PARA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES .	130
6.7.1.1. OBJETIVO .....	130
6.7.1.2. ALCANCE .....	130
6.7.1.3. DEFINICIONES .....	131
6.7.1.4. RESPONSABILIDADES .....	131
6.7.1.5. PROCEDIMIENTO .....	131
6.7.1.6. REFERENCIAS .....	133
6.7.2. PROCEDIMIENTO PARA PRE-FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERÍA .....	133

6.7.2.1. OBJETIVO .....	133
6.7.2.2. ALCANCE .....	133
6.7.2.3. DEFINICIONES .....	133
6.7.2.4. RESPONSABILIDADES .....	134
6.7.2.5. PROCEDIMIENTO .....	134
6.7.2.6. REFERENCIAS .....	145
6.7.3. PROCEDIMIENTO PARA PREPARACIÓN DE SUPERFICIE Y APLICACIÓN DE RESINA EPÓXICA .....	145
6.7.3.1. OBJETIVO .....	145
6.7.3.2. ALCANCE .....	146
6.7.3.3. DEFINICIONES .....	146
6.7.3.4. RESPONSABILIDADES .....	147
6.7.3.5. PROCEDIMIENTO .....	147
6.7.3.6. REFERENCIAS .....	157
6.7.4. PROCEDIMIENTO PARA EXCAVACIÓN EN PLATAFORMAS, TENDIDO Y ENTERRADO DE TUBERÍA .....	157
6.7.4.1. OBJETIVO .....	157
6.7.4.2. ALCANCE .....	158
6.7.4.3. DEFINICIONES .....	158
6.7.4.4. RESPONSABILIDADES .....	158
6.7.4.5. PROCEDIMIENTO .....	158
6.7.4.6. REFERENCIAS .....	165
6.7.5. PROCEDIMIENTO PARA PRUEBAS HIDROSTÁTICAS EN TUBERÍAS DE PROCESO .....	165
6.7.5.1. OBJETIVO .....	165
6.7.5.2. ALCANCE .....	165
6.7.5.3. DEFINICIONES .....	165

6.7.5.4. RESPONSABILIDADES .....	165
6.7.5.5. PROCEDIMIENTO .....	166
6.7.5.6. REFERENCIAS .....	173
6.7.6. VERIFICACIÓN DE LA APLICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS .	173
6.7.6.1. LISTA DE VERIFICACIÓN PARA EL PROCEDIMIENTO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADORES .....	174
6.7.6.2. LISTA DE VERIFICACIÓN PARA EL PROCEDIMIENTO DE PRE FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERÍA .....	175
6.7.6.3. LISTA DE VERIFICACIÓN PARA EL PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE Y APLICACIÓN DE EPÓXICO .....	176
6.7.6.4. LISTA DE VERIFICACIÓN PARA EL PROCEDIMIENTO DE EXCAVACIÓN, TENDIDO Y ENTERRADO DE TUBERÍA .....	177
6.7.6.5. LISTA DE VERIFICACIÓN PARA EL PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS HIDROSTÁTICAS EN TUBERÍAS DE PROCESO .....	178
6.8. ADMINISTRACIÓN .....	179
6.8.1. ANÁLISIS DE COSTOS .....	179
6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN .....	180
6.9.1. GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	180
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS, FOTOGRAFÍAS Y TABLAS**

### **Gráficos**

Gráfico 1.1. Mapa Catastral Petrolero .....	2
Gráfico 1.2. Cifras del sector Petrolero Ecuatoriano .....	3
Gráfico 1.3. Producción Nacional de Crudo .....	3
Gráfico 2.1. Diagrama con distribución de líneas .....	12
Gráfico 2.2. Bridas utilizadas en la construcción de líneas de flujo .....	15

Gráfico 2.3. Juntas utilizadas en la unión de bridas .....	17
Gráfico 2.4. Caso típico de corrosión por H <sub>2</sub> S .....	19
Gráfico 2.5. Caso típico de corrosión por CO <sub>2</sub> .....	20
Gráfico 2.6. Diagrama esquemático del proceso de soldadura SMAW ..	22
Gráfico 2.7. Equipo básico de soldadura SMAW .....	23
Gráfico 2.8. Clasificación AWS A5.1 para electrodos .....	24
Gráfico 2.9. Diagrama esquemático del proceso de soldadura GTAW ..	25
Gráfico 2.10. Equipo básico de soldadura GTAW .....	26
Gráfico 2.11. Esquema del aparato radiográfico .....	31
Gráfico 4.1. Ubicación de defectos en tubería .....	75
Gráfico 4.2. Comparación del diferencial de temperatura .....	77
Gráfico 4.3. Comparación del perfil de anclaje .....	78
Gráfico 4.4. Comparación del espesor de película seca .....	79
Gráfico 4.5. Presión del líquido de prueba Vs tiempo .....	80
Gráfico 4.6. Temperatura del líquido y ambiente Vs tiempo .....	82
Gráfico 6.1. Posiciones para prueba de calificación .....	100
Gráfico 6.2. Orden de remoción de cupones de prueba .....	104
Gráfico 6.3. Sección transversal a una concavidad externa .....	110
Gráfico 6.4. Placa radiográfica de una concavidad externa .....	110
Gráfico 6.5. Sección transversal a una concavidad interna .....	111
Gráfico 6.6. Placa radiográfica de una concavidad interna .....	111
Gráfico 6.7. Sección transversal a una inclusión de escoria .....	112
Gráfico 6.8. Placa radiográfica de una inclusión de escoria .....	112
Gráfico 6.9. Sección transversal a una inclusión de tungsteno .....	113
Gráfico 6.10. Placa radiográfica de una inclusión de tungsteno .....	113
Gráfico 6.11. Sección transversal a un exceso de penetración .....	114

Gráfico 6.12. Placa radiográfica de un exceso de penetración .....	114
Gráfico 6.13. Sección transversal a una falta de fusión .....	115
Gráfico 6.14. Placa radiográfica de una falta de fusión .....	115
Gráfico 6.15. Sección transversal a una falta de penetración .....	116
Gráfico 6.16. Placa radiográfica de una falta de penetración .....	116
Gráfico 6.17. Sección transversal a una falta de penetración por desalineamiento .....	117
Gráfico 6.18. Placa radiográfica de una falta de penetración por desalineamiento .....	117
Gráfico 6.19. Sección transversal a un desalineamiento .....	118
Gráfico 6.20. Placa radiográfica de un desalineamiento .....	118
Gráfico 6.21. Sección transversal a una grieta .....	119
Gráfico 6.22. Placa radiográfica de una grieta .....	119
Gráfico 6.23. Sección transversal a un quemón .....	120
Gráfico 6.24. Placa radiográfica de un quemón .....	120
Gráfico 6.25. Sección transversal a una porosidad .....	121
Gráfico 6.26. Placa radiográfica de una porosidad .....	121
Gráfico 6.27. Sección transversal a un socavado interno .....	122
Gráfico 6.28. Placa radiográfica de un socavado interno .....	122
Gráfico 6.29. Sección transversal a un socavado externo .....	123
Gráfico 6.30. Placa radiográfica de un socavado externo .....	123
Gráfico 6.31. Carta con registro de Presión y Temperatura .....	172

## **Tablas**

Tabla 2.1. Estándares internacionales utilizados en la construcción de líneas de flujo .....	11
Tabla 2.2. Grado de agresividad del suelo en función de la resistividad	21

Tabla 2.3. Metales y gases para proceso GTAW .....	28
Tabla 2.4. Tamaños de grano y perfil de anclaje .....	33
Tabla 2.5. Especificación para preparación de superficies .....	35
Tabla 2.6. Especificaciones de la pintura epóxica SCOTCHKOTE 323 ..	36
Tabla 6.1. Lista de verificación calificación de soldadores .....	145
Tabla 6.2. Lista de verificación para pre fabricación e instalación de tubería.....	146
Tabla 6.3. Lista de verificación preparación de superficie y aplicación de resina epóxica.....	147
Tabla 6.4. Lista de verificación excavación, tendido y enterrado de tubería .....	148
Tabla 6.5. Lista de verificación pruebas hidrostáticas en tuberías de proceso .....	149
Tabla 6.6. Costos para realización de procedimientos constructivos.....	150

### **Fotografías**

Foto 1.1. Tubería de conducción de crudo corroída .....	4
Foto 1.2. Pozo 149 derramando crudo .....	5
Foto 4.1. Medición de anclaje .....	59
Foto 4.2. Medidor digital de anclaje .....	59
Foto 4.3. Tubería después del granallado .....	59
Foto 4.4. Limpieza con chorro abrasivo “granallado” .....	60
Foto 4.5. Aplicación de resina epóxica SCOTCHKOTE .....	60
Foto 4.6. Medición de cinta réplica .....	60
Foto 4.7. Medición de espesores de pintura .....	61
Foto 4.8. Medidor digital de espesores .....	61
Foto 4.9. Granalla mineral “Black Beauty” .....	61

Foto 4.10. Presencia de “Hollidays” en revestimiento .....	62
Foto 4.11. Aplicación de cinta réplica .....	62
Foto 4.12. Lectura del perfil de anclaje .....	62
Foto 4.13. Toma de muestra de anclaje .....	63
Foto 4.14. Medición de cinta réplica .....	63
Foto 4.15. Medición del perfil de anclaje .....	63
Foto 4.16. Tendido de líneas .....	66
Foto 4.17. Izaje de líneas .....	66
Foto 4.18. Tendido e izaje de líneas .....	66
Foto 4.19. Tendido de líneas en zanja .....	67
Foto 4.20. Preparación de líneas previo al tendido .....	67
Foto 4.21. Apoyo de líneas sobre sacos de arena .....	67
Foto 4.22. Preparación para izaje tubería .....	68
Foto 4.23. Izaje de tubería con maquinaria pesada .....	68
Foto 4.24. Tubería revestida y doblada .....	68
Foto 4.25. Calibración de voltaje en detector de discontinuidades .....	70
Foto 4.26. Inspección “Holliday” en tubería tendida en zanja .....	70
Foto 4.27. Reparación detectada y marcada .....	70
Foto 6.1. Inspección de aporte ER70S-6 .....	134
Foto 6.2. Inspección de electrodo E 7018 .....	136
Foto 6.3. Verificación de ángulo de bisel .....	138
Foto 6.4. Pase de raíz proceso GTAW .....	139
Foto 6.5. Pase en caliente proceso GTAW .....	140
Foto 6.6. Pase de relleno proceso SMAW .....	141
Foto 6.7. Pase de capa o corona proceso SMAW .....	141
Foto 6.8. Presentación de una junta soldada .....	142

Foto 6.9. Identificación de juntas soldadas .....	143
Foto 6.10. Colocación de placas radiográficas .....	143
Foto 6.11. Revisión de placas radiográficas .....	144
Foto 6.12. Porosidad en junta soldada .....	145
Foto 6.13. Granallado en tubería .....	148
Foto 6.14. Medición de condiciones climáticas .....	149
Foto 6.15. Granalla mineral #1.5 .....	149
Foto 6.16. Verificación de perfil de anclaje .....	150
Foto 6.17. Lectura de perfil de anclaje con medidor digital .....	151
Foto 6.18. Proceso de réplica de anclaje en cintas .....	151
Foto 6.19. Medición de anclaje con medidor micrométrico .....	151
Foto 6.20. Pintura epóxica SCOTCHKOTE 323 parte A y B .....	152
Foto 6.21. Preparación de pintura epóxica .....	153
Foto 6.22. Aplicación de recubrimiento con brocha .....	154
Foto 6.23. Medición de espesores de película seca .....	155
Foto 6.24. Inspección de discontinuidades con "Holliday Detector" .....	155
Foto 6.25. Detección de "Hollidays" en recubrimiento .....	156
Foto 6.26. Reparación de "Hollidays" en recubrimiento .....	157
Foto 6.27. Colocación de material a 1.2 de la zanja .....	159
Foto 6.28. Inspección de discontinuidades en tubería instalada .....	161
Foto 6.29. Reparación de "Hollidays" en tubería instalada .....	161
Foto 6.30. Tendido de líneas con maquinaria pesada .....	162
Foto 6.31. Colocación de líneas sobre sacos de arena .....	162
Foto 6.32. Colocación de arena sobre tubería instalada .....	163
Foto 6.33. Compactación de arena .....	164
Foto 6.34. Colocación de tensar y cinta de peligro .....	164

Foto 6.35. Registrador de Presión y Temperatura “BARTON” .....	167
Foto 6.36. Termocupla en cabezal de prueba hidrostática .....	167
Foto 6.37. Cabezal de prueba hidrostática con instrumentación .....	168
Foto 6.38. Drenaje de líneas desde válvula de cabezal .....	160
Foto 6.39. Llenado de líneas desde cabezal de pruebas .....	170

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación consiste en la implementación de una guía de procedimientos constructivos para líneas de flujo enterradas en plataformas de producción de crudo, para determinar las mejoras en el control y aseguramiento de la calidad durante todas las fases de construcción.

En la actualidad el aseguramiento y control de calidad en la construcción de facilidades petroleras es más exigente día a día, con el objeto de mejorar los procesos y la calidad de las construcciones, por esta razón las diferentes compañías operadoras se ven en la necesidad de exigir a sus contratistas un mayor control sobre las etapas de construcción, todo esto conlleva al incremento de las exigencias del control de calidad durante todas las fases de construcción.

Con el fin de cumplir el objetivo planteado se ha desarrollado una guía de procedimientos constructivos para las etapas más importantes de la construcción de líneas de flujo enterradas en plataformas de producción de crudo, cada procedimiento cuenta con las directrices de estándares internacionales avalados por institutos y asociaciones como ASME, NACE y SSPC, lo cual garantiza las exigencias del control de calidad en cada una de las fases de construcción.

Los resultados obtenidos con la aplicación de esta guía de procedimientos son satisfactorios en lo que respecta a una soldadura de alta calidad y a la correcta aplicación de recubrimientos anticorrosivos. Con esto se demuestra que el sistema implementado es confiable y por lo tanto ayuda a incrementar la vida útil de las tuberías utilizadas para la conducción de crudo dentro de plataformas de producción.

**Autor:** Fernando Paúl Álvarez Herrera.

## **CAPÍTULO I**

### **1. EL PROBLEMA.**

#### **1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN.**

“ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD PARA TUBERÍAS DE FLUJO ENTERRADAS EN PLATAFORMAS Y SU EFECTO EN LA VIDA ÚTIL.”

#### **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

##### **1.2.1. CONTEXTUALIZACIÓN.**

La fuente más importante de la economía del Ecuador es la exportación de crudo y derivados que en los últimos 10 años ha oscilado entre un 43 y 66% del total de exportaciones del país y entre un 43 y 59% del presupuesto general del Estado. [1]

Por esta razón el país se ha visto en la necesidad de incrementar la producción de crudo en los diferentes campos del distrito amazónico, creando estaciones o plataformas de producción que albergan grandes yacimientos de petróleo.

De esta manera se pretende mejorar las infraestructuras e incrementar las facilidades para el aumento de la producción.

Actualmente trabajan en los distintos campos del Distrito Amazónico operadoras nacionales como Petroecuador con sus filiales Petroproducción, Petroindustrial, Petrocomercial y Petroamazonas así como compañías privadas internacionales.

La distribución de los campos petroleros (Gráfico 1.1) se define de acuerdo al siguiente mapa catastral petrolero según PETROECUADOR.

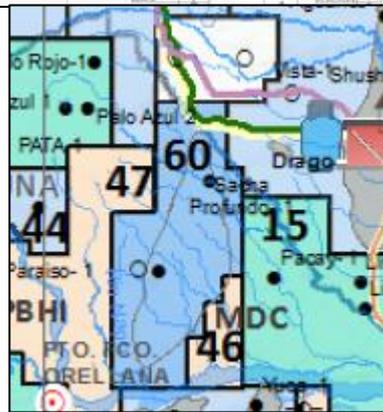


Gráfico 1.1. Mapa Catastral Petrolero

Fuente: PETROECUADOR

El campo Sacha el cual es operado en la actualidad por la Compañía de economía mixta RÍO NAPO produce actualmente un promedio de 47900 barriles diarios de crudo liviano como se muestra en el (Gráfico 1.2) con

un promedio de 26.6<sup>0</sup> API con un corte de agua de aproximadamente 52%.

	Ene-11	Feb-11
<b>PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO</b>		
	Miles barriles	
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>15,507.7</b>	<b>14,249.1</b>
Producción Promedio Diaria	500.2	508.9
Tasa de crecimiento anual	7.89%	8.26%
Tasa de crecimiento mensual (1)	0.18%	1.73%
<b>EMPRESAS PÚBLICAS</b>	<b>10,989.0</b>	<b>10,196.3</b>
EP Petroecuador (Petroproducción)	4,599.4	4,318.5
Petroamazonas EP (Bloque 15)(2)	4,923.9	4,537.7
Operadora Río Napo (Sacha)(3)	1,465.8	1,340.0
Empresas Públicas Producción Promedio Diario	354.5	364.2
- EP Petroecuador Producción Promedio Diario	148.4	154.2
- Petroamazonas EP Producción Promedio Diario	158.8	162.1
- Operad. Río Napo Producción Promedio Diario	47.3	47.9
<b>COMPAÑÍAS PRIVADAS</b>	<b>4,518.7</b>	<b>4,052.9</b>
Producción Promedio Diaria	145.8	144.7

Gráfico 1.2. Cifras del sector Petrolero Ecuatoriano

Fuente: BANCO CENTRAL DEL ECUADOR

Como se puede observar en el (Gráfico 1.3) la producción de la operadora RÍO NAPO es baja en relación a las estatales PETROECUADOR, PETROAMAZONAS y compañías privadas, es por esta razón que la operadora antes mencionada está en la obligación de aumentar su producción, para lo cual está destinando un gran presupuesto a la creación de plataformas de producción y perforación de nuevos pozos.

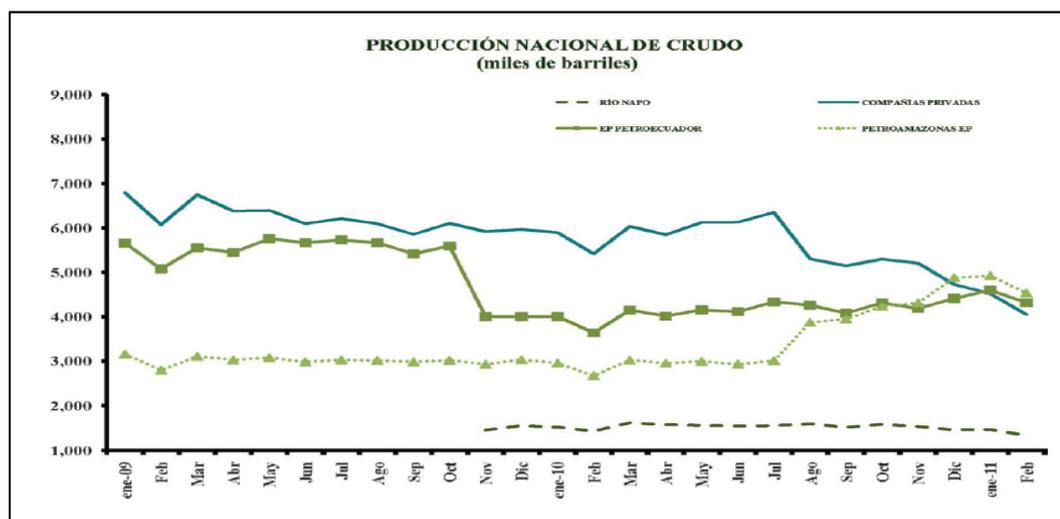


Gráfico 1.3. Producción Nacional de Crudo

Fuente: BANCO CENTRAL DEL ECUADOR

La parte más importante de la producción petrolera es la conducción o transporte del fluido “petróleo y sus derivados”, hacia las distintas estaciones donde es almacenado y conducido a través de un oleoducto hacia las refinerías ubicadas en el litoral ecuatoriano.

De este modo las líneas o tuberías de conducción de crudo deben estar en perfectas condiciones para su operación, ya que están sometidas a altas presiones y temperaturas.

Dentro de estaciones y plataformas las exigencias de construcción son mayores respecto a las tuberías de conducción debido a que aquí se encuentran equipos, químicos, líneas de alta tensión y facilidades que aumentan el riesgo de catástrofes.

Así pues en algunas plataformas de perforación se pueden observar líneas de conducción que se encuentran en mal estado, deterioradas, corroídas y que han perdido espesor debido a esta causa.

A estos motivos se atribuyen los derrames existentes por la ruptura de estas tuberías, causando daños en el medio ambiente por la propagación de la película de crudo hacia los alrededores.



Foto 1.1. Tubería de conducción de crudo corroída NPS 4”, SCH 80

Fuente: Egdo. Paul Álvarez

Existen factores que generan consecuencias desagradables al ambiente y a las personas, debido a que por incumplir parámetros de calidad en el uso de químicos, calidad de tubería, ubicación de pozos y plataformas, etc., se generan múltiples derrames de petróleo que son insuficientemente controlados o que no tienen ningún tipo de control.

Estos derrames petroleros afectan grandes áreas de terreno que involucra la destrucción de toda la biodiversidad del sector. [1]



Foto 1.2. Pozo 149 derramando crudo

Fuente: Egdo. Paul Álvarez

### **1.2.2. ANÁLISIS CRÍTICO.**

El aseguramiento de la calidad y el control de calidad durante la construcción de líneas de flujo son muy importantes ya que todos los procedimientos constructivos deben estar basados en una normativa que asegure la calidad y la vida útil de estas líneas de flujo.

En muchos casos se ha podido observar las pésimas condiciones en las que se encuentran operando las líneas de flujo dentro de estaciones y plataformas, estas líneas de conducción se encuentran trabajando a altas temperaturas y presiones, por lo tanto cuando las tuberías están

deterioradas el riesgo de ocurrencia de fallas aumenta así como la probabilidad de derrames.

De este modo se ha venido realizando la construcción de líneas de flujo sin la aplicación de los códigos constructivos respectivos, un ejemplo claro es que se ha encontrado tubería enterrada que no cuenta con ningún tipo de recubrimiento anticorrosivo lo que ha generado el desgaste y la progresiva pérdida de espesor en las tuberías.

### **1.2.3. PROGNOSIS.**

El no incrementar la vida útil de las líneas de flujo utilizando criterios constructivos estandarizados o normados, provocaría que aumente el riesgo de que las tuberías fallen y se rompan ocasionando derrames de crudo y contaminando el medio ambiente.

Así también ocasionaría el incremento del costo por mantenimiento ya que se está cambiando o sustituyendo constantemente las tuberías dañadas por otras nuevas y este proceso implica un costo.

### **1.2.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿Cuál será el proceso que se deberá implementar para aumentar la vida útil en las líneas de conducción de crudo enterradas dentro de plataformas de producción de crudo?

### **1.2.5. PREGUNTAS DIRECTRICES.**

¿Cuáles son los códigos o normativas que asegurarán la calidad en la construcción de líneas de flujo dentro de plataformas?

¿Qué procedimientos serán necesarios para la construcción de líneas de flujo?

¿Cuáles serán los aspectos fundamentales a tomar en cuenta para asegurar la calidad en la construcción de líneas de flujo?

## **1.2.6. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.**

### **1.2.6.1. DELIMITACIÓN TEMPORAL.**

El desarrollo de la investigación se realizará tomando datos y recopilando información correspondiente al segundo semestre del año 2011.

### **1.2.6.2. DELIMITACIÓN ESPACIAL.**

La realización del proyecto tendrá lugar en la plataforma SACHA 20 ubicada en el cantón “La joya de los Sachas” perteneciente a la Provincia de Francisco de Orellana.

### **1.2.6.3. DELIMITACIÓN DE CONTENIDOS.**

La base teórica para la realización del proyecto está basada en:

- Soldadura.
- Ensayos no destructivos.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Con el fin de mejorar día a día SEMEG CIA. LTDA, empresa dedicada a prestar servicios petroleros está apoyando la realización de este proyecto principalmente con el objetivo de tener un manual de control de calidad que se ajuste a las exigencias del mercado global de nuestra actualidad.

El análisis de un sistema de control de calidad para la construcción de líneas de flujo dentro de plataformas proporcionará al estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica de la UTA una amplia bibliografía que consta de las normas o códigos aplicados a la construcción de líneas de flujo, códigos o normas para la aplicación de recubrimientos anticorrosivos, registros de todos los procedimientos constructivos y utilización de equipos para control de calidad.

Las exigencias del mercado moderno respecto a seguridad y calidad de los productos han hecho que el control de calidad crezca a pasos

grandes, por lo tanto es necesario proporcionar un referente que ayude al estudiante tanto en su vida estudiantil así como en su posterior vida profesional.

Es sumamente necesario aplicar las exigencias del control de calidad a la construcción de líneas de flujo ya que con esto se estaría aumentando la vida útil de las tuberías de conducción lo que provocaría que disminuya el riesgo de derrames de crudo, los cuales afectan la vegetación y la biodiversidad.

Se ha observado que en el medio existen varias empresas dedicadas a la construcción de líneas de flujo pero cada una se rige a procedimientos diferentes, por ello el objetivo de la presente investigación es unificar los procedimientos de construcción de acuerdo a normas, logrando un aseguramiento de la calidad, y que los alumnos de la Universidad Técnica de Ambato cuenten con un referente que les guíe en el aseguramiento y control de calidad, con el que de seguro se enfrentarán en cualquier empresa en su vida profesional.

#### **1.4. OBJETIVOS.**

##### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL.**

Desarrollar un sistema de aseguramiento y control de calidad en la construcción de líneas de flujo enterradas dentro de plataformas en el campo SACHA.

##### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Analizar y aplicar los códigos o normas utilizados en la construcción de líneas de flujo.
- Definir todos los procedimientos constructivos para la realización de líneas de flujo.
- Elaborar registros de control de calidad de los procedimientos constructivos.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO.**

#### **2.1. INVESTIGACIONES PREVIAS.**

El documento de Tesis de Grado con la temática “DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD PARA TANQUES EN SERVICIO UTILIZADOS POR PETROPRODUCCION”, realizada en la E.P.N en la facultad de Ingeniería Mecánica de la ciudad de Quito en el mes de noviembre del 2006, brindará un referente de la aplicación de las normas al control de calidad.

En esta Tesis su autor Carlos Llerena hace referencia a las siguientes conclusiones que aplicarán como respaldo a la presente investigación.

- El aporte técnico otorgado por este documento está basado en normas internacionales y nacionales competentes al sector petrolero, así como en conocimientos de personas con una experiencia muy amplia en el tema. [2]
- El uso de ensayos no destructivos (END), aplicados correctamente e interpretados por personal calificado son una herramienta muy versátil para identificar cualquier anomalía, sin embargo requieren de un alto grado de preparación y mucho conocimiento en las normas competentes. [2]

#### **2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.**

La presente investigación tendrá carácter y predominio del paradigma neopositivista debido a que la finalidad de la investigación es explicar, predecir y controlar, también porque para la realización del proyecto se

utilizará todas las herramientas que brinda la investigación y por lo tanto se hará un análisis de tipo cuantitativo.

### 2.3. FUNDAMENTACION LEGAL.

Durante el transcurso del proyecto se tendrá como base fundamental el estudio y aplicación de las siguientes normativas que se describen a continuación.

NORMA	DESCRIPCION
ASME B 31.3	Process Piping
ASME B 31.4	Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons and Other Liquids
ASME IX	Welding and Brazing qualifications
NACE SP0490-2007	Holiday Detection of Fusion-Bonded Epoxy External Pipeline Coatings of 250 to 760 $\mu\text{m}$ (10 to 30 mil)
NACE RP0287-2002	Field Measurement of Surface Profile of Abrasive Blast-Cleaned Steel Surfaces Using a Replica Tape
NACE No. 2/SSPC-SP 10	Near-White Metal Blast Cleaning
SSPC-PA 2	Measurement of Dry Coating Thickness With Magnetic Gages
NACE RP0394-94	Application, Performance, and Quality Control of Plant-Applied, Fusion-Bonded Epoxy External Pipe Coating

Tabla 2.1. Estándares Internacionales Utilizados en la construcción de líneas de flujo.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez.

## 2.4. CATEGORIAS FUNDAMENTALES.

### 2.4.1. SISTEMAS DE LÍNEAS DE FLUJO. [3]

Son las tuberías utilizadas para conducir uno o más fluidos entre diferentes instalaciones o pozos dentro de campos petroleros y de gas.

Línea de flujo es el espacio de reservorio recorrido por el fluido contenido cuando se pone a producir un pozo. Las líneas de flujo pueden ser mapeadas para generar un diagrama que muestre como se desplazan los fluidos.

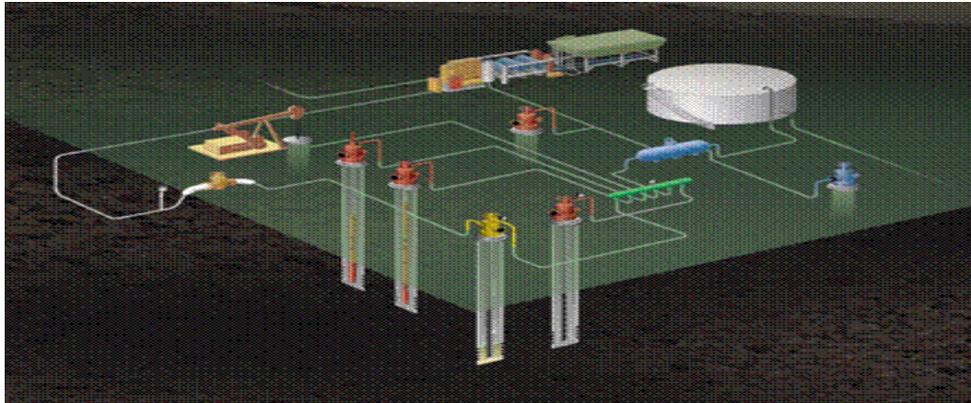


Gráfico 2.1. Diagrama con distribución de líneas.

Fuente: Estaciones de Flujo.

#### 2.4.1.1. TUBERÍAS PARA CONDUCCIÓN DE FLUJO A ALTA PRESIÓN. [4]

La tubería o cañería es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos. Se suele elaborar con materiales muy diversos. Cuando el líquido transportado es petróleo, se utiliza la denominación específica de oleoducto. Cuando el fluido transportado es gas, se utiliza la denominación específica de gasoducto.

- **Fabricación.**

Hay tres métodos de fabricación de tubería.

- a) Sin costura (sin soldadura). La tubería se forma a partir de un lingote cilíndrico el cual es calentado en un horno antes de la extrusión. En la extrusión se hace pasar por un dado cilíndrico y posteriormente se hace el agujero mediante un penetrador.

La tubería sin costura es la mejor para la contención de la presión gracias a su homogeneidad en todas sus direcciones. Además es la forma más común de fabricación y por tanto la más comercial.

- b) Con costura longitudinal. Se parte de una lámina de chapa la cual se dobla dándole la forma a la tubería.

La soldadura que une los extremos de la chapa doblada cierra el cilindro. Por tanto es una soldadura recta que sigue toda una generatriz.

Variando la separación entre los rodillos se obtienen diferentes curvas y con ello diferentes diámetros de tubería. Esta soldadura será la parte más débil de la tubería y marcará la tensión máxima admisible.

- c) Con soldadura helicoidal (o en espiral). La metodología es la misma que el punto anterior con la salvedad de que la soldadura no es recta sino que recorre la tubería siguiendo la tubería como si fuese roscada.

- **Tuberías utilizadas en el transporte de crudo.**

En el transporte y conducción de crudo son necesarios tubos para alta presión, fabricados con acero al carbono de calidad estructural.

Los usos más frecuentes son:

ASTM A-53 GRADO B: Tubos para la conducción de fluidos y gases, de uso frecuente en petroquímica, pesca, minería e industria en general.

ASTM A-106 GRADO B: Tubos para servicios a altas temperaturas.

API 5L GRADO B: Tubos de línea para la industria petrolera

#### **2.4.1.2. ACCESORIOS EN UNA LÍNEA DE FLUJO. [21]**

- **Bridas.**

Brida es el elemento que une dos componentes de un sistema de tuberías, permitiendo ser desmontado sin operaciones destructivas, gracias a una circunferencia de agujeros a través de los cuales se montan pernos de unión.

- **Partes de una brida.**

- a) Ala
- b) Cuello
- c) Diámetro de pernos
- d) Cara

- **Tipos de bridas.**

Los diseños de las bridas más habituales son:

- a) Bridas de cuello para soldadura
- b) Bridas locas (lap joints).
- c) De enchufe y soldadura
- d) Bridas roscadas
- e) Bridas ciegas
- f) Bridas de aislamiento eléctrico
- g) Bridas en ocho

- **Tipos de caras.**

Las caras de las bridas están fabricadas de forma estándar para mantener unas dimensiones concretas. Las caras de las bridas estándar más habituales son:

- a) Cara plana (FF)
- b) Cara con resalte (RF)
- c) Cara con anillo (RTJ)



Gráfico 2.2. Bridas utilizadas en la construcción de líneas de flujo.

Fuente: <http://www.sumpetrol.com.ar/Pbridas.html>.

- **Bridas ASME/ANSI.**

Las bridas para tuberías según los estándares ASME/ANSI B16.5 o ASME/ANSI B16.47 normalmente están hechas a partir de forja con las caras mecanizadas. Se clasifican según su 'clase de presión' (una relación a partir de la cual se puede obtener una curva según la resistencia al efecto conjunto presión-temperatura). Las clases de presión (pressure classes o *rating*, en inglés) se expresan en libras por pulgada cuadrada ( $\text{lb} / \text{in}^2$  o, simplemente, el símbolo #).

Las clases más usuales son: 150#, 300#, 600#, 900#, 1500# y 2500#, aunque ASME B16.47 reconoce la clase 75# la cual está pensada para presiones y temperaturas de trabajo de baja exigencia.

Cuanto mayor es la clase de presión de las bridas de una red de tuberías, mayor resistencia presentará dicha red al efecto conjunto de la presión y la temperatura. Así, por ejemplo, un sistema con clase 150# difícilmente soportaría unas condiciones de presión y temperatura de 30 bar y 150 °C, mientras que una clase 300# sería la ideal para esas condiciones. Cuanto

mayor es la clase de tuberías de una brida, mayor es su precio, por lo que resultaría un gasto no justificado el empleo de unas bridas de 600# para este caso concreto.

- **Juntas y empaquetaduras.**

Las uniones selladas pueden dividirse en estáticas y dinámicas, en función de si las piezas selladas se mueven o no entre sí. Un eje giratorio dentro de un cuerpo es un ejemplo de un sistema dinámico típico. Aunque las bridas entran en la categoría de sistemas estáticos, experimentan pequeños «micromovimientos» debidos a vibraciones, cambios de presión, choques, impactos, cambios de temperatura, transmisión de cargas, etc.

Una junta es un material situado entre dos bridas acopladas y se utiliza para asegurar la integridad del sellado. Las juntas evitan el escape de líquidos o gases al formar barreras impermeables. Es necesario que esta unión sellada permanezca intacta y estanca durante mucho tiempo. Por tanto, el material de la junta debe resistir el medio líquido y/o gaseoso que se pretende sellar o excluir, y soportar las presiones y temperaturas de servicio a las que se ve sometida.

Existen tres tipos de juntas para bridas:

**a) Juntas pre cortadas convencionales de compresión.**

Hechas de papel, caucho, corcho, metal y otros materiales.

**b) Juntas selladoras líquidas formadas «in situ» (FIS).**

Que se aplican a una de las superficies de la brida antes de montar las piezas. Al montar las piezas, el sellador fluye entre las bridas, rellenando holguras, huecos, rasguños e irregularidades superficiales. Después del montaje, la junta cura y forma una unión sellada duradera.



Gráfico 2.3. Juntas utilizadas en la unión de bridas.

Fuente: <http://www.sumpetrol.com.ar/Pbridas.html>.

### **c) Juntas selladoras líquidas curadas «in situ» (CIS).**

Que se aplican a una de las bridas por medio de máquinas trazadoras en forma de cordones precisos.

El cordón de sellado pre aplicado cura después por luz ultravioleta, formando un material elastomérico adherido a la superficie de la brida. El sellado se consigue por compresión de la junta curada durante el montaje de las bridas.

Hay muchos factores que influyen en la elección de la junta. Las juntas curadas in situ (CIS) son ideales para sellar uniones que han de abrirse con frecuencia a efectos de mantenimiento, o cuando la junta ha de adherirse a la brida porque una junta pre cortada normal puede salirse durante el montaje.

Las juntas formadas in situ (FIS) pueden utilizarse con casi todos los tipos de brida.

Generalmente una junta no necesita ser pegada a la carcasa o a la tapa a fin de facilitar su remoción y remplazo por una nueva cada vez que la carcasa de la bomba es abierta.

Una junta pegada resulta muy laboriosa de sacar y muchas veces el residuo del pegamento no es eliminado a fondo, pudiendo afectar en uno o más puntos de asiento de la nueva junta con lo cual su eficacia se vería afectada.

#### **2.4.2. CORROSIÓN EN TUBERÍAS. [5]**

El flujo de los hidrocarburos en la mayoría de los casos viene acompañado de ácido sulfhídrico y/o bióxido de carbono, los cuales pueden estar presentes en pequeñas o altas concentraciones.

Existen diferentes tipos de corrosión. Sin embargo, se hará un enfoque principalmente a las comúnmente observadas en tuberías, usadas en las operaciones de perforación y terminación de pozos; así como en las tuberías de conducción (línea), las cuales son:

- a) Corrosión por ácido sulfhídrico (corrosión amarga)
- b) Corrosión por bióxido de carbono (corrosión dulce)

##### **2.4.2.1. CORROSIÓN POR ÁCIDO SULFÍDRICO H<sub>2</sub>S.**

El ataque a la tubería por la presencia del ácido sulfhídrico disuelto, es conocido como corrosión amarga.

El sulfuro de fierro que se produce de la reacción química, es el que se adhiere a la superficie del acero en forma de polvo negro o escama.

El ácido sulfhídrico reacciona con el agua bajo ciertas condiciones de presión y temperatura, las cuales generan la disociación de los átomos de hidrógeno.

Una vez separado el hidrógeno a nivel atómico, éste se introduce en el acero, iniciando su difusión a través del espesor del cuerpo del tubo.



Gráfico 2.4. Caso típico de corrosión por H<sub>2</sub>S.

FUENTE: David Hernández Morales TENARIS TAMSA.

#### **2.4.2.2. CORROSIÓN POR BIÓXIDO DE CARBONO CO<sub>2</sub>.**

El ataque a la tubería por la presencia del bióxido de carbono es conocido como corrosión dulce. El primer caso histórico a nivel mundial de este problema fue ubicado un pozo de gas en Texas, EUA, en el año de 1947; desde entonces se tiene un registro estadístico de que un pozo de cada cinco, tienen problemas con este tipo de corrosión.

Esta corrosión se presenta tanto en pozos de aceite, gas y condensado.

El bióxido de carbono está en una solubilidad equilibrada con el agua y los hidrocarburos. La concentración del CO<sub>2</sub> en el agua está determinada por la presión parcial del gas en contacto con el agua de formación.

La corrosión por efecto del bióxido de carbono ocurre cuando se presenta el mojamiento del acero con el aguade formación. Si el porcentaje de agua se incrementa, la posibilidad de corrosión se incrementara, por lo que la composición química del agua representa un papel importante en este efecto corrosivo.

Cuando en el flujo de hidrocarburos del pozo se presenta la combinación de los compuestos del H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub>, hacen que el efecto sea más corrosivo sobre el acero.



Gráfico 2.5. Caso típico de corrosión por CO<sub>2</sub>.

Fuente: David Hernández Morales TENARIS TAMSA.

#### **2.4.2.3. CORROSION EN SUELOS. [6]**

EL terreno o suelo por su contenido variable de humedad, sales y materia orgánica en descomposición es el electrolito más complejo de todos los que se pueden encontrar.

Por necesidades mecánicas, económicas y de seguridad, la industria tiene que apoyar sobre él y enterrar numerosas y muy variadas estructuras de acero, las cuales se ven sometidas a un proceso de corrosión que en algunos casos puede ser complicado.

Para tener un buen control de la corrosión de estas estructuras se han de combinar los dos tipos de protección a nuestro alcance: un buen recubrimiento pasivo, complementado por un sistema de protección catódica adecuado. Confiar la protección anticorrosiva de una estructura enterrada solamente a la protección catódica, puede hacerse, pero será siempre antieconómico si la estructura no es de dimensiones pequeñas.

El suelo generalmente es un medio heterogéneo en donde se dan muchas variaciones en la velocidad de corrosión de los metales. Un suelo natural contiene los siguientes elementos: arena, arcilla, cal y humus.

Estos componentes pueden estar mezclados en el suelo en diferentes proporciones que darán lugar a distintos grados de agresividad.

- **AGRESIVIDAD DEL SUELO EN FUNCIÓN DE SU RESISTIVIDAD.**

La velocidad de corrosión está ligada a la resistividad del terreno de la forma que se señala la siguiente tabla.

<i>Resistividad (<math>\Omega\cdot m</math>)</i>	<i>Grado de agresividad</i>
< 10	Severo
10 - 100	Discreto
100 - 1000	Escaso
> 1000	Nulo

Tabla 2.2. Grado de agresividad del suelo en función de la resistividad.

Fuente: Corrosión en la Industria Química Petrolera.

La resistividad de un terreno depende, en particular, de su estructura, de las dimensiones de sus partículas constituyentes, de su porosidad y permeabilidad, del contenido de agua (humedad) y de su contenido de iones.

Por ejemplo, en lo que se refiere a un suelo arcilloso, con un 5% de humedad, dicho suelo puede presentar una resistividad de 10 000 ohm-m, en cambio, con un 20% de humedad, la resistividad disminuye hasta 100 ohm-m.

Es obvio, por tanto, que la resistividad de un terreno y especialmente la de los estratos superiores, puede variar notablemente con las estaciones del año, la precipitación fluvial, la actividad agrícola e industrial, etcétera.

En cambio, la temperatura no ejerce una influencia tan marcada, a menos que supere el punto de congelación, después de lo cual hay un aumento significativo de la resistividad.

### 2.4.3. PROCESOS DE SOLDADURA.

#### 2.4.3.1. PROCESO DE SOLDADURA SMAW. [7]

Este tipo de soldadura es uno de los procesos de unión de metales más antiguos que existe, su inicio data de los años 90 de siglo XVIII. En la que se utilizaba un electrodo de carbón para producir el arco eléctrico, pero no es sino hasta 1907, cuando el fundador de ESAB, Oscar Kjellber, desarrolla el método de soldadura con electrodo recubierto, también conocido como método SMAW (Shielded Metal Arc Welding).

Fue el primer método aplicado con grandes resultados, no solo de orden técnico, sino también de orden económico, ya que este proceso permitió el desarrollo de procesos de fabricación mucho más eficaces, y que hasta hoy en día solamente han sido superados por modernas aplicaciones, pero que siguen basándose en el concepto básico de la soldadura al arco con electrodo auto protegido.

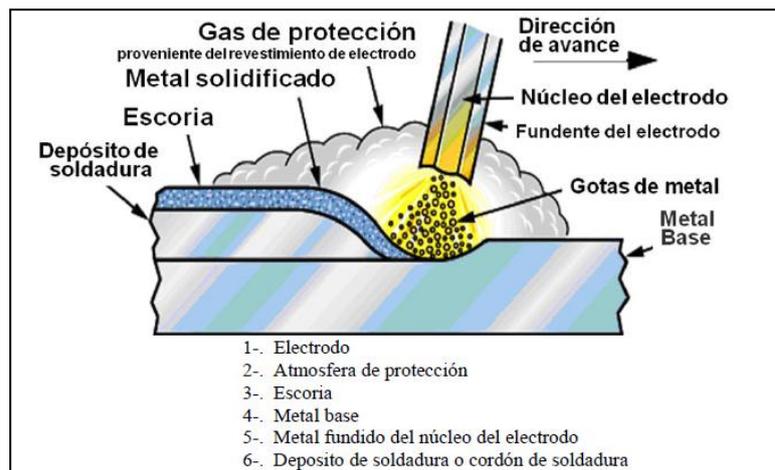


Gráfico 2.6. Diagrama esquemático del proceso de soldadura (SMAW).

Fuente: Soldadura al arco eléctrico SMAW.

Consiste en la utilización de un electrodo con un determinado recubrimiento, según sea las características específicas, y que se describirá brevemente enseguida. A través del mismo se hace circular un determinado tipo de corriente eléctrica, ya sea esta de tipo alterna o directa. Se establece un corto circuito entre el electrodo y el material base que se desea soldar o unir, este arco eléctrico puede alcanzar temperaturas del orden de los 5500 °C, depositándose el núcleo del electrodo fundido al material que se está soldando, de paso se genera mediante la combustión del recubrimiento, una atmosfera que permite la protección del proceso, esta protección se circunscribe a evitar la penetración de humedad y posibles elementos contaminantes. También se produce una escoria que recubre el cordón de soldadura generado. Lo anterior se puede observar en el (gráfico 2.6).

- **El Equipo.**

Se puede observar en el (gráfico 2.7) que el equipo es relativamente sencillo, y se compone básicamente de una fuente de poder, porta electrodo, y cable de fuerza.

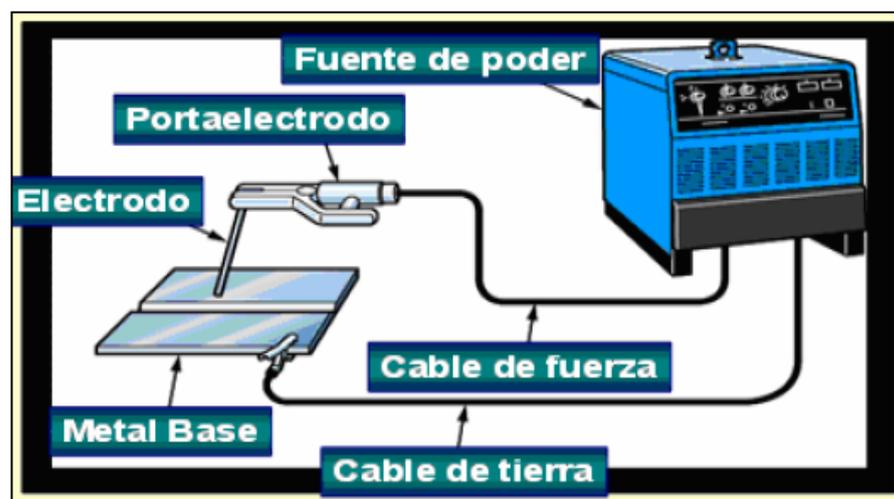


Gráfico 2.7. Equipo Básico de Soldadura (SMAW).

Fuente: Soldadura al arco eléctrico SMAW.

- **El electrodo.**

Como se ha visto, para poder realizar este proceso de soldadura al arco con electrodo recubierto, se dispone de una gran diversidad de tipos de electrodos, cada uno de ellos se selecciona en base al material de que está constituido su núcleo, así como por su tipo de recubrimiento y además por el diámetro del electrodo. La AWS. (American Welding Society) ha normalizado su diseño y utilización.

Para efectos de identificación se utiliza las siguientes siglas. Como se puede ver en el (gráfico 2.8). Esta identificación aparece en la parte superior de cada electrodo. Como una aclaración se dirá que la sigla de posiciones, se refiere a la posición en la que se coloca el electrodo a la hora de estar ejecutando el cordón de soldadura.

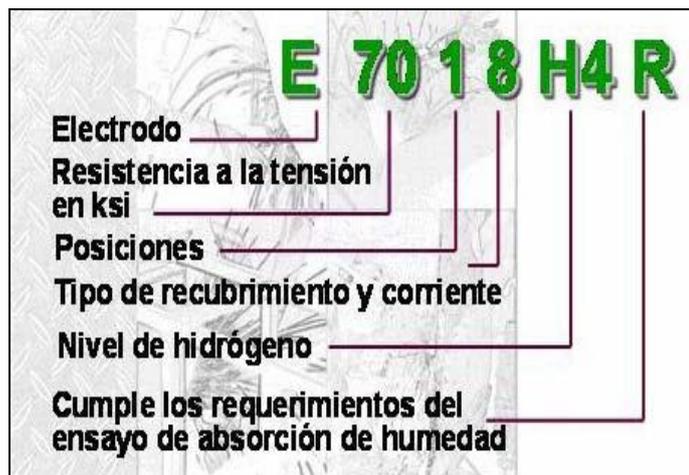


Gráfico 2.8. Clasificación AWS A5.1 para electrodos.

Fuente: Soldadura al arco eléctrico SMAW.

#### **2.4.3.2. PROCESO DE SOLDADURA GTAW. [8]**

La soldadura GTAW (gas tungsten arc welding) o Soldadura TIG (tungsten inert gas) es también conocida como soldadura Heliarc (gráfico 2.9), es un proceso en el que se usa un electrodo no consumible de tungsteno sólido, el electrodo, el arco y el área alrededor de la soldadura fundida son

protegidas de la atmosfera por un escudo de gas inerte, si algún metal de aporte es necesario es agregado a la soldadura desde el frente del borde de la soldadura que se va formando.

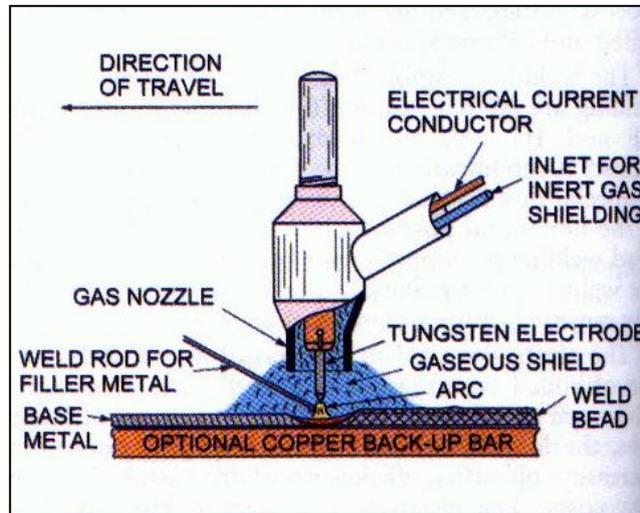


Gráfico 2.9. Diagrama esquemático del proceso de soldadura GTAW.

Fuente: Procesos de soldadura en la industria.

En cualquier tipo de proceso de soldadura la mejor soldadura, que se puede obtener, es aquella donde la soldadura y el metal base comparten las mismas propiedades químicas, metalúrgicas y física, para lograr esas condiciones la soldadura fundida debe estar protegida de la atmósfera durante la operación de la soldadura, de otra forma, el oxígeno y el nitrógeno de la atmosfera se combinarían, literalmente, con el metal fundido resultando en una soldadura débil y con porosidad. En la soldadura TIG la zona de soldadura es resguardada de la atmosfera por un gas inerte que es alimentado a través de la antorcha, Argón y Helio pueden ser usados con éxito en este proceso, el Argón es mayormente utilizado por su gran versatilidad en la aplicación exitosa de una gran variedad de metales, además de su alto rendimiento permitiendo soldaduras con un bajo flujo para ejecutar al proceso. El Helio genera un arco más caliente, permitiendo una elevación del voltaje en el arco del 50-60%.

Este calor extra es útil especialmente cuando la soldadura es aplicada en secciones muy pesadas. La mezcla de estos dos gases es posible y se usa para aprovechar los beneficios de ambos, pero la selección del gas o mezcla de gases dependerá de los materiales a soldar.

Dado que la atmosfera está aislada 100% del área de soldadura y un control muy fino y preciso de la aplicación de calor, las soldaduras TIG, son más fuertes, más dúctiles y más resistentes a la corrosión que las soldaduras hechas con el proceso ordinario de arco manual (electrodo cubierto).

Además del hecho de que no se necesita ningún fundente, hace este tipo de soldaduras aplicable a una amplia gama de diferentes procedimientos de unión de metales.

- **El Equipo**

El equipo básico para la soldadura GTAW es:

- a) Una máquina para soldar con arco y sus cables.
- b) Un suministro de gas inerte con mangueras, reguladores, etc.
- c) Un suministro de agua (para algunos tipos de sopletes).
- d) Un soplete en el cual se conecta todo lo anterior y que sirve también como porta electrodo y mango. Puede tener también un interruptor para controlar todos los sistemas conectados en el mango del soplete.

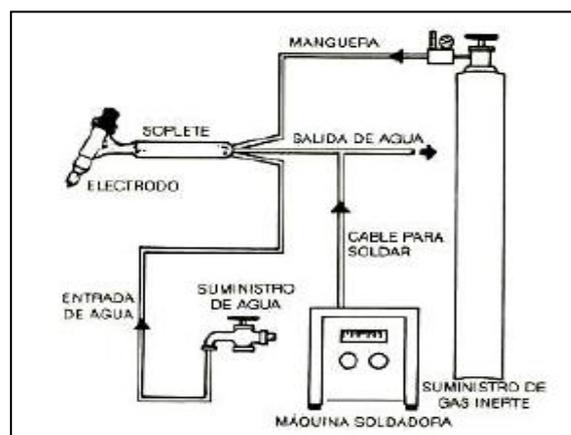


Gráfico 2.10. Equipo Básico de Soldadura GTAW.

Fuente: Procesos de soldadura en la industria.

- **Gases protectores.**

Los dos gases inertes con uso más extenso en la GTAW, son el argón y el helio. Inerte significa simplemente que un gas u otro elemento no reaccionan ni se combina con otros elementos. El propósito del gas es proteger la soldadura y el electrodo contra la contaminación por la atmósfera ambiente. Se recomienda el argón para la soldadura GTAW manual porque se necesitan 2.5 veces más de helio para producir los mismos efectos que el argón. Sin embargo, se prefiere el helio para la soldadura GTAW automática y semiautomática porque produce un arco más caliente y de mayor penetración.

Algunos fabricantes han experimentado con mezclas de argón y helio con excelentes resultados.

Para la soldadura de aluminio y sus aleaciones, la mezcla de argón y helio permitirá mayores velocidades y más penetración de la soldadura que el argón por sí solo.

De todos modos, se tienen las principales ventajas de éste, con mayor facilidad para formar el arco, mejor acción de limpieza y menor consumo de gas.

En fechas recientes, se han tenido buenos resultados con adiciones de hidrógeno y nitrógeno al argón para soldar los aceros inoxidables, pues evitan la decoloración del cordón en el metal.

El argón, mucho más denso que el helio, da mejor protección cuando se suelda hacia abajo. El helio dará mejor protección para soldadura en posiciones incómodas (en especial sobre la cabeza) porque no es tan denso. Aunque con el helio se pueden lograr un arco más caliente y mejor penetración, es probable que se produzca deformación del metal base si se utilizan secciones delgadas. Por tanto, en las industrias, se utiliza el argón para secciones de metal delgadas. Siempre hay excepciones a esta regla, pero en general, los gases recomendados para GTAW.

Metal	Gas
Aluminio	Argón
Latón y sus aleaciones	Helio o argón
Cobre y sus aleaciones de menos de 3 mm (1/8 in)	Argón
Cobre y sus aleaciones de más de 3 mm (1/8 in)	Helio
Acero al bajo carbono	Argón
Acero inoxidable	Argón

Tabla 2.3. Metales y Gases para proceso GTAW.

Fuente: Procesos de soldadura en la industria.

### 2.4.3.3. “WPS” ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA. [9]

El WPS es un documento que relaciona las variables a considerar en la realización de una soldadura específica, determina la ejecución de las pruebas de calificación tanto de proceso y procedimiento como del operario de soldadura.

EL WPS involucra todas las VARIABLES ESENCIALES (Estas variables no deben cambiar más allá de los límites establecidos en el código respectivo) y, VARIABLES COMPLEMENTARIAS Y SUPLEMENTARIAS (Ajustadas a los requisitos de la empresa, y aquellas que no afectan la ejecución del proceso).

- **El Procedimiento.**

Se refiere a todas las condiciones presentes en la realización de una soldadura.

El procedimiento se efectuará en un equipo previamente calibrado y calificado, se utilizarán los materiales recomendados en las especificaciones o referenciados con su “reporte certificado de ensayo de material”. Y se efectuarán las soldaduras en las condiciones referenciadas en código, las cuales deben corresponder a las que se ejecutarán en el trabajo real de producción.

Posteriormente se someterán los materiales utilizados en el procedimiento (cupones de prueba), a las pruebas (ensayos destructivos y no destructivos) exigidos por el código referenciado, para comprobar la conservación de sus propiedades físicas, su resistencia mecánica, doblado, resistencia al impacto, dureza y análisis químico.

#### **2.4.3.4. “PQR” REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO.**

Este documento corresponde al anexo del WPS, y en el van detallados todos los pasos que conllevan a la calificación de un proceso, procedimiento y operarios de soldadura. En el están relacionadas las diferentes pruebas o ensayos realizados y la certificación de aprobación o rechazo firmada por un inspector certificado en soldadura.

Cada WPS puede contener uno o varios PQR.

Para efectos contractuales y para efectuar soldaduras similares en el futuro, las pruebas realizadas son igualmente aplicables tanto para la soldadura por máquina como para la soldadura manual, y siempre es obligatoria cuando se trabaja conforme a códigos.

Es obviamente inútil llevar a cabo para cada pequeña variación del material, espesor o método de soldadura un nuevo ensayo de procedimiento. Por consiguiente, los materiales se dividen en grupos que comprenden aleaciones con características similares de soldadura.

Una prueba realizada sobre un metal de uno de los grupos designados se considera aplicable a todas las demás aleaciones dentro del mismo grupo. Con este principio, se dividen en grupos de espesor de chapa o lámina, procesos de soldadura y posiciones de soldadura (vertical, horizontal, vertical sobre cabeza y plana).

Como constancia de haber realizado pruebas de procedimiento se debe llevar el PQR consignando con el mayor detalle posible de las variables esenciales de soldadura, tales como la corriente, número de cordones, calibre y tipo del electrodo utilizado, y, en el caso de soldadura con

máquina, las fijaciones o variables de la máquina. Estas pruebas de calificación se realizan bajo la supervisión de un inspector y/o ingeniero de soldadura.

#### **2.4.3.5. “WPQ” REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADORES.**

Determina la habilidad del soldador para realizar depósitos de soldadura aceptables, con la finalidad de tener total seguridad en la ejecución de la soldadura.

- a) Se debe realizar conforme a un WPS calificado.
- b) La calificación de un soldador bajo una norma, no implica su calificación bajo una norma distinta.
- c) Cuando se produce un cambio en una o más variables esenciales, el soldador tiene que ser calificado nuevamente, para satisfacer dichos cambios.

#### **2.4.3.6. APLICACIÓN DE END A JUNTAS SOLDADAS.**

- **Inspección de soldaduras con Radiografía. [10]**

La inspección de soldaduras con radiografías es un tipo de ensayo no destructivo (END) que proporciona información sobre la calidad de la soldadura y los defectos que presenta. Así pues, es una técnica esencial para certificar la validez de las soldaduras.

Los rayos X son radiaciones electromagnéticas que se propagan a la velocidad de la luz (300.000 km/s), aunque tienen menor longitud de onda, mayor energía y más penetración. Estos rayos no sufren desviación alguna por efecto de campos magnéticos o eléctricos (no son partículas cargadas, ni sus espines están orientados); se propagan por tanto en línea recta, excitan la fosforescencia e impresionan placas fotográficas.

La principal característica de los rayos X es que atraviesan los cuerpos opacos sin reflejarse ni refractarse, siendo absorbidos en mayor o menor grado según el espesor y la densidad del material, y la longitud de onda

de la radiación. Alcanzan así a impresionar una película o placa fotográfica, situada en el lado opuesto del material.

Los defectos de los materiales como grietas, bolsas, inclusiones, etc. de distintas densidades, absorben las radiaciones en distinta proporción que el material base, de forma que estas diferencias generan detalles de contraste claro-oscuro en la placa fotográfica colocada detrás de la pieza. Esto es lo que permite identificar defectos en la inspección de una soldadura por radiografía.

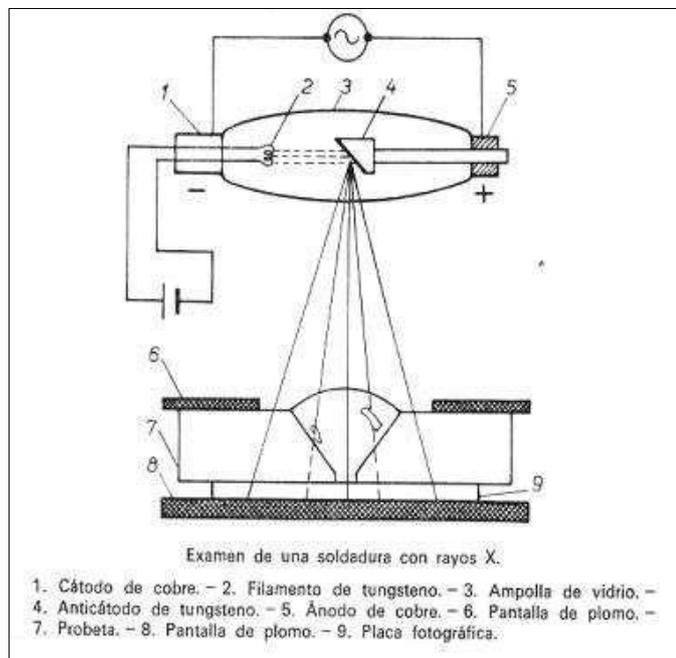


Gráfico 2.11. Esquema del aparato Radiográfico.

Fuente: Fundamento de ciencias de materiales.

Los defectos detectables en las soldaduras son los siguientes:

- a) Cavidades y porosidades (sopladuras)
- b) Inclusiones sólidas (escorias)
- c) Fisuras o microgrietas
- d) Falta de penetración
- e) Falta de fusión (despego)

- f) Mordeduras
- g) Exceso de penetración (descuelgue)

- **Inspección de soldaduras con Tintas Penetrantes**

Es una prueba no destructiva, la cual nos ayuda a detectar imperfecciones abiertas a la superficie, principalmente en las uniones realizadas por soldadura, así también a los acabados que se realizan a ciertos componentes, cuando se realizan maquinados y los materiales están expuestos a sufrir fracturas, las cuales no son detectadas a simple vista,(inspección-visual).

Este método es muy eficaz, siempre y cuando el personal que realice la inspección cuente con la experiencia necesaria así como la certificación para realizar esta prueba.

Existen los penetrantes coloreados o secos, así como los fluorescentes.

El método adecuado para realizar esta prueba, será seleccionada de acuerdo al tipo de discontinuidad que se desea encontrar.

- **Método de aplicación de los líquidos penetrantes en Pruebas No Destructivas**

Se aplica el líquido penetrante a la superficie de la pieza a ser examinada, permitiendo que penetre en las aberturas del material, después de lo cual el exceso del líquido es removido. Se aplica entonces el revelador, el cual es humedecido o afectado por el penetrante atrapado en las discontinuidades de esta manera se incrementa la evidencia de las discontinuidades, tal que puedan ser vistas ya sea directamente o por medio de una lámpara o luz negra.

- a) Tipo I = Penetrante fluorescente
- b) Tipo II = Tintas permanentes o visibles
- c) Proceso A = Penetrante lavable en agua
- d) Proceso B = Penetrante postemulsificado

- e) Proceso C = Penetrante removido con solvente
- f) Revelador seco: Grano fino se aplica por espolvoreado, rociado o sumergido.
- g) Revelador no acuoso: Es una suspensión absorbente, aplicado por rocío
- h) Revelador húmedo: Es una suspensión absorbente de polvo en agua, se aplica por inmersión.
- i) Portátil ( atomizador )
- j) Estacionario ( inmersión )
- k) Simple vista Spoteheck (portátil)
- l) Luz negra Syglo (estacionario)

#### **2.4.4. PREPARACIÓN DE SUPERFICIES. [22]**

##### **2.4.4.1. GRANALLA MINERAL.**

La granalla mineral es el material que se utiliza para el proceso de sandblasting. Por su forma angular permite obtener los mejores perfiles de rugosidad superficial del acero que asegura el anclaje del recubrimiento.

Este material no contamina el ambiente. Es procesado bajo un estricto control de calidad que garantiza la uniformidad de los tamaños de grano cumpliendo con la especificación E-11 ASTM. Su estructura es dura, lo cual no permite que no se rompa fácilmente al impacto.

Los diferentes tamaños de grano que se encuentran en el mercado local, y los anclajes que se pueden lograr se muestran en la siguiente tabla:

Tamaño (mm)	0,5	1	1,5	2	2,5	Nominal
Perfil de anclaje (micras)	15	50	75	100	125	Referencial

Tabla 2.4. Tamaños de grano y perfil de anclaje.

Fuente: <http://Introduction to Sandblasting.htm>

La granalla mineral o Black Beauty, es un material que no necesita secado y puede ser manipulado directamente desde la funda a la tolva.

No es inflamable ni explosivo y es estable bajo condiciones normales de almacenamiento y transporte.

#### **2.4.4.2. APLICACIÓN DE BLASTING.**

El proceso final en la construcción de líneas de flujo es el de acabado, es decir, la protección que se le da a la tubería para evitar principalmente daños como la corrosión. Para ello al proceso de acabado se lo divide en dos subprocesos: el gritblasting y la pintura.

El gritblasting es la preparación o la limpieza de la superficie previo al revestimiento y/o pintura.

La efectividad del revestimiento depende principalmente de la preparación de la superficie. En este proceso se debe remover todo el material extraño para permitir la adhesión adecuada del revestimiento y/o pintura.

El gritblasting consiste en hacer chocar un chorro de arena o chorro abrasivo contra la superficie, para eliminar las sustancias extrañas sobre esta y darle un acabado deseado, con la finalidad de aumentar de esta forma la adhesividad.

Los chorros aplicados deben efectuarse con suficiente impulso como para lograr el efecto deseado, para ello como parte importante del equipo se utiliza un compresor de aire, el cual impulsa estas partículas a una velocidad de entre 65 – 110 m/seg.

El método más utilizado en la preparación de superficies para planchas y tuberías de acero es el blackbeauty. Este método con la ayuda del equipo adecuado nos da acabados SSPC-SP-5 y SSPC-SP-10.

A continuación se muestra la tabla de acabados de acuerdo a la SSPC.

ESPECIFICACION	METODO
SSPC-SP-1 <u>Limpieza utilizando solventes químicos</u>	Para la limpieza de aceites, suciedad, sales o contaminantes mediante el uso de solventes, alcalinos o emulsiones.
SSPC-SP-2 <u>Limpieza utilizando herramientas manuales</u>	Remoción de óxido resistente, incrustaciones y pintura hasta un grado especificado mediante raspado y cepillado con herramienta manual.
SSPC-SP-3 <u>Limpieza utilizando herramienta eléctrica</u>	Remoción de óxido resistente, incrustaciones, y pintura hasta un grado especificado mediante el raspado y cepillado con herramienta eléctrica.
SSPC-SP-5 <u>Limpieza de granallado casi blanco</u>	Remoción de óxido visible, incrustaciones, pintura, material extraño por la granalla a boquilla (seca o mojada) utilizando arena o microesferas de vidrio. Para medios corrosivos, donde se requiere una limpieza de alta calidad.
SSPC-SP-6 <u>Limpieza de granallado comercial</u>	Granallado para la remoción hasta que las dos terceras partes de la superficie queden libres de cualquier residuo visible. Para estados de severa exposición.
SSPC-SP-7 <u>Limpieza de granallado a cepillo</u>	Granallado de todo, además de todo residuo hasta la exposición de las partículas del metal subyacente distribuidas uniformemente.
SSPC-SP-8 <u>Baños ácidos</u>	Limpieza completa de óxido o escamas por medio de baños ácidos dobles. Puede acondicionar la superficie.
SSPC-SP-10 <u>Limpieza de granallado blanco</u>	Granallado cercano al metal blanco hasta que el 95% de la superficie de cada elemento quede visiblemente libre de residuos. Para medios de gran humedad, químicos o marinos u otros medios corrosivos.

Tabla 2.5. Especificaciones para preparación de superficies

Fuente: <http://Introduction to Sandblasting.htm>

#### 2.4.5. APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS.

Debido a la actividad de la empresa en la construcción y montaje de líneas de flujo, en el proceso de pintura se utiliza resina epoxica anticorrosiva de marca SCOTCHKOTE – 323, producto disponible en el mercado nacional, el cual es utilizado a nivel mundial para este propósito.

Por procedimiento interno de la empresa para el proceso de pintura en líneas de flujo se utiliza el siguiente producto, con su respectiva especificación:

<b>Color</b>	Azul - Verde
<b>Proporción de Mezcla</b>	2A: 1B por Volumen 70.8%: 29.2% por peso
<b>Viscosidad en cps @ 72°F/22°C</b>	323
<b>Vida en anaquel</b>	(contenedor cerrado) 18 meses
<b>Gravedad Específica</b>	1.35 mezclado
<b>Rendimiento</b>	142 sqft/lb/mil ( 0.74 m <sup>2</sup> /Kg/mm )
<b>Temperatura Máxima de Operación</b>	Húmedo 203°F/95°C Seco 250°F/121°C

Tabla 2.6. Especificaciones de la pintura epóxica SCOTCHKOTE – 323

Fuente: Hoja de datos técnica de SCOTCHKOTE – 323

#### **2.4.6. ZANJADO, ENTERRADO Y TAPADO DE TUBERÍA. [11]**

Se dará el nombre de Excavación al corte que se efectúe entre el terreno natural desmontado, limpio o descapotado, o desde la superficie del terreno limpio de pavimento hasta la línea de excavación definida en los planos, removiendo y retirando cualquier clase de material que se encuentre. Incluye actividades tales como, bombear aguas con sistemas convencionales de motobombas, retirar derrumbes y cualesquiera otros que por la naturaleza del terreno y características de la obra deban ejecutarse con la ayuda de picas, garlanchas, explosivos, equipo mecánico, etc.

Se da el nombre de Zanja a la excavación alargada y angosta con una profundidad mayor al ancho promedio, abierta temporalmente para instalar tuberías.

La limpieza y descapote deberán llevarse a cabo en las áreas donde se excavarán las zanjas para la instalación de la tubería, o en aquellas áreas que vayan a ser ocupadas por las estructuras permanentes de la obra. No se medirán las áreas limpiadas y desmontadas en zonas de préstamos o

de canteras y otras fuentes de materiales que se encuentren localizadas fuera de la zona del proyecto.

#### **2.4.6.1 GENERALIDADES PARA REALIZAR EXCAVACIONES.**

- a) Se deberá ejecutar las excavaciones de las zanjas para la instalación de tuberías de acuerdo con las secciones, líneas, cotas y pendientes mostradas en los planos.
- b) Al iniciar la excavación, se deberá tener lista la investigación de interferencias con el fin de no dañar tubos de acueducto, teléfono, energía, gas, y otros elementos o estructuras existentes en el área de excavación o próximas a las mismas.
- c) Los bordes de las excavaciones donde haya peligro de caídas de peatones, vehículos o animales, deben resguardarse por vallas, y cintas. Por la noche el área de riesgo quedar señalizada por medios luminosos.
- d) El material apto para ser utilizado en la obra deberá ser depositado fuera de los bordes de la zanja, dejando una distancia libre a lado y lado equivalente al 60% de la profundidad de la zanja.
- e) Las zanjas tendrán un ancho según el diámetro de la tubería a instalarse en ellas.

Este ancho deberá mantenerse sin tener en cuenta el tipo de suelo de la excavación, ni los métodos de construcción, ni el sistema de compactación de los rellenos.

- f) Para cualquier tipo de acodamiento, entibado, rellenos, apisonados de zanja y cualquier tipo de terreno se tendrá en cuenta para efectos de pago los anchos máximos para la instalación de tuberías descritos en las secciones específicas de cada material de tubería permitido.

## **2.4.7 PRUEBAS HIDROSTÁTICAS EN LÍNEAS DE FLUJO. [12]**

### **2.4.7.1 PRESIÓN DE DISEÑO.**

La presión de diseño es la máxima presión interna o externa utilizada para determinar el espesor mínimo de tuberías y recipientes y otros equipos.

Para condiciones de vacío parcial o total, la presión externa es la máxima diferencia entre la atmosférica y la presión en el interior del recipiente o tubería.

La presión de diseño especificada para equipos y tuberías esta normalmente basada en la presión de operación máxima, más la diferencia de presión entre la presión máxima de operación y la presión fijada en el sistema de alivio de presión (AP). Esta diferencia de presión es requerida para prevenir la apertura prematura de una válvula de alivio de seguridad o la falla prematura de un disco de ruptura.

La presión de diseño de un recipiente se especifica normalmente en el tope del mismo.

Al establecer la presión máxima de operación, se deben considerar las variaciones de presión originadas por cambios en la presión de vapor, densidad, cambio en la alimentación, cambios en los puntos de corte de los productos, cabezal estático debido al nivel de líquido o sólido, caída de presión en el sistema y presión de bloqueo de bombas o compresores.

También se debe suministrar un margen adecuado entre la presión de operación y la presión establecida para la válvula de seguridad (normalmente igual a la presión de diseño), a objeto de prevenir la abertura frecuente de la válvula de seguridad.

La presión de diseño generalmente se selecciona como el mayor valor numérico de los siguientes casos:

- a) 110% de la presión máxima de operación

b) La presión de operación más 172 kPaman (25 psig). Esta regla se aplica cuando se utiliza una válvula de alivio de seguridad convencional.

#### 2.4.7.2 PRESIÓN DE PRUEBA.

Es la presión manométrica aplicada al equipo o tubería durante la prueba hidrostática. La mínima presión requerida y la máxima presión permisible para la prueba dependen del código aplicado.

#### 2.4.7.3 PRESIÓN DE OPERACIÓN.

Es la presión a la cual los equipos o tuberías están normalmente expuestos durante la operación de los mismos.

#### 2.4.7.4 PRESIÓN DE OPERACIÓN MÁXIMA.

Es la máxima presión prevista en el sistema debida a desviaciones de la operación normal. Esto incluye arranques, paradas, operaciones alternadas, requerimientos de control, flexibilidad de operación y perturbaciones del proceso. La máxima presión de operación debe ser al menos 5% mayor que la presión de operación.



**VARIABLE INDEPENDIENTE**



**VARIABLE DEPENDIENTE**

## **2.5 HIPÓTESIS.**

La implementación del control y aseguramiento de la calidad (QA/QC), mediante procedimientos estándar en la construcción de líneas de flujo enterradas en plataformas de producción de crudo permitirá mejorar la vida útil de las tuberías.

## **2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES.**

### **2.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.**

La implementación del control y aseguramiento de la calidad (QA/QC), mediante procedimientos estándar en la construcción de líneas de flujo enterradas en plataformas de producción de crudo.

### **2.6.2 VARIABLE DEPENDIENTE.**

Mejorar la vida útil de las tuberías.

### **2.6.3 TERMINO DE RELACIÓN.**

Permitirá.

## **CAPÍTULO III**

### **3. METODOLOGÍA.**

#### **3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.**

La presente investigación guarda un carácter cuantitativo ya que se analizarán todas las variables que intervienen en el problema, antes de proceder a comparar y cuantificar resultados.

Estas variables serán tabuladas, cuantificadas y analizadas mediante gráficas y registros, por lo tanto los resultados de estos indicadores detallarán con precisión todos los parámetros que están influyendo en el control y aseguramiento de la calidad.

El objetivo es explicar predecir y controlar todos los parámetros que influyen en el desarrollo del proyecto.

Se propondrá explicaciones contextualizadas de los métodos que se utilizarán en la investigación, para solucionar el problema.

#### **3.2. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.**

##### **3.2.1. MODALIDAD.**

Para la realización de esta investigación se cuenta con un fundamento científico sobre END, estudio de soldadura, aplicación de recubrimientos anticorrosivos y preparación de superficies, por lo tanto es notorio que estará involucrada la modalidad de investigación documental bibliográfica.

Indiscutiblemente la investigación y toma de datos se realizará en el lugar mismo donde se ubica el problema, es decir en el campo SACHA perteneciente a RÍO NAPO CEM, así pues se adoptará una modalidad de investigación de campo.

De esta manera se adquirirán datos tomados en el presente, dichos datos serán analizados e interpretados para definir los aspectos que están vigentes en el problema y de esta manera dar un seguimiento para la solución de éste cubriendo así con una modalidad de tipo descriptivo.

### **3.2.2. TIPO.**

Se tratarán principalmente con niveles de tipo exploratorio y descriptivo debido a que el nivel exploratorio a través de una investigación previa permitirá generar una hipótesis que posteriormente dará solución al problema planteado.

Por otro lado el nivel descriptivo accederá a que se realice una comparación de datos entre todas las variables que producen el problema, es decir aspectos como la corrosión, mantenimiento, construcción y manejo de líneas de tubería para conducción de crudo.

### **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.**

#### **3.3.1. POBLACIÓN.**

La población a considerar en la investigación, corresponde a los objetos de estudio, los cuales serán:

- 1) Tubería de acero.
- 2) Tipos de electrodos.
- 3) Procesos de soldadura.
- 4) Preparación de superficie para aplicación de recubrimiento anticorrosivo.

#### **3.3.2. MUESTRA.**

Las muestras que serán tomadas en cuenta dentro del proyecto de investigación están directamente relacionadas a la población y son las siguientes.

- 1) Tubería de acero.

- Tubería sin revestimiento API 5L A/106, NPS 4", SCH 80.
- 2) Tipos de electrodos.
- Bajo norma AWS A5.1 E7018, ER70S-6
- 3) Procesos de soldadura.
- GTAW - SMAW
- 4) Preparación de superficie para aplicación de recubrimiento anticorrosivo.
- Pintura epóxica anticorrosiva SCOTCHKOTE 3M 100% sólidos.
  - Granalla mineral para blasting.

### 3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

#### 3.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.

La implementación del control y aseguramiento de la calidad (QA/QC), mediante procedimientos estándar en la construcción de líneas de flujo enterradas en plataformas de producción de crudo.

Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Todos los mecanismos, acciones, herramientas que realizamos para detectar la presencia de errores.	Acciones y herramientas	¿De que forma se controlará la calidad en cada etapa de la construcción?	Elaboración de registros de calidad Supervisión en taller y en campo	Computador Equipo de Inspección de soldadura Equipo de QC para recubrimientos
	Presencia de errores	¿Cómo se corregirán los defectos encontrados durante las diferentes fases de la construcción?	Aplicar normativa de construcción  Cumplir los procedimientos constructivos	Observación directa Comparación con normas de construcción  Observación directa

### 3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE.

Vida útil de las tuberías.

Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
La duración estimada que puede tener las tuberías enterradas cumpliendo correctamente con la función para la cual han sido creadas se determina por la calidad de la soldadura, el tipo de revestimiento y el tipo de prueba que determine la integridad de la junta soldada y la tubería.	Tuberías enterradas	¿Cuál es la profundidad adecuada para enterrar una línea de flujo?	1.2 m	Observación directa Nivel de precisión
	Calidad de la soldadura	¿Cuál es el criterio que define la calidad de una junta soldada?	El código que califica a una junta soldada El proceso de soldadura Habilidad del soldador	Comparación con ASME B 31.3 Observación directa Observación directa Gammagrafía
	Tipo de revestimiento	¿Cuál es el espesor de pintura necesario para garantizar la protección de la tubería contra la corrosión?	De 25 a 30 mils	Equipo de control de calidad para revestimientos Observación directa Equipo para detectar discontinuidades
	Integridad de la junta soldada y la tubería.	¿Cuál es la prueba que me permite determinar la funcionalidad del sistema y la integridad de las juntas soldadas	Prueba Hidrostática a 1000 psig	Observación directa Registrador de Presión y Temperatura

### 3.5. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

La técnica de observación directa es básicamente el método que se empleará dentro de la investigación, ya que aplica a cada uno de los parámetros a estudiar y analizar, de esta forma se podrá emitir un criterio mas acertado de todas las variables que influyen en el desarrollo del proyecto.

Por supuesto se empleará diferentes equipos de medición que ayudarán a interpretar de mejor manera los resultados obtenidos.

### **3.6. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.**

#### **3.6.1. PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.**

- Análisis extenso de la información y bibliografía recolectada.
- Tabulación de datos obtenidos en campo.
- Representación de datos de espesor de pintura, perfil de anclaje y presión de prueba mediante diagramas.
- Los resultados representar mediante fotografías, cinta para réplicas de anclaje y registros correspondientes.
- Analizar e interpretar los resultados.

#### **3.6.2. PLAN DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.**

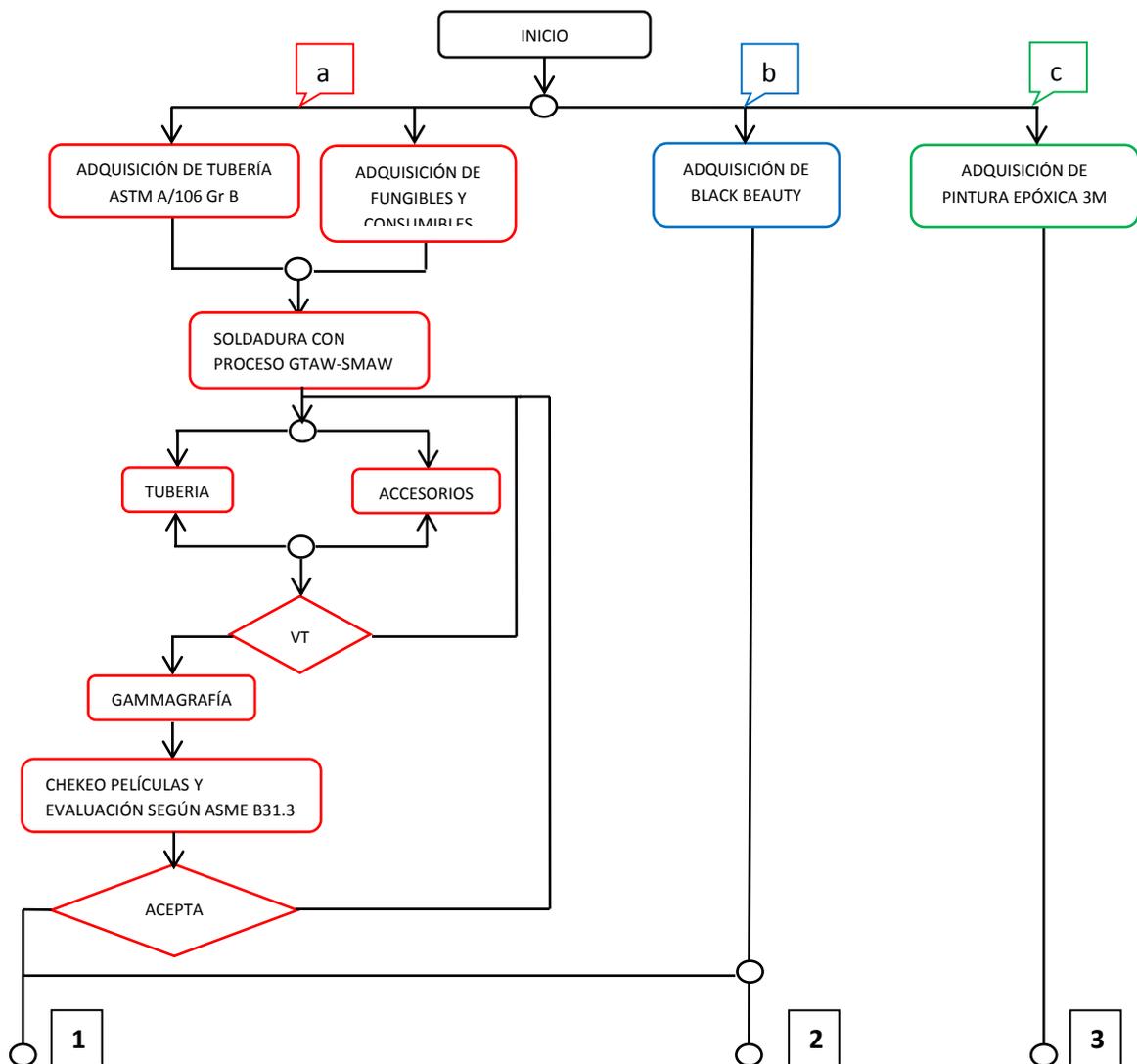
- Análisis de los códigos o normas aplicados al proyecto.
- Estudio de los registros de control de calidad de los procedimientos constructivos.
- Comprobación de la hipótesis.

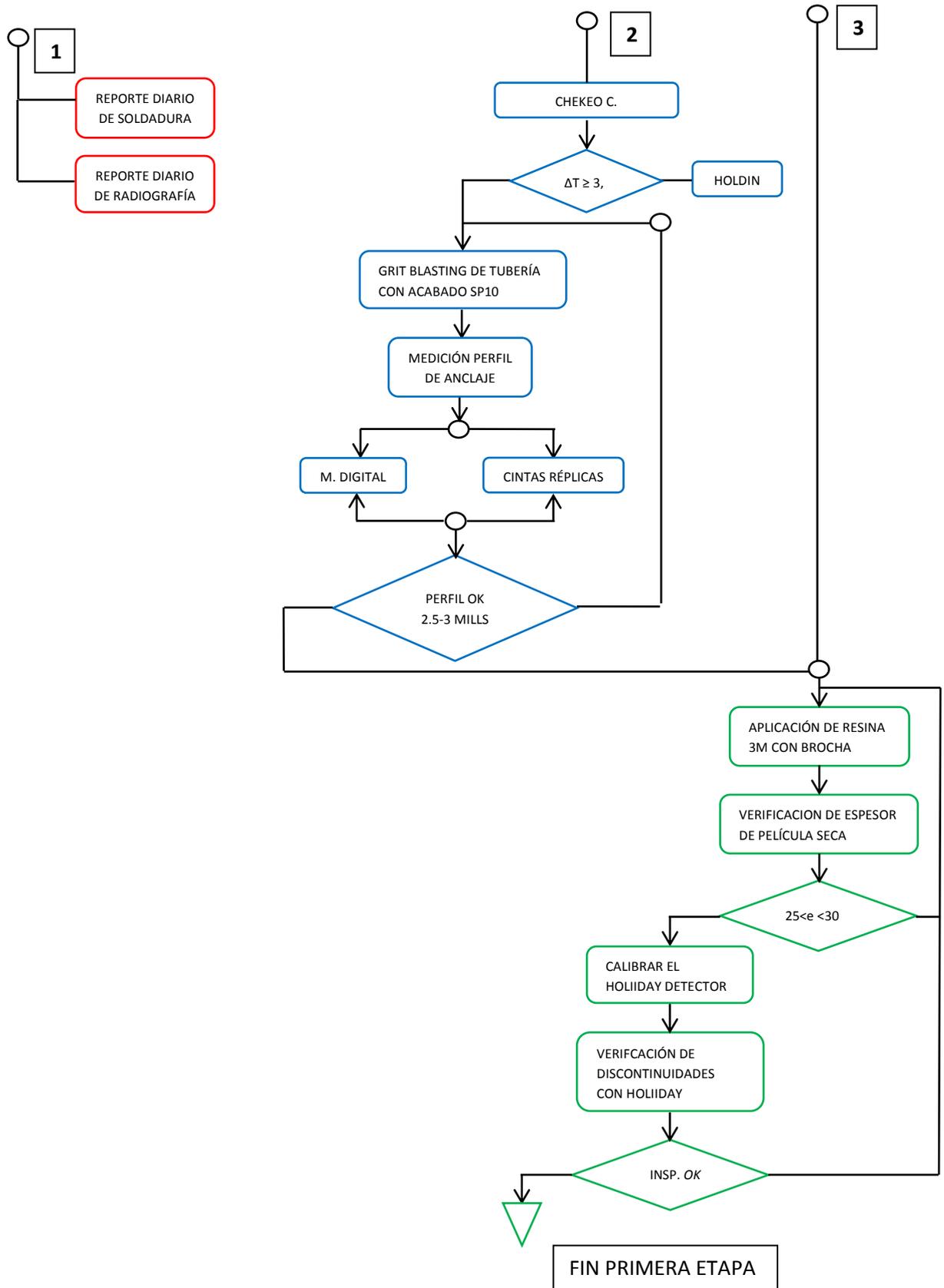
## CAPÍTULO IV

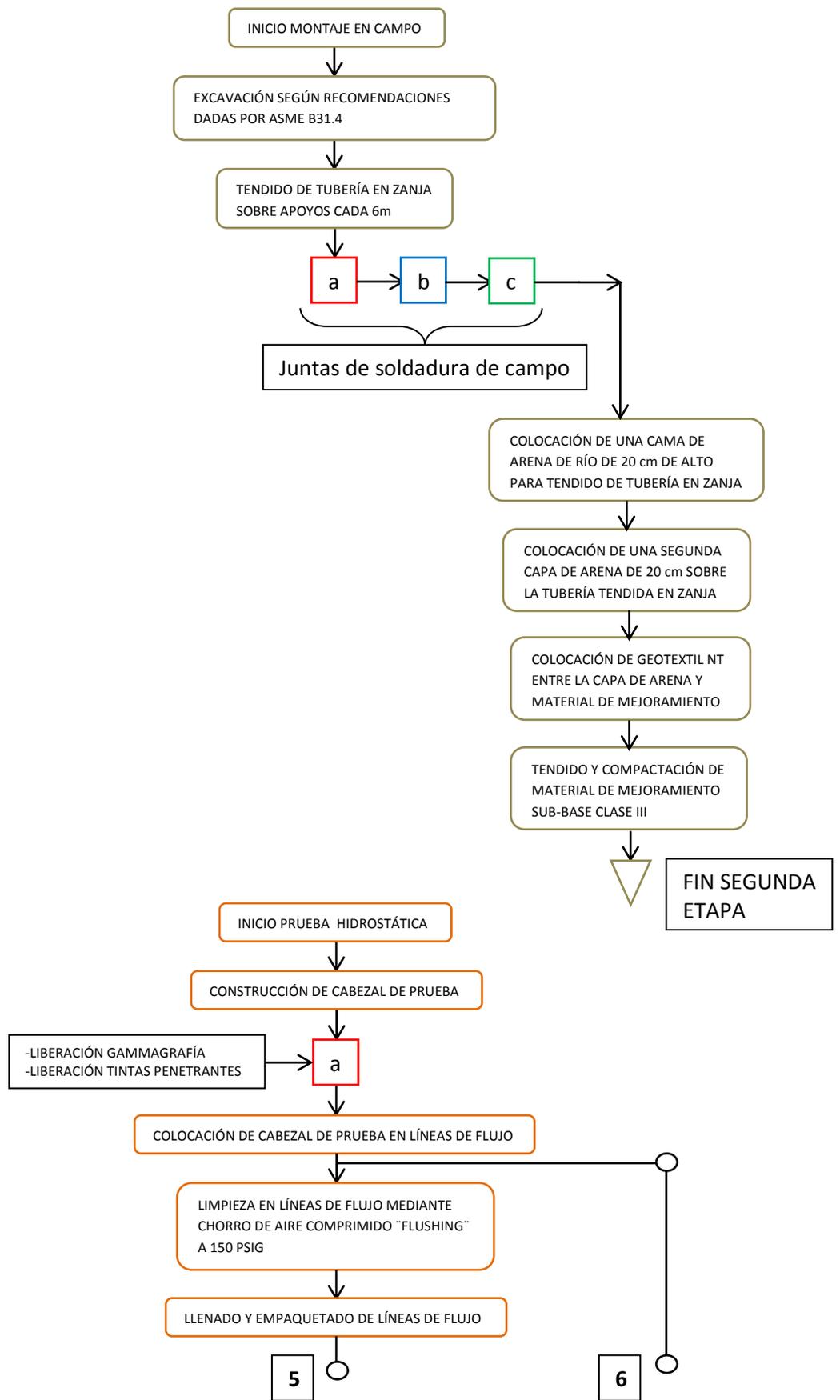
### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

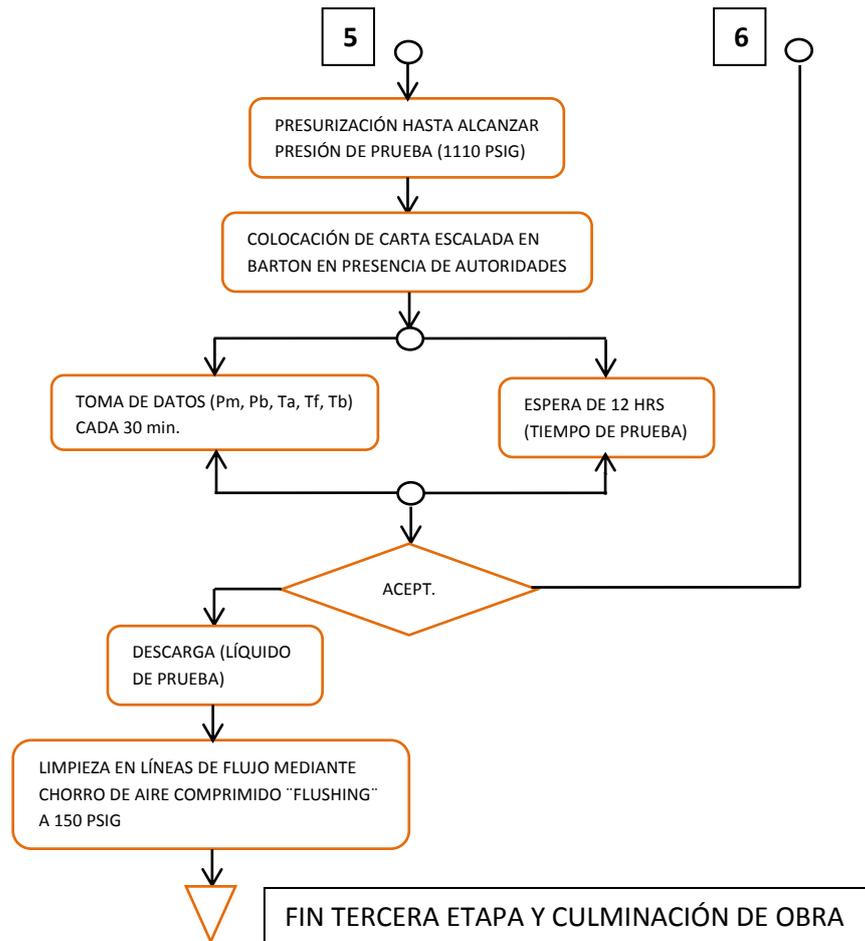
#### 4.1. PROCESO DE ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Una vez concluido el proceso de construcción y pruebas hidrostáticas, las líneas de flujo están listas para entrar en operación, por lo tanto los resultados del proceso de control de calidad en cada etapa se plasman en el siguiente diagrama.









## 4.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

En cada etapa que implica la construcción de las líneas de flujo se debe llevar un minucioso control de las actividades a realizarse con el fin de asegurar la calidad del proceso, siempre cumpliendo la normativa mandataria de cada trabajo realizado.

El control de calidad de cada proceso debe ser adecuadamente registrado en formatos apropiados para cada proceso.

Cada registro contiene información relevante de cada etapa así como todos los parámetros que están involucrados en la realización del proceso.

#### 4.2.1. REGISTRO DIARIO DE SOLDADURA.

A continuación se detalla las variables del registro diario de juntas soldadas, para su total comprensión véase el Anexo D:

- Especificación del material base (API 5L / ASTM A-106)
- Tipo de revestimiento ( Scotchkote 323 )
- Proceso de soldadura ( GTAW / SMAW)
- Metal de aporte ( ER 70S-6 / E 7018 )
- Línea (numeración de acuerdo al código de línea en los planos de implantación)
- Código de junta (número secuencial para designar a una junta soldada) Ej: J0/03 es la junta número 03 perteneciente al kilómetro 0 de una línea de tubería.
- Abscisado (posición que ocupa una junta soldada en la línea de tubería.
- Datos de tubería tales como: longitud "L", diámetro "D", espesor "EP".
- Pases de soldadura (constan 4 pases: pase de raíz, pase en caliente, el relleno, y la capa).
- Estampe del soldador (código asignado a cada soldador durante la prueba de calificación).
- Criterios de inspección (visual y gammagrafía).

Se presentan los resultados correspondientes a la etapa de soldadura de tres líneas de flujo, direccionadas desde los "CELLAR" de cada pozo hacia el "MANIFOLD" o múltiple de distribución.

Cabe mencionar que el registro de soldadura presentado aplica tanto para las juntas soldadas en taller así como para los "TIE INS" finales o juntas realizadas en campo.

#### **4.2.2. REPORTE DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE Y APLICACIÓN DE PINTURA.**

En este reporte (Anexo E) se presentan las variables necesarias para garantizar la calidad de la aplicación del recubrimiento tales como:

- Condiciones climáticas (Temperatura ambiente, temperatura de la superficie a ser pintada, humedad relativa, temperatura de punto de rocío y diferencial entre las temperaturas ambiente y punto de rocío).
- La preparación de la superficie que puede ser mecánica o puntual, en este caso se realizará en toda la tubería por lo tanto es mecánica.
- El tipo de preparación hace referencia a las siguientes especificaciones:
  - Especificación SSPC (ver tabla 2.6).
  - Abrasivo (es el tipo y tamaño de granalla a utilizar).
  - Perfil de anclaje (es la medida en mils del perfil de anclaje necesario para una buena adhesión del recubrimiento).
- El número de capas de pintura aplicada con su respectiva medida de espesor en mils.
- Tubos liberados (la cantidad de tubos liberados del control de calidad con el siguiente registro).
- Colocación de la cinta replica para perfil de anclaje.

En los siguientes registros se recopila la información de control de calidad durante la etapa de limpieza superficial y aplicación de pintura realizados a 45 tubos de aproximadamente 5,8 m de largo y 18 accesorios entre codos de 90° y bridas "WELDING NECK" ANSI 300.

Estos datos fueron tomados durante cinco días, tiempo necesario para llevar a cabo el trabajo de limpieza superficial y aplicación de pintura en las tres líneas de flujo.

#### **4.2.3. REGISTRO DE ZANJADO Y TENDIDO DE LÍNEAS DE FLUJO.**

En estos documentos se registra y se cuantifica básicamente el avance diario presentado en la excavación de zanjas y el tendido de las líneas de flujo dentro de las mismas (Ver Anexo F).

Datos como características de la tubería y avance diario-acumulado se registraron adecuadamente con el objeto de llevar un control diario de las excavaciones realizadas.

La inspección visual consta en el registro de tendido de líneas ya que en el momento de bajar la tubería a la zanja, esta es susceptible de sufrir cierto daño por manipulación y transporte principalmente en el recubrimiento superficial, además el uso de maquinaria pesada para el tendido de líneas flujo incrementa el riesgo de daños por golpes en la tubería.

Durante la etapa de excavación se hizo un seguimiento o supervisión de las actividades referentes al movimiento de tierras ya que se tiene que asegurar la calidad e integridad del suelo mejorado, para esto se tomaron medidas de control tales como:

- Ubicar el desalojo de arcilla a una distancia mínima de 70 cm del filo de la zanja.
- Colocar plástico o lyner antes de tender el desalojo con el objeto de evitar la contaminación del suelo mejorado
- Todo trabajo de movimiento de tierras implica la reconfiguración del suelo tal que se deje en las condiciones iniciales encontradas: colocación de geosintéticos y compactación del lastre de mejoramiento.

En los siguientes registros de apertura de zanja se recopila la información de zanja abierta correspondiente a 261 m y en los registros de tendido de líneas se puede observar que la cantidad total de tubería tendida corresponde a 261 tubos tendidos en las zanjas.

#### **4.2.4. REGISTRO DE PRUEBAS DE REVESTIMIENTO CON DETECTOR DE DISCONTINUIDADES “HOLLIDAY DETECTOR”**

En este registro se reportó los siguientes datos correspondientes a la etapa de inspección de recubrimiento (Ver Anexo G):

- Voltaje de salida (para esto se utilizó un detector de discontinuidades con un voltaje de salida de hasta 30 KV).
- Criterio de aceptación (para realizar esta inspección se tomó los criterios de la norma NACE SP0490-2007 en la cual reza que el voltaje de salida para espesores entre 25 y 30 mils, debe ser aproximadamente 2770 V).
- Inspección visual (se mantuvo en todo momento con el fin de evitar una mala aplicación de recubrimiento, que dé como resultado salpiqueos, grietas, poros, escurrimientos, pinholes, hollidays y discontinuidades superficiales en general).

Además de registrar todos parámetros anteriores es importante determinar el rendimiento de pintura por cada metro cuadrado de superficie con el fin de optimizar el proceso y reducir costos al evitar el desperdicio de pintura, ya que el epóxico utilizado es de secado rápido estando listo a los 10 minutos de ser aplicado.

Para realizar la inspección de discontinuidades con “Holliday Detector” se verificó que la superficie a examinar este limpia y seca

Las discontinuidades o defectos encontrados se marcaron para posteriormente ser reparados.

El equipo utilizado para la inspección está certificado y calibrado con lo que se está asegurando que cada medición o control sobre la superficie garantice los valores admisibles por el estándar utilizado para la inspección.

#### **4.2.5. REGISTRO FINAL DE GAMMAGRAFIA.**

Adjunto se muestra el formato final de gammagrafía realizada a las juntas soldadas (Ver Anexo H), en él se indica todas las variables que intervienen en el proceso de soldadura además de emitir un resultado de aceptación o rechazo de la junta radiada.

Este registro es un consolidado o resumen final con la recopilación de datos del reporte diario de soldadura.

En los siguientes reportes se registró un total de 64 juntas soldadas en tubería y accesorios distribuidas de la siguiente manera:

- En la línea número 1 con código W20-4"-OC-A-250D, se registró 18 juntas soldadas en tubería NPS 4, SCH 80, 4 juntas soldadas en codos de 90° radio largo SCH 80 y 2 juntas soldadas en bridas "WELDING NECK" ANSI 300-
- En la línea número 2 con código W20-4"-OC-A-250D, se registró 15 juntas soldadas en tubería NPS 4, SCH 80, 4 juntas soldadas en codos de 90° radio largo SCH 80 y 2 juntas soldadas en bridas "WELDING NECK" ANSI 300.
- En la línea número 3 con código W20-4"-OC-A-249D, se registró 13 juntas soldadas en tubería NPS 4, SCH 80, 4 juntas soldadas en codos de 90° radio largo SCH 80 y 2 juntas soldadas en bridas "WELDING NECK" ANSI 300.

Dando un total de 64 juntas soldadas y reportándose una reparación en la línea número 3 con código W20-4"-OC-A-249D, la cual se detalla a fondo en el ítem 4.3.1.

Cada junta radiada es evaluada por un experto ASNT Nivel II en gammagrafía, el cual después de la etapa de revelado emite su criterio de aceptación o rechazo de la junta de acuerdo al código de calificación contractual.

### 4.3. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

Se estudiará minuciosamente cada registro de control de calidad elaborado para comparar los datos obtenidos en construcción con lo que estipula la normativa que rige en cada proceso del control de calidad.

#### 4.3.1. ANÁLISIS EN LA ETAPA DE SOLDADURA

Durante esta etapa es muy importante considerar ciertos aspectos fundamentales en el control de calidad de soldaduras:

- Inspección de máquinas de soldar (certificados de calibración).
- Inspección de termos porta electrodos.
- Recepción e inspección de electrodos.
- Verificación del cumplimiento del WPS aprobado.

En el transcurso de la etapa de soldadura se reportó una reparación en la junta J/09 de la línea #3 con código W20-4"-OC-A-249D.

Dicha reparación se debe a un defecto conocido como POROSIDAD AGRUPADA, esta porosidad está ubicada en la posición correspondiente al (13-14) in – (33-36) cm de a cuerdo a la siguiente gráfica.

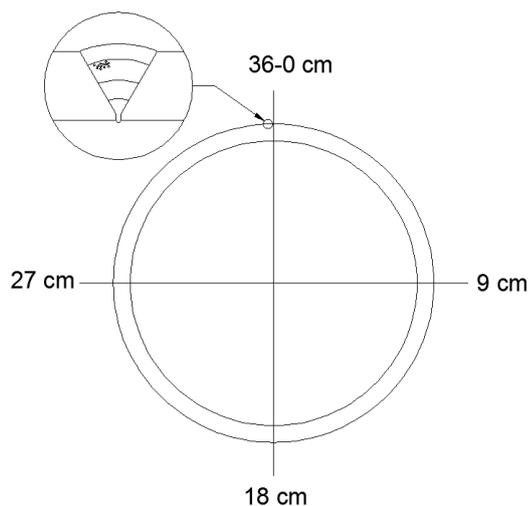


Gráfico 4.1. Ubicación de defectos en tubería

Fuente: Egdo. Paul Álvarez.

Según el código ASME B 31.3 el cual es utilizado para el diseño e instalación de tuberías de proceso, en la tabla (341.3.2) la cual se encuentra en el (Anexo A1), la porosidad será evaluada bajo los siguientes criterios:

#### SERVICIO NORMAL DE FLUIDO

- Para  $t < 1/4"$ , los requerimientos son los mismos que para las Condiciones Cíclicas Severas.
- Para  $t > 1/4"$  los requerimientos son 1.5 veces los de las Condiciones Cíclicas Severas. No se aceptan poros superficiales.

#### CONDICIONES CÍCLICAS SEVERAS

- El tamaño máximo de cualquier indicación debe ser el menor de  $1/4t$  o  $5/32"$ .
- Indicaciones aisladas separadas por al menos 1 " es el menor de  $1/3t$  o  $1/4"$ .
- Para  $t > 2"$  el tamaño máximo aceptable es  $3/8"$ . No se aceptan poros superficiales.

La junta J/09 de la línea #3 con código W20-4"-OC-A-249D presentó porosidad agrupada con una longitud de 3 cm ubicada en el centímetro (33-36) en el pase de relleno, en la cual se observó la presencia de un poro de aproximadamente 3.80 mm, razón por la cual se reportó la reparación de dicha junta ya que no cubre los requerimientos del código ASME B31.3, el espesor del material base correspondiente a SCH 80 es 8.56 mm (Ver Anexo B1) por lo tanto para  $t > 1/4"$  los requerimientos son 1.5 veces los de las Condiciones Cíclicas Severas, es decir el tamaño máximo de cualquier indicación debe ser el menor de  $3/8t$  o  $15/64"$ , es decir el menor entre 3.21mm y 5.95mm

Cabe recalcar la importancia de la inspección visual en la culminación de la junta soldada, ya que el código con el cual se está evaluando la soldadura (ASME B 31.3) es muy exigente en sus requerimientos, por lo

tanto es importante la revisión principalmente de concavidades externas, mordeduras y porosidad superficial.

#### 4.3.2. ANÁLISIS EN LA ETAPA DE LIMPIEZA SUPERFICIAL Y APLICACIÓN DE PINTURA

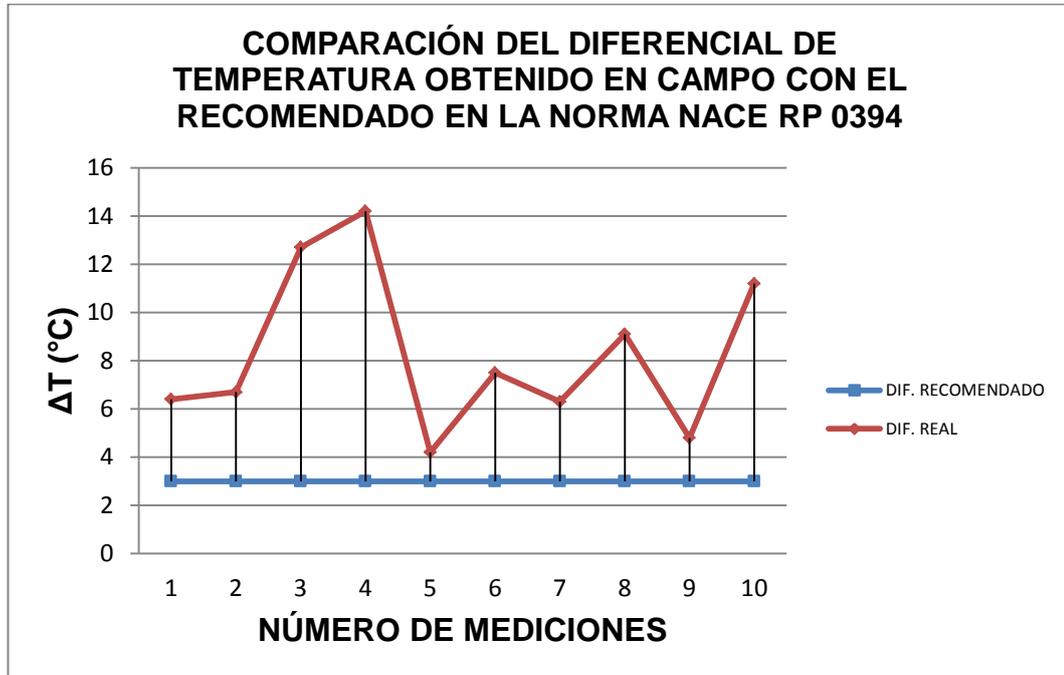


Gráfico 4.2. Comparación del Diferencial de Temperatura

Fuente: Egdo. Paul Álvarez.

#### Interpretación de la Gráfica 4.2.

Se observa una variación en el diferencial de temperatura  $\Delta T$  (Diferencia entre la temperatura superficial de la tubería y la temperatura de PUNTO DE ROCÍO), por cada medición tomada en intervalos de una hora.

Esta variación siempre se encuentra por encima de los 3°C, que es la temperatura mínima para poder realizar trabajos de Limpieza superficial por chorro abrasivo (Grit Blasting) y aplicación de pintura, según lo estipulado en la Práctica Recomendada por NACE RP 0394 (Ver anexo A2).

En el caso donde las condiciones climáticas no sean las adecuadas y el  $\Delta T$  (Diferencia entre la temperatura superficial de la tubería y la

temperatura de PUNTO DE ROCÍO), esté por debajo de los 3°C, no se efectuará trabajos de limpieza superficial, ya que el metal casi blanco (Acabado SP10) es muy susceptible a sufrir el ataque de la oxidación por la cantidad de humedad contenida en el aire.

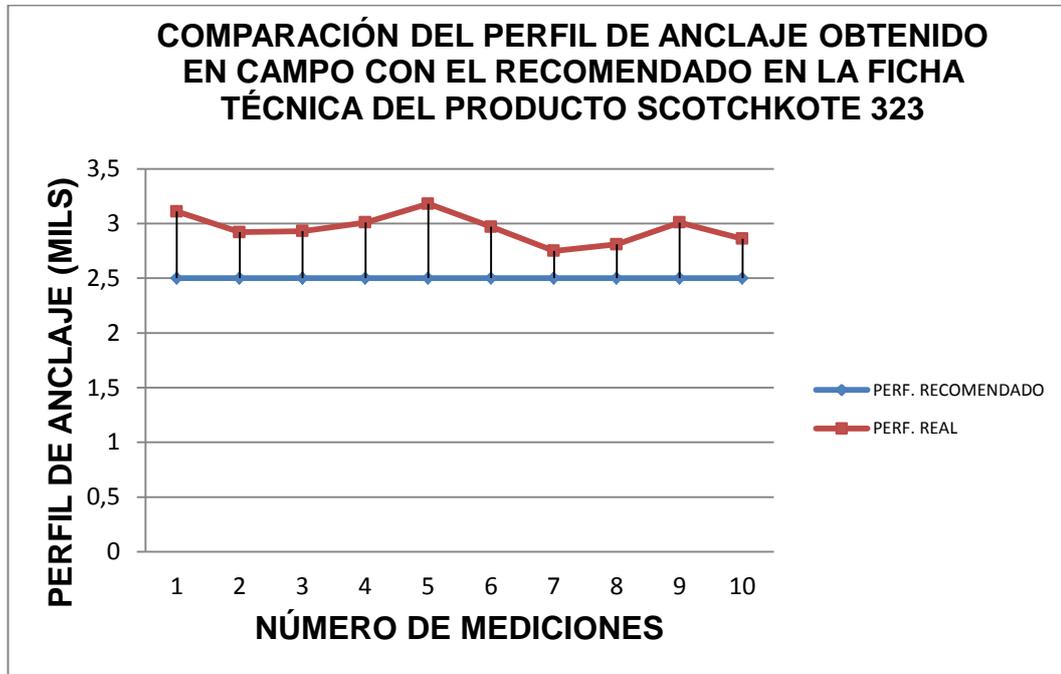


Gráfico 4.3. Comparación del Perfil de anclaje

Fuente: Egdo. Paul Álvarez.

### Interpretación de la Gráfica 4.3.

Durante la toma de diez muestras se observa una variación aleatoria en la medida del perfil de anclaje, esta variación se debe a que no se puede tomar control en el golpe del chorro de granalla mineral “black beauty” además de la irregularidad en las dimensiones de la granalla que en promedio tiene un tamaño de 1.5 mm, pero se debe controlar y verificar que el perfil de anclaje cumpla con el tamaño mínimo establecido para obtener una buena adherencia superficial, este requisito lo otorga el fabricante del recubrimiento que se va a utilizar, en este caso en la Ficha Técnica del Producto SCOTCHKOTE 323 (Ver Anexo B2), aquí se determina que el perfil mínimo de anclaje debe ser de 2.5 – 3 mils, por lo

que los datos obtenidos en campo están por encima de lo recomendado por el fabricante.

Para controlar la medida del perfil de anclaje necesario se utilizó cintas replicas para perfil de anclaje, las cuales fueron aplicadas y medidas de acuerdo al procedimiento que establece la Practica Recomendada NACE RP0287-2002 (Ver Anexo A3).

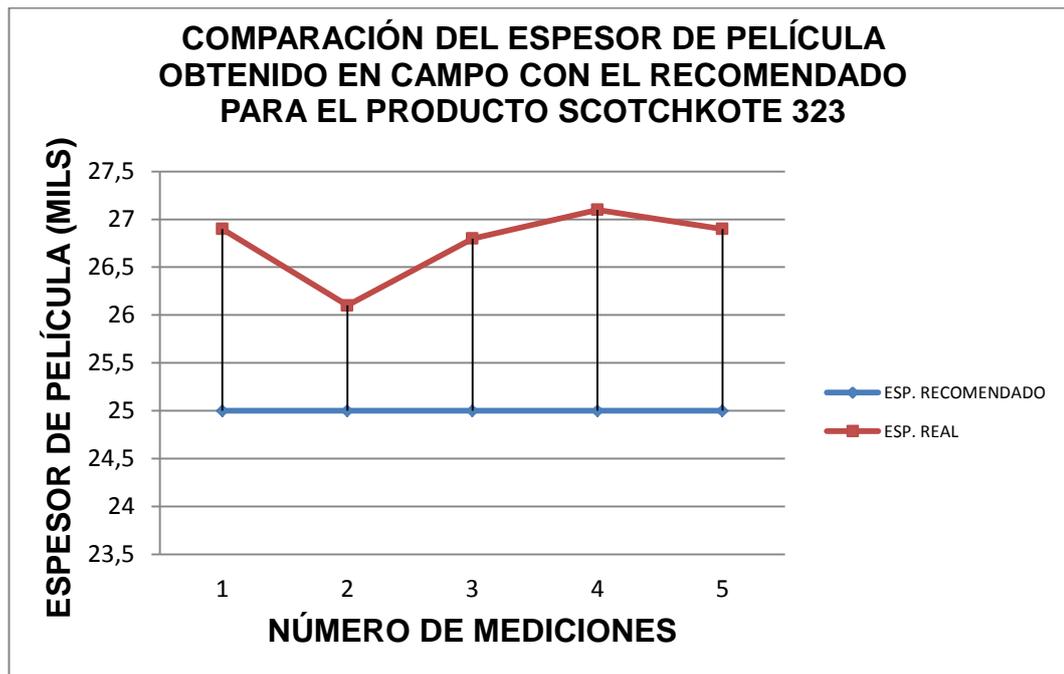


Gráfico 4.4. Comparación del Espesor de película seca

Fuente: Egdo. Paul Álvarez.

#### Interpretación de la Gráfica 4.4.

En la etapa de aplicación de pintura se controló que el espesor de película seca aplicada sea el adecuado de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, para esto se aplicará lo estipulado en la norma NACE RP 0394.

Se tomaron cinco “spots” por cada tubería revestida, a continuación se promediaron los resultados de cada lote revestido durante el día y se reportó en el registro de control de calidad correspondiente.

Las mediciones del espesor de película seca arrojaron resultados aceptables que están por encima del espesor recomendado por el fabricante (25 mils).

Es importante recalcar la constante calibración del equipo medidor de espesores para de esta forma reducir el error en la toma de datos.

#### 4.3.3. ANÁLISIS EN LA ETAPA DE INSPECCIÓN DE REVESTIMIENTO

En el transcurso de la inspección con el detector de discontinuidades “Holliday Detector” se pudo apreciar diferentes defectos en el revestimiento, durante la aplicación de pintura es ineludible evitar la aparición de “holidays”, cerdas de brocha, insectos pegados, etc. Por lo que es necesario realizar una inspección con un detector de discontinuidades de alto voltaje “Holliday Detector”, el voltaje aplicado será calibrado según lo estipulado en la tabla 1 (Ver Anexo A4) de la norma NACE SP0490, donde el rango de voltaje para un espesor de película con un promedio de 30 mils, es de 2900 V.

#### 4.3.4. ANÁLISIS EN LA ETAPA DE PRUEBAS HIDROSTÁTICAS

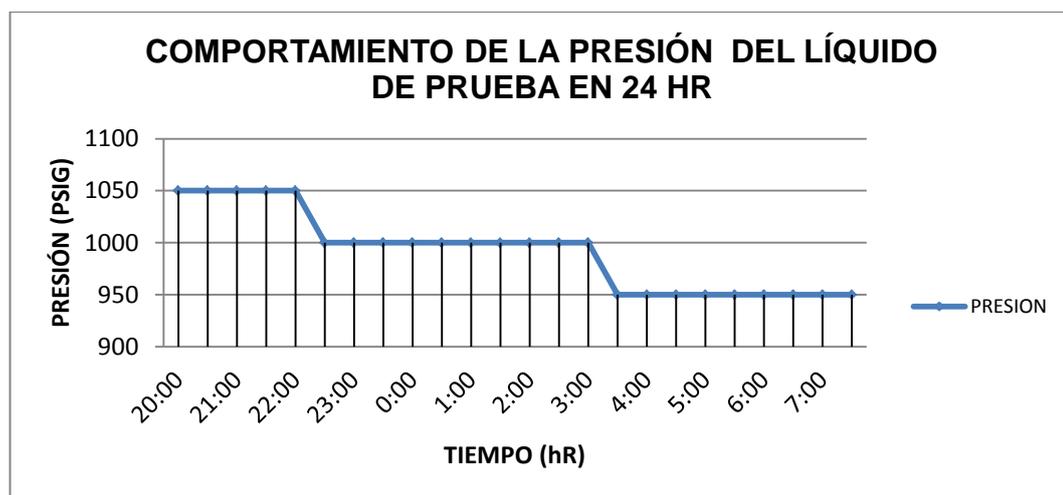


Gráfico 4.5. Presión del líquido de prueba Vs tiempo

Fuente: Egdo. Paul Álvarez.

### **Interpretación de la gráfica 4.5.**

La presión de prueba hidrostática se define como la presión manométrica contenida en un sistema estático y equivale según las regulaciones de organismos gubernamentales como la ARCH (Agencia de Regulación y Control Hidrocarbúrico) y el código ASME B31.4, a 1.5 veces la Presión de Operación (Presión a la cual los equipos o tuberías están normalmente expuestos durante la operación de los mismos).

Si los equipos operan en rangos de 500 – 670 psig, entonces la presión de prueba hidrostática se establece en 1000 psig.

En el gráfico se observa un decaimiento de la presión de 50 psig en el intervalo de 2 horas

El sistema permanece estable en 950 psig por 4.5 horas donde la presión vuelve a caer en 50 psig y se mantiene así por 4 horas hasta finalizar la prueba hidrostática.

Los efectos de la temperatura ambiente sobre el sistema afectan al decaimiento de la presión ya que la presión y la temperatura sobre el sistema son cantidades directamente proporcionales, es decir si se observa un decaimiento de la presión esta se debe a los efectos de la baja temperatura de la noche sobre el sistema.

Los datos de temperatura ambiente en la gráfica 4.5 sirven para verificar que efectivamente la temperatura empieza a decaer alrededor de las 21:00 y continua decreciendo hasta aproximadamente las 05:00, tiempo suficiente para que este efecto decreciente afecte a la presión del sistema.

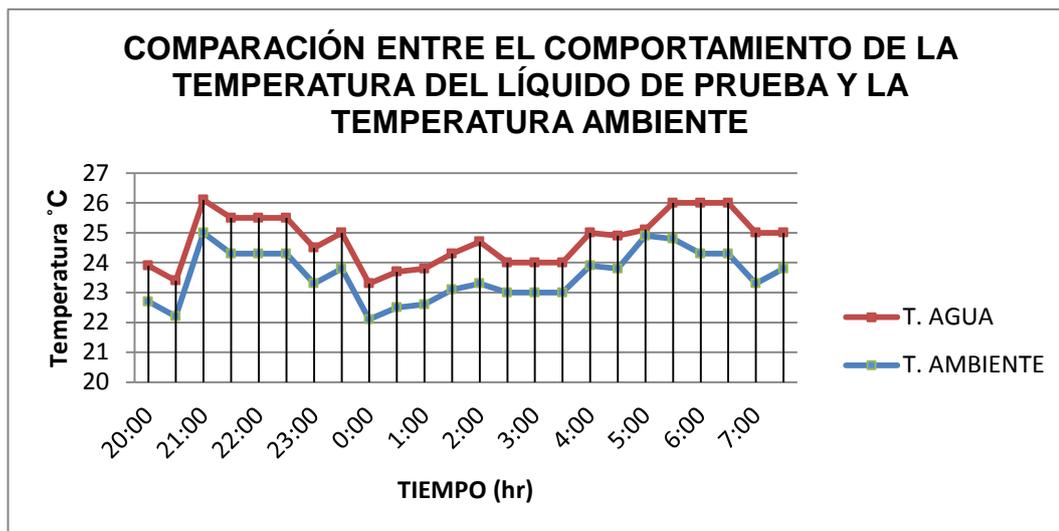


Gráfico 4.6. Temperatura del líquido y ambiente Vs tiempo

Fuente: Egdo. Paul Álvarez.

#### Interpretación de la gráfica 4.6.

En el transcurso de la noche la temperatura en el ambiente sufre una variación con caídas de temperatura de 3 a 5 °C, razón por la cual la temperatura en el líquido de prueba experimenta también una decaída, por estas razones es normal que la presión en una prueba hidrostática sufra ligeros cambios debido a las fluctuaciones de temperatura en el ambiente.

En el grafico se puede observar una ligera diferencia entre la Temperatura Ambiente y la Temperatura del Líquido de prueba, esta variación corresponde a un ligero aumento de temperatura en el agua provocado por la presurización del sistema, de allí que la semejanza entre ambas curvas se mantiene durante el transcurso de 12 horas que corresponde al tiempo de prueba hidrostática.

#### 4.4. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

Con la implementación del Control y Aseguramiento de la Calidad en las tuberías enterradas en plataformas de producción de crudo bajo las exigencias de la respectiva normativa de construcción, se logró mejorar la calidad de las juntas soldadas y disminuir el número de reparaciones al

aplicar un proceso mixto GTAW-SMAW el cual brinda seguridad en las soldaduras debido a que en los dos primeros pases de soldadura se aplica el proceso GTAW dejando una soldadura bastante limpia y libre de porosidades y escorias si es bien ejecutada, por lo que se está garantizando una soldadura segura y de mejor calidad, que las practicadas convencionalmente.

En lo que se refiere al recubrimiento de las tuberías enterradas con la aplicación del Control y Aseguramiento de la calidad en las fases de gritblasting y recubrimiento se logró una adecuada protección de las tuberías frente al ataque corrosivo del suelo al emplear un epóxico resistente a la corrosión e impactos causados por la interacción de la tubería con el suelo, este procedimiento garantiza mejorar la vida útil de las tuberías enterradas ya que una tubería enterrada sin protección tiene una vida útil promedio de 4 a 5 años antes de empezar a perder el espesor necesario para ser remplazada, mientras que una tubería revestida con el espesor adecuado triplica el tiempo de vida útil debido a la protección del recubrimiento en las condiciones dadas.

## **CAPÍTULO V**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

#### **5.1. CONCLUSIONES.**

- El proceso de soldadura con gas y electrodo permanente de tungsteno “GTAW”, ofrece una soldadura totalmente limpia con un buen acabado y sin salpicaduras, por lo que es utilizada generalmente en la soldadura de tuberías de proceso en facilidades de superficie.
- El proceso de soldadura mixto (GTAW-SMAW), disminuye los defectos y el tiempo de ejecución de la soldadura.
- Los pases de raíz y pase en caliente son efectuados con el proceso de soldadura GTAW, con el objetivo de asegurar la integridad del cordón de soldadura en la raíz y el siguiente pase, ya que están en una zona bastante complicada para realizar una reparación en caso de existirla.
- Las soldaduras calificadas bajo el criterio de aceptación del código ASME B31.3 son de gran calidad debido a los rangos mínimos de defectos permitidos por el código.
- Las fisuras, porosidad externa, inclusiones externas y faltas de penetración no tienen aceptación bajo el código ASME B 31.3, mientras que las socavaciones, falta de penetración, concavidades, indicaciones (redondeadas y alargadas) y porosidad en la raíz tienen validez bajo ciertos rangos de aceptación.
- La selección del material de aporte para la soldadura se realizó tomando en cuenta el aseguramiento de la calidad para la junta soldada por lo que se escogió trabajar con el aporte de marca LINCOLN AMERICANO ER 70 S-6 para proceso TIG y E 7018 para proceso SMAW.

- El perfil de anclaje obtenido con la granalla mineral (Black Beauty) #1.5, dio un resultado promedio entre punta y valle de aproximadamente 3 mils.
- Con temperaturas ambiente que oscilaron entre 25.5°C - 38.8°C y humedades relativas entre 51.5% - 81.6%, se obtuvieron buenos resultados en la limpieza superficial y aplicación de recubrimiento.
- El acabado superficial con chorro abrasivo logró remover la calamina y la herrumbre la tubería existente por lo que se logró un acabado correspondiente a un SP 10.
- Las condiciones para la aplicación del recubrimiento anticorrosivo SCOTCHKOTE 323, son las mismas para las que se realizó la limpieza superficial.
- La aplicación del recubrimiento anticorrosivo SCOTCHKOTE 323 debe ser realizada por personal calificado y con experiencia ya que el tiempo de secado del producto es de 15 – 20 minutos al tacto.
- Para alcanzar el espesor de película apropiada de recubrimiento se lo debe realizar en dos manos de pintura, ya que en una sola mano no se pueden obtener espesores de 25 – 30 mils.
- La detección de discontinuidades con el equipo “Holliday Detector” a 2700 V, dio como resultado la reparación de defectos como hollidays, pinholes, adherencia de insectos, falta de espesor y escurrimientos los cuales fueron corregidos durante la inspección.
- Una charla sobre las buenas prácticas de izaje de cargas antes de realizar los trabajos de bajado de tubería, ayudaron de sobremanera para no dañar el recubrimiento de la tubería.
- El colchón de arena de río colocado por debajo y por encima de la tubería, aseguró la integridad del recubrimiento, al evitar el contacto directo con el lastre del suelo mejorado.

- Mantener un venteo constante desde el cabezal de pruebas hidrostáticas asegura que todo el aire que esta contenido dentro de las líneas de flujo salga al exterior y así poder evitar efectos de caída de presión que pueden ser registrados y rechazados.

## **5.2. RECOMENDACIONES.**

- Durante la recepción del material de aporte para la soldadura se deberá verificar la procedencia, el estado y el lote de fabricación para comprobar la calidad del material.
- En la realización de soldaduras tanto en taller así como en campo es indispensable colocar los electrodos revestidos en termos, que garanticen la protección del electrodo de la humedad y de agentes externos.
- Inspeccionar cada junta soldada después de ser realizada, ya que el código ASME B 31.3, no permite defectos que pueden ser supervisados con inspección visual tales como fisuras, porosidades e inclusiones externas.
- Se deberá utilizar una galga de soldadura con la cual es importante chequear los ángulos de bisel, profundidad de mordeduras altura de capa.
- La inspección de la junta soldada se deberá realizar en toda su longitud, para lo cual es indispensable tener espejos de inspección y una linterna para soldadura.
- Chequear cada placa de gammagrafía junto con el inspector ASNT Nivel II, para llegar a unificar criterios ya que la interpretación de películas radiográficas es un tema subjetivo.
- Se deberá tomar datos de perfil de anclaje con el medidor digital en toda la superficie del tubo y luego determinar un promedio, las cintas replicas de anclaje se deberán tomar muestras por lote y luego ser cuantificadas.
- La limpieza con chorro abrasivo se debe efectuar bajo condiciones climáticas adecuadas que no permitan la formación de herrumbre en la

superficie, dichas condiciones obedecen a la medición del diferencial entre la temperatura superficial del tubo y la temperatura del punto de rocío la cual no debe estar por debajo de los 3°C.

- Aplicar el recubrimiento a la tubería con la cantidad de mezcla adecuada ya que el tiempo de secado es demasiado corto y con esto se pretende evitar el desperdicio de material.
- La medición de película en seco del recubrimiento de tubería es indispensable para cumplir con el procedimiento establecido.
- El voltaje aplicado al detector de discontinuidades (Holliday Detector) obedece a un promedio de 100 voltios por cada milésima de pulgada de pintura aplicada.
- Se deberán fabricar guardas de protección para el izaje de la tubería, para evitar daños en el recubrimiento.
- El transporte izaje y tendido de tubería se lo realizará bajo la supervisión de personal calificado.
- Se ubicará cinta de peligro en toda la extensión de la tubería enterrada con el fin de prevenir a los operarios en futuras excavaciones.
- Verificar el apriete de espárragos, venteos y drenajes, ANSI de los accesorios, equipo de presurización, calibración de los instrumentos de medida antes de realizar la prueba hidrostática.
- Durante la realización de la prueba hidrostática se deberá chequar si existen liqueos o fugas en todas las juntas bridadas y juntas roscadas donde están ubicados los instrumentos de medición.
- En la etapa de presurización se deberá presurizar la línea a un 50% de la presión de prueba y dejar estabilizar durante 30 minutos, luego se presurizará a un 75% de la presión de prueba y se dejará estabilizar otros 30 minutos, por último se subirá la presión al 100% de la prueba con lo

cual se da inicio al tiempo de 12 horas correspondiente al tiempo de prueba.

- No descargar el líquido de prueba sin antes tener una autorización del Ministerio Del Ambiente.
- Para despresurizar la línea se deberá realizar mediante una válvula de aguja en intervalos cortos con el fin de evitar la despresurización brusca del sistema.

## **CAPÍTULO VI**

### **6. PROPUESTA.**

#### **6.1. DATOS INFORMATIVOS.**

Todos los parámetros analizados anteriormente concurren en la implementación de una guía de procedimientos constructivos para generar el QA/QC de las líneas de flujo enterradas en plataformas de producción de crudo, es importante tomar en cuenta que todo el sistema de calidad a realizarse derivará en procedimientos constructivos, los cuales a su vez estarán basados en normativas y prácticas recomendadas.

Tomando en cuenta lo anterior descrito, la normativa que regirá todo el control de calidad en soldadura será la ASME B 31.3 para criterios de aceptación de juntas soldadas, inspección y procesos constructivos mientras que se tomará los criterios de ASME IX para todo lo concerniente a la calificación de soldadores.

En cuanto lo que se refiere a la inspección y control de calidad en la preparación, limpieza superficial y aplicación de revestimiento epóxico se adoptará los criterios de NACE RP0394, SSPC-SP10, NACE RP0287, NACE SP0490.

Todas las excavaciones y movimiento de tierras se las realizará bajo la norma ASME B31.4.

La aplicación de estos códigos y prácticas recomendadas se verán reflejados en procedimientos constructivos para cada actividad, los mismos que describirán el alcance, el objetivo y el procedimiento en sí.

## **6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.**

El aseguramiento y control de calidad durante todas las fases de la construcción de líneas de flujo enterradas en plataformas de producción parten fundamentalmente de la elaboración de procedimientos constructivos, los cuales están basados en normativas y prácticas recomendadas de organizaciones internacionales como ASME, NACE y SSPC.

Estos procedimientos hacen hincapié a las buenas prácticas constructivas y al adecuado control de calidad en cada fase de la construcción de líneas de flujo enterradas en plataformas de producción, los procedimientos descritos anteriormente deberán cumplirse a cabalidad en cada fase, ya que el estricto acatamiento de estos, asegura más la calidad de la construcción.

El control de calidad deberá estar presente en cada fase de la construcción, por lo que el supervisor QA/QC deberá estar presente en todas las etapas haciendo cumplir lo estipulado en los procedimientos constructivos, además deberá verificar la calidad del trabajo utilizando herramientas como la inspección visual, interpretación de normativas y el adecuado uso de equipos de inspección y verificación.

La siguiente propuesta se la realizará en tubería NPS 4", SCH 80, API5L Gr B / ASTM A106, para condiciones de agresividad de corrosión discreta entre 10 y 100  $\Omega$ -m y estará centralizada a las etapas de soldadura, limpieza superficial, aplicación de recubrimiento anticorrosivo, movimiento de tierras, bajado y tendido de tubería dentro de zanjas y pruebas hidrostáticas del sistema de tuberías.

La información obtenida sobre soldadura, ensayos no destructivos, limpieza superficial, aplicación de recubrimiento, movimiento de tierras, instalación de tubería y pruebas hidrostáticas con sus respectivos códigos

o normas, quedarán a disposición y para el libre uso de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

### **6.3. JUSTIFICACIÓN**

El siguiente proyecto está enfocado en crear una guía con procedimientos constructivos para líneas de flujo enterradas en plataformas de producción de crudo, esta guía contendrá la información necesaria para realizar el QA/QC en la construcción de líneas de flujo y proporcionará al estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato un referente de gran ayuda en la vida profesional después de salir de las aulas universitarias para ejercer la profesión.

La creación de procedimientos constructivos aplicando todas las normativas y prácticas recomendadas por institutos internacionales, ayudará al incremento de la calidad en la construcción de líneas por ende se estimará un mayor tiempo de vida útil de las líneas de flujo ya que de la manera como estén estructurados los procedimientos se garantizara la calidad de la construcción.

Cabe mencionar la contribución con el departamento de Control de Calidad de SEMEG CIA. LTDA ya que la aplicación de una guía de procedimientos para construcción de líneas de flujo dentro de plataformas de producción garantizará más la credibilidad y confiabilidad de la empresa.

### **6.4. OBJETIVOS.**

#### **6.4.1. GENERAL.**

Implementar una guía de procedimientos constructivos, que permita asegurar la calidad y la vida útil de las líneas de flujo enterradas en plataformas de producción de crudo.

#### **6.4.2. ESPECÍFICOS.**

- Analizar los códigos ASME, NACE y SSPC para aplicar posteriormente al control de calidad dentro de los procedimientos constructivos.
- Determinar el uso adecuado de los equipos de inspección y control de calidad en cada etapa de la construcción.
- Desarrollar un instructivo detallado con fotografías de las etapas de construcción que sirvan como anexos a cada procedimiento constructivo.

#### **6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.**

Los recursos que serán utilizados para la elaboración de la guía de procedimientos constructivos, se encuentran disponibles en el mercado.

En el campo de las construcciones petroleras no es difícil encontrar los equipos necesarios para realizar un adecuado control de calidad por lo tanto para la realización del proyecto se cuenta con los siguientes equipos y herramientas.

- Equipo de control de calidad para limpieza superficial y aplicación de pintura.
- Equipo de alto voltaje para detectar discontinuidades en revestimientos "Holliday Detector" con un rango de voltaje de 0-30kV.
- Equipo para inspección visual en soldaduras (galga multiuso, linterna LED y espejo de inspección).

Por lo tanto es viable la ejecución de una guía de procedimientos constructivos para líneas de flujo enterradas en plataformas de producción de crudo.

## **6.6. FUNDAMENTACIÓN.**

### **6.6.1. NORMAS DE APLICACIÓN.**

#### **6.6.1.1. CALIFICACIÓN DE SOLDADORES.**

##### **➤ DE ACUERDO AL CÓDIGO ASME IX (WELDING AND BRAZING QUALIFICATIONS). ARTÍCULO III. [13]**

- **QW-300 GENERAL.**

**QW-300.1** Este Artículo pone en lista los procesos de soldar en forma separada, con las variables esenciales que se aplican a calificaciones de habilidad de soldador y de operario de soldadura.

La calificación de soldador está limitada por las variables esenciales dadas para cada proceso de soldar.

Se da relación de estas variables en QW-350.

- **QW-350 VARIABLES DE SOLDADURA PARA SOLDADORES.**

##### **QW-351 General**

Un soldador será recalificado cuando quiera que se haga un cambio en uno o más de las variables esenciales puestas en lista para cada proceso de soldar (Ver Anexo A6).

En donde se requiere una combinación de procesos de soldar para hacer un conjunto soldado, cada soldador será calificado para el proceso o procesos de soldar particulares que se requerirá que use él en soldadura de producción.

Un soldador puede ser calificado con hacer pruebas con cada proceso de soldar individual, o con una combinación de procesos de soldar en una muestra simple de prueba.

- **QW-400 VARIABLES.**

**QW-402.4** La eliminación del respaldo en soldaduras en ranura de soldadura simple. Las soldaduras en ranura soldadas doblemente son consideradas soldaduras con respaldo.

**QW-403.16** Un cambio en el diámetro de tubo más allá del orden calificado en QW-452, excepto como es permitido de otro modo en QW-303.1 y QW-303.2 o al soldar sobrecapa de metal de soldadura resistente a corrosión que se ejecuta paralelamente al eje del tubo.

**QW-403.18** Un cambio de un Número P (Ver Anexo A7) a cualquiera otro Número P o a un metal base no puesto en lista de QW-422, excepto según lo permitido en QW-423, y en QW-420.2

- **QW-420 AGRUPAMIENTO DE MATERIALES.**

**QW-420.1 Números P.** Para reducir el número de calificaciones requeridas de procedimiento de soldar, y de soldar con fuerte a los metales base se les han asignados Números P (Ver Anexo A7), y para metales de base ferrosa que tienen requerimientos especificados de prueba de impacto, números de Grupo dentro de los Números P.

Estas asignaciones se basan esencialmente en características comparables de metal base, tales como composición, soldabilidad, soldabilidad con fuerte, y propiedades mecánicas, en donde esto se puede hacer lógicamente.

Estas asignaciones no implican que los metales base pueden servir en forma indiscriminada en lugar de un metal base que se usó en la prueba de calificación sin consideración de compatibilidad desde el punto de vista de propiedades metalúrgicas, tratamiento térmico posterior a soldadura, diseño, propiedades mecánicas, y requerimientos de servicio.

En donde la tenacidad de muesca es una consideración, se presupone que los metales base reúnen los requerimientos específicos.

**QW-404.14** La eliminación o adición de metal de aporte.

**QW-404.15** Un cambio de un Número F (Ver Anexo A8) de QW-432 a cualquier otro número F o a cualquier otro metal de aporte excepto como se permite en QW-433.

- **QW-430 NUMEROS-F**

**QW-431 General.** El agrupamiento de Números-F siguiente de electrodos y de varillas de soldar de QW-432 se basa esencialmente en sus características de disponibilidad, fundamentalmente lo cual determina la capacidad de los soldadores para hacer soldaduras satisfactorias con un metal de aporte dado.

Este agrupamiento (Ver Anexo A8) se hace para reducir el número de calificaciones de procedimiento y de habilidad, en donde esto es capaz de hacerse lógicamente.

El agrupamiento no implica que los metales base o los metales de aporte dentro de un grupo pueden servir en forma indiscriminada en lugar de un metal que fue usado en la prueba de calificación sin consideración de la compatibilidad de los metales base y los metales de aporte desde el punto de vista de propiedades metalúrgicas, de requerimientos de diseño y de servicio para tratamiento térmico posterior a soldadura y de propiedades mecánicas.

**QW-404.22** La omisión o adición de metales insertos consumibles. La calificación en una junta a tope soldada simplemente, con o sin metales insertos consumibles, califica para soldaduras con filete y para juntas a tope soldadas simplemente con respaldo o juntas a tope doblemente soldadas.

Los metales insertos consumibles que conforman con SFA-5.30, excepto que el análisis químico del metal inserto conforme con un análisis para algún alambre desnudo dado en cualquier especificación de SFA o de clasificación de SFA o de clasificación de AWS, se considerarán que

tienen el mismo Número F que el alambre desnudo que se da en QW-432.

**QW-404.23** Un cambio de una de las siguientes formas de producto de metal de aporte a otra:

- (a) con núcleo de fundente
- (b) desnudo (sólido) o con núcleo de metal
- (c) polvo

**QW-405.1** La adición de otras posiciones de soldar que aquellas ya calificadas.

**QW-405.3** Un cambio a partir de hacia arriba para hacia abajo, o a partir de hacia abajo para hacia arriba, en la progresión especificada para cualquier paso de una soldadura vertical, excepto que el paso de cubrir o de lavar puede ser para arriba o para abajo.

El paso de raíz puede también correrse ya sea para arriba o para abajo cuando el paso de raíz es removido hasta metal de soldadura sano en la preparación para soldar el segundo lado.

**QW-408.8** La omisión de gas inerte que respalda excepto que no se requiera recalificación cuando se suelda una junta a tope soldada simplemente con una tira de respaldo o una junta a tope doblemente soldada o una soldadura con filete.

Esta excepción no se aplica a metales de No. P-5X, No. P-6X y No. P-10I.

**QW-409.4** Un cambio de CA a CD, o inversamente; y en soldadura de CD, un cambio de electrodo negativo (polaridad directa) a electrodo positivo (polaridad inversa), o al contrario.

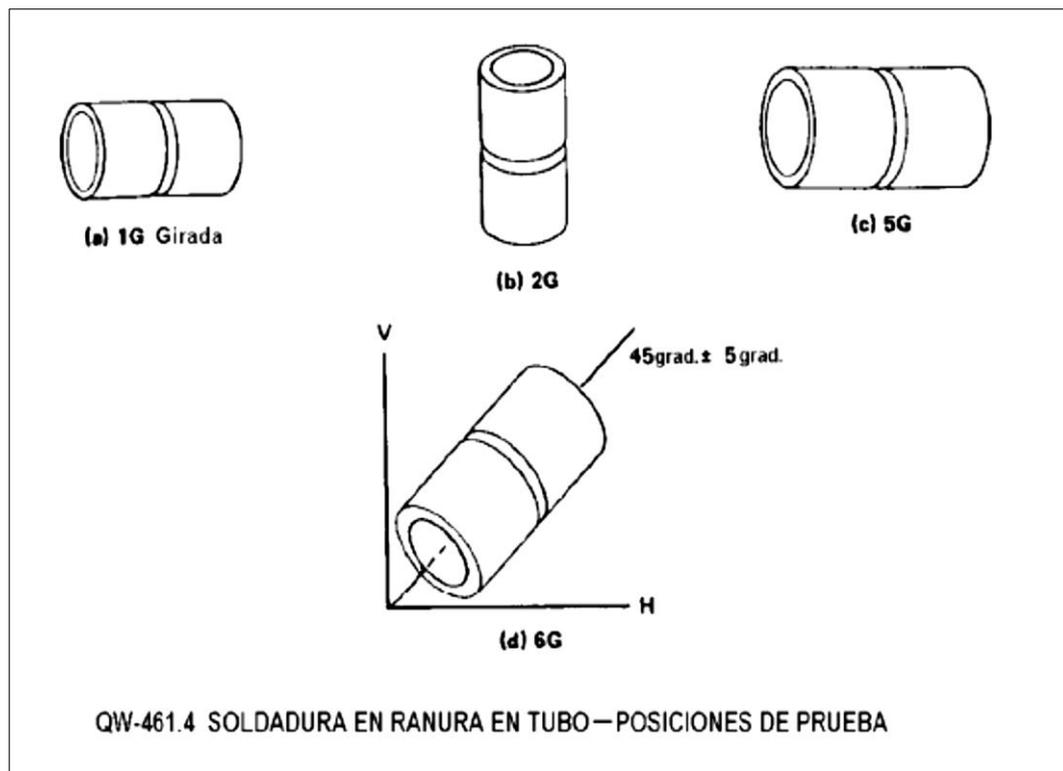


Gráfico 6.1. Posiciones para prueba de calificación.

Fuente: ASME IX QW-461.3

- **QW-301 PRUEBAS.**

**QW-301.1 Intención de las Pruebas.** Las pruebas de calificación de habilidad están destinadas a determinar la capacidad de soldadores y de operarios de soldadura para hacer soldaduras sanas.

**QW-301.2 Pruebas de Calificación.** Cada fabricante o contratista calificará a cada soldador u operario de soldadura para cada proceso de soldar que se va a usar en soldadura de producción.

La prueba de calificación de habilidad se efectuará de acuerdo con especificaciones de procedimiento de soldar (WPS) calificadas, excepto que cuando se hace calificación de habilidad de acuerdo con una WPS

que requiere un precalentamiento o un tratamiento térmico posterior a la soldadura, éstas se pueden omitir.

**QW-301.3 Identificación de Soldadores y de Operarios de Soldadura.**

El fabricante o contratista asignará a cada soldador y operario de soldadura calificado un número, letra, o símbolo de identificación, el cual se usará para identificar el trabajo de ese soldador u operario de soldadura.

**QW-301.4 Registro de Pruebas.** El registro de pruebas de Calificación de Habilidad de Soldador/Operario de Soldadura (WPQ) incluirá las variables esenciales (QW-350 ó QW-360), el tipo de prueba y los resultados de las pruebas.

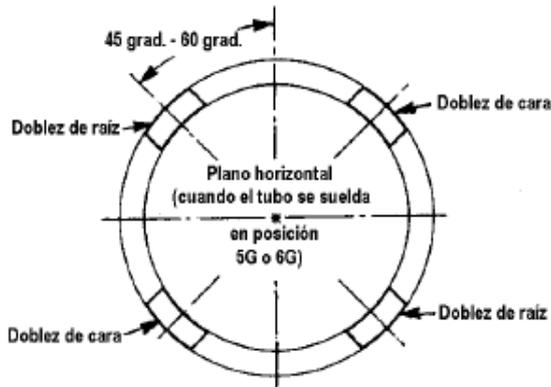
- **QW-302 Tipo de Prueba Requerida.**

**QW-302.1 Pruebas Mecánicas.** El tipo y número de especímenes de prueba requeridos para ensayos mecánicos estarán de acuerdo con QW-452 (Ver Anexos A9 y A10). Los especímenes de prueba de soldadura en ranura serán removidos de una manera similar a aquella mostrada en QW-463.2.

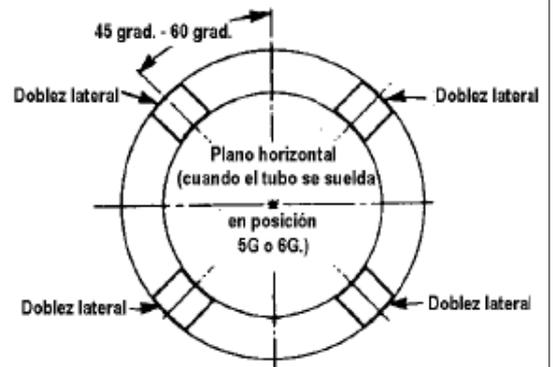
**QW-302.2 Examen Radiográfico.** Cuando el soldador o el operario de soldadura son calificados mediante examen radiográfico, como se permite en QW-304 para soldadores y en QW-305 para operarios de soldadura, la longitud mínima de muestra(s) que se va(n) a examinar será de 6 pulg, e incluirá la circunferencia entera de soldadura para tubo(s), excepto que para tubo de diámetro pequeño, se pueden requerir muestras múltiples, pero el número no necesita exceder de cuatro muestras de prueba hechas consecutivamente.

Los criterios radiográficos de técnica y aceptación estarán de acuerdo con QW-191.

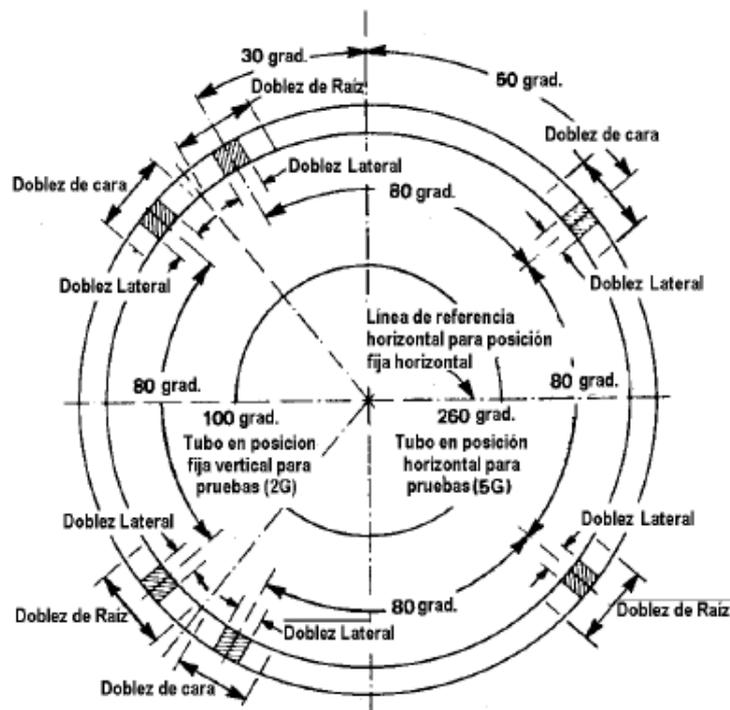
QW-463 Orden de Remoción (Cont'n)



QW-463.2(d) CALIFICACION DE HABILIDAD



QW-463.2(e) CALIFICACION DE HABILIDAD



QW-463.2(f) TUBO — CONJUNTO DE 10 PULG. PARA CALIFICACION DE HABILIDAD

Gráfico 6.2. Orden de remoción de cupones de prueba.

Fuente: ASME IX QW-463

- **QW-191 Examen Radiográfico.**

**QW-191.2 Criterios de Aceptación Radiográficos.**

**QW-191.2.1 Terminología**

Indicaciones Lineales: Grietas, fusión incompleta, penetración inadecuada, y escoria son representadas en la radiografía como indicaciones lineales en las cuales la longitud es más que tres veces el ancho.

Indicaciones Redondeadas: Porosidad e inclusiones tales como escoria o tungsteno son representadas en la radiografía como indicaciones redondeadas con una longitud de tres veces el ancho o menos.

Estas indicaciones pueden ser circulares, elípticas, o de forma irregular; pueden tener colas; y pueden variar en densidad.

**QW-191.2.2 Normas de Aceptación.** Las pruebas de habilidad para soldadores y operarios de soldadura mediante radiografía de soldaduras en conjuntos de prueba serán juzgados inaceptables cuando la radiografía exhibe imperfecciones cualesquiera en exceso de los límites especificados abajo.

(a) Indicaciones Lineales

- ❖ Cualquier tipo de grieta o zona de fusión o penetración incompleta.
- ❖ Cualquier inclusión de escoria alargada la cual tenga una longitud mayor que:
  - a) 1/8 pulg. Para t hasta de 3/8 pulg., inclusive.
  - b) 1/3 t para t de más de 3/8 hasta 21/4 pulg., inclusive.
  - c) 3/4 pulg. Para t de más de 21/4 pulg.
- ❖ Cualquier grupo de inclusiones de escoria en línea que tengan una longitud agregada mayor que t en una longitud de 12t, excepto

cuando la distancia entre las imperfecciones sucesivas excede de  $6L$  en donde  $L$  es la longitud de la imperfección más larga el grupo.

(b) Indicaciones Redondeadas

- ❖ La dimensión máxima permisible para indicaciones redondeadas será el 20% de  $t$  ó  $1/8$  pulg., cualquiera que sea lo menor.
- ❖ Para soldaduras en material con menos de  $1/8$  pulg, de espesor, el número máximo de indicaciones redondeadas aceptables no excederá de 12 en una longitud de 6 pulg. de soldadura. Un número de más pocas en forma proporcional de indicaciones redondeadas será permitido en soldaduras de menos de 6 pulg. de longitud.
- ❖ Para soldaduras en material con espesor de  $1/8$  pulg. o mayor, las gráficas de distribución representan los tipos aceptables máximos, de indicaciones redondeadas ilustradas en configuraciones en forma típica agrupadas, surtidas, y dispersas al azar.
- ❖ Las indicaciones redondeadas de menos de  $1/32$  pulg. de diámetro máximo no se tomarán en consideración en las pruebas de aceptación radiográficas de soldadores y de operarios de soldadura en estas series de espesores de material.

**QW-302.3 Muestras de Prueba en Tubo.** Para muestras de prueba hechas para tubo en posición 1G o 2G de QW-461.4, dos especímenes serán removidos como se muestra para especímenes de doblez en QW-463.2 (d) ó (e), omitiendo los especímenes de los cuadrantes superior derecho e inferior izquierdo, y con el remplazo del espécimen de doblez de raíz del cuadrante superior izquierdo de QW-463.2 (d) con un espécimen de doblez de raíz (Ver Gráfico 6.2).

Para muestras de prueba hechas en tubo en posición 5G ó 6G de QW-461.4, los especímenes serán removidos de acuerdo con QW-463.2 (d) ó (e) y todos los cuatro especímenes pasarán la prueba (Ver Gráfico 6.2).

**QW-302.4 Examen Visual.** Para muestras de placa, todas las superficies (excepto áreas designadas “descartar”) se examinarán visualmente según QW-194 antes del corte de especímenes de doblez.

Las muestras de tubo se examinarán visualmente según QW-194 por la circunferencia entera, interior y exterior.

#### **QW-194 Examen Visual — Habilidad**

Las muestras de prueba de habilidad mostrarán penetración de junta completa con fusión completa de metal de soldadura y de metal base.

#### **6.6.1.2. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN PARA JUNTAS SOLDADAS.[14]**

##### **➤ DE ACUERDO AL CÓDIGO ASME B 31.3 (PROCESS PIPING).**

**341.3.2 Criterios de Aceptación.** Los criterios de aceptación deben estar definidos por el diseño de ingeniería y deben, al menos, satisfacer los requerimientos aplicables establecidos a continuación.

Véase el Anexo A1 para establecer criterios de aceptación (límites en imperfecciones) para soldaduras.

Véase las Fig. (6.3 – 6.16) para imperfecciones típicas de soldaduras.

**341.4.4 Examen requerido normalmente.** El Piping en un Servicio de Fluido Normal debe ser examinado hasta donde se especifica, o hasta una extensión mayor especificada en el diseño de ingeniería. Los criterios de aceptación corresponden a los establecidos en el párrafo 341.3.2 y en la Tabla 341.3.2 (Ver Anexo 1) para Servicio de Fluido Normal, salvo especificación contraria.

Examen visual al menos el 5% de la construcción. En el caso de las soldaduras, cada trabajo de un soldador, u operador, debe estar representado.

Al menos el 5% de las soldaduras de tope circunferenciales y de bisel en casquete deben ser examinadas completamente por medio de radiografía

➤ **INTERPRETACIÓN DE PLACAS RADIOGRÁFICAS DE ACUERDO AL CÓDIGO ASME B 31.3. [15]**

❖ **Concavidad Externa.**

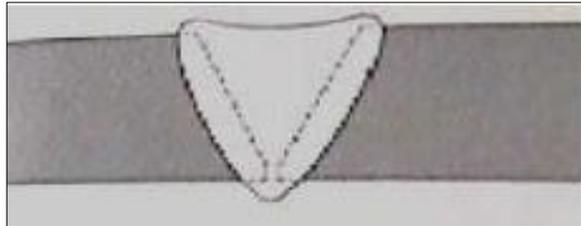


Gráfico 6.3. Sección transversal a una concavidad externa.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura.



Gráfico 6.4. Placa radiográfica de una concavidad externa.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura.

No debe reducir el espesor total de la junta, el refuerzo, a menos del menor espesor de los unidos. Total espesor de la Junta incluyendo el refuerzo  $\geq t$  (Ver Anexo A1).

❖ **Concavidad Interna.**

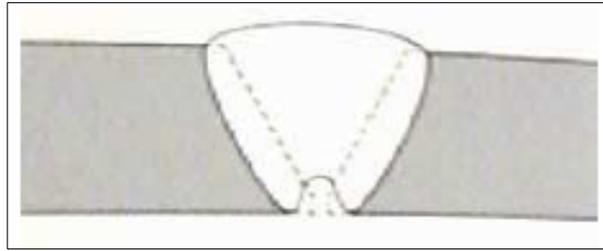


Gráfico 6.5. Sección transversal a una concavidad interna.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura.

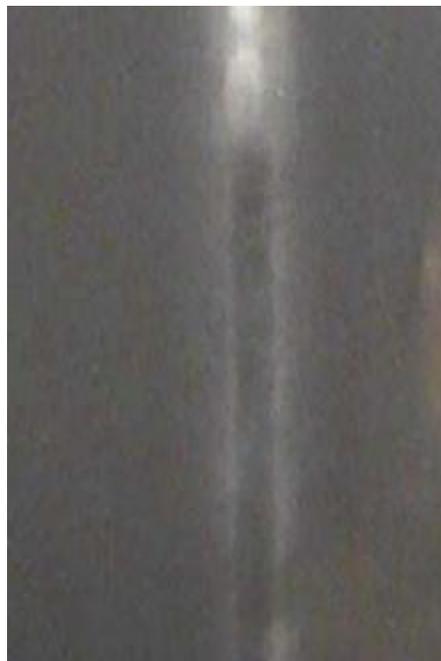


Gráfico 6.6. Placa radiográfica de una concavidad interna.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura.

El espesor total de la junta incluyendo el refuerzo, no debe ser menor al menor espesor de los componentes que se estén uniendo. El espesor Total de la junta incluido el refuerzo  $\geq t$  (Ver Anexo A1).

❖ **Inclusión de escoria.**

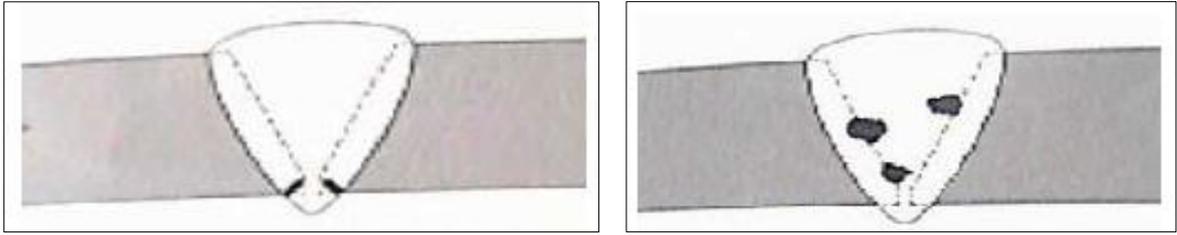


Gráfico 6.7. Sección transversal a una inclusión de escoria.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura.

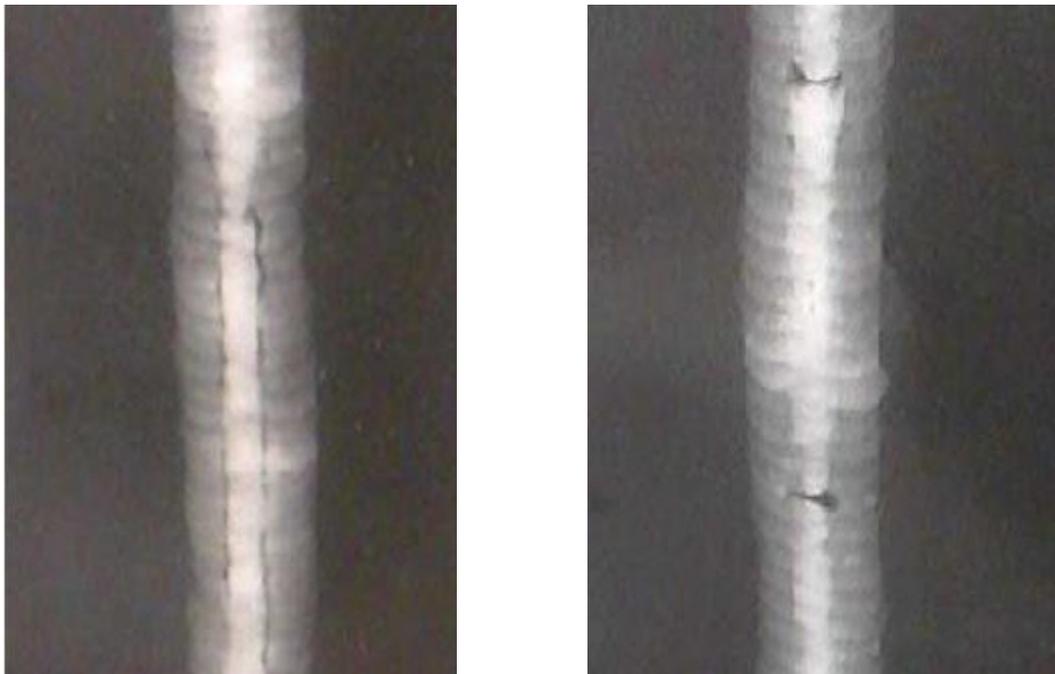


Gráfico 6.8. Placa radiográfica de una inclusión de escoria.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura

Máxima longitud de 2t. Longitud Total Máxima 4t en 6" de soldadura, ancho máximo de 1/8" o 1/2t el menor) (Ver Anexo A1).

❖ **Inclusión de tungsteno.**

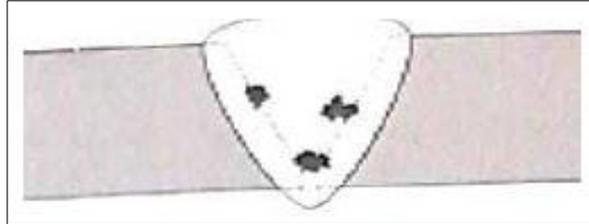


Gráfico 6.9. Sección transversal a una inclusión de tungsteno.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura.



Gráfico 6.10. Placa radiográfica de una inclusión de tungsteno.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura

Máxima longitud de  $2t$ . Longitud Total Máxima  $4t$  en 6" de soldadura, ancho máximo de  $1/8"$  o  $1/2t$  el menor) (Ver Anexo A1).

❖ **Exceso de penetración.**

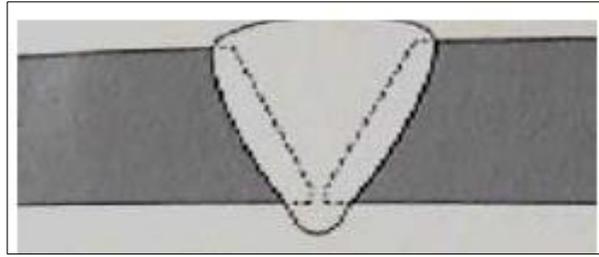


Gráfico 6.11. Sección transversal a un exceso de penetración.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura.



Gráfico 6.12. Placa radiográfica de un exceso de penetración.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura.

<b>Espesor de pared</b>	<b>Altura máxima</b>
< 1/4"	1/16"
> 1/4" a 1/2"	1/8"
> 1/2" a 1"	5/32"
> 1"	3/16"

❖ **Fusión incompleta.**

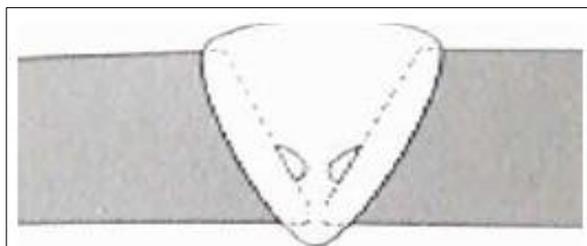


Gráfico 6.13. Sección transversal a una falta de fusión.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura.

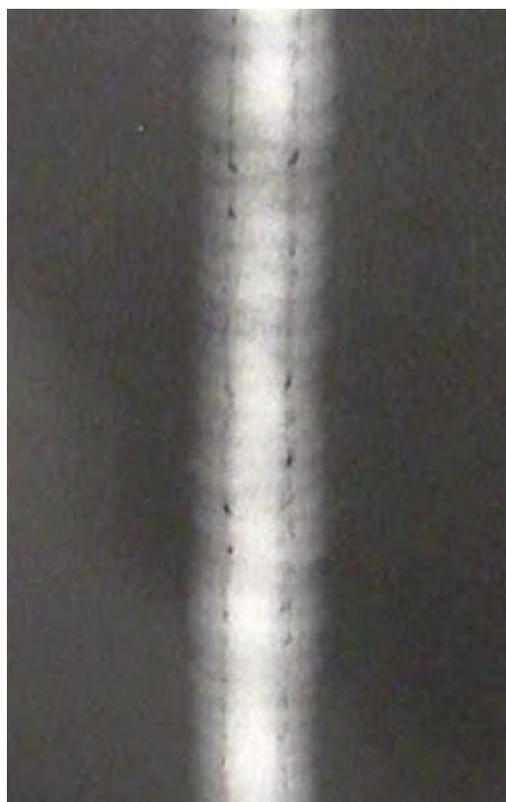


Gráfico 6.14. Placa radiográfica de una falta de fusión.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura.

No es permitido por el código (Ver Anexo A1).

❖ **Penetración incompleta.**

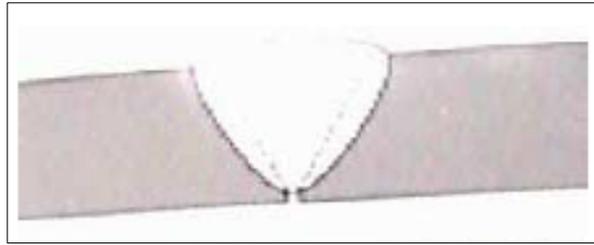


Gráfico 6.15. Sección transversal a una falta de penetración.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura.



Gráfico 6.16. Placa radiográfica de una falta de penetración.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura

Profundidad Máxima de  $1/32$ " o 20% del espesor de pared, cualquiera que sea menor. Máxima longitud de  $1\ 1/2$ " en 6" de soldadura. No Permitido para Juntas longitudinales (Ver Anexo A1).

❖ **Penetración incompleta debido a desalineamiento.**

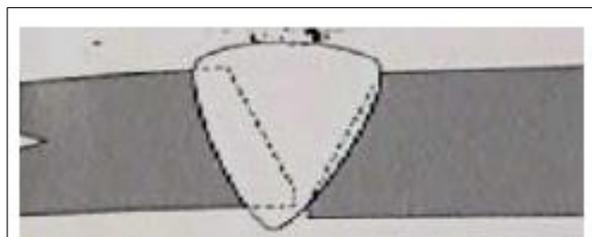


Gráfico 6.17. Sección transversal a una Falta de Penetración por desalineamiento.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura.



Gráfico 6.18. Placa radiográfica de una Falta de Penetración por desalineamiento.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura

No Permitido (Ver Anexo A1).

❖ **Desalineamiento.**

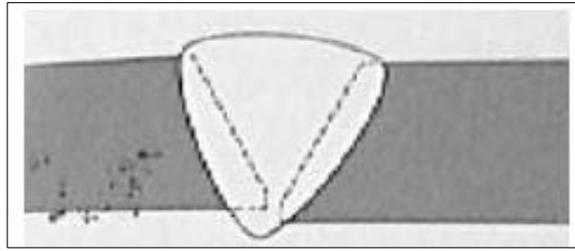


Gráfico 6.19. Sección transversal a un desalineamiento.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura.

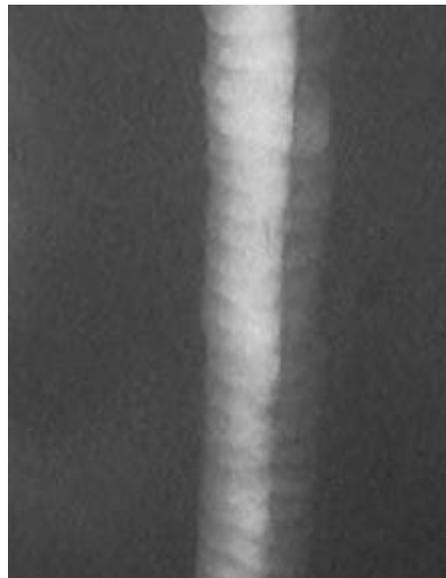


Gráfico 6.20. Placa radiográfica de un desalineamiento.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura

Los diámetros internos de los componentes a ser unidos, en sus puntas, deben ser alineados dentro de las tolerancias de diseño de ingeniería y del procedimiento de soldadura (WPS). Se recomienda el menor entre 1/4 t o 3/16".

Si las superficies externas de los dos componentes no están alineadas, la soldadura debe ser adelgazada entre las superficies.

❖ **Grietas.**

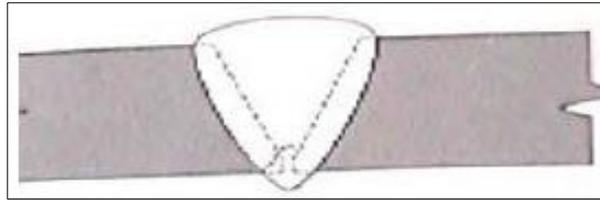


Gráfico 6.21. Sección transversal a una grieta.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura.

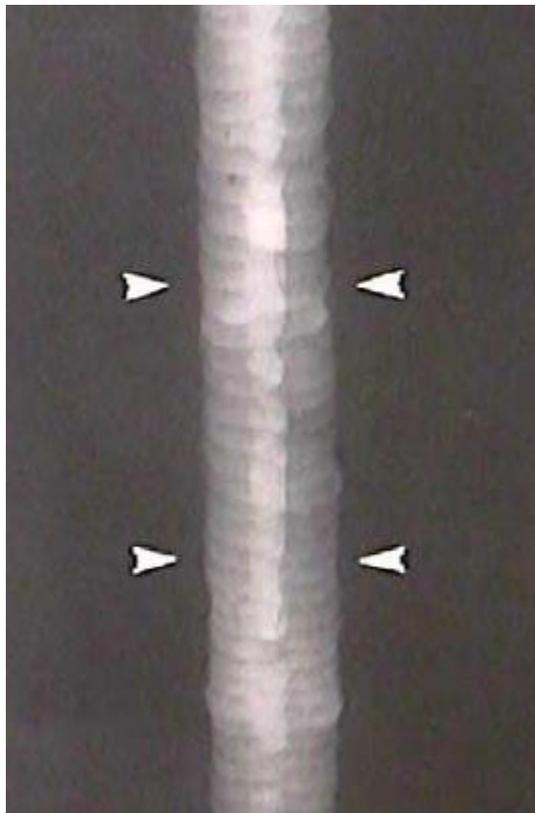


Gráfico 6.22. Placa radiográfica de una grieta.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura

No Permitido (Ver Anexo A1).

❖ Quemadura (Burn – Through).

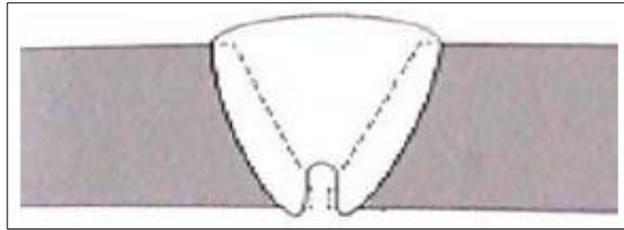


Gráfico 6.23. Sección transversal a un Quemón.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura.



Gráfico 6.24. Placa radiográfica de un quemón.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura

No cubierto por la norma, ver penetración incompleta.

❖ **Porosidad.**

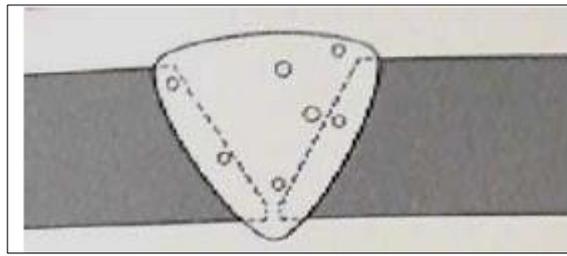


Gráfico 6.25. Sección transversal a Porosidades.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura.



Gráfico 6.26. Placa radiográfica de Porosidades.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura

Para  $t < 1/4"$ , los requerimientos son los mismos que para las Condiciones Cíclicas Severas. Para  $t > 1/4"$  los requerimientos son 1.5 veces los de las Condiciones Cíclicas Severas. No se aceptan poros superficiales. (Ver Anexo A1).

❖ **Socavado Interno.**

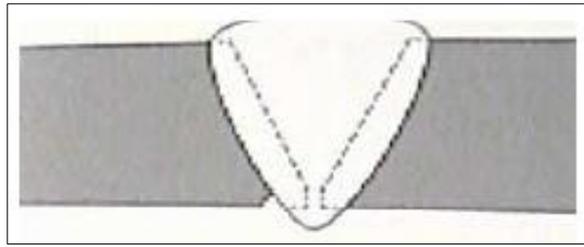


Gráfico 6.27. Sección transversal a un Socavado Interno.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura.



Gráfico 6.28. Placa radiográfica de un Socavado Interno.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura.

Máxima Profundidad de 1/32" o 25% del espesor de pared, cualquiera que sea menor. No permitido en Juntas longitudinales. (Ver Anexo A1).

❖ **Socavado Externo.**

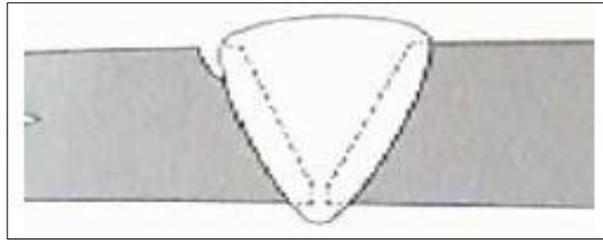


Gráfico 6.29. Sección transversal a un Socavado Externo.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura.



Gráfico 6.30. Placa radiográfica de un Socavado Externo.

Fuente: Proyectos Industriales Tubería y Soldadura.

Máxima Profundidad de 1/32" o 25% del espesor de pared, cualquiera que sea menor. No permitido en Juntas longitudinales. (Ver Anexo A1).

### **6.6.1.3. CRITERIOS PARA EVALUACIÓN DE LIMPIEZA SUPERFICIAL Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS EN TUBERÍA. [16]**

#### **➤ SEGÚN LA NORMA SSPC-SP 10/NACE No. 2.**

La organización N.A.C.E define a la limpieza superficial de metal casi blanco de la siguiente manera: La limpieza superficial de metal casi blanco cuando se observe a simple vista, deberá estar libre de todo el petróleo visible, grasa, polvo, suciedad, cascarilla, herrumbre, recubrimiento, óxidos, y otras materias extrañas. Las manchas o sombras aleatoriamente se limitan a no más de 5 por ciento de cada unidad de área de superficie y pueden consistir en sombras de luz, rayas o decoloraciones ligeras menores causadas por las manchas de óxido, manchas de escamas de laminación, o las manchas de recubrimiento anteriormente aplicado.

Las variaciones en la apariencia son aceptables siempre y cuando no afecten la limpieza de la superficie tal como se define en el párrafo anteriormente, estas variaciones pueden ser provocadas por el tipo de acero, condición original superficie, el espesor del acero, soldadura marcas de metal, tratamiento térmico, zonas de abrasivos, y las diferencias por la técnica de limpieza superficial.

#### **➤ SEGÚN LA PRACTICA RECOMENDADA NACE RP0287-2002 (FIELD MEASUREMENT OF SURFACE PROFILE OF ABRASIVE BLAST-CLEANED STEEL SURFACES USING A REPLICA TAPE).[17]**

Esta práctica describe un procedimiento para la medición in situ del perfil de anclaje de superficies de acero sometidas a limpieza por chorro abrasivo “blasting” ,que tienen un perfil de la superficie, entre 38 y 114 micras (1,5 y 4,5 milésimas de pulgada). El procedimiento se ha demostrado en relación con las mediciones obtenidas por el procedimiento de laboratorio definido en los paneles dispuestos y

preparados para NACE No. 1/SSPC-SP 5, NACE No. 2/SSPC-SP 10, o NACE No.3/SSPC-SP 6.

El perfil de una superficie se define como el valor obtenido cuando se mide la periferia utilizando un microscopio óptico. El procedimiento de laboratorio descrito para la medición del perfil de superficie implica un promedio estadístico con un número significativo de lecturas (20 a 30), utilizando un microscopio óptico de ampliación, de 250 a 280X, con un campo de 0,41 a 0,46 mm (0,016 a 0,018 pulgadas) de diámetro, y registrar la distancia medida desde la parte superior del pico más alto hasta la parte inferior del valle más bajo en el campo de visión.

➤ **SEGÚN LA PRACTICA RECOMENDADA NACE RP0394-94 (APPLICATION, PERFORMANCE, AND QUALITY CONTROL OF PLANT-APPLIED, FUSION-BONDED EPOXY EXTERNAL PIPE COATING). [18]**

Esta práctica recomendada presenta las directrices para establecer requisitos mínimos para garantizar la adecuada aplicación, rendimiento y control de calidad en planta aplicado a revestimientos epoxi en las superficies externas de la tubería. La función de tales revestimientos es prevenir la corrosión.

En esta práctica recomendada se sugiere o se describen los métodos para calificación y controlar la calidad de los revestimientos epoxi de tuberías además proporciona pautas para su correcta aplicación, e identifica la inspección y técnicas de reparación para garantizar su rendimiento a largo plazo.

• **MATERIAL DE RECUBRIMIENTO.**

El proveedor de material de revestimiento deberá suministrar al comprador y/o aplicador, la siguiente información:

a) Las instrucciones para la manipulación y el almacenamiento del material de revestimiento.

b) Especificación de las propiedades físicas básicas y resultados de pruebas de desempeño de laboratorio.

c) Certificación de determinadas propiedades físicas de cada lote de material.

d) Hoja de Datos de Seguridad.

- **PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE DE LA TUBERÍA.**

El precalentamiento no es necesario si la tubería está visualmente libre de la humedad y la temperatura deberá estar 3 °C, (5 °F) por encima del punto de rocío; de lo contrario, el tubo debe ser uniformemente precalentado antes de la limpieza por chorro abrasivo, para eliminar la humedad de la superficie. El precalentamiento deberá ser suficiente para asegurar que la temperatura de la tubería sea de al menos 3 °C, (5 °F) por encima la temperatura del punto de rocío durante la limpieza e inspección. La superficie del tubo debe tener un acabado superficial de acuerdo al NACE N° 2/SSPC-SP 10, "Limpieza a chorro de metal casi blanco". El perfil de la superficie debe ser de al menos 38 micras (1,5 milésimas de pulgada) de pico a valle. El perfil de la superficie no podrá exceder de 100 micras (4 milésimas de pulgada).

Antes de revestir la tubería, la limpieza deberá ser inspeccionada visualmente y las imperfecciones que pueden causar "holidays" en el recubrimiento deben ser eliminadas, de tal modo como para dar un acabado superficial adecuado para la posterior aplicación de revestimiento.

- **SEGÚN LA NORMA SSPC-PA2 (PAINT APPLICATION STANDARD N° 2 / MEASUREMENT OF DRY COATING THICKNESS WITH MAGNETIC GAGES). [19]**

Esta norma describe el procedimiento para realizar las mediciones de espesor de película seca de un recubrimiento no magnético aplicado en un sustrato magnético usando medidores magnéticos comerciales.

- **NUMERO DE MEDICIONES.**

Se realizaran cinco “spots” y se medirán espaciados aleatoriamente cada 10 m<sup>2</sup> de área a ser medida.

Si las partes contractuales acuerdan más de cinco “spots” estos pueden ser tomados siempre y cuando sea especificado en el procedimiento para el tamaño y figura de la estructura a ser medida.

Si el espesor de película seca para cualquier área de 10 m<sup>2</sup>, no complace los siguientes requerimientos:

- ❖ **MINIMO ESPESOR:** El promedio de las mediciones para los spots para 10 m<sup>2</sup> de área, no será menor que el espesor mínimo especificado.

Ningún solo spot en 10 m<sup>2</sup> de área será menor que el 80% del espesor mínimo especificado.

Si el promedio de las mediciones de spots para 10 m<sup>2</sup> de área excede el mínimo especificado, una medida adicional puede hacerse para suplir el área no conforme.

- ❖ **MÁXIMO ESPESOR:** El promedio de las mediciones para los spots para 10 m<sup>2</sup> de área, no será más que el espesor máximo especificado.

Ningún solo spot en 10 m<sup>2</sup> de área será mayor que el 120% del espesor máximo especificado.

Si el promedio de las mediciones de spots para 10 m<sup>2</sup> de área excede el máximo especificado, una medida adicional puede hacerse para suplir el área no conforme.

Se realizara una medición adicional para aislar el área no conforme.

Para calificar las operaciones de recubrimiento con el estándar SSPC-PA2 (PAINT APPLICATION STANDARD N° 2 / MEASUREMENT OF DRY

COATING THICKNESS WITH MAGNETIC GAGES), la calibración del instrumento de medida no tendrá un error mayor al  $\pm 10\%$ .

- **VARIACIÓN DEL ESPESOR 80% DEL MÍNIMO Y 120% DEL MÁXIMO.**

Si existe alguna medición con un nivel de certeza o incertidumbre, dos inspectores usando el mismo medidor de espesores no necesariamente registrarán el mismo número de mediciones en un spot usando el mismo diámetro de círculo de 4 cm.

Para permitir esta fluctuación natural como mucho un spot individual es permitido ser dejado con el espesor mínimo especificado en  $10 \text{ m}^2$  de área donde existan promedios que excedan el mínimo especificado.

Un razonamiento similar es aplicado para el espesor máximo especificado.

- **SEGÚN LA NORMA NACE SP0490-2007 (HOLIDAY DETECTION OF FUSION-BONDED EPOXY EXTERNAL PIPELINE COATINGS OF 250 TO 760  $\mu\text{m}$  (10 TO 30 MIL)). [20]**

Esta norma presenta las técnicas recomendadas para la operación del equipo detector de discontinuidades "holidays" que se utiliza actualmente en revestimientos de tuberías, después de la aplicación del revestimiento en taller y antes de ser colocada en el sitio durante la instalación de la tubería. También presenta voltajes recomendados para diversos espesores de recubrimiento.

La inspección eléctrica o (holiday detector) es una prueba de la continuidad de una capa protectora. Este tipo de inspección no intenta proporcionar información sobre la resistividad del revestimiento, las características físicas, o la calidad en general del recubrimiento. Detecta los huecos, grietas, inclusiones o contaminantes en el recubrimiento que son de tal tamaño, número, o conductividad para reducir significativamente la resistencia eléctrica o rigidez dieléctrica de la capa.

- **VOLTAJES DE PRUEBA.**

Todos los detectores de “holidays” en esta norma se refieren a voltajes de prueba con salida a pulso-DC y con valores continuos DC.

El mínimo voltaje de prueba efectivo de salida aplicado depende del espesor del revestimiento (Ver Anexo A10), las condiciones atmosféricas, configuración de los electrodos, y condiciones de la tierra. Por lo tanto, el voltaje de prueba aplicada varía de caso en caso.

Alternativamente, el voltaje de prueba tubo-a-electrodo puede ser ajustarse a las tensiones de prueba mínimos descritas en la siguiente tabla que se utilizan comúnmente en la tubería industrial.

Si un recubrimiento externo se aplica sobre el revestimiento primario, el espesor y rigidez dieléctrica del material de recubrimiento externo debe tenerse en cuenta al determinar o especificar la tensión de prueba. Ciertos materiales de recubrimiento externo pueden tener aislante eléctrico propiedades iguales o mayores que el revestimiento.

- **CONEXIÓN A TIERRA.**

El tubo metálico recubierto debe tener contacto eléctrico a tierra en uno o más puntos. Una conexión a tierra de la tubería puede ser hecha conectando el tubo metálico a una varilla de metal introduciéndola en la tierra a una profundidad de 0,6 a 0,9 m (2 a 3 pies).

En las zonas áridas, arenosas, rocosas o donde la resistividad de la tierra impide la detección eficaz de las discontinuidades, una conexión de cable directa entre el tubo metálico, tierra y detector de discontinuidades deberá mantenerse.

Cable de tierra adicional (0,324 mm<sup>2</sup> [22 AWG] como mínimo) de cualquier longitud puede ser utilizado en la fabricación de conexiones entre el detector de discontinuidades el terminal de tierra y el metal del tubo.

## **6.7. METODOLOGÍA.**

### **6.7.1. PROCEDIMIENTO PARA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES.**

#### **6.7.1.1. OBJETIVO.**

Establecer las directrices necesarias para calificar a soldadores según la Especificación de Procedimiento de Soldadura “WPS” calificada.

#### **6.7.1.2. ALCANCE.**

Este procedimiento cubre los requerimientos para realizar pruebas de campo a fin de calificar a los soldadores para trabajos de fabricación y montaje de instalaciones industriales.

El propósito de las pruebas de calificación de soldadores, es determinar la habilidad de los soldadores para hacer soldaduras, de condiciones confiables, usando procedimientos previamente calificados y aceptados por el cliente.

#### **6.7.1.3. DEFINICIONES.**

**WPS:** Especificación del Procedimiento de Soldadura.

**Cupón de Prueba:** Probeta para prueba de soldadura fabricada bajo los requerimientos del estándar a ser calificado.

**Estampe:** Identificación que se asigna a un soldador antes de rendir la prueba de calificación.

**ASME:** Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.

**CWI:** Inspector de soldadura certificado.

#### **6.7.1.4. RESPONSABILIDADES**

Es responsabilidad del supervisor QA/QC verificar que se cumplan durante la prueba de soldadura todos los parámetros descritos en el WPS (Ver Anexo C1) calificado.

El inspector de soldadura certificado CWI será el responsable de emitir un criterio de aceptación o rechazo del cupón de prueba al culminar la prueba de soldadura.

La preparación de los cupones para la prueba, lo que implica: Cortes, biselado, limpieza, alineación, precalentamiento, posicionamiento y revisión de las máquinas y herramientas serán responsabilidad del soldador a calificar.

#### **6.7.1.5. PROCEDIMIENTO.**

- **INFORMACIÓN.**

Se indicará el o los procedimientos a calificar, lugar, fecha y hora, especificaciones de material a utilizar si es el caso.

Antes de iniciar las pruebas de calificación, el soldador deberá ser informado sobre los detalles del procedimiento a utilizar. Le será permitido un tiempo razonable para ajustes en el equipo. El soldador deberá usar la misma técnica de soldadura y proceder con la misma velocidad que si se tratara de soldadura de producción.

- **PREPARACIÓN DE CUPONES.**

Los cupones de prueba para soldadores de tubo, deberán ser preparados de acuerdo con las especificaciones del procedimiento de soldadura (WPS) (Ver Anexo C1) aplicable, diámetro del tubo y espesor señalados en el Resumen de procedimientos de soldadura específico del proyecto.

Los cupones de prueba serán suficientemente grandes para facilitar exámenes radiográficos o destructivos si así requiere la especificación.

- **EJECUCIÓN DE LA PRUEBA DE SOLDADURA.**

Las pruebas de soldadura deberán realizarse en presencia del delegado de control de calidad y un, inspector de soldadura. Cada soldador deberá marcar claramente la identificación asignada y portar una identificación

legal con fotografía. Un soldador podrá calificar, realizando la prueba en cupones de prueba de diámetro y espesor establecido por el WPS calificado.

El delegado de Control de Calidad, será responsable de controlar el proceso, medir y registrar los datos, chequear dimensiones y geometrías, realizar la inspección visual después del primer paso, la limpieza después de cada paso, examen visual final.

- **PRUEBAS REQUERIDAS Y CRITERIOS DE ACEPTACION.**

Los cupones de prueba serán evaluados de acuerdo con los criterios señalados en los códigos de referencia, con ajuste a lo establecido en las especificaciones de Procedimiento de soldadura (WPS).

El análisis de calificación será responsabilidad del delegado de control de calidad e inspector de soldadura certificado y se realizará bajo los siguientes parámetros.

1. Ejecución de la prueba (orden, limpieza, seguridad, etc.)
2. Ajuste al procedimiento por examen visual
3. Resultado de los exámenes destructivos o no destructivos según el caso y con aplicación al código de referencia.

La falta en cualquiera de los puntos anteriores, será razón suficiente para descalificar a un candidato. Durante y después de la soldadura, se deberá chequear la habilidad del soldador, forma y apariencia en la ejecución del cordón, No serán permitidas: fracturas, falta de penetración, porosidad superficial, escoria expuesta, undercutting, corona superior al diseño y la tolerancia estará dada por el código de referencia.

#### **6.7.1.6. REFERENCIAS.**

- ASME IX (Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators).

- ASME B31.3 (Process Piping).

## **6.7.2. PROCEDIMIENTO PARA PRE FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERÍA.**

### **6.7.2.1. OBJETIVO.**

Detallar los requisitos que deben llevarse a cabo para asegurar la correcta pre-fabricación e instalación de la tubería.

### **6.7.2.2. ALCANCE.**

Este procedimiento se aplica al acople, soldadura e inspección de soldadura en la tubería, en instalaciones sobre tierra y subterránea.

### **6.7.2.3. DEFINICIONES.**

**Defecto de Soldadura:** Es una discontinuidad, imperfección o falta de homogeneidad en una soldadura y cuyo tipo, tamaño y distribución pueden hacerla inaceptable, dependiendo del Código o Especificación aplicable.

**Defecto Dimensional:** Son aquellos defectos asociados con los requisitos dimensionales de la soldadura como: Preparación inadecuada, tamaño inadecuado, contorno o perfil incorrecto, deformaciones en el material base.

**Procedimiento de Soldadura Calificado:** Un método probado y detallado por el cual las soldaduras cumplen con propiedades mecánicas adecuadas.

**Reparación:** Cualquier trabajo nuevo en una soldadura terminada que requiera de soldadura para corregir una falla en la soldadura que ha sido descubierta visualmente o con la prueba no destructiva y está fuera de los límites de aceptabilidad.

#### **6.7.2.4. RESPONSABILIDADES.**

El supervisor QA/QC es responsable de verificar la aplicación del procedimiento así como de documentar las actividades de inspección y control que se realicen de acuerdo a lo establecido en este documento y de mantener el estado de calificación del personal involucrado en las actividades de soldadura. Mantiene bajo su control todos los registros diarios de inspección y trazabilidad

#### **6.7.2.5. PROCEDIMIENTO.**

- **IMPLEMENTACIÓN.**

La inspección comprende los siguientes ítems:

- ❖ Examen de documentos relevantes de referencia (Especificaciones, Prácticas recomendadas, Códigos, Normas, etc.).
- ❖ Chequeo de los materiales de Relleno.
- ❖ Inspección visual de las partes a ensamblar.
- ❖ Chequeo de la adecuada implementación del proceso.
- ❖ Revisión de calificación de soldadores.
- ❖ Examen visual de las soldaduras.
- ❖ Supervisión de los tratamientos térmicos post-soldadura (si aplica).
- ❖ Supervisión de los Ensayos No Destructivos.

- **PERSONAL DE INSPECCIÓN SOLDADURA:**

El personal que realice actividades de Inspección de soldaduras, deberá estar capacitado y calificado así como tener experiencia suficiente y adecuada en el área.

Como paso previo el supervisor de QA/QC debe revisar documentos relevantes como:

Especificación del Procedimiento de Soldadura, chequear las variables esenciales según código aplicable, chequeo de procedimientos

constructivos y calificación de soldadores (Ver Anexo C2) de acuerdo al WPS calificado, chequeo de la procedencia y calidad de materiales involucrados como material base, materiales consumibles y materiales de relleno, etc. de acuerdo con las exigencias de calidad.

- **INSPECCIÓN DE ELECTRODOS.**

Inspección visual del contenedor para asegurar que no hayan sufrido ningún daño y se haya mantenido su integridad además de estar herméticamente sellados.

Confirmar identificación de consumibles con los certificados de fabricación y verificar la Inspección y Clasificación AWS, nombre comercial, número de lote de fábrica, fecha de fabricación, y diámetro de los electrodos (Ver Anexo B3).

Deben ser verificados la clasificación de electrodos y material de aporte así como los posibles defectos en el revestimiento tales como: reducción de espesor, señales de oxidación, deficiencia en la longitud dimensional y excentricidad.

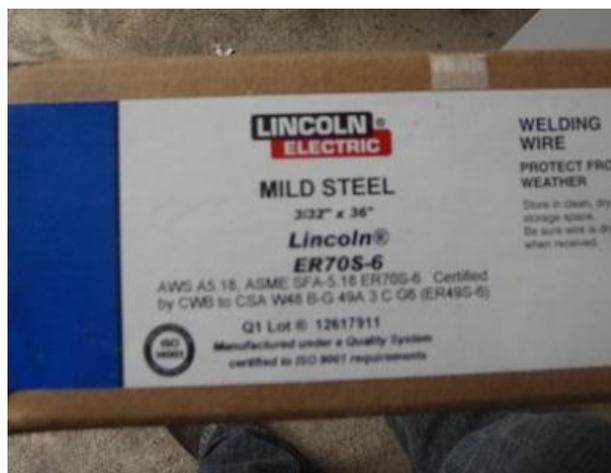


Foto 6.1. Inspección de aporte ER70 S-6.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez



Foto 6.2. Inspección de electrodo E7018.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez

La varilla o electrodo que fuese rechazado por la inspección o durante la ejecución del trabajo debe ser identificado y retirado del lugar de almacenamiento y no ser usado para el trabajo de ensamblado de la tubería.

Los electrodos deben estar almacenados según instrucciones del fabricante, los electrodos que requieran de un proceso de secado deben estar tanto en los hornos estacionarios como en los portátiles a las temperaturas recomendadas.

- **INSPECCIÓN VISUAL DE LAS PARTES A SOLDAR.**

Este examen se realizará en forma directa o con facilidades de observación, de manera que no existan obstáculos que impidan la visión a una distancia no mayor de 15", ni en un ambiente contaminado con humo, polvo, etc.

Las facilidades de observación o instrumentos a usar son: Espejos, Cámaras fotográficas, Lupas, Lámparas de mano, Calibradores, etc.

El examen en este punto corresponde a los siguientes ítems:

a) Partes a Soldar: Que pueden ser identificadas de la siguiente manera:

- ❖ Material Base

❖ Material de Aporte

Esto asegura que las partes para ensamble correspondan al acero que señala la especificación.

b) Preparación de Juntas: Los biseles de las juntas pueden ser preparados de acuerdo con los procesos de corte tales como plasma, maquinado, esmerilado, etc. Su adecuada preparación debe ser inspeccionada en conformidad con las geometrías y dimensiones definidas en el diseño de la junta, planos, especificaciones o el procedimiento actual.

• **INSPECCIÓN Y PREPARACIÓN DE LOS BISELES.**

Una vez que se ha cortado la tubería, los biseles son limpiados mediante el uso de un esmeril o cualquier otra máquina de modo que se pueda tener una superficie limpia, lisa, libre de irregularidades y escoria.

El ángulo del bisel debe tener  $30^\circ$  (de acuerdo al WPS aprobado) con una tolerancia de  $\pm 10^\circ$ .

La tolerancia de talón y apertura de raíz debe estar de acuerdo con el WPS aprobado. El bisel debe ser limpiado aproximadamente 25 mm, desde los extremos de la tubería utilizando una grata o cepillo rotativo.



Foto 6.3. Verificación de ángulo de bisel.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez.

- **ALINEACIÓN Y EJECUCIÓN DE LA SOLDADURA.**

Los extremos de la tubería y las conexiones para soldarse a tope deben alinearse lo más precisamente posible con grapa externa de tal manera que coincidan las superficies internas.

Cuando la falta de alineación de las caras internas excede el valor permitido, se utiliza un proceso de esmerilado o torneado en la superficie interna para que pueda obtenerse una transición óptima; ésta nunca deberá tener un ángulo mayor a 30°.

Una vez que los elementos de la junta están alineados y listos, se ponen puntos de soldadura para mantener la alineación de la junta.

Estos puntos de soldadura podrán colocarse según sea necesario dependiendo del diámetro de la tubería, pero al menos debe haber uno en cada cuadrante. El tamaño de los puntos de soldadura no debe ser menor a 10 mm.

Los puntos de soldadura deben realizarse de acuerdo con las variables de pase de raíz dadas en la especificación del procedimiento de soldadura, tomando en cuenta la clase de tubería.

Los puntos de soldadura los realiza un soldador calificado utilizando el mismo tipo de electrodo que se usó en el proceso de soldadura del pase de raíz. Cualquier rajadura implica la remoción los puntos de soldadura.

El movimiento de la tubería no es permitido hasta que el pase en caliente no sea completado. La ejecución de la soldadura se realizará contemplando un cierto número de pases especificados en el WPS calificado y correspondientes a:

- ❖ **PASE DE RAÍZ:** El pase de raíz se ejecutará de acuerdo con el procedimiento de soldadura (WPS) aprobado. Un soldador calificado ejecutará simultáneamente el depósito del cordón de raíz en forma ascendente, en tramos de la mayor longitud posible, de acuerdo con

los elementos transversales de la grapa alineadora. Una vez completado el pase se podrá manipular la tubería, se limpiará la junta de soldadura, se removerá por completo la suciedad y demás elementos extraños.



Foto 6.4. Pase de raíz proceso GTAW.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez.

- ❖ **PASE CALIENTE:** Se hará de acuerdo con el procedimiento de soldadura (WPS) aprobado. El pase caliente se iniciará dentro de los cinco minutos siguientes a la terminación del pase de raíz. Se lo ejecutará en forma ascendente. Al terminar se limpiará y removerá por completo la suciedad y demás elementos extraños.



Foto 6.5. Pase en caliente proceso GTAW.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez.

- ❖ **RELLENO Y PRESENTACIÓN:** Se hará de acuerdo con el procedimiento de soldadura (WPS) aprobado. Los pases de relleno y presentación se podrán ejecutar dentro de las 24 horas siguientes a la terminación del pase caliente, sin embargo, se terminarán, en lo posible, el mismo día en que se inició la junta.

Por lo menos el 50% de la junta será ejecutado dentro del mismo día. Al terminar cada pase de relleno se limpiará y removerá por completo la escoria y demás elementos extraños antes de continuar con el siguiente pase. Se prohíbe el aplanado con martillo del paso raíz y del paso final de una soldadura.



Foto 6.6. Pase de relleno proceso SMAW.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez



Foto 6.7. Pase de capa o corona proceso SMAW.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez

- **INSPECCIÓN VISUAL.**

Después de que las soldaduras hayan sido reportadas como terminadas, por el Supervisor de Campo, el Supervisor QA/QC realizará el examen visual.

En ningún caso, sobre el área a examinar, habrá manchas de pintura, grasa, oxido, aceite, escorias, cascarilla y en general, cualquier materia extraña que pueda interferir la interpretación de los resultados.

El examen visual se realizará, antes de aplicar cualquier ensayo no destructivo (que indiquen los procedimientos aplicables).

El criterio de aceptación para el examen visual será aplicado de acuerdo al código ASME B31.3 (Tabla 341.3.2) (Ver Anexo A1) correspondiente a tuberías de proceso.

En el caso de no pasar la inspección visual dentro de los límites establecidos por el código para el criterio de aceptación, la junta soldada será mandada a reparar.

Todas las soldaduras a tope deben tener una penetración total y una corona uniforme.



Foto 6.8. Presentación de una junta soldada.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez

El esmerilado que se realice para satisfacer el acabado de las soldaduras y eliminar defecto, debe hacerse de tal manera que no forme ranuras o reduzca el espesor del material base adyacente.

- **IDENTIFICACIÓN DE LAS JUNTAS.**

Las juntas serán marcadas con el código de junta, estampe de cada soldador que participó en ella indicando claramente el pase correspondiente y fecha de realización.



Foto 6.9. Identificación de juntas soldadas.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez

- **ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.**

La soldadura terminada, ha de tener una superficie suficientemente lisa, para permitir una interpretación correcta de los ensayos no destructivos.

El técnico en gammagrafía ASNT Nivel II marcará las soldaduras rechazadas anotando la clase de defecto en su ubicación.



Foto 6.10. Colocación de placas radiográficas.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez.

Los criterios de aceptación de la discontinuidad de la soldadura y reparación deben seguir los lineamientos del código ASME B31.3.

El supervisor QA/QC revisará las gammagrafías de las juntas soldadas junto con el técnico en gammagrafía ASNT Nivel II.



Foto 6.11. Revisión de placas radiográficas.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez

Si el porcentaje de reparación es mayor al 10% las actividades de soldadura serán detenidas hasta que el problema sea corregido.

### **REPARACIÓN DE LAS JUNTAS SOLDADAS.**

Las juntas que resulten defectuosas de acuerdo con los procedimientos de inspección, tanto visuales como de ensayos no destructivos, deberán repararse teniendo en cuenta los siguientes puntos:

a) Los criterios de rechazo de la soldadura están determinados en el Código ASME B31.3. No se repararán juntas con fisuras. En estos casos la junta se cortará y se ejecutará una nueva junta.

b) Cuando es aceptable una reparación parcial de la junta, la zona a reparar deberá ser claramente definida por el técnico en gammagrafía ASNT Nivel II. Se removerá la soldadura hasta alcanzar la zona defectuosa y conseguir dos biseles de 30° - 40°, de acuerdo al procedimiento de soldadura aprobado.



Foto 6.12. Porosidad en junta soldada.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez

c) Si el defecto está en el cordón de fondeo, se reconstruirá el perfil del bisel original, inclusive en la cara vertical del mismo, y se procederá a aplicar el procedimiento de soldadura aprobado.

d) La junta reparada deberá inspeccionarse mediante radiografía. Si llegare a resultar defectuosa, se podrá hacer un segundo intento de

reparación, si este segundo intento no es satisfactorio, la junta deberá ser cortada y ejecutada nuevamente.

#### **6.7.2.6. REFERENCIAS.**

- ASME B31.3 (Process Piping).

#### **6.7.3. PROCEDIMIENTO PARA PREPARACIÓN DE SUPERFICIE Y APLICACIÓN DE RESINA EPOXICA.**

##### **6.7.3.1. OBJETIVO.**

Establecer parámetros para la limpieza, preparación de superficie y recubrimiento de tuberías, juntas y accesorios con base en las especificaciones técnicas del fabricante del producto SCOTCHKOTE – 323.

##### **6.7.2.2. ALCANCE.**

Este procedimiento cubre los requisitos para la limpieza, pintura de tuberías, juntas y accesorios recubiertos con resina epóxica Scotchkote 3M, dentro del desarrollo de un proyecto que requiera de este tipo de aplicaciones.

##### **6.7.2.3. DEFINICIONES.**

**Holliday:** Una discontinuidad en un revestimiento protector que muestra una conductibilidad eléctrica cuando expuesto a un voltaje específico.

**Pinhole:** Pequeña porosidad en la capa que se extiende completamente a través de la película.

**Perfil de anclaje:** Rugosidad de una superficie normada por los requerimientos de la SSPC.

**SSPC:** Consejo de Pintura para Estructuras de Acero (por sus siglas en inglés).

**NACE:** Sociedad Americana de Ingenieros en Corrosión.

**Black beauty:** Granalla de origen mineral de color oscuro y gran dureza.

**Granallado:** Es un procedimiento de limpieza mecánica, que consisten en restregar la superficie con la ayuda de aire presurizado y partículas de arena, lo que se denomina arenado (“Sandblasting”), o con granalla, granallado (“Gritblasting”) para la remoción del óxido y partículas extrañas de la superficie metálica.

**Spot:** Marca circular de 1,5 pulgadas en la cual se toman tres mediciones del espesor de un recubrimiento.

#### **6.7.2.4. RESPONSABILIDADES.**

El Supervisor de Control de Calidad será responsable supervisar continuamente la preparación de las superficies, verificar las cantidades de revestimiento y solventes a prepararse y la correcta aplicación del revestimiento en cumplimiento con este procedimiento y las especificaciones del Proyecto.

Verificar que el equipo, mangueras, accesorios, y otros elementos que se utilicen durante el proceso sean los adecuados para ello de conformidad con las especificaciones del fabricante, y que se encuentren en buenas condiciones.

Anotar toda la información requerida en los registros dependiendo del tipo de revestimiento.

#### **6.7.2.5. PROCEDIMIENTO.**

- **TAREAS PREVIAS.**

El elemento a revestirse no deberá tener filos agudos, soldaduras rugosas, residuos de soldadura, salpicaduras, cualquier corrosión, agujeros, laminación, soldadura discontinua o contaminación.

Todas las soldaduras deberán haberse terminado, todas las perforaciones para pernos deberán estar realizadas pulidas y limpiadas.

Todas las marcas de identificación se deberán proteger o quitarse temporalmente ante de la aplicación del revestimiento.

Todas las áreas que no vayan a revestirse deberán enmascararse o protegerse, y todas las superficies que queden inaccesibles después del ensamblaje deberán limpiarse y revestirse previamente.

La tubería que deba revestirse, se inspecciona previamente y se aprobará para revestimiento por el Supervisor de QA/QC, asegurándose de que las soldaduras estén terminadas, de que todos los puntos de suelda temporales hayan sido removidos y que todas las pruebas no destructivas requeridas se hayan efectuado.

- **PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE.**

Remover todos los residuos visibles de la superficie a recubrir con granallado (mineral), si está muy sucia, use solventes orgánicos o agua caliente con detergente hasta obtener una limpieza completa, si esta aceitosa se recomienda calentar la sección a una temperatura de 232 °C por media hora para remover el aceite de los poros del metal.

En superficies nuevas la preparación requerida es remover la suciedad, escamas, partículas sueltas, manchas de aceite y otros contaminantes tal como se indica en el párrafo anterior.

La superficie deberá ser limpiada con chorro de granalla hasta lograr la condición de metal casi blanco NACE 2 / SSPC-SP10, se recomienda utilizar granalla mineral "black beauty" #1.5 para obtener una buena limpieza y un patrón de anclaje no menor a 2.5 milésimas de pulgada de profundidad, después de la aplicación del abrasivo se removerá las partículas de polvo con aire a presión.



Foto 6.13. Granallado en tubería.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez

Las superficies listas para limpiarse y revestirse deben estar por lo menos a 3°C (5°F) por encima del diferencial entre la Temperatura de Punto de Rocío y la Temperatura de la superficie a limpiar, y la humedad relativa no debe estar por encima del 85%.



Foto 6.14. Medición de condiciones climáticas.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez

Se deberá eliminar cualquier reborde de soldadura o de la superficie de la junta con una lima manual (chisporroteo de soldadura por ejemplo).

La superficie limpia debe ser recubierta lo más pronto posible para evitar su oxidación.



Foto 6.15. Granalla mineral # 1.5.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez

- **INSPECCIÓN DEL PERFIL DE SUPERFICIE.**

Para realizar la inspección de la superficie granallada se deberá verificar que el perfil de anclaje tenga una medida mínima de 2.5 milésimas de pulgada desde el pico superior al fondo del valle de la rugosidad promedio.

Este perfil se medirá utilizando un medidor digital de perfil de anclaje y cintas réplicas de alta temperatura (Press of film XC HT) (Ver Anexo B4).

Las cintas replicas (Ver Anexo B5) se ubicarán aleatoriamente en el lote de tubería revestida colocando como máximo un número de cintas correspondientes al 40% del total tuberías revestidas.

Luego de replicar el perfil de anclaje en las cintas se procederán a retirar de la superficie y tomar la medida en un reloj palpador (Ver Anexo B6), a esta medida se le sustraerá 2 milésimas de pulgada correspondientes al espesor del papel de la cinta réplica.

Finalmente estas medidas se evaluarán y registrarán para sustentar el trabajo de control de calidad en la superficie granallada.



Foto 6.16. Verificación del perfil de anclaje.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez



Foto 6.17. Lectura del perfil de anclaje con medidor digital.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez



Foto 6.18. Proceso de réplica de anclaje en cintas.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez



Foto 6.19. Medición de cintas con micrómetro.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez

- **PRODUCTO A UTILIZAR.**

La resina epóxica líquida SCOTCHKOTE 323 es un recubrimiento anticorrosivo diseñado para proteger y evitar el deterioro y corrosión de una gran variedad de estructuras metálicas.

La resina SCOTCHKOTE 323 es un epóxico líquido 100% sólidos de dos partes, las cuales al ser mezcladas en la proporción adecuada forman un recubrimiento de alto desempeño.



Foto 6.20. Pintura epóxica SCOTCHKOE parte A y parte B.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez.

- **MEZCLADO DEL MATERIAL.**

La resina SCOTCHKOTE se presenta en dos componentes (a y b), la proporción de mezcla es 2:1 en volumen, para el efecto, se mezclarán dos partes del componente “a” con una parte del “b” en un recipiente limpio y seco y se homogenizarán con una paleta o agitador (un batidor metálico para huevo funciona muy bien) hasta obtener un color verde claro uniforme (sin líneas blanquecinas)

Es importante mezclar solo la cantidad requerida ya que se tienen 10 minutos para su aplicación, pasado ese tiempo la viscosidad de la resina se incrementa, ya no fluye y no se puede aplicar.

Los componentes a y b sean homogenizados perfectamente cada uno por separado antes de realizar la mezcla ya que contienen materiales que tienden a precipitarse al fondo.

Si esta homogenización no se realiza la resina podría presentar problemas de curado y/o adherencia.



Foto 6.21. Preparación de pintura epóxica.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez.

- **APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO.**

Una vez aplicado el granallado, se recomienda evitar pisar o tocar la superficie limpia.

Se homogenizará perfectamente la resina antes de su aplicación.

Se aplicará la resina SCOTCHKOTE 323 con una brocha o rodillo de componente plural. Se recomienda un espesor de película seca mínimo de 25 milésimas para la mayoría de las aplicaciones, sin embargo el usuario determinará el espesor del recubrimiento según sus requerimientos.

La resina se aplica con brocha o rodillo se pueden obtener espesores de hasta 45 milésimas en una sola mano; en caso de requerirse varias capas o manos, es recomendable esperar de 20 a 30 minutos entre capas para evitar posibles escurrimientos, si se excede de este tiempo y la primera capa se seca, se deberá lijar ligeramente la superficie hasta “matar el brillo” y aplique la segunda capa.



Foto 6.22. Aplicación de recubrimiento con brocha.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez.

- **CURADO.**

La resina SCOTCHKOTE 323 seca y se puede enterrar la tubería como a continuación se indica:

- ❖ 24 °C..... 2 horas 39 minutos
- ❖ 50 °C.....39 minutos.

- **INSPECCIÓN DEL RECUBRIMIENTO.**

Para asegurar un óptimo desempeño, el recubrimiento debe ser inspeccionado para asegurar su continuidad y detectar posibles “holidays” y “pinholes”. La inspección se realiza utilizando un detector de discontinuidad ya sea de resorte o de esponja húmeda de bajo voltaje, ambos deberán calibrarse según lo recomendado por la norma NACE SP0490-2007 (HOLIDAY DETECTION OF FUSION-BONDED EPOXY EXTERNAL PIPELINE COATINGS OF 250 TO 760  $\mu\text{m}$  (10 TO 30 MIL)).

Luego de la aplicación de la resina epóxica en taller se dejara el tiempo adecuado de curado para realizar la prueba de holiday detector.



Foto 6.23. Medición de espesores de película seca.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez



Foto 6.24. Inspección de discontinuidades con “Holliday Detector”.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez

Se realizarán cinco spots por cada 12 metros de tubería revestida y se verificara el espesor de película seca con un medidor digital de espesores de pintura (Ver Anexo B7).

En caso de encontrar un spot el cual registre un promedio menor al 80% del espesor mínimo especificado, se realizara un spot adicional elegido al azar.

En caso de encontrar un spot el cual registre un promedio mayor al 120% del espesor máximo especificado, se realizara un spot adicional elegido al azar.

- **REPARACIÓN DE DAÑOS E IMPERFECCIONES.**

En caso de encontrar defectos en el recubrimiento las superficies dañadas pueden ser fácilmente reparadas con la misma resina SCOTCHKOTE 323. Si el recubrimiento está completamente curado se debe lijar o aplicar granallado sobre el área dañada y recubrir nuevamente, es recomendable no utilizar pulidoras de carda o cepillos de

acero directamente sobre el metal a recubrir, ya que estos equipos pulen la superficie y la resina no encuentra una rugosidad donde anclarse.

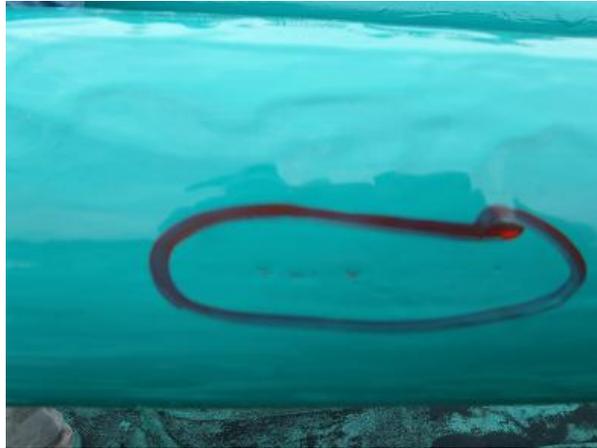


Foto 6.25. Detección de “Hollidays” en recubrimiento.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez



Foto 6.26. Reparación de “Hollidays” en recubrimiento.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez.

#### **6.7.3.6. REFERENCIAS.**

- NACE 2 / SSPC-SP10.
- NACE SP0490-2007 (HOLIDAY DETECTION OF FUSION-BONDED EPOXY EXTERNAL PIPELINE COATINGS OF 250 TO 760  $\mu\text{m}$  (10 TO 30 MIL)).

- NACE RP0287-2002 (FIELD MEASUREMENT OF SURFACE PROFILE OF ABRASIVE BLAST-CLEANED STEEL SURFACES USING A REPLICA TAPE).
- NACE RP0394-94 (APPLICATION, PERFORMANCE, AND QUALITY CONTROL OF PLANT-APPLIED, FUSION-BONDED EPOXY EXTERNAL PIPE COATING).
- SSPC-PA2 (PAINT APPLICATION STANDARD N° 2 / MEASUREMENT OF DRY COATING THICKNESS WITH MAGNETIC GAGES).

#### **6.7.4. PROCEDIMIENTO PARA EXCAVACIÓN EN PLATAFORMAS, TENDIDO Y ENTERRADO DE LA TUBERÍA.**

##### **6.7.4.1. OBJETIVO.**

Establecer las técnicas a ser seguidas para la ejecución de la excavación, tendido y enterrado de las líneas de flujo dentro del área excavada.

##### **6.7.4.2. ALCANCE.**

Este procedimiento se aplica a todas las actividades de excavación con maquinaria para líneas de flujo dentro de plataformas de producción de crudo.

##### **6.7.4.3. DEFINICIONES.**

**Excavación:** Movimiento de suelo natural o mejorado que se realiza con maquinaria pesada

**Cama de arena:** Capa de arena de río sobre la cual se ubica tubería revestida.

**Tendido de tubería:** Es la colocación la tubería soldada en su lugar definitivo en el fondo de la excavación.

#### **6.7.4.4. RESPONSABILIDADES.**

El Supervisor QA/QC, deberá estar pendiente de las actividades de movimiento de tierras a fin de evitar la contaminación del suelo mejorado y reportará las actividades de excavación, tendido y tapado en los registros correspondientes.

#### **6.7.4.5. PROCEDIMIENTO.**

- **EXCAVACIÓN.**

La excavación tendrá en consideración la distribución de las líneas de flujo desde la salida de los cellars hasta la llegada al manifold de producción tomando en cuenta que en las salidas de cada línea desde los cellars se realizarán zanjas estrechas y cuando todas las líneas converjan y sean comunes se realizará una excavación con el ancho requerido por la separación de las líneas.

Se mantendrá un equipo completo de topografía, a fin de encontrar los ejes y los niveles de la tubería dispuestos en la ingeniería inicial y hacer el plan de levantamiento desde la salida de los cellars hasta la llegada al manifold de producción.

Los ejes de ubicación de las tuberías, de zanjas y excavaciones serán identificados con estacas y marcados con pintura que haga contraste con el suelo.

El material de excavación será ubicado a la izquierda de la zanja con una separación mínima de 1.20 m del filo, siempre evitando la contaminación del suelo mejorado con el material de desalojo, para ello se colocara el material de desalojo sobre plástico.

En el fondo de la zanja no deberá haber elementos extraños que puedan dañar el revestimiento de la tubería.

Previo al bajado de la tubería se inspeccionará y se retirará esos elementos.



Foto 6.27. Colocación de material a 1.2 m de la zanja.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez

La profundidad de la zanja seguirá las directrices propuestas por la norma ASME B 31.4 “Pipeline Transportation Systems for liquid Hydrocarbons and Other Liquids”.

- **TENDIDO DE TUBERÍA.**

La operación de bajar la tubería se iniciará después de la verificación de la terminación de las fases previas para cada sección de tubería. Se deberá verificar que no existan objetos dentro de la excavación que puedan interferir con el asentamiento correcto de la tubería en el fondo de la excavación.

El bajado de la tubería será paralelo a la inspección de aislamiento con el Holliday detector.

Se realizará la señalización y corrección de todos defectos encontrados en el revestimiento, según el procedimiento para PREPARACIÓN DE SUPERFICIE Y APLICACIÓN DE RESINA EPOXICA, una vez realizada la reparación, se debe verificar nuevamente con el paso de Holliday Detector para ver si la reparación fue exitosa.

Todas la liberaciones de revestimiento se las realizará siempre y cuando la tubería este totalmente instalada dentro de la excavación, para asegurar de esa manera la integridad del revestimiento antes del tapado de la tubería.



Foto 6.28. Inspección de discontinuidades en tubería instalada.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez



Foto 6.29. Reparación de "Hollidays" en tubería instalada.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez.

La tubería será levantada mediante un equipo adecuado para elevarla utilizando bandas de nylon, colocadas con protectores para evitar el daño del revestimiento.

En el fondo de la excavación antes de ubicar la tubería se debe colocar sacos de arena para ubicar la tubería encima de estos a fin de evitar el daño del revestimiento.



Foto 6.30. Tendido de líneas con maquinaria pesada.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez



Foto 6.31. Colocación de líneas sobre sacos de arena.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez.

El equipo de topografía controlará los niveles de los ejes de la tubería permanentemente en todas las fases de bajado, soldaduras de campo y tapado de tubería.

- **ENTERRADO DE LA TUBERÍA.**

La operación de tapar o llenar las excavaciones se realizará inmediatamente después de bajar e instalar la tubería dentro del área excavada.

Se colocará una cama de arena de 20 cm, sobre la cuál se ubicará la tubería revestida con el fin de mantener una superficie suave en contacto con el revestimiento de la tubería, de la misma manera se colocará una capa de arena de 20 cm, sobre la tubería, la cual evitará el contacto de la tubería revestida con el material de mejoramiento.



Foto 6.32. Colocación de arena sobre tubería instalada.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez

Una capa de geotextil no tejido y otra capa de tensar deberán ser colocadas por encima de la arena para evitar las filtraciones y contaminación del material de relleno, además se colocará cintas de

peligro a lo largo de la tubería con el objeto de prevenir la integridad de la tubería al momento de que se realice futuras excavaciones.

La compactación se realizará por cada 50 cm de capa de material de mejoramiento, utilizando un rodillo compactador.



Foto 6.33. Compactación de arena.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez



Foto 6.34. Colocación de Tensar y cinta de peligro.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez.

#### **6.7.4.6. REFERENCIAS.**

- ASME B 31.4 “PIPELINE TRANSPORTATION SYSTEMS FOR LIQUID HYDROCARBONS AND OTHER LIQUIDS”.

#### **6.7.5. PROCEDIMIENTO PARA PRUEBAS HIDROSTÁTICAS EN TUBERÍAS DE PROCESO.**

##### **6.7.5.1. OBJETIVO.**

Este procedimiento establece los requisitos mínimos para la ejecución de las pruebas de presión en las tuberías de proceso cuando la presión de operación es mayor que la presión atmosférica.

##### **6.7.5.2. ALCANCE.**

Este procedimiento se aplicará a todas las tuberías de proceso cuando se requieran pruebas de presión en instalaciones de producción.

##### **6.7.5.3. DEFINICIONES.**

**Presión de prueba:** Presión manométrica a la cual será sometido un sistema de tuberías con el fin de probar su integridad.

**Flushing:** Chorro de aire a presión inyectado a un sistema de tuberías para limpiar dicho sistema.

**Venteo:** Drenajes controlados por válvulas para aliviar presión o drenar aire atrapado dentro del sistema de tuberías.

##### **6.7.5.4. RESPONSABILIDADES.**

El Supervisor de Control de Calidad será responsable de certificar que todos los instrumentos de medida tales como manómetros de presión o termómetros estén debidamente calibrados y registrados.

Inspeccionar y certificar que toda prueba de presión sea llevada a cabo de acuerdo con las normas, especificaciones aplicables y este procedimiento.

#### **6.7.5.5. PROCEDIMIENTO.**

- **FLUSHING**

Antes de las pruebas de cada sistema de tubería o parte de él, según se encuentre identificado, éste debe limpiarse de cualquier residuo o basura mediante un “flushing” limpieza con chorro de aire a presión.

La limpieza a chorro debe efectuarse con aire, a 150 PSI desde el cabezal de limpieza ubicado en la llegada al manifold de producción hacia cada válvula de desfogue ubicada en los cellars correspondientes.

Se mantendrá el chorro o soplado hasta que se alcance el grado de limpieza requerido en el sistema.

- **PRUEBA DE PRESIÓN.**

Las pruebas de presión deben conducirse una vez que la limpieza a chorro haya concluido satisfactoriamente.

Medidores de rango indicativo de presión adecuado deben instalarse en los puntos de entrada altos y bajos con válvulas de aislamiento individuales en la posición abierta.

El medidor del punto más alto deberá indicar la presión de prueba requerida.

Se utilizarán registradores de presión, temperatura y tiempo para todas las pruebas hidrostáticas.

Todos los medidores de la prueba deberán estar numerados, calibrados regularmente manteniéndose el registro de calibración.



Foto 6.35. Registrador de Presión y Temperatura “Barton”.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez



Foto 6.36. Termocupla en cabezal de pruebas hidrostáticas.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez

Todos los venteos y conexiones de puntos altos que puedan servir de venteos deben abrirse durante el llenado de modo que todo el aire pueda salir antes de la presurización.

Al presurizar cualquier sistema para probarlo, se debe vigilar continuamente la bomba con la que se realiza la prueba así como a los medidores.

Cuando se alcanza la presión de prueba requerida, la bomba se desconecta del sistema puesto a prueba.

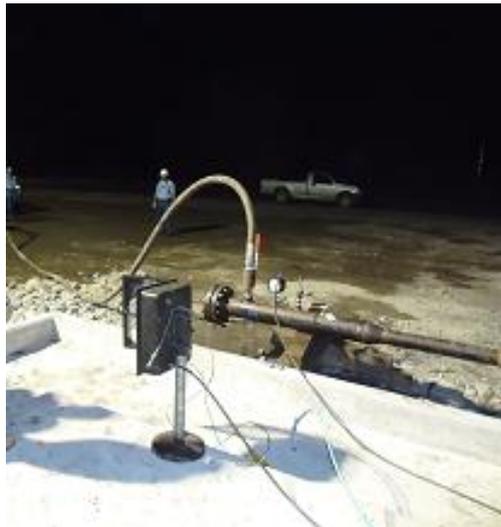


Foto 6.37. Cabezal de pruebas hidrostáticas con instrumentación.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez



Foto 6.38. Drenaje de líneas desde válvula de cabezal.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez

Debe prestarse la debida atención al efecto de la temperatura del ambiente alta / baja durante la prueba.

Después de la conclusión satisfactoria de la prueba de presión, la presión debe liberarse gradualmente para drenar el sistema. Los sistemas probados deben despresurizarse abriendo la válvula de despresurización

en el aparejo de prueba y liberarse mediante la apertura de todos los drenajes y venteos. Se debe permitir un venteo adecuado de modo que se evite la presencia de vacíos.

Los sistemas de tubería sujetos a presión hidrostática por largos períodos deben tener mecanismos protectores para eliminar el exceso de presión debido a la expansión térmica del líquido en la prueba.

- **MEDIO DE PRUEBA.**

Para llevar a cabo la prueba hidrostática, se inyectará agua limpia y filtrada tomada de fuentes aprobadas por el cliente con respecto al sitio y concesión, cumpliendo con los requerimientos y requisitos ambientales sobre calidad de agua.

- **PRESIÓN DE PRUEBA.**

De acuerdo con el párrafo 345.4.4 (a) en ASME B31.3, la prueba de presión se determina como:

La presión de prueba en cualquier punto del sistema de piping metálico debe ser superior a 1,5 veces la presión de diseño.

Cuando se tengan accesorios la presión de prueba se determinará por la presión de diseño del accesorio multiplicada por 1,5 veces.

- **PREPARACIÓN PREVIA A LA PRUEBA.**

Cualquier trabajo de reparación deberá haberse concluido y realizado todos los ensayos no destructivos con la debida aprobación del Inspector de Control de Calidad y del Cliente antes de proceder a la prueba de presión del sistema de tubería.

El sistema de tubería deberán contar con válvulas en los puntos más altos para la eliminación de aire (venteos), y también en los puntos más bajos para drenar el agua.

Antes de la prueba, cualquier desperdicio o material extraño deberá eliminarse mediante aire o agua.

El sistema de tubería debe estar sobre soportes adecuados. Si se requiere, se pueden añadir soportes temporales para la prueba.

Por lo menos se debe instalar una válvula en el punto más alto de la tubería o sistema que se va a probar. Esta válvula debe permanecer abierta para eliminar el aire y cerrarse tan pronto como el sistema esté lleno.

- **EJECUCIÓN DE LA PRUEBA.**

Una vez concluida la fase de preparación, el sistema de tubería se llena con agua utilizando un tanque de almacenamiento con la capacidad adecuada de acuerdo con la cantidad de agua requerida para llenar el sistema y utilizando una bomba centrífuga de  $\frac{1}{2}$  a 1 HP, aproximadamente. Las válvulas de venteo se mantienen abiertas hasta que el aire se ha eliminado. Se recomienda, en lo posible, hacer circular el agua para obtener la total eliminación del aire.



Foto 6.39. Llenado de líneas desde cabezal de pruebas.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez.

La presión se incrementa por medio de una bomba manual o a motor.

La bomba debe vigilarse constantemente durante la prueba, cuidando de que el operador no sobrepase la presión de prueba requerida.

La presurización de la línea deberá realizarse según el siguiente los siguientes intervalos:

a) De 0% a 50% de la presión de Prueba ( $P_p$ ), se deberá presurizar la línea a un rango de 15 a 20 psi por minuto, luego de lo cual se suspenderá la presurización por un tiempo mínimo de 30 minutos para verificar que la presión alcanzada se ha estabilizado.

b) De 50% a 75% de la presión de Prueba ( $P_p$ ), se deberá presurizar la línea a un rango moderado, luego de lo cual se suspenderá la presurización por un tiempo mínimo de 30 minutos para verificar la estabilización de la presión y posibles fugas en la línea probada y acoples de instrumentación instalada.

c) De 75 a 100% de la Presión de Prueba ( $P_p$ ), se deberá presurizar la línea sin producir grandes variaciones de presión.

Una vez que se alcanza la presión requerida y si ésta no representa riesgo, se mantendrá durante veinte y cuatro horas para inspeccionar y detectar cualquier posible filtración en la tubería, bridas soldadas o uniones roscadas, mientras se mantiene la presión.

El Inspector de Control de Calidad deberá notificar al Cliente o a su representante de modo que la prueba de presión pueda ser presenciada por su parte.

Si hay filtraciones, deberán repararse y el sistema deberá volver a probarse bajo las mismas condiciones de prueba.

Una vez que concluya la prueba, la presión deberá reducirse de modo tal que no represente peligro alguno para el personal o equipos.

Cuando las condiciones del proyecto no permiten la prueba hidrostática y/o hay tubería de proceso que funciona con productos en los cuales el medio para la prueba no puede ser el agua, se debe realizar una prueba neumática con aire.

Si no es posible la utilización de aire tampoco, se podrá utilizar un gas cualquiera siempre y cuando no sea tóxico o inflamable.

La presión de prueba neumática debe determinarse de acuerdo con el código de construcción del sistema de tubería.

Sin embargo se deben tomar medidas de precaución durante la realización de la prueba y cuando se descarga el gas, tomando en cuenta la energía acumulada de un gas presurizado.

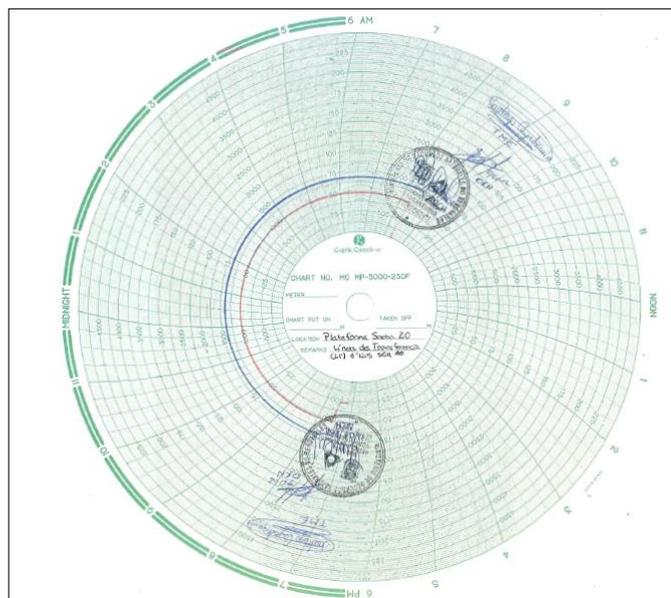


Gráfico 6.31 Carta con registro de presión y temperatura.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez.

Terminada la prueba y si la presión ha permanecido constante a través del tiempo de la misma, exceptuando las variaciones que se puedan presentar por cambios de temperatura y el cliente o su representante dan

por aceptada la prueba, se procederá a despresurizar la sección de prueba, el vaciado se hará por el punto más bajo.

El líquido de prueba puede transferirse a otra línea u otra instalación o dejarse en la línea, según disposición del cliente.

#### **6.7.5.6. REFERENCIAS.**

- ASME B 31.4 “PIPELINE TRANSPORTATION SYSTEMS FOR LIQUID HYDROCARBONS AND OTHER LIQUIDS”.
- PROCEDIMIENTOS\_\_DE\_EJECUCION\_DE\_PRUEBAS\_HIDROSTATICAS “MINISTERIO DE RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES”
- API 1110 “Pressure Testing of liquid Petroleum Pipelines”.

#### **6.7.6. VERIFICACIÓN DE LA APLICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS.**

Como parte de la aplicación de la guía de procedimientos a las diferentes etapas de construcción de líneas de flujo enterradas en plataformas de producción de crudo es necesario verificar el cumplimiento de las actividades descritas por cada procedimiento.

El control del cumplimiento de cada procedimiento constructivo se la realizó a través de formatos de lista de verificación, en los cuales constan las actividades más importantes de las fases constructivas y las variables esenciales de cada procedimiento.

Cabe resaltar que con la presente verificación se pretende también llevar una cuantificación de la construcción a través de cantidades consolidadas de obra manteniendo de esta forma un claro control sobre las actividades y la cantidad de obra ejecutada.

Los respaldos de la verificación de procedimientos son todos los registros de control de calidad, en los cuales constan todos los datos adquiridos en cada una de las etapas de construcción.

### 6.7.6.1. LISTA DE VERIFICACIÓN PARA EL PROCEDIMIENTO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADORES.

SISTEMA DE CALIDAD					
VERIFICACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA CALIFICACIÓN DE SOLDADORES					
CONTRATISTA:		CLIENTE: COMPAÑÍA DE ECONOMÍA MIXTA			
PROYECTO: CONSTRUCCION DE LAS LINEAS DE FLUJO O.D 4 1/2" SCH 80, PLATAFORMA SACHA 20					
REPORTE No.: 01		FECHA: 07/08/2011			
APA CONSTRUCTIV	CALIFICACIÓN DE SOLDADORES	ESPECIF. AWS : ER70S-6/ E7018			
MATERIAL DE LA TUBERÍA:	API5L - A 106	CÓDIGO DE REFERENC ASME IX			
PROCESO DE SOLDADURA:	MIXTO (GTAW - SMAW)	DIÁMETRO CUPÓN DE NPS 4" - SCH 80			
TAREAS PREVIAS				SI	NO
1. SE HA INFORMADO A LOS SOLDADORES SOBRE LAS VARIABLES EXPUESTAS EN EL WPS				X	
2. LAS MÁQUINAS SOLDADORAS CUENTAN CON LOS CERTIFICADOS TÉCNICOS DE CALIBRACIÓN				X	
3. CUMPLEN LOS CUPONES DE PRUEBA LAS ESPECIFICACIONES DEL WPS APROBADO				X	
EJECUCIÓN DE LA PRUEBA				SI	NO
5. CUENTAN LOS SOLDADORES CON UN NÚMERO DE ESTAMPE ASIGNADO				X	
6. SE HA VERIFICADO LA VELOCIDAD DE AANDE DE CADA SOLDADOR				X	
7. SE HA VERIFICADO EL VOLTAJE DE SALIDA DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA PRUEBA				X	
8. SE HA VERIFICADO EL AMPERAJE DE SALIDA DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA PRUEBA				X	
9. SE REALIZÓ LA INSPECCIÓN VISUAL RESPECTIVA DE ACUERDO AL CÓDIGO APLICADO PARA CALIFICAR A LOS SOLDADORES				X	
10. PROCESO EN PASE DE RAÍZ Y CALIENTE				GTAW	
11. PROCESO EN PASE DE RELLENO Y CAPA				SMAW	
12. GAS DE PROTECCIÓN				ARGÓN	
13. CAUDAL DEL GAS DE PROTECCIÓN				20-25 lt/min	
14. ELECTRODO	RAÍZ EWTh2	CLIENTE EWTh2	RELLENO N/A	CAPA N/A	
15. VELOCIDAD DE SOLDADURA	RAÍZ mm/min 50-60	CAL mm/min 100-150	RELL mm/min 60-100	CAPA mm/min 100-150	
16. VOLTAJE	RAÍZ 10,5 - 12	CLIENTE 10,5 - 14	RELLENO 20 - 25	CAPA 20 - 25	
17. AMPERAJE	RAÍZ 120 - 130	CLIENTE 220 - 230	RELLENO 90 - 110	CAPA 100 - 120	
18. DIRECCIÓN	RAÍZ ASCENDENTE	CLIENTE ASCENDENT	RELLENO ASCENDENT	CAPA ASCENDENTE	
19. TIPO DE CORRIENTE	DC-	DC-	DC+	DC+	
20. MATERIAL DE APORTE	RAÍZ ER70S-6	CLIENTE ER70S-6	RELLENO E7018	CAPA E7018	
<b>CONCLUSIONES:</b> El procedimiento constructivo para pruebas de calificación de soldadores se ha cumplido en su totalidad por lo tanto cada ítem descrito en la siguiente lista de verificación se ha completado de manera satisfactoria. Las probetas analizadas mediante inspección visual se liberaron por gammagrafía y ensayos destructivos. Por lo que se asegura la calidad de las soldaduras de producción.					
	<b>REGISTRADO POR</b>	<b>REVISADO POR</b>	<b>POR EL CLIENTE</b>		
<b>NOMBRE:</b>	Egdo. Paul Álvarez	Ing. Alejandro Moretta			
<b>CARGO:</b>	EJECUTOR	TUTOR			
<b>FIRMA:</b>					
<b>FECHA:</b>	07/08/2011	07/08/2011			

Tabla 6.1. Lista de verificación calificación de soldadores.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez



### 6.7.6.3. LISTA DE VERIFICACIÓN PARA EL PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE-APLICACIÓN DE RESINA EPÓXICA.

SISTEMA DE CALIDAD			
VERIFICACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA PREPARACIÓN DE SUPERFICIE Y APLICACIÓN DE RESINA EPOXICA			
CONTRATISTA:		CLIENTE: COMPAÑÍA DE ECONOMÍA MIXTA	
PROYECTO: CONSTRUCCION DE LAS LINEAS DE FLUJO O.D 4 1/2" SCH 80, PLATAFORMA SACHA 20			
REPORTE No.: 01		FECHA: 07/08/2011	
APA CONSTRUCTIV	PREPARACIÓN DE SUPERFICIE Y APLICACIÓN DE RESINA EPOXICA	ESPECIFICACIÓN DE LA LIMP	SSPC-SP10
MATERIAL DE LA TUBERÍA:	API 5L - A 106	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN:	SSPC PA2 - NACE SP0490
TIPO DE EPÓXICO:	100% SÓLIDOS	NACE RP0287 - NACE RP0394 - SSPC-SP10	
TAREAS PREVIAS			SI NO
1. LA SUPERFICIE A REVESTIR ESTÁ LIBRE DE CORROSIÓN, IRREGULARIDADES, SALPICADURAS, AGUJEROS, LAMINACIÓN			X
2. SE VERIFICÓ QUE LA GRANALLA ESTE TOTALMENTE SECA			X
3. EL AIRE EN LA SALIDA DE LA BOQUILLA DE GRITBLASTING ESTÁ LIBRE DE HUMEDAD			X
CONDICIONES CLIMÁTICAS			SI NO
4. ESTA LA HUMEDAD RELATIVA POR DEBAJO DEL 85%			X
5. EL DIFERENCIAL ENTRE LA TEMPERATURA DEL SUSTRATO Y LA TEMPERATURA DE PUNTO DE ROCÍO ESTA POR ENCIMA DE LOS 3 °C			X
6. SE SUSPENDIERON LOS TRABAJOS DE GRITBLASTING Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO CUANDO HABIA AMENAZA DE MAL CLIMA			X
GRIT BLASTING			SI NO
7. ES LA GRANALLA MINERAL DEL # 15			X
8. SE TOMARON EL 40% DE LAS MUESTRAS DE PERFIL DE ANCLAJE EN CINTAS RÉPLICAS			X
9. CUMPLE LA LIMPIEZA SUPERFICIAL LAS ESPECIFICACIONES SSPC - SP10			X
10. REMOVIÓ LA LIMPIEZA SUPERFICIAL LA CALAMINA, HERRUMBRE Y SUCIEDADES EN UN 90% DE LA TOTALIDAD DE LA SUPERFICIE			X
11. APARECIERON MANCHAS DE HERRUMBRE DURANTE LA FASE GRITBLASTING			X
APLICACIÓN DE PINTURA EPÓXICA			SI NO
12. SE REMOVIERON TODOS LOS DEFECTOS ENCONTRADOS EN EL REVESTIMIENTO			X
13. SE TOMARON CINCO SPOTS POR CADA 12 METROS DE TUBERIA REVESTIDA			X
14. LA MEDICIÓN DE ESPESORES CUMPLIERON CON LAS DIRECTRICES DE LA NORMA SSPC - PA2			X
15. TOTAL DE TUBOS REVESTIDOS			45
16. TOTAL DE FITTINGS REVESTIDOS			18
17. PROMEDIO DE PERFIL DE ANCLAJE ALCANZADO			3,3
18. PROMEDIO DE ESPESOR DE PINTURA EN SECO OBTENIDO			26,76
19. CANTIDAD DE DEFECTOS ENCONTRADOS			27
20. INSPECCIÓN DE DISCONTINUIDADES AL			100%
<b>CONCLUSIONES:</b> El procedimiento constructivo para preparación de superficie y aplicación de resina epóxica se ha cumplido en su totalidad por lo tanto cada ítem descrito en la siguiente lista de verificación se ha completado de manera satisfactoria.			
Las reparaciones encontradas fueron corregidas según lo estipulado en el procedimiento para preparación de superficie y aplicación de resina epóxica, tanto en la etapa de pre fabricación como en la etapa de instalación antes de ser enterrada la tubería por lo que se asegura una protección adecuada del sustrato ante la corrosión del suelo y por ende incrementar la vida útil de la tubería enterrada.			
	<b>REGISTRADO POR</b>	<b>REVISADO POR</b>	<b>POR EL CLIENTE</b>
<b>NOMBRE:</b>	Egdo. Paul Álvarez	Ing. Alejandro Moretta	
<b>CARGO:</b>	EJECUTOR	TUTOR	
<b>FIRMA:</b>			
<b>FECHA:</b>	07/08/2011	07/08/2011	

Tabla 6.3. Lista de verificación preparación de superficie y aplicación de epóxico.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez.

### 6.7.6.4. LISTA DE VERIFICACIÓN PARA EL PROCEDIMIENTO DE EXCAVACIÓN EN PLATAFORMAS TENDIDO Y ENTERRADO DE TUBERÍA.

SISTEMA DE CALIDAD			
VERIFICACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA EXCAVACIÓN EN PLATAFORMAS, TENDIDO Y ENTERRADO DE LA TUBERÍA			
CONTRATISTA:		CLIENTE: COMPAÑÍA DE ECONOMÍA MIXTA	
PROYECTO: CONSTRUCCION DE LAS LINEAS DE FLUJO O.D 4 1/2" SCH 80, PLATAFORMA SACHA 20			
REPORTE No.: 01		FECHA: 07/08/2011	
APA CONSTRUCTIV	EXCAVACIÓN EN PLATAFORMAS, TENDIDO Y ENTERRADO DE LA TUBERÍA	MAQUINARIA EXCAVACIÓN:	CAT 320
MATERIAL DE RELLENO:	ARENA DE RIO - SUB BASE CLASE III	MAQUINARIA IZAJE:	HIDROGRÚA - CAT 316
SEPARADOR ENTRE CAPAS:	GEOTEXTIL NT - TENSAR BX	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN:	ASME B314
EXCAVACIÓN			SI NO
1. HA EXISTIDO UN CONTROL PERMANENTE DE LOS EJES Y NIVELES DE LA TUBERÍA			X
2. SE HA CONTROLADO EL MOVIMIENTO DE TIERRAS CON UN EQUIPO DE TOPOGRAFÍA			X
3. SE HA PRESENTADO CONTAMINACIÓN DEL SUELO MEJORADO CON EL MATERIAL DE DESALOJO			X
4. SE HA UBICADO EL MATERIAL DE DESALOJO A UNA DISTANCIA MÍNIMA DE 12 METROS DESDE EL FILO DE LA EXCAVACIÓN			X
BAJADO DE TUBERÍA			SI NO
5. SE ESTÁ PROTEGIENDO LA INTEGRIDAD DEL REVESTIMIENTO CON LÁMINAS DE CAUCHO PARA IZAR LA TUBERÍA ANTES DE SER INSTALADA EN LA ZANJA			X
6. SE HA COLOCADO SACOS DE ARENA PARA ASENTAR LA TUBERÍA EN LA ZANJA CON EL FIN DE PROTEGER EL REVESTIMIENTO			X
7. EL FONDO DE LA EXCAVACIÓN ESTÁ LIBRE DE MATERIALES EXTRAÑOS QUE PUEDAN AFECTAR AL REVESTIMIENTO			X
8. SE HA INSPECCIONADO LA CONTINUIDAD DEL RECUBRIMIENTO DE ACERDO AL PROCEDIMIENTO PARA PREPARACIÓN DE SUPERFICIE Y APLICACIÓN DE RESINA EPOXICA			X
TAPADO DE LA TUBERÍA			SI NO
9. LA CAMA DE ARENA FUE COLOCADA BAJO LOS REQUERIMIENTOS DEL PROCEDIMIENTO PARA EXCAVACIÓN EN PLATAFORMAS, TENDIDO Y ENTERRADO DE LA TUBERÍA			X
10. EL MATERIAL QUE CUBRE LA TUBERÍA SE HA COMPACTADO DE MANERA ADECUADA			X
11. SE HA COLOCADO LOS GEOSINTÉTICOS Y SEÑALIZACIÓN ADECUADA			X
12. TOTAL DE VOLUMEN EXCAVADO			345 m <sup>3</sup>
13. VOLUMEN DE ARENA COLOCADO			104 m <sup>3</sup>
14. VOLUMEN DE MATERIAL DE RELLENO COLOCADO			241 m <sup>3</sup>
15. CANTIDAD DE GEOSINTÉTICOS INSTALADO			287,1
16. COTA AL BOP DE LA TUBERÍA			26927%
<b>CONCLUSIONES:</b> El procedimiento constructivo para excavación en plataformas, tendido y enterrado de la tubería se ha cumplido en su totalidad por lo tanto cada ítem descrito en la siguiente lista de verificación se ha completado de manera satisfactoria.			
El izaje de la tubería se lo realizó tomando en cuenta las exigencias del procedimiento con el fin de mantener la integridad del revestimiento			
REGISTRADO POR		REVISADO POR	
NOMBRE :		POR EL CLIENTE	
Egdo. Paul Álvarez		Ing. Alejandro Moretta	
CARGO:			
EJECUTOR		TUTOR	
FIRMA:			
FECHA:			
07/08/2011		07/08/2011	

Tabla 6.4. Lista de verificación excavación, tendido y enterrado de tubería.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez

### 6.7.6.5. LISTA DE VERIFICACIÓN PARA EL PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS HIDROSTÁTICAS EN TUBERÍAS DE PROCESO.

SISTEMA DE CALIDAD				
VERIFICACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA PRUEBAS HIDROSTÁTICAS EN TUBERÍAS DE PROCESO				
CONTRATISTA:		CLIENTE: COMPAÑÍA DE ECONOMÍA MIXTA		
PROYECTO: CONSTRUCCION DE LAS LINEAS DE FLUJO O.D 4 1/2" SCH 80, PLATAFORMA SACHA 20				
REPORTE No.: 01		FECHA: 07/08/2011		
APA CONSTRUCTIV PRUEBAS HIDROSTÁTICAS EN TUBERÍAS DE PROCESO		MÉTODO DE LIMPEZA: FLUSHING (150 PSIG)		
MATERIAL DE LA TUBERÍA: API 5L - A 106		CÓDIGO DE REFERENCIA: ASME B313		
LÍQUIDO DE PRUEBA: AGUA		TIEMPO DE PRUEBA: 24 HORAS		
TAREAS PREVIAS			SI	NO
1. LAS JUNTAS SOLDADAS ESTÁN LIBERADAS COMPLETAMENTE POR GAMMA GRAFÍA			X	
2. EL TORQUE EN LAS JUNTAS BRIDADAS ESTÁ DENTRO DE LOS PARÁMETROS			X	
3. EL CABEZAL DE PRUEBA HIDROSTÁTICA ESTA LIBERADO CON END AL 100%			X	
4. SE REMOVIERON TODOS LOS RSTOS DE LA TUBERÍA EN LA FASE DE FLUSHING			X	
PRUEBA DE PRESIÓN			SI	NO
5. SE HA VERIFICADO QUE LOS INSTRUMENTOS COLOCADOS EN EL CABEZAL DE PRUEBAS TENGAN LOS CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN CORRESPON			X	
6. LA CARTA QUE REGISTRA PRESIÓN Y TEMPERATURA TIENE UNA ESCALA ADECUADA			X	
7. EL LÍQUIDO DE PRUEBA CUENTA CON LOS REQUERIMIENTOS AMBIENTALES ESTABLECIDOS			X	
8. EL LLENADO DE LA LINEA SE EFECTUÓ ACORDE AL PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS HIDROSTÁTICAS			X	
9. SE REALIZÓ EL VENTEO DE LA LÍNEA DESDE LAS VÁLVULAS EN EL CABEZAL DE PRUEBAS			X	
10. LA PRESURIZACIÓN DE LA LÍNEA CUMPLIÓ LOS INTERVALOS ESTABLECIDOS DE ESTABILIZACIÓN			X	
11. SE SUPERVISÓ CONSTANTEMENTE EN EL LAPSO DE 24 HORAS LAS LECTURAS EMITIDAS POR LOS INSTRUMENTOS REGISTRADORES			X	
12. EXISTIERON FILTRACIONES O LIQUEOS EN LAS JUNTAS BRIDADAS				X
13. VOLUMEN DE LIQUIDO LLENADO			1,93 m <sup>3</sup>	
14. PRESIÓN DE OPERACIÓN			500-670 ps	
15. PRESIÓN DE PRUEBA			1005 psi	
16. PRESIÓN MÁXIMA ALCANZADA			1000 psi	
17. PRESIÓN MÍNIMA ALCANZADA			975 psi	
18. TEMPERATURA AMBIENTE PROMEDIO			23,8	
19. TEMPERATURA MÁXIMA ALCANZADA			27,15	
20. TEMPERATURA MÍNIMA ALCANZADA			23,8	
<b>CONCLUSIONES:</b> El procedimiento constructivo para pruebas hidrostáticas en tuberías de proceso se ha cumplido en su totalidad por lo tanto cada ítem descrito en la siguiente lista de verificación se ha completado de manera satisfactoria.				
Las fluctuaciones en las lecturas de presión se deben a la influencia de la variación de la temperatura ambiente sobre el sistema lo cual presenta caídas mínimas de presión que se pudieron sobrelevar.				
La prueba culmina satisfactoriamente demostrando la integridad de la tubería bajo presión y asegurando la calidad en todas las fases de c				
ía con respecto a los métodos tradicionales de				
	REGISTRADO POR	REVISADO POR	POR EL CLIENTE	
NOMBRE:	Egdo. Paul Álvarez	Ing. Alejandro Moretta		
CARGO:	EJECUTOR	TUTOR		
FIRMA:				
FECHA:	07/08/2011	07/08/2011		

Tabla 6.5. Lista de verificación pruebas hidrostáticas en tuberías de proceso.

Fuente: Egdo. Paul Álvarez

## 6.8. ADMINISTRACIÓN.

### 6.8.1. ANÁLISIS DE COSTOS.

PROCESO	EQUIPO Y MATERIALES	UNIDAD	CANT.	P. UNIT	COSTO (USD)
Limpieza superficial	Equipo de control de calidad	día	2	37,5	75
	Cintas réplicas TESTEX	u	1	50	50
Aplicación de resina epóxica	Equipo de control de calidad	día	2	37,5	75
	Equipo detección de discontinuidad	día	2	60	120
Soldadura	Lámpara y espejo para inspección visual	u	1	45	45
	Galga para inspección de soldadura	u	1	120	120
	Vidrios anti UV sombra #11	u	2	6	12
Normas y Prácticas recomendadas	Normas ASME	u	2	75	150
	Normas NACE y SSPC	u	4	30	120
Asesoría Técnica	Técnico Nivel II ASNT	día	2	60	120
	Técnico Nivel II NACE	día	2	60	120
Material y equipo de oficina	Laptop, cámara fotográfica, impresiones, copias, anillados, empastados	s/u	1	100	100
<b>TOTAL</b>					<b>1107</b>

Tabla 6.6. Costos para realización de Procedimientos Constructivos

Fuente: Egdo. Paul Álvarez

La finalidad de realizar la valoración económica es la de establecer los costos de realización de la guía de procedimientos constructivos, para de esta manera determinar el valor de llevar un QA/QC adecuado para la construcción de líneas de flujo en plataformas de producción de crudo. En la tabla 6.8 se indican los valores por costos directos e indirectos que intervinieron en la realización de la guía de procedimientos,

Los costos directos están estipulados en la adquisición de cintas replicas, alquiler de equipos de control de calidad para recubrimientos e inspección de soldadura, adquisición de estándares internacionales de organizaciones como ASME, SSPC y NACE, asesoría técnica y calificada de inspectores nivel II NACE y ASNT.

Por otro lado los costos indirectos están relacionados a la utilización de dispositivos como cámaras fotográficas, laptop y gastos de oficina como fotocopias, anillados, impresiones, etc.

## **6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.**

Establecidas las directrices de la guía de procedimientos constructivos para líneas de flujo enterradas en plataformas de producción, cabe establecer los alcances que cubren los procedimientos constructivos realizados.

La guía de procedimientos constructivos, aplican a todas las tuberías de proceso que cubre el alcance de la norma ASME B31.3 (Ver anexo A5), tanto para líneas aéreas como enterradas, es decir es aplicable a todas las construcciones de piping dentro de estaciones, plataformas y facilidades relacionadas, mas no aplica a la construcción de líneas de transferencia en cuanto lo que se refiere a la calificación de soldadores aplica a cualquier WPS calificado, independientemente del criterio de aceptación bajo el cual se esta evaluado.

Del mismo modo la preparación superficial y aplicación de pintura es bajo los requerimientos de un recubrimiento 100% solidos por lo que no es aplicable para otro tipo de recubrimiento.

### **6.9.1. GLOSARIO DE TÉRMINOS.**

Como parte de un manejo adecuado de la guía de procedimientos constructivos para líneas de flujo enterradas en plataformas de producción de crudo es necesario definir ciertos términos técnicos utilizados para este tipo de construcciones.

**ASME:** Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (por sus siglas en inglés).

**AWS:** Sociedad Americana de Soldadura (por sus siglas en inglés).

**ASNT:** Sociedad Americana de Ensayos no Destructivos (por sus siglas en inglés).

**BARTON:** Instrumento mecánico que registra presión y temperatura de un fluido.

**CELLAR:** Bóveda donde se instala el cabezal de pozo y la tubería de conducción.

**ESTAMPE:** Código asignado a un soldador.

**FLUSHING:** Chorro de aire a presión inyectado a un sistema de tuberías para limpiar dicho sistema.

**GTAW:** Soldadura con gas de protección y electrodo permanente de tungsteno.

**HOLDING:** Tiempo de espera hasta que mejore las condiciones climáticas para realizar trabajos de recubrimiento.

**HOLLIDAY:** Una discontinuidad en un revestimiento protector que muestra una conductibilidad eléctrica cuando expuesto a un voltaje específico.

**MANIFOLD:** Múltiple de producción a donde llega todo el crudo de los diferentes pozos perforados a través de líneas de flujo.

**MIL:** Medida equivalente a milésima de pulgada utilizada como unidad en la medición de anclajes y espesores.

**NACE:** Sociedad Americana de Ingenieros en Corrosión (por sus siglas en inglés).

**NPS:** Diámetro nominal de una tubería.

**PINHOLE:** Pequeña porosidad en la capa que se extiende completamente a través de la película.

**PQR:** Registro de calificación de procedimiento de soldadura (por sus siglas en inglés).

**QA/QC:** Aseguramiento y control de calidad (por sus siglas en inglés).

**SCH:** Siglas correspondientes a la cédula o el calibre de una tubería.

**SPOT:** Marca circular de 1,5 pulgadas en la cual se toman tres mediciones del espesor de un recubrimiento.

**SMAW:** Soldadura de arco manual.

**SSPC:** Consejo de Pintura para Estructuras de Acero (por sus siglas en inglés).

**TIE IN:** Juntas soladas o ajustes de campo que se realizan en sitio.

**VT:** Inspección visual (por sus siglas en inglés).

**WELDING NECK:** Término que define a una brida de cuello.

**WPQ:** Registro de calificación de soldadores (por sus siglas en inglés).

**WPS:** Especificación del procedimiento de soldadura (por sus siglas en inglés).

**$\Delta T$ :** Diferencia entre la temperatura de una superficie y la temperatura de punto de rocío.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- 1) GUARANDA, Milton, 2007. Apuntes sobre la explotación petrolera en Ecuador. Quito. Ecuador.
- 2) LLERANA, Carlos, 2006. Desarrollo de un sistema de control y aseguramiento de la calidad para tanques en servicio utilizados por Petroproducción aplicando ensayos no destructivos. Quito.
- 3) ARRIETA, Mario, Estaciones de Flujo. Venezuela.
- 4) GOLZMAN, Fernando, 2003. Curso de cañerías Industriales (Piping).
- 5) MORALES, David, 2009. Corrosión en tuberías por H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub> Factores a considerar para el diseño y selección de tuberías.
- 6) GUERRERO, Carlos. Corrosión en la Industria Química Petrolera.
- 7) FLORES, Carlos, 2010. Soldadura al Arco eléctrico SMAW. Guatemala.
- 8) JIMENEZ, Ossualdo. Procesos de Soldadura.
- 9) ZAPATA, Alberto, 2004. Parámetros para la elaboración de estándares de soldadura. UTP.
- 10) UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA, Fundamento de ciencia de materiales.
- 11) ACUACAR, 2005. Excavación para tuberías y estructuras. Colombia.
- 12) PDVSA, Manual de diseño de procesos MDR01-DP.
- 13) AMERICAN NATIONAL ESTÁNDAR, 2010. ASME IX "Welding and Brazing qualifications".
- 14) AMERICAN NATIONAL ESTÁNDAR, 2008. ASME B 31.3 "Procces Piping".
- 15) JORGE, Rueda, 2004. Proyectos Industriales Tubería y Soldadura.

- 16) AMERICAN NATIONAL ESTÁNDAR, 2000. NACE No. 2/SSPC-SP 10  
“Near-White Metal Blast Cleaning”.
- 17) AMERICAN NATIONAL ESTÁNDAR, 2002. NACE RP0287 “Field  
Measurement of Surface Profile of Abrasive Blast-Cleaned Steel  
Surfaces Using a Replica Tape”.
- 18) AMERICAN NATIONAL ESTÁNDAR, 1994. NACE RP0394  
“Application, Performance, and Quality Control of Plant-Applied,  
Fusion-Bonded Epoxy External Pipe Coating”
- 19) AMERICAN NATIONAL ESTÁNDAR, 1996. SSPC-PA 2  
“Measurement of Dry Coating Thickness With Magnetic Gages”.
- 20) AMERICAN NATIONAL ESTÁNDAR, 2007. NACE SP0490 “Holiday  
Detection of Fusion-Bonded Epoxy External Pipeline Coatings of 250  
to 760  $\mu\text{m}$  (10 to 30 mil).

**DIRECCIONES ELECTRÓNICAS:**

- 21) <http://www.sumpetrol.com.ar/Pbridas.html>.
- 22) <http://www.introductiontosandblasting.html>.

# **ANEXOS**

Anexo A

# ESTÁNDARES INTERNACIONALES

ANEXO A1

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN PARA JUNTAS SOLDADAS ASME B31.3

ASME B31.3-2008														
Table 341.3.2 Acceptance Criteria for Welds and Examination Methods for Evaluating Weld Imperfections														
Criteria (A to M) for Types of Welds and for Service Conditions [Note (1)]														
Normal and Category M Fluid Service	Severe Cyclic Conditions				Category D Fluid Service				Examination Methods					
	Type of Weld				Type of Weld									
Connection [Note (2)]	Longitudinal Groove [Note (3)]	Fillet [Note (4)]	Girth, Miter Groove & Branch Connection [Note (2)]	Longitudinal Groove [Note (3)]	Fillet [Note (4)]	Girth and Miter Groove	Longitudinal Groove [Note (3)]	Fillet [Note (4)]	Branch Connection [Note (2)]					
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Crack	✓	✓	✓	✓
A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	Lack of fusion	✓	✓	✓	✓
B	A	A	A	A	N/A	C	A	N/A	B	Incomplete penetration	✓	✓	✓	✓
E	E	D	D	D	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Internal porosity	✓	✓	✓	✓
G	G	F	F	F	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Internal slag inclusion, tungsten inclusion, or elongated indication	✓	✓	✓	✓
H	A	A	A	A	A	I	A	H	H	Undercutting	✓	✓	✓	✓
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Surface porosity or exposed slag inclusion [Note (5)]	✓	✓	✓	✓
N/A	N/A	J	J	J	J	N/A	N/A	N/A	N/A	Surface finish	✓	✓	✓	✓
K	K	K	K	K	N/A	K	K	N/A	K	Concave root surface (suck up)	✓	✓	✓	✓
L	L	L	L	L	L	M	M	M	M	Weld reinforcement or internal protrusion	✓	✓	✓	✓
L	L	L	L	L	L	M	M	M	M	Weld reinforcement or internal protrusion	✓	✓	✓	✓

GENERAL NOTES:  
 (a) Weld imperfections are evaluated by one or more of the types of examination methods given, as specified in paras. 341.4.1, 341.4.2, 341.4.3, and M341.4, or by the engineering design.  
 (b) "N/A" indicates the Code does not establish acceptance criteria or does not require evaluation of this kind of imperfection for this type of weld.  
 (c) Check (✓) indicates examination method generally used for evaluating this kind of weld imperfection.  
 (d) Ellipsis (...) indicates examination method not generally used for evaluating this kind of weld imperfection.

FUENTE: ASME B31.3.

## ANEXO A2

### NORMA NACE RP 0394 "Application, Performance, and Quality Control of Plant-Applied, Fusion-Bonded Epoxy External Pipe Coating"

RP0394-94

#### Section 6: Surface Preparation of Pipe

6.1 This section emphasizes the importance of obtaining uncontaminated and adequately profiled pipe surface because the condition of this interface will directly affect the coating's performance.

6.1.1 Bare pipe shall be supplied to the applicator essentially free of salts, mill lacquer, oil, grease, or other deleterious deposits that would prevent meeting the acceptance criteria of Table 3 when coated as required by this recommended practice. The applicator shall sufficiently remove any remaining deleterious deposits from the surface to be coated to meet the acceptance criteria listed in Table 3.

NOTE: 2 mg/m<sup>2</sup> of ferrous salt may adversely affect coating performance.

6.1.2 Preheat is not required if pipe is visually free of moisture and is 3°C (5°F) above the dew point; otherwise, the pipe shall be uniformly preheated prior to blast cleaning to remove moisture from the surface. The preheat shall be sufficient to ensure that the pipe temperature is at least 3°C (5°F) above the dew point temperature during blast cleaning and inspection.

6.1.3 The surface of the pipe should be blast cleaned to NACE No. 2/SSPC-SP 10, "Near-White Metal Blast Cleaning," or to ISO 8501-1 Sa 2.

6.1.4 Surface profile shall be at least 38 µm (1.5 mils) from peak to valley. Surface profile shall not exceed 100 µm (4 mils).

6.1.5 Bevels, lands, and internal coatings shall be protected from shot/grit blasting and damage by impact or gouging.

6.1.6 Residual products from blasting shall be suitably removed from the interior and exterior surfaces of the pipe.

6.1.7 Prior to coating, the cleaned pipe shall be visually inspected and imperfections that may cause holidays in the coating shall be removed by grinding in such a manner as to give a surface finish suitable for subsequent application of coating. The maximum grinding area is 0.05 m<sup>2</sup> (0.5 ft<sup>2</sup>) per location, and the maximum total grind area is 0.2 m<sup>2</sup> (2 ft<sup>2</sup>) per joint of pipe. The disposition of any joint of pipe that exceeds these limits shall be subject to agreement between the applicator and purchaser.

6.1.8 Disposition of pipe with imperfections that cannot be removed without encroaching upon minimum wall thickness or causing interference with the normal production cycle shall be subject to agreement between applicator and purchaser.

6.1.9 Where approved or specified by the purchaser, additional surface treatments may be used prior to application of coating.

#### Section 7: Coating Application

7.1 This section provides information on application techniques for obtaining optimum performance of fusion-bonded epoxy pipe coatings.

7.1.1 When changing from one coating manufacturer or product to another, care should be taken to minimize cross-contamination of coating materials.

7.1.2 Application and curing temperatures of the external pipe surface shall be selected by the applicator, shall not exceed 275°C (527°F), and shall be in accordance with the coating supplier's recommendations.

7.1.3 Cure schedule shall be selected by the applicator to ensure adequate cure of the coating and should be in accordance with the coating manufacturer's recommendations.

7.1.4 The minimum and maximum coating thickness shall be specified by the purchaser. The differential between minimum and maximum thickness shall not be less than 100 µm (4 mils).

7.1.5 To meet the acceptance criteria listed in Table 3, the specified minimum thickness should not be less than 300 µm (12 mils).

7.1.6 The outback limits shall be specified by the purchaser.

## ANEXO A3

# NORMA NACE RP0287 "Field Measurement of Surface Profile of Abrasive Blast-Cleaned Steel Surfaces Using a Replica Tape".

RP0287-2002

### Section 1: General

1.1 This standard describes a procedure for on-site measurement of the surface profile of abrasive blast-cleaned steel surfaces that have a surface profile, as defined in Section 2, between 38 and 114  $\mu\text{m}$  (1.5 and 4.5 mils). The procedure has been demonstrated to correlate well with the

measurements obtained by the defined laboratory procedure on nonrusted panels prepared to NACE No. 1/SSPC<sup>1</sup>-SP 5,<sup>1</sup> NACE No. 2/SSPC-SP 10,<sup>2</sup> or NACE No. 3/SSPC-SP 6.<sup>3</sup> Suggestions are given regarding the implementation and use of this procedure.

### Section 2: Definitions

**Surface Profile:** For the purposes of this standard, surface profile is defined as that value obtained when the profile of a surface is measured using an optical microscope as described in NACE Publication 6G176.<sup>4</sup> The laboratory procedure described in 6G176 entails averaging a statistically significant number of readings (20 to 30) using an optical microscope, magnification of 250 to 280X, with a field of 0.41 to 0.46 mm (0.016 to 0.018 in.) diameter, and recording the distance measured from the top of the highest peak to the bottom of the lowest valley in the field of view.

### Section 3: Equipment

#### 3.1 Replica Tape

3.1.1 The replica tape consists of a compressible foam containing microscopic bubbles attached to a polyester film 50  $\mu\text{m}$  (2 mils) thick. The film has a

circular cut-out 9.5 mm (0.38 in.) in diameter that exposes the underlying foam.

3.2 Calibrated spring-loaded dial micrometer, precise to within 3  $\mu\text{m}$  (0.1 mils). The anvil feet should be flat and approximately 6.6 mm (0.25 in.) in diameter.

### Section 4: Procedure

4.1 A clean representative surface site shall be identified. Surface dirt and dust shall have been removed from the surface, because contaminants distort the results. The tape shall not be used on surfaces with a temperature higher than 54°C (130°F).

4.2 The micrometer shall be adjusted to zero with the anvils closed.

4.3 The wax paper backing shall be removed from the replica tape. The specimen of replica tape shall be inspected; the tape should not be used if it is visually damaged or distorted. The unexposed compressible foam in the circular cut-out shall be measured with the spring micrometer, because its thickness may vary. The thickness of the compressible foam is the micrometer reading minus 50  $\mu\text{m}$  (2 mils) for the polyester film. The premeasured thickness of the compressible foam is the maximum profile height for which the replica tape may be used.

4.4 The replica tape film shall be placed on the blast-cleaned surface, dull side down. The tape shall be held firmly to avoid movement. A burnishing tool (a hard plastic rod with a spherical end could be used) shall be rubbed over the circular cut-out portion of the replica tape. The tape shall be rubbed repeatedly until the entire circular area has uniformly darkened. Excessively hard rubbing should be avoided because the polyester film could become distorted.

4.5 The replica shall be removed and placed between the anvils of the micrometer. The profile measurement is the gauge reading minus 50  $\mu\text{m}$  (2 mils) to compensate for the polyester film. If most of the profile measurements closely approach the premeasured thickness of the compressible foam, alternative procedures should be considered because the accuracy of the procedure may be affected.

4.6 If desired, and if the dial micrometer can be so adjusted, the micrometer may be set at -50  $\mu\text{m}$  (-2 mils) with the anvils closed, and subsequent readings of the compressible foam may be made directly.

<sup>1</sup> SSPC: The Society for Protective Coatings, 40 24th St., Pittsburgh, PA 15222.

## ANEXO A4

# NORMA NACE SP0490 "Holiday Detection of Fusion-Bonded Epoxy External Pipeline Coatings of 250 to 760 µm (10 to 30 mil).

SP0490-2007

### Section 1: General

1.1 This standard presents recommended techniques in the operation of holiday detector equipment currently used on fusion-bonded epoxy (FBE) pipeline coatings following shop application of the coating and prior to on-site installation of the coated pipeline. It also presents recommended voltages for various coating thicknesses. Guidelines for establishing minimum requirements to ensure proper application and performance of plant-applied, fusion-bonded epoxy coatings are presented in NACE Standard RP0394.

1.2 Electrical inspection (holiday detection) is a test of the continuity of a protective coating. This type of inspection is not intended to provide information on coating resistivity, bond, physical characteristics, or the overall quality of the coating. It detects voids, cracks, foreign inclusions, or

contaminants in the coating that are of such size, number, or conductivity to significantly lower the electrical resistance or dielectric strength of the coating.

1.3 Use of a holiday detector shall be under the direction of a qualified coating inspector, such as a NACE-certified coating inspector. An initial holiday detector inspection, performed as soon as practical after the application of the coating, assists in verifying conformance to specifications for the materials and the application procedures. Before the coated pipe is placed in the ground, a final electrical coating inspector discloses coating discontinuities or damage that may have occurred during the shipping, storage, or construction period.

### Section 2: Definitions

**Continuous Direct Current (DC) Voltage Holiday Detector:** A holiday detector that supplies a continuous DC test voltage. The continuous DC-type holiday detector is often used in very arid, sandy, or rocky areas and in coating plants where moisture and contamination conditions are controlled. The continuous DC test voltage holiday detector cannot be used where continuous moisture is present on the surface of the coating. For proper inspection using continuous DC output test voltage, other than in coating plant operations, the fusion-bonded epoxy coating surface must be dry.

**Generated Test Voltages:** With two types of commercially available detectors, generated output test voltages are used for the electrical inspection of fusion-bonded epoxy pipeline coatings. They are commonly described as *pulse-DC* and *continuous-DC* test voltages.

**Holiday:** A discontinuity in a protective coating that exposes unprotected surface to the environment. For the purpose of this standard, the term is used interchangeably with *discontinuity*.

**Holiday Detector:** An electrical device that locates discontinuities in the protective coating.

**Pulse-DC Voltage Holiday Detector:** A holiday detector that supplies a high DC voltage pulse of a very short duration (such as 0.0002 seconds at a rate of 30 pulses or more per second). The pulse-type holiday detector is the most common type used in the industry.

### Section 3: Testing Voltages

3.1 All holiday detector output test voltages in this standard refer to pulse-DC and continuous-DC values.

3.2 The minimum effective applied output test voltage is dependent on coating thickness, atmospheric conditions, electrode configuration, and grounding conditions. Therefore, the applied test voltage varies from case to case.

3.3 To determine the minimum effective applied test voltage for a given set of field conditions, the following field calibration should be performed daily:

3.3.1 Make a holiday 790 µm (0.031 in.) in diameter through the FBE coating. Ensure that the hole extends completely through the coating to the metal substrate.

3.3.2 Start with the lowest test voltage setting of the holiday detector and slowly increase the test voltage until the manufactured holiday can be positively detected at normal operating speeds (see Paragraphs 5.3 and 9.2 and Section 6).

3.3.3 This method of test voltage adjustment shall be performed while the exploring electrode and grounding are in the expected operating positions. If the above

**SP0490-2007**

conditions change, it may be necessary to readjust the test voltage setting.

3.4 Alternatively, the pipe-to-electrode test voltage can be adjusted to the minimum test voltages described in Paragraph 3.5, which are commonly used in the pipeline industry. Output test voltages may be somewhat higher than these test voltage settings; the differential depends on grounding conditions and detector type.

3.5 The minimum testing voltage for a particular coating thickness shall be within 10% of the value determined by Equation (1):

$$\text{Testing Voltage} = V = K\sqrt{T} \tag{1}$$

where V = peak voltage in volts, T = nominal coating thickness in  $\mu\text{m}$ , and K = 104 (constant)<sup>(1)</sup>

Table 1 gives calculated voltages for coating thicknesses of 250 to 760  $\mu\text{m}$  (10 to 30 mil).

**TABLE 1**  
**Recommended Test Voltages for Various FBE Coating Thicknesses**

Coating Thickness	Test Voltage <sup>(A)</sup>
250 $\mu\text{m}$ (10 mil)	1,650 V
280 $\mu\text{m}$ (11 mil)	1,750 V
300 $\mu\text{m}$ (12 mil)	1,800 V
330 $\mu\text{m}$ (13 mil)	1,900 V
360 $\mu\text{m}$ (14 mil)	1,950 V
380 $\mu\text{m}$ (15 mil)	2,050 V
410 $\mu\text{m}$ (16 mil)	2,100 V
510 $\mu\text{m}$ (20 mil)	2,350 V
640 $\mu\text{m}$ (25 mil)	2,650 V
760 $\mu\text{m}$ (30 mil)	2,900 V

<sup>(A)</sup> Rounded to the nearest 50 V.

3.5.1 The test voltage should be verified periodically (see Paragraph 3.3.3).

3.5.2 If an outerwrap is applied over the primary coating, the thickness and dielectric strength of the outerwrap material must be considered when determining or specifying the test voltage. Certain

outerwrap materials may have electrical insulating properties equal to or greater than the coating.

3.5.3 Consumer-specified test voltages used at the coating site at the time of coating application shall not be exceeded during the on-site electrical inspection of the coating.

**Section 4: Grounding**

4.1 Proper electrical grounding of the holiday detector to the coated pipe under inspection is necessary to complete the electrical circuit.

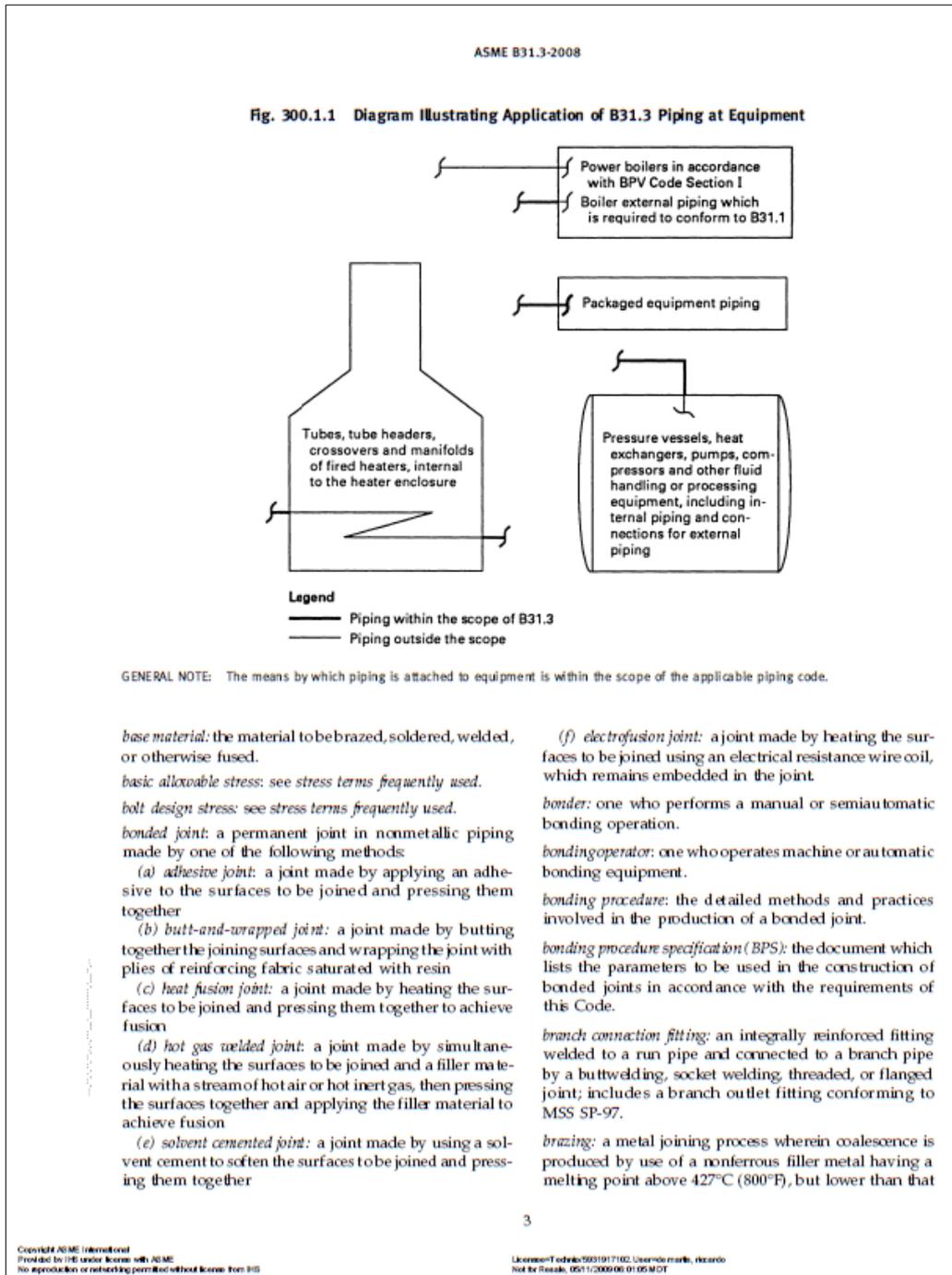
4.1.1 The coated pipe metal must have electrical contact to earth at one or more points. An electrical ground of the pipe can be made by electrically connecting the pipe metal to a metal grounding rod driven into the earth to a depth of 0.6 to 0.9 m (2 to 3 ft).

4.1.2 The holiday detector can, in most cases, be effectively grounded electrically by the use of a flexible ground wire of approximately 9 m (30 ft) in length that is connected to the ground terminal of the holiday detector and trailed along the surface of the earth. The first 1 to 1.5 m (4 to 5 ft) of the ground wire extending from the ground terminal of the holiday detector must be adequately insulated to prevent possible electrical

<sup>(1)</sup> For coating thickness in mils, use K = 525.

## ANEXO A5

### ALCANCE DEL CÓDIGO ASME B31.3.



FUENTE: ASME B 31.3.

## ANEXO A6

### VARIABLES ESENCIALES PARA SOLDADORES PROCESO GTAW, PROCESO SMAW.

QW-356 SOLDADURA DE ARCO DE TUNGSTENO CON GAS MANUAL Y SEMIAUTOMATICA (GTAW) Variables Esenciales		
Párrafo		Resumen de Variables
<b>QW-402</b> Juntas	.4	- Respaldo
<b>QW-403</b> Metales base	.16	∅ Diámetro de tubo
	.18	∅ Número P
<b>QW-404</b> Metales de Aporte	.14	± Aporte
	.15	∅ Número F
	.22	± Insertos
	.23	∅ Sólidos o con núcleo metálico a con núcleo de fundente
	.30	∅ Depósito de soldadura <i>t</i>
<b>QW-405</b> Posiciones	.1	+ Posición
	.3	∅ † ‡ Soldadura vertical
<b>QW-408</b> Gas	.8	- Respaldo met. inserto
<b>QW-409</b> Eléctricas	.4	∅ Corriente o Polaridad

∅ Cambio                    † Para arriba  
 + Adición                   ‡ Para abajo  
 - Eliminación

QW-353 SOLDADURA DE ARCO METALICO PROTEGIDO (SMAW) Variables Esenciales		
Párrafo		Resumen de Variables
<b>QW-402</b> Juntas	.4	- Respaldo
<b>QW-403</b> Metales base	.16	∅ Diámetro de tubo
	.18	∅ Número P
<b>QW-404</b> Metales de Aporte	.15	∅ Número F
	.30	∅ Depósito de soldadura <i>t</i>
<b>QW-405</b> Posiciones	.1	+ Posición
	.3	∅ † ‡ Soldadura vertical

∅ Cambio                    † Para arriba  
 + Adición                   ‡ Para abajo  
 - Eliminación

Fuente: ASME IX QW-350.

ANEXO A7

AGRUPACIÓN Y ESPECIFICACIÓN DE METALES BASE PARA CALIFICACIÓN.

98		QW/QB-422 NUMEROS P- Y NUMEROS S-FERROSOS Agrupamiento de Metales Base para Calificación							
No. Espec.	Tipo ó Grado	No. UNS	Tensión Mínima Especificada, klb/pulg <sup>2</sup>	Soldadura				Soldadura Fuerte	
				No. P-	No. de Grupo	No. S-	No. de Grupo	No. P-	No. S-
SA-36	...	K02600	58	1	1	...	...	101	...
SA-53	Tipo F	...	48	1	1	...	...	101	...
SA-53	Tipo S, Gr. A	K02504	48	1	1	...	...	101	...
SA-53	Tipo E, Gr. A	K02504	48	1	1	...	...	101	...
SA-53	Tipo E, Gr. B	K03005	60	1	1	...	...	101	...
SA-53	Tipo S, Gr. B	K03005	60	1	1	...	...	101	...
SA-105	...	K03504	70	1	2	...	...	101	...
SA-106	A	K02501	48	1	1	...	...	101	...
SA-106	B	K03006	60	1	1	...	...	101	...
SA-106	C	K03501	70	1	2	...	...	101	...
A 108	1015 CW	G10150	60	...	...	1	1	...	101
A 108	1018 CW	G10180	60	...	...	1	1	...	101
A 108	1020 CW	G10200	60	...	...	1	1	...	101
SA-134	...	...	—	1	1	...	...	101	...
A 134	A283A	...	45	...	...	1	1	...	101
A 134	A285A	K01700	45	...	...	1	1	...	101
A 134	A283B	...	50	...	...	1	1	...	101
A 134	A285B	K02200	50	...	...	1	1	...	101
A 134	A283C	...	55	...	...	1	1	...	101
A 134	A285C	K02801	55	...	...	1	1	...	101
A 134	A283D	...	60	...	...	1	1	...	101
SA-135	A	...	48	1	1	...	...	101	...
SA-135	B	...	60	1	1	...	...	101	...
A 139	A	...	48	...	...	1	1	...	101
A 139	B	K03003	60	...	...	1	1	...	101
A 139	C	K03004	60	...	...	1	1	...	101
A 139	D	K03010	60	...	...	1	1	...	101
A 139	E	K03012	66	...	...	1	1	...	101
A 148	90-60	...	90	...	...	4	3	...	103
A 167	Tipo 302	S30200	75	...	...	8	1	...	102

<u>Base Metal</u>	<u>Soldadura</u>	<u>Soldadura Fuerte</u>
Acero y aleaciones de acero	No. P-1 hasta No. P-11 inclusive con Inclusión de No. P-5A, 5B, y 5C	No. P-101 hasta No. P-103 inclusive
Aluminio y aleaciones con base de aluminio	No. P-21 hasta No. P-25 inclusive	No. P-104 y No. P-105
Cobre y aleaciones con base de cobre	No. P-31 hasta No. P-35 inclusive	No. P-107 y No. P-108
Níquel y aleaciones con base de níquel	No. P-41 hasta No. P-47 inclusive	No. P-110 hasta y No. P-110 inclusive
Titanio y aleaciones con base de titanio	No. P-51 hasta No. P-53 inclusive	No. P-115
Circonio y aleaciones con base de circonio	No. P-61 hasta No. P-62 inclusive	No. P-117

Fuente: ASME IX QW-422 - ASME IX QW-420.

## ANEXO A8

### AGRUPACIÓN DE ELECTRODOS Y CLASIFICACIÓN DE NÚMEROS F.

<b>NUMEROS-F</b>			
<b>Agrupamiento de Electroodos y de Varillas de Soldar para Calificación</b>			
QW	No. F	No. de Especificación ASME	No. de Clasificación AWS
<b>Acero y Aleaciones de Acero</b>			
432.1	1	SFA-5.1 & 5.5	EXX20, EXX22, EXX24, EXX27, EXX28
	1	SFA-5.4	EXX25, EXX26
	2	SFA-5.1 & 5.5	EXX12, EXX13, EXX14, EXX19
	3	SFA-5.1 & 5.5	EXX10, EXX11
	4	SFA-5.1 & 5.5	EXX15, EXX16, EXX18, EXX48
	4	SFA-5.4 que no sea austenítico y doble	EXX15, EXX16, EXX17
	5	SFA-5.4 (austenítico y doble)	EXX15, EXX16, EXX17
	6	SFA-5.2	RX
	6	SFA-5.17	FXX-EXX, FXX-ECX
	6	SFA-5.9	ERXX, ECXX, EQXX
	6	SFA-5.18	ERXXS-X, EXXC-X, EXXC-XX
	6	SFA-5.20	EXXT-X
	6	SFA-5.22	EXXXT-X
	6	SFA-5.23	FXX-EXXX-X, FXX-ECXXX-X, and FXX-EXXX-XN, FXX-ECXXX-XN
	6	SFA-5.25	FESXX-EXXXXX-EW
	6	SFA-5.26	EGXXS-X and EGXXT-X
	6	SFA-5.28	ERXXS-X and EXXC-X
	6	SFA-5.29	EXXTX-X
	6	SFA-5.30	INXXXX
<b>Aluminio y Aleaciones de Base de Aluminio</b>			
432.2	21	SFA-5.3	E1100, E3003
	21	SFA-5.10	ER1100, R1100, ER1188, R1188
	22	SFA-5.10	ER5554, ER5356, ER5556, ER5183, R5183, ER5654, R5554, R5654, R5356, R5556
	23	SFA-5.3 & 5.10	ER4009, ER4010, ER4043, ER4047, R4043, R4047, ER4145, R4009, R4010, R4011, R4145, ER4643, E4043, R4643
	24	SFA-5.10	R-A356.0, R 206.0, R C355.0, R 357.0, R-A357.0
	25	SFA-5.10	ER2319, R2319

Fuente: ASME IX QW-432

ANEXO A9

LÍMITE DE ESPESORES PARA PRUEBA DE DOBLEZ TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL.

QW-452.1 PRUEBAS DE DOBLEZ TRANSVERSAL						
Tipo de Junta	Espesor de Muestra de Prueba Soldada, pulg. [Notas (1)]	Espesor <i>t</i> de Metal de Soldadura Depositado Calificado pulg. [Nota (2)] (Vea QW-310.1)		Tipo y Número de Pruebas Requeridas (Pruebas de Dobleza Guiado) [Notas (3), (4), (8)]		
		Máx.		Dobleza Guiado QW-462.2	Dobleza de Cara QW-462.3(a)	Dobleza de Raíz [Nota (5)] QW-462.3(b)
Ranura	Hasta $\frac{3}{8}$ , incl.	2 <i>t</i>		Nota (6)	1	1
Ranura	arriba de $\frac{3}{8}$ pero menos de $\frac{3}{4}$	2 <i>t</i>		Nota (7)	1	1
Ranura	$\frac{3}{4}$ y más	Máx. que se va a soldar		2	...	...

**NOTAS:**

- (1) Al usar uno, dos, o más soldadores, el espesor *t* del metal de soldadura depositado por cada soldador con cada proceso se determinará y se usará individualmente en la columna de Espesor.
- (2) Dos o más muestras de prueba de tubo de Cédula de diferentes espesores se pueden usar para determinar el espesor de metal de soldadura calificado y ese espesor se puede aplicar a soldaduras de producción al diámetro más pequeño para el cual el soldador es calificado de acuerdo con QW-452.3.
- (3) Se usará espesor de muestra de prueba de  $\frac{3}{4}$  pulg. o de más para calificar una combinación de tres o más soldadores cada uno de los cuales puede usar el mismo o un proceso de soldar diferente.
- (4) Para calificar para posiciones 5G y 6G, como se prescribe en QW-302.3, se requieren dos especímenes para doblez de raíz y dos especímenes para doblez de cara o cuatro especímenes para doblez lateral, como sea aplicable para el espesor de muestra de prueba.
- (5) Se pueden usar pruebas de doblez de cara y de doblez de raíz para calificar una prueba de combinación de:
  - (a) un soldador que usa dos procesos de soldar; ó
  - (b) dos soldadores que usan el mismo o un proceso de soldar diferente.
- (6) Para una muestra de  $\frac{3}{8}$  pulg. de espesor, una prueba de doblez lateral puede servir en lugar de cada una de las pruebas requeridas de doblez de cara y de doblez de raíz.
- (7) Una prueba de doblez lateral puede servir en lugar de cada una de las pruebas requeridas de doblez de cara y de doblez de raíz.
- (8) Las muestras de prueba se examinarán visualmente según QW-302.4.

**QW-452 Límites de Espesores y Especímenes de Prueba para Calificaciones de Habilidad (Cont'n)**

**QW-452.2  
PRUEBAS DE DOBLEZ LONGITUDINAL**

Tipo de Junta	Espesor de Muestra de Prueba Soldada, pulg. [Nota (1)]	Espesor <i>t</i> de Metal de Soldadura Depositado Calificado, pulg.  Máx.	Tipo y Número de Pruebas Requeridas (Pruebas de Dobleza Guiado) [Nota (2)]	
			Dobleza de Cara [Nota (3)] QW-462.3(b)	Dobleza de Raíz [Nota (3)] QW-462.3(b)
Ranura	Hasta $\frac{3}{8}$ , incl.	2 <i>t</i>	1	1
Ranura	Arriba de $\frac{3}{8}$	2 <i>t</i>	1	1

**NOTAS:**

- (1) Al usar uno, dos, o más soldadores, el espesor *t* de metal de soldadura depositado por cada soldador con cada proceso se determinará y se usará individualmente en la columna de Espesor.
- (2) Se usará el espesor de muestra de prueba de  $\frac{3}{4}$  pulg. o de más para calificar una combinación de tres o más soldadores, cada uno de los cuales puede usar el mismo o un proceso de soldar diferente.
- (3) Se pueden usar pruebas de doblez de cara y de doblez de raíz para calificar una prueba de combinación de:
  - (a) un soldador que use dos procesos de soldar; ó
  - (b) dos soldadores que usen el mismo o un proceso de soldar diferente.

**QW-452.3  
LIMITES DE DIAMETRO PARA SOLDADURA EN RANURA<sup>1,2</sup>**

Diámetro Exterior de Muestra de Prueba, pulg.	Diámetro Exterior Calificado, pulg.	
	Min.	Máx.
Menos de 1	Tamaño soldado	Ilimitado
1 hasta menos de $2\frac{7}{8}$	1	Ilimitado
$2\frac{7}{8}$ y más	$2\frac{7}{8}$	Ilimitado

**NOTAS:**

- (1) EL tipo y número de pruebas requeridas estará de acuerdo con QW-452.1.
- (2) El D.E. de  $2\frac{7}{8}$  pulg. es el equivalente de NPS  $2\frac{1}{2}$

## ANEXO A10

### VOLTAJES DE SALIDA RECOMENDADOS PARA DETECCIÓN DE “HOLLIDAYS”.

<b>Coating Thickness</b>	<b>Test Voltage<sup>(A)</sup></b>
250 $\mu\text{m}$ (10 mil)	1,650 V
280 $\mu\text{m}$ (11 mil)	1,750 V
300 $\mu\text{m}$ (12 mil)	1,800 V
330 $\mu\text{m}$ (13 mil)	1,900 V
360 $\mu\text{m}$ (14 mil)	1,950 V
380 $\mu\text{m}$ (15 mil)	2,050 V
410 $\mu\text{m}$ (16 mil)	2,100 V
510 $\mu\text{m}$ (20 mil)	2,350 V
640 $\mu\text{m}$ (25 mil)	2,650 V
760 $\mu\text{m}$ (30 mil)	2,900 V

<sup>(A)</sup> Rounded to the nearest 50 V.

Fuente: NACE SP0490-2007

## ANEXO A11

### PROFUNDIDADES DE EXCAVACIÓN RECOMENDADAS.

<b>Table 434.6-1 Minimum Cover for Buried Pipelines</b>		
Location	For Normal Excavation, in. (m)	For Rock Excavation Requiring Blasting or Removal by Equivalent Means, in. (m)
Cultivated, agricultural areas where plowing or subsurface ripping is common	48 (1.2) [Note (1)]	N/A
Industrial, commercial, and residential areas	48 (1.2)	30 (0.75)
River and stream crossings	48 (1.2)	18 (0.45)
Drainage ditches at roadways and railroads	48 (1.2)	30 (0.75)
All other areas	36 (0.9)	18 (0.45)

**NOTE:**  
 (1) Pipelines may require deeper burial to avoid damage from deep plowing; the designer is cautioned to account for this possibility.

Fuente: ASME B 31.4 (Tabla 434.6-1).

Anexo B

**ESPECIFICACIÓN MATERIALES Y  
EQUIPOS**

ANEXO B1

ESPECIFICACIONES PARA TUBERÍA ASTM A 106.

dimensions et masses des tubes acier ASME B 36.10 M-1996				dimensions and weights of steel pipe ASME B 36.10 M-1996					
Diamètre nominal Nominal size	Diamètre extérieur Outside diameter		Épaisseur Wall thickness		Masse Weight		Identification Épaisseur W.T.		
	Pouces Inches	mm	Pouces Inches	mm	lb/ft	kg/m	Specif. API	STD XS XXS	Schedule
3	3.500	88,9	0,120	3,05	4,33	6,45	-	-	10
	3.500	88,9	0,125	3,18	4,51	6,72	5L	-	-
	3.500	88,9	0,141	3,58	5,06	7,53	5L	-	-
	3.500	88,9	0,156	3,96	5,57	8,29	5L	-	-
	3.500	88,9	0,172	4,37	6,11	9,11	5L	-	-
	3.500	88,9	0,188	4,78	6,65	9,92	5L	-	30
	3.500	88,9	0,216	5,49	7,58	11,29	5L	STD	40
	3.500	88,9	0,250	6,35	8,68	12,93	5L	-	-
	3.500	88,9	0,281	7,14	9,66	14,40	5L	-	-
	3.500	88,9	0,300	7,62	10,25	15,27	5L	XS	80
	3.500	88,9	0,438	11,13	14,32	21,35	-	-	160
	3.500	88,9	0,600	15,24	18,58	27,68	5L	XXS	-
3 1/2	4.000	101,6	0,083	2,11	3,47	5,18	5L	-	5
	4.000	101,6	0,109	2,77	4,53	6,75	5L	-	-
	4.000	101,6	0,120	3,05	4,97	7,40	-	-	10
	4.000	101,6	0,125	3,18	5,17	7,72	5L	-	-
	4.000	101,6	0,141	3,58	5,81	8,65	5L	-	-
	4.000	101,6	0,156	3,96	6,40	9,53	5L	-	-
	4.000	101,6	0,172	4,37	7,03	10,48	5L	-	-
	4.000	101,6	0,188	4,78	7,65	11,41	5L	-	30
	4.000	101,6	0,226	5,74	9,11	13,57	5L	STD	40
	4.000	101,6	0,250	6,35	10,01	14,92	5L	-	-
	4.000	101,6	0,281	7,14	11,16	16,63	5L	-	-
	4.000	101,6	0,318	8,08	12,50	18,63	5L	XS	80
4.500	114,3	0,083	2,11	3,92	5,84	5L	-	5	
4.500	114,3	0,109	2,77	5,11	7,62	-	-	-	
4.500	114,3	0,120	3,05	5,61	8,36	-	-	10	
4.500	114,3	0,125	3,18	5,84	8,71	5L	-	-	
4.500	114,3	0,141	3,58	6,56	9,77	5L	-	-	
4.500	114,3	0,156	3,96	7,24	10,78	5L	-	-	
4.500	114,3	0,172	4,37	7,95	11,85	5L	-	-	
4.500	114,3	0,188	4,78	8,66	12,91	5L	-	30	
4.500	114,3	0,203	5,16	9,32	13,89	5L	-	-	
4.500	114,3	0,219	5,56	10,01	14,91	5L	-	-	
4.500	114,3	0,237	6,02	10,79	16,07	5L	STD	40	
4.500	114,3	0,250	6,35	11,35	16,90	5L	-	-	
4.500	114,3	0,281	7,14	12,66	18,87	5L	-	-	
4.500	114,3	0,312	7,92	13,96	20,78	5L	-	-	
4	4.500	114,3	0,083	2,11	3,47	5,18	5L	-	80
	4.500	114,3	0,109	2,77	4,53	6,75	5L	-	120
	4.500	114,3	0,120	3,05	4,97	7,40	5L	-	160
	4.500	114,3	0,125	3,18	5,17	7,72	5L	-	-
	4.500	114,3	0,141	3,58	5,81	8,65	5L	-	-
	4.500	114,3	0,156	3,96	6,40	9,53	5L	-	-
	4.500	114,3	0,172	4,37	7,03	10,48	5L	-	-
	4.500	114,3	0,188	4,78	7,65	11,41	5L	-	-
	4.500	114,3	0,226	5,74	9,11	13,57	5L	-	5
	4.500	114,3	0,250	6,35	10,01	14,92	5L	-	-
	4.500	114,3	0,281	7,14	11,16	16,63	5L	-	10
	4.500	114,3	0,318	8,08	12,50	18,63	5L	-	-
4.500	114,3	0,354	9,01	14,01	20,78	5L	XS	80	
4.500	114,3	0,391	9,94	15,52	23,05	5L	-	120	
4.500	114,3	0,428	10,87	17,03	25,32	5L	-	160	
4.500	114,3	0,465	11,80	18,54	27,59	5L	-	-	
4.500	114,3	0,502	12,73	20,05	29,86	5L	-	-	
4.500	114,3	0,539	13,66	21,56	32,13	5L	-	-	
4.500	114,3	0,576	14,59	23,07	34,40	5L	-	-	
4.500	114,3	0,613	15,52	24,58	36,67	5L	-	-	
4.500	114,3	0,650	16,45	26,09	38,94	5L	-	-	
4.500	114,3	0,687	17,38	27,60	41,21	5L	-	-	
4.500	114,3	0,724	18,31	29,11	43,48	5L	-	-	
4.500	114,3	0,761	19,24	30,62	45,75	5L	-	-	
4.500	114,3	0,798	20,17	32,13	48,02	5L	-	-	
4.500	114,3	0,835	21,10	33,64	50,29	5L	-	-	
4.500	114,3	0,872	22,03	35,15	52,56	5L	-	-	
4.500	114,3	0,909	22,96	36,66	54,83	5L	-	-	
4.500	114,3	0,946	23,89	38,17	57,10	5L	-	-	
4.500	114,3	0,983	24,82	39,68	59,37	5L	-	-	
4.500	114,3	1,020	25,75	41,19	61,64	5L	-	-	
4.500	114,3	1,057	26,68	42,70	63,91	5L	-	-	
4.500	114,3	1,094	27,61	44,21	66,18	5L	-	-	
4.500	114,3	1,131	28,54	45,72	68,45	5L	-	-	
4.500	114,3	1,168	29,47	47,23	70,72	5L	-	-	
4.500	114,3	1,205	30,40	48,74	72,99	5L	-	-	
4.500	114,3	1,242	31,33	50,25	75,26	5L	-	-	
4.500	114,3	1,279	32,26	51,76	77,53	5L	-	-	
4.500	114,3	1,316	33,19	53,27	79,80	5L	-	-	
4.500	114,3	1,353	34,12	54,78	82,07	5L	-	-	
4.500	114,3	1,390	35,05	56,29	84,34	5L	-	-	
4.500	114,3	1,427	35,98	57,80	86,61	5L	-	-	
4.500	114,3	1,464	36,91	59,31	88,88	5L	-	-	
4.500	114,3	1,501	37,84	60,82	91,15	5L	-	-	
4.500	114,3	1,538	38,77	62,33	93,42	5L	-	-	
4.500	114,3	1,575	39,70	63,84	95,69	5L	-	-	
4.500	114,3	1,612	40,63	65,35	97,96	5L	-	-	
4.500	114,3	1,649	41,56	66,86	100,23	5L	-	-	
4.500	114,3	1,686	42,49	68,37	102,50	5L	-	-	
4.500	114,3	1,723	43,42	69,88	104,77	5L	-	-	
4.500	114,3	1,760	44,35	71,39	107,04	5L	-	-	
4.500	114,3	1,797	45,28	72,90	109,31	5L	-	-	
4.500	114,3	1,834	46,21	74,41	111,58	5L	-	-	
4.500	114,3	1,871	47,14	75,92	113,85	5L	-	-	
4.500	114,3	1,908	48,07	77,43	116,12	5L	-	-	
4.500	114,3	1,945	49,00	78,94	118,39	5L	-	-	
4.500	114,3	1,982	49,93	80,45	120,66	5L	-	-	
4.500	114,3	2,019	50,86	81,96	122,93	5L	-	-	
4.500	114,3	2,056	51,79	83,47	125,20	5L	-	-	
4.500	114,3	2,093	52,72	84,98	127,47	5L	-	-	
4.500	114,3	2,130	53,65	86,49	129,74	5L	-	-	
4.500	114,3	2,167	54,58	88,00	132,01	5L	-	-	
4.500	114,3	2,204	55,51	89,51	134,28	5L	-	-	
4.500	114,3	2,241	56,44	91,02	136,55	5L	-	-	
4.500	114,3	2,278	57,37	92,53	138,82	5L	-	-	
4.500	114,3	2,315	58,30	94,04	141,09	5L	-	-	
4.500	114,3	2,352	59,23	95,55	143,36	5L	-	-	
4.500	114,3	2,389	60,16	97,06	145,63	5L	-	-	
4.500	114,3	2,426	61,09	98,57	147,90	5L	-	-	
4.500	114,3	2,463	62,02	100,08	150,17	5L	-	-	
4.500	114,3	2,500	62,95	101,59	152,44	5L	-	-	
4.500	114,3	2,537	63,88	103,10	154,71	5L	-	-	
4.500	114,3	2,574	64,81	104,61	156,98	5L	-	-	
4.500	114,3	2,611	65,74	106,12	159,25	5L	-	-	
4.500	114,3	2,648	66,67	107,63	161,52	5L	-	-	
4.500	114,3	2,685	67,60	109,14	163,79	5L	-	-	
4.500	114,3	2,722	68,53	110,65	166,06	5L	-	-	
4.500	114,3	2,759	69,46	112,16	168,33	5L	-	-	
4.500	114,3	2,796	70,39	113,67	170,60	5L	-	-	
4.500	114,3	2,833	71,32	115,18	172,87	5L	-	-	
4.500	114,3	2,870	72,25	116,69	175,14	5L	-	-	
4.500	114,3	2,907	73,18	118,20	177,41	5L	-	-	
4.500	114,3	2,944	74,11	119,71	179,68	5L	-	-	
4.500	114,3	2,981	75,04	121,22	181,95	5L	-	-	
4.500	114,3	3,018	75,97	122,73	184,22	5L	-	-	
4.500	114,3	3,055	76,90	124,24	186,49	5L	-	-	
4.500	114,3	3,092	77,83	125,75	188,76	5L	-	-	
4.500	114,3	3,129	78,76	127,26	191,03	5L	-	-	
4.500	114,3	3,166	79,69	128,77	193,30	5L	-	-	
4.500	114,3	3,203	80,62	130,28	195,57	5L	-	-	
4.500	114,3	3,240	81,55						

## ANEXO B2

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA PINTURA SCOTCHKOTE 323.



# Scotchkote™ 323/323i

## Resina Líquida Epóxica

### Descripción del Producto

La resina líquida epóxica Scotchkote 3M™ 323/323i es un sistema de dos componentes diseñado para proteger tubería de acero y otras superficies metálicas de los daños de la corrosión.

### Aplicaciones

Reparaciones de revestimiento FBE.  
Revestimiento en juntas soldadas.  
Revestimiento interno.  
Rehabilitación de revestimiento de tuberías  
En una amplia variedad de otras aplicaciones de campo donde se requiera protección anticorrosiva.

### Características del Producto

No necesita solventes.  
Alto espesor, hasta 45 mils / 1150 micrones en una sola pasada.  
Aplicable con brocha, rodillo o equipo aspersor para componentes plurales ( equipo airless ).  
Excelente adhesión.  
100% sólidos.  
Puede ser aplicado a superficies a una temperatura a partir de 41°F / 5°C.  
Cumple con los requerimientos de AWWA C210, - 97 cláusula 4.3.4.1.  
Certificado por ANSI / NSF Standard 61, para sistemas de agua potable.

### Resistencia Química

Scotchkote 323/323i es resistente al daño de ácidos y bases en el rango de PH de 2 a 14. Es también resistente a hidrocarburos tales como crudo, aceite de motor, gasolina y muchos otros solventes. Se recomienda hacer pruebas si el producto va a estar en contacto continuo con agentes oxidantes tales como el hipoclorito sódico ( lejía ) ó solventes agresivos como el metil etil cetona ( MEK ).

### Pasos Generales para su Aplicación

1. Remueva aceite, grasa y cualquier contaminante que no esté bien adherido a la superficie.
2. Realice limpieza abrasiva por chorro según Especificación NACE No 2 / SSPC-SP 10 ISO 8501: 1 Grado SA 2 1/2 metal casi blanco.
3. Aplique Scotchkote 323/323i al espesor requerido.
4. Deje curar.
5. Inspeccione visual o eléctricamente el revestimiento por defectos.
6. Repare los defectos encontrados.

### Propiedades

Color	Azul - Verde
Proporción de Mezcla	2A : 1B por Volumen
	70.8% : 29.2% por peso
Viscosidad en cps @ 72°F/22°C	323
- Grado Brocha	Parte A: 154.000 Parte B: 6.000
- Grado Spray	Parte A: 90.000 Parte B: 19.000
Viscosidad en cps @ 72°F/22°C	323i
- Grado Brocha	Parte A: 154.000 Parte B: 3.500
- Grado Spray	Parte A: 90.000 Parte B: 9.500
Vida en anaquel ( contenedor cerrado )	18 meses
Gravedad Especifica	1.35 mezclado
Rendimiento	142 sqft/lb/mil ( 0.74 m <sup>2</sup> /Kg/mm )
Temperatura Máxima de Operación	
- Húmedo	203°F/95°C
- Seco	250°F/121°C



# Scotchkote™ 323/323i

Resina Líquida Epóxica

Kit	Rendimiento de acuerdo a presentación (Kit size) Asumiendo 0 desperdicio				Diámetro del Tubo (pulgadas)	Número de Quartos necesarios por Soldadura (juntas soldadas)			
	Libras Total	Rendimiento en pies <sup>2</sup> @ mils				6"/15cm	8"/20cm	10"/25cm	12"/30cm
		10	20	30 mils					
50 ml	0.15	2	1	0.7	6	0.06	0.08	0.10	0.13
Quarto	2.082	30	15	10	6	0.12	0.17	0.21	0.25
Galón	8.378	120	60	40	12	0.21	0.28	0.35	0.42
5 gal x 3	152.1	2160	1080	720	20	0.25	0.33	0.42	0.50
55gal-drum					24	0.32	0.42	0.52	0.63
x 3	1690.4	24.000	12000	8000	30	0.38	0.50	0.63	0.75
					36	0.44	0.59	0.73	0.88
					42	0.50	0.67	0.84	1.00
					48				

## Propiedades de pruebas típicas

Propiedad	Descripción de la prueba	Valor Típico
Tiempo de gelado ( Shyodu ) (aprox tiempo de uso de la mezcla)	200 grs masa	75°F / 24°C 20 min 104°F / 40°C 11 min
Tiempo de secado al tacto	ASTM D1640 cláusula 7.5.2	41°F / 5°C 7 horas 75°F / 24°C 1 hora 45 min 122°F / 50°C 26 min
Tiempo aprox para relleno ( Back Fill Time )	ASTM D1640 cláusula 7.7.1	41°F / 5°C 8 horas 75°F / 24°C 2 hora 39 min 122°F / 50°C 39 min
Desprendimiento Catódico	CSA Z245.20-02 cláusula 12.8	149°F / 65°C 3.5 V, 24 Hr 4.9 mmr 149°F / 65°C 1.5 V, 48 Hr 5.5 mmr 149°F / 65°C 1.5 V, 28 días 7.5 mmr 176°F / 80°C 1.5 V, 14 días 6.4 mmr 176°F / 80°C 1.5 V, 28 días 6.6 mmr
Adhesión del revestimiento	CSA Z245.20-02	203°F / 95°C 24 hrs Grado 1 167°F / 75°C 48 hrs Grado 1 167°F / 75°C 28 días Grado 1
Flexibilidad	CSA Z245.20-02	68°F / 20°C 0.7 °/PD 32°F / 0°C 0.7 °/PD
Resistencia a la Abrasión	ASTM D4060-95 Ruedas CS - 17 1000 g de carga 5000 ciclos Ruedas reemplazadas cada 500 ciclos	0.325 g de pérdida
Resistencia al Impacto	CSA Z245 20 - 98 cláusula 12.12	68°F / 20°C @ 26.9 mils 2.75 J 149°F / 65°C @ 27 mils 4 J



# Scotchkote™ 323/323i

Resina Líquida Epóxica

## Reparación de Revestimientos Adheridos por Fusión (FBE).

Los revestimientos Scotchkote FBE que requieran reparaciones en rasgaduras, indentaciones, imperfecciones u otros defectos menores, deben ser limpiados hasta remover partículas de sucio, herrumbre y/o el área dañada del revestimiento por medio de lijado u otros medios apropiados. Se debe suavizar el área adyacente del revestimiento y remover el polvillo resultante de la operación. Luego, deberá aplicarse Scotchkote 323/323i con un espesor mínimo de 25 mils / 635 micrones y dejar curar. El período de curado puede acelerarse utilizando calor.

## Preparación de Superficie para aplicación de Scotchkote 323/323i Grado Brocha y Grado Spray

Las superficies de acero deben estar limpias y libres de sucio, aceites u otros contaminantes antes de realizar la limpieza por chorro abrasivo. Astillas metálicas, soldaduras rugosas u otros defectos en el acero deben ser removidas o suavizadas antes de la aplicación del chorro abrasivo. La limpieza por chorro abrasivo debe hacerse de acuerdo a los estándares NACE No 2 / SSPC-SP10 metal casi blanco, ISO 8501 Sa 2.5.

Para prevenir la formación de óxido, aplique el revestimiento tan pronto como sea posible después de haber hecho la limpieza de la superficie. Para mayor protección, el revestimiento debe estar en contacto directo con la superficie metálica.

## Instrucciones de Aplicación Scotchkote 323/323i Grado Brocha.

1. Mezcle vigorosamente Parte A y Parte B por separado.
2. Vierta la parte B en la parte A de acuerdo a la relación de mezcla 2A a 1B por volumen.
3. Mezcle para combinar ambas partes hasta obtener un color uniforme.

## Tiempo en uso de la mezcla ( Pot Life ) Aprox

<u>200 grs masa</u>	
75°F ( 24°C )	20 minutos
104°F ( 40°C )	11 minutos

## Manejo y Precauciones de Seguridad

Lea toda la información referente a Precauciones, Riesgo a la Salud y Primeros Auxilios que se encuentra en la Hoja de Seguridad del producto (MSDS) y/o en la etiqueta del producto antes de su uso.

## Recomendaciones para aplicación

- 1- Prepare solo la cantidad de producto que pueda ser aplicado dentro del tiempo de uso de mezcla (pot life)
- 2- Se recomienda utilizar un rodillo con funda de 1/4 de pulgada de grosor.
- 3- Para optimizar el tiempo de aplicación, y para extender la vida útil del producto después de mezclado, vierta el producto directamente en el sustrato metálico y extiéndalo con el rodillo al espesor deseado. Para tuberías, viértalo en la parte superior del tubo y extiéndalo radialmente sobre el tubo.

## Juntas Soldadas en Revestimientos Adheridos por Fusión.(FBE)

Las juntas soldadas ( girthwelds ) deben estar libres de sucio, aceite, grasa o cualquier otro contaminante. El metal expuesto en el área de la soldadura debe ser preparada de acuerdo con la norma NACE No 2 / SSPC-SP10 ISO 8501 :1.

Grado 2 1/2 acabado metal casi blanco con chorro abrasivo u otro medio abrasivo adecuado. Las zonas de FBE adyacentes a la soldadura deberán igualmente ser Preparadas mediante cepillado o lijado hasta una distancia igual a 2 pulg / 50 mm desde el área de metal desnudo (cutback).

## Información de ayuda para la aplicación por atomización.

- Tamaño de punta recomendado: 625.
- Presión de punta : 2200 psi aprox.
- Precaliente Parte A a 150°F/66°C
- Precaliente Parte B a 120°F/49°C
- Relación de mezcla 2A:1B

## Limpieza del Equipo Aplicador

Metil-Etil-Cetona (MEK) o Tolueno pueden ser usados para la limpieza de equipo atomizador, rodillos y brochas.

Utilice las directrices adecuadas de seguridad.

ANEXO B3

CERTIFICADOS DE CALIDAD ELECTRODO E7018.



**CERTIFICATE OF CONFORMANCE**  
(APPLIES ONLY TO U.S. PRODUCTS)  
Q1 Lot Number: 12997524

The Lincoln Electric Company  
22001 St. Clair Avenue  
Cleveland, Ohio 44117-1199

Product: Jetweld® LH-70  
Classification: E7018, E7018H4R  
Specification: AWS A5.1:2004, ASME SFA-5.1  
Date: August 01, 2011

This is to certify that the product named above and supplied on the referenced order number is of the same classification, manufacturing process, and material requirements as the material which was used for the test that was concluded on the date shown, the results of which are shown below. All tests required by the specifications shown for classification were performed at that time and the material tested met all requirements. It was manufactured and supplied according to the Quality System Program of the Lincoln Electric Company, Cleveland, Ohio, U.S.A., which meets the requirements of ISO9001, NCA3800, AWS A5.01, and other specification and Military requirements, as applicable. The Quality System Program has been approved by ASME, ABS, and VdTUV.

AWS/ASME Requirements	RESULTS		
<b>Operating Settings</b>	5/32 inch	5/32 inch	3/16 inch
Electrode Size	AC	AC	DC+
Polarity	19 (3/4)	19 (3/4)	19 (3/4)
Plate Thickness, mm (in)	180	160	220
Current, A	16/8	14/7	14/7
Pass/Layers	120 (350)	120 (350)	120 (350)
Preheat Temperature, °C (°F)	165 (325)	165 (325)	165 (325)
Interpass Temperature, °C (°F)	AS-welded	AS-welded	AS-welded
Postweld Heat Treatment			
<b>Mechanical properties of weld deposits</b>			
Tensile Strength, MPa (ksi)	550 (80)	550 (80)	520 (76)
Yield Strength, 0.2% Offset, MPa (ksi)	440 (64)	440 (64)	440 (64)
Elongation	29	26	29
Average Impact Energy	141 (104)	127 (94)	188 (138)
Joules @ -29 °C (ft-lbs @ -20 °F)	119,150,152,165,111,112	121,122,140,189,90,103	175,168,199,129,139,147
Average Hardness, HRB	Not Required	86	83
<b>Chemical composition of weld deposits (weight %)</b>			
C	0.08	0.07	0.05
Mn	1.20	1.28	1.17
Si	0.46	0.49	0.59
S	0.035 max.	0.018	0.010
P	0.035 max.	0.011	0.006
Cr	0.20 max.	0.06	0.03
Ni	0.30 max.	0.05	0.02
Mo	0.30 max.	0.01	0.01
V	0.08 max.	0.00	0.03
Mn+N+Cr+Mo+V	1.75 max.	1.40	1.26
<b>Diffusible Hydrogen (per AWS A4.3)</b>			
Electrode Size	3/32 inch	3/32 inch	1/4 inch
Polarity	AC	DC+	DC+
Diffusible Hydrogen, mL/100g	2	2	3
Absolute Humidity (grains moisture/lb dry air)	48	48	48
<b>Moisture</b>			
Electrode Size	3/32 inch	5/32 inch	1/4 inch
Coating moisture - As received	0.1	0.1	0.1
Coating moisture - Humidified	0.2	Not Required	0.2

Page 1 of 2

Cert. No. 31700

The Lincoln Electric Company  
22801 St. Clair Avenue  
Cleveland, Ohio 44117-1199

Product: Jetweld LH-70  
Classification: E7018, E7018H4R  
Specification: AWS A5.1:2004, ASME SFA-5.1  
Date: August 01, 2011

**CERTIFICATE OF CONFORMANCE**  
(APPLIES ONLY TO U.S. PRODUCTS)

Q1 Lot Number: 12997524



AWS/ASME Requirements	RESULTS
Electrode Size	1/4 inch
Polarity	DC+
Plate Thickness, mm (in)	25 (1)
Current, A	360
Pass/Layers	20/10
Preheat Temperature, °C (°F)	120 (250)
Interpass Temperature, °C (°F)	150 (300)
Postweld Heat Treatment	As-welded

**Mechanical properties of weld deposits**

Tensile Strength, MPa (ksi)	500 (73)	500 (73)
Yield Strength, 0.2% Offset, MPa (ksi)	420 (60)	430 (62)
Elongation	28	31
Average Impact Energy Joules @ -29 °C (ft-lbs @ -20 °F)	225 (166)	273 (202)
Average Hardness, HRB	202,207,264 (149,153,195)	267,271,282 (197,200,208)
	Not Required	81

**Chemical composition of weld deposits (weight %)**

C	0.15 max.	0.04	0.04
Mn	1.60 max.	1.03	1.11
Si	0.75 max.	0.44	0.46
S	0.035 max.	0.010	0.010
P	0.035 max.	0.007	0.007
Cr	0.20 max.	0.03	0.03
Ni	0.30 max.	0.03	0.02
Mo	0.30 max.	0.01	0.01
V	0.08 max.	0.02	0.02
Mn+Ni+Cr+Mo+V	1.75 max.	1.12	1.19

- This certificate complies with the requirements of EN 10204, Type 2.2
- The electrode sizes required to be tested for this classification are 5/32 inch, 3/16 inch and 1/4 inch. The 3/32 inch, 1/8 inch and 7/32 inch sizes will also meet these requirements.
- Test assembly constructed of ASTM A36 steel.
- Flillet Weld Test (positions as required); Met requirements.
- Radiographic Inspection: Grade 1 - Met requirements.
- Results below the detection limits of the instrument or lower than the precision required by the specification are reported as zero. Strength values in SI units are reported to the nearest 10 MPa converted from actual data. Preheat and Interpass temperature values in SI units are reported to the nearest 5 degrees.

Toronto Cunningham August 01, 2011  
Toronto Cunningham, Certification Supervisor Date

David P. Fink August 02, 2011  
Dave Fink, Manager, Compliance Date  
Engineering, Consumable R&D

## ANEXO B4

### CARACTERÍSTICAS MEDIDOR DIGITAL DE SUPERFICIE.

# Hoja de Datos

## Medidor Digital de Perfil de Superficie Elcometer 224 Modelo S\*

Medidor Digital de Perfil de Superficie  
Elcometer 224 Modelo S

**En resumen:**

Estadísticas integradas:

- Número de lecturas
- Media
- Desviación estándar
- Lectura más alta
- Lectura más baja

Puede ser utilizado en conformidad con:	
ASTM D 4417-B	NSTM 009-32
SANS 5772	

El Medidor Digital de Perfil de Superficie Elcometer 224 S provee una manera precisa de medición de perfiles de superficie en micrones y mils.

El Elcometer 224 S es un medidor ideal para la verificación de calidad de perfiles de superficie. Aunque este equipo no posee una memoria, si despliega los valores estadísticos que son tomados.

El sistema de menu intuitivo en mas de 20 idiomas, hace de este un equipo fácil de manejar

La punta resistente de carburo de tungsteno puede ser utilizada para tomar hasta 20,000 lecturas y puede ser cambiada por el usuario en el campo de trabajo.

- **Resultados precisos y repetibles:**  
Resultados precisos, inmediatos y repetibles todo el tiempo. Mide perfiles de hasta 500µm (20mils)
- **Nivel rápido de lecturas:**  
40+ Lecturas por minuto.
- **Menus intuitivos en multiples idiomas:**  
Permite utilizarlo desde que se saca del empaque.
- **Luz de fondo en pantalla:**  
La amplia luz de fondo permite la fácil visualización de las lecturas.
- **Pantalla digital:**  
Previene malinterpretaciones de las lecturas.
- **Pruebas rentables:**  
El costo por prueba es significativamente más bajo que otros métodos de prueba.
- **Característica de lectura continua:**  
Ideal para la rápida verificación en superficies amplias.
- **Estadísticas integradas:**  
Estadísticas estan disponibles y pueden ser desplegadas en la pantalla cuando se estan tomando las lecturas.
- **Punta de carburo de tungsteno:**  
La punta resistente de carburo de tungsteno puede ser utilizada para tomar hasta 20,000 lecturas.

**Perfil de Superficie**

La preparación adecuada y efectiva de una superficie antes de aplicar el revestimiento es fundamental. Resulta vital comprobar que se ha creado la rugosidad(o perfil) correcta.

Si el perfil es demasiado bajo, se reducirá la adhesión del revestimiento. Si el perfil es muy alto, existe el peligro de que los puntos más elevados del perfil queden sin revestimiento lo cual puede dar lugar a oxidación. Si el perfil se incrementa, también lo hace la superficie aumentando así la cantidad necesaria de revestimiento a ser aplicado. El logro del perfil correcto de superficie permite que la cantidad adecuada de revestimiento sea aplicado permitiendo ahorrar tiempo y dinero.

Existen cuatro diferentes métodos esenciales para pruebas de perfil de superficie:

- Comparadores de superficie
- Método de cinta replica
- Medidores de perfil de superficie
- Rugosímetros.

\* Patente Aplicada

www.elcometer.com

Medidor Digital de Perfil de Superficies Elcometer 224  
Modelo S  
V1.01.07.08

1 / 3

FUENTE: www.elcometer.com.

## ANEXO B5

### CARACTERÍSTICAS CINTAS REPLICAS.

## Hoja de datos

elcometer

### Cinta réplica Testex® Elcometer 122



Cinta réplica Testex® Elcometer 122

La cinta Testex Elcometer 122 consiste en espuma con un respaldo no comprimible. El lado de la espuma se aprieta contra la superficie proporcionando un patrón permanente del perfil pico a valle, que después se puede medir usando el medidor de espesores Elcometer 124.

La cinta Testex Elcometer 122 se dispone en tres márgenes de perfil. Es importante escoger el grado de cinta de modo que refleje el perfil que se está midiendo, porque el uso de un grado de cinta por debajo del valor real puede dar lugar a una "falsa" lectura.

Hay 50 pruebas en cada rollo.

Dimensiones del área de prueba:  
19 x 54 mm (0,75 x 2,13")

Puede utilizarse según  
ASTM D 4417-C  
BS 7079-C5  
ISO 8503-5  
NACE RP0287  
US Navy NSI 009-32  
US Navy PPI 63101-000

Los Estándares de color gris han sido reemplazados pero siguen siendo reconocidos en algunas industrias

#### Perfil de la superficie

El grado de perfil de la superficie afecta al rendimiento general del revestimiento. La altura del perfil (medida entre los picos y los valles) determina aspectos tales como adherencia, cobertura y volumen total del revestimiento utilizado.

Si el perfil es excesivamente grande, aumenta la cantidad de revestimiento necesaria para asegurar una cobertura adecuada, en cualquier otro caso existe el peligro de que los picos queden sin revestir – posibilitando la formación de puntos de óxido. Si el perfil es excesivamente pequeño, puede ser insuficiente el agarre para producir la adherencia adecuada, dando lugar a un fallo prematuro del revestimiento.

Asegurándose que la preparación de la superficie es correcta, se optimiza el rendimiento del revestimiento y el uso del material.

Hay cuatro métodos distintos para probar el perfil de la superficie:

- Comparadores de superficie
- Cinta réplica
- Medidores de perfil de superficie
- Comparadores de rugosidad de la superficie

#### ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

Descripción	Margen de perfiles	Referencia			
		1 rollo	Paquete de 10	Paquete de 50	Paquete de 100
Grueso Elcometer 122	20 – 64 µm (0.5 - 2.5 mil)	E122---B1	E122---B10	E122---B50	E122---B100
X-Grueso Elcometer 122	38 – 115 µm (1.5 - 4.5 mil)	E122---C1	E122---C10	E122---C50	E122---C100
X-Grueso Plus Elcometer 122	116 – 147 µm (4.6 - 5.8 mil)	E122---F1	E122---F10	E122---F50	E122---F100

www.elcometer.com

Cinta réplica Testex® Elcometer 122  
V5: 03.02.11

1 / 3

FUENTE: www.elcometer.com.

## ANEXO B6

### CARACTERÍSTICAS MEDIDOR DE PERFIL DE SUPERFICIE.

## hoja de datos

elcometer®

### Medidor de perfil de superficie Elcometer 123



Medidor de perfil de superficie Elcometer 123

#### Medidor de perfil de superficie Elcometer 123

Se trata de un instrumento fácil de utilizar que mide la altura entre picos y valles de una superficie limpiada a chorro.

El promedio de una serie de mediciones proporciona una indicación de la rugosidad de la superficie y permite comparar las superficies cuando se lleva a cabo la limpieza a chorro.

- Sencillo y económico
- Versión métrica y británica

#### Perfil de la superficie

La preparación adecuada y efectiva de una superficie antes de aplicar el revestimiento es fundamental. Resulta vital comprobar que se ha creado la rugosidad (o perfil) correcta.

Si el perfil es demasiado bajo, se reducirá la adhesión del revestimiento a la superficie. Si es demasiado alto, existe el peligro de que los puntos más elevados del perfil queden sin revestimiento, lo cual puede dar lugar a puntos oxidados.

Puede utilizarse de acuerdo con:	
ASTM D 4417-B	SABS 772

Elcometer 123		
Rango	0 - 1,000µm 0-40 milipulg.	
Resolución de escala	2µm 0,1 milipulg.	
Dimensiones (nominal)	105 x 55 x 25mm 4,1 x 2,2 x 1 pulg.	
Peso	235g 8 onzas	
Alimentación	No se requiere	
Número de pieza	Métrica E123A--M-	Británica E123A--E-
Accesorios	--	

## ANEXO B7

# CARACTERÍSTICAS MEDIDOR DE ESPORES DE PINTURA EN SECO.

Hoja de datoselcometer®

### Medidor de Espesor de Revestimientos de Pintura y Polvo Elcometer 415



Medidor de Espesor de Revestimientos Elcometer 415

Este medidor de fácil uso y bajo costo, proporciona una manera simple, precisa y confiable de medición de revestimientos en sustratos suaves ferrosos (acero) y no ferrosos (aluminio).

El medidor que cuenta con un menú le permite utilizarlo inmediatamente después de desempacarlo.

- **Nivel de lectura rápido y preciso:**  
Superior a 60 lecturas por minuto.
- **Pantalla grande y fácil de leer:**  
La angularidad así como el tamaño de la pantalla son ideales, para que las lecturas puedan verse de todos los ángulos.
- **Característica de simple Calibración Cero:**  
Viene completo con el reajuste de calibración de fábrica si es que no se tiene acceso a el sustrato no revestido.
- **Cambio automático entre sustrato ferroso y no ferroso:**  
Ideal para medir pintura o polvo en tanto superficies de acero como de aluminio.
- **Mediciones Métricas y Británicas:**  
Las lecturas pueden ser mostradas en micrones o mils.
- **Sonda Bigfoot™ para resultados repetibles:**  
Sonda integral con ranura en V que permite el posicionamiento preciso en superficies suaves y planas.
- **Diseño ergonómico para mayor comodidad:**  
Instrumento fácil de sostener permite el uso diario y regular.
- **Instrucciones en pantalla:**  
El usuario es guiado por las funciones del medidor en más de 20 idiomas.
- **Resistente y confiable:**  
Contruido con plástico ABS, este durable medidor es ideal para el ambiente revestimientos de pintura y polvo.

**Medidores de Espesor de Revestimientos**  
Medidores de Espesor de Revestimientos son utilizados para la medición de revestimientos aplicados en todo tipo de superficies metálicas.  
Los medidores de revestimientos digitales son más precisos, más repetibles y más reproducibles que cualquier otro medidor de espesor disponible en el mercado de hoy en día.

Medidores de revestimientos mecánicos son la opción ideal cuando el espesor de revestimientos requiere ser medido en áreas donde baterías no pueden ser utilizadas.

Por ejemplo debajo del agua, donde gases peligrosos estén presentes, estará necesitando una medidor de espesor de revestimiento básico para medición en sustratos ferrosos.

Elcometer ofrece la gama mas completa de medidores de espesor de revestimiento tanto digitales como mecánicos para cumplir con todos sus requerimientos de inspección.

**En Resumen:**  
Rápido, repetible y preciso.  
Pantalla grande.  
Cambio automático entre sustratos de acero (F) o aluminio (NF)  
Sonda central Bigfoot™ para obtener resultados repetibles  
Instrucciones en pantalla  
Diseño resistente y confiable

Se puede utilizar de acuerdo a:	
BS 5411 (11) (3)	BS 3900 (C5)
BS 5599	BS EN ISO 1461
ISO 2178	ISO 2360
ISO 2808	SSPC-PA2 2004
DIN 50984	DIN 50981
ASTM B 244	ASTM B 499
ASTM D 1400	ASTM D 1186

www.elcometer.comMedidor de Pintura y Polvo Elcometer 415  
V1: 23.02.09

FUENTE: www.elcometer.com.

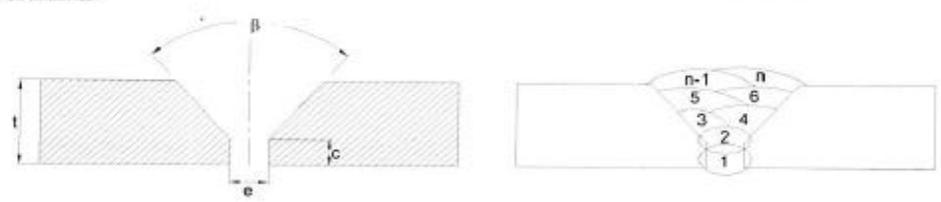
## Anexo C

### ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA “WPS”

### REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADORES “WPQ”

## ANEXO C1

### ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA "WPS" APLICADO A LA CONSTRUCCION DE LINEAS DE FLUJO BAJO EL CODIGO ASME IX.

<b>ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)</b>																																																					
<b>Nombre Compañía:</b> <b>Proyecto :</b> <b>Según norma :</b> ASME IX – 2010 "BOILER & PRESSURE VESSEL CODE" PARTE "WELDING AND BRAZING QUALIFICATION"				<b>WPS No.:</b> <b>PQR de Soporte No.:</b> <b>Fecha :</b> <b>Realizado por:</b>																																																	
<b>ARTÍCULO I. JUNTA UTILIZADA</b>				<b>ARTÍCULO VI. POSICIÓN DE SOLDADURA</b>																																																	
Tipo de junta: Abertura raíz (e): Talón (c): Angulo de ranura (β): Placa de respaldo: Preparar bisel:		<b>A TOPE</b> 3,0 +/- 0.5 mm 1,0 +/- 0.5 mm 60 ° +/- 10 ° Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Posición de Soldadura: <b>6G</b> Progresión: Técnica:		↑ Ascendente / ↑ Ascendente Un pase <input type="checkbox"/> Varios pases <input checked="" type="checkbox"/>																																															
<b>ARTÍCULO II. METAL BASE</b>				<b>ARTÍCULO VII. PRECALENTAMIENTO</b>																																																	
Especificación: Espesor (t): Diámetro: P No. Grupo No.		ASTM A 106 Gr B / API 5L Gr B 9,0 mm. 101,6 mm. (4") SCH 80 1 1		Temperatura: Temperatura entre pases máx: Tiempo entre pases :		N/A N/A N/A																																															
<b>ARTÍCULO III. METAL DE APORTE</b>				<b>ARTÍCULO VIII. TÉCNICA DE SOLDADURA</b>																																																	
Proceso: Especificación (SFA) No. Diámetro : Denominación AWS: F-No. A-No.		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 50%;"></th> <th style="width: 25%;">GTAW</th> <th style="width: 25%;">SMAW</th> </tr> <tr> <td>5.18</td> <td>5.18</td> <td>5.1</td> </tr> <tr> <td>2,4 mm. (3/32")</td> <td>2,4 mm. (3/32")</td> <td>2,4 mm. (3/32")</td> </tr> <tr> <td>E R705-6</td> <td>E R705-6</td> <td>E 7018</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>6</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </table>			GTAW	SMAW	5.18	5.18	5.1	2,4 mm. (3/32")	2,4 mm. (3/32")	2,4 mm. (3/32")	E R705-6	E R705-6	E 7018	6	6	4	1	1	1	Soldadura de: Proceso de soldadura: Tipo de Soldadura:		<b>RANURA</b> GTAW / SMAW Manual <input checked="" type="checkbox"/> Semiautomática <input type="checkbox"/> Automática <input type="checkbox"/> Un lado <input checked="" type="checkbox"/> Dos lados Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Múltiples Múltiples Oscilante																													
	GTAW	SMAW																																																			
5.18	5.18	5.1																																																			
2,4 mm. (3/32")	2,4 mm. (3/32")	2,4 mm. (3/32")																																																			
E R705-6	E R705-6	E 7018																																																			
6	6	4																																																			
1	1	1																																																			
<b>ARTÍCULO IV. GAS DE PROTECCIÓN</b>				<b>ARTÍCULO IX. NOTAS</b>																																																	
Tipo: Caudal:		Argón (Ar) 100% 20 - 25 lt/min.		<ul style="list-style-type: none"> <li>Asegurar limpieza de las partes.</li> <li>Verificar alineación de la junta.</li> </ul>																																																	
<b>ARTÍCULO V. ELECTRODO</b>				<b>ARTÍCULO X. CUADRO DE LAS VARIABLES DE OPERACIÓN</b>																																																	
Especificación (SFA) No. Denominación: Diámetro :		5.12 EWh2 2.4 mm. (3/32")		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">No de pase</th> <th colspan="2">Metal de aporte</th> <th colspan="2">Corriente</th> <th rowspan="2">Tensión de trabajo (Voltios)</th> <th rowspan="2">Vel. De avance (mm/min)</th> <th rowspan="2">Progresión</th> <th colspan="2">Técnica de soldadura</th> </tr> <tr> <th>Clase</th> <th>Diámetro (mm.)</th> <th>Tipo y polaridad</th> <th>Intensidad (Amperios)</th> <th>oscilado</th> <th>Recto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>ER705-6</td> <td>2,4</td> <td>DC</td> <td>100-140</td> <td>10-17</td> <td>50-100</td> <td>Ascendente</td> <td></td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ER705-6</td> <td>2,4</td> <td>DC</td> <td>200-250</td> <td>10-17</td> <td>100-150</td> <td>Ascendente</td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3-n</td> <td>E7018</td> <td>2,4</td> <td>DC<sup>+</sup></td> <td>90-120</td> <td>20-25</td> <td>60-100</td> <td>Ascendente</td> <td>X</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				No de pase	Metal de aporte		Corriente		Tensión de trabajo (Voltios)	Vel. De avance (mm/min)	Progresión	Técnica de soldadura		Clase	Diámetro (mm.)	Tipo y polaridad	Intensidad (Amperios)	oscilado	Recto	1	ER705-6	2,4	DC	100-140	10-17	50-100	Ascendente		X	2	ER705-6	2,4	DC	200-250	10-17	100-150	Ascendente	X		3-n	E7018	2,4	DC <sup>+</sup>	90-120	20-25	60-100	Ascendente	X	
No de pase	Metal de aporte		Corriente		Tensión de trabajo (Voltios)	Vel. De avance (mm/min)	Progresión		Técnica de soldadura																																												
	Clase	Diámetro (mm.)	Tipo y polaridad	Intensidad (Amperios)				oscilado	Recto																																												
1	ER705-6	2,4	DC	100-140	10-17	50-100	Ascendente		X																																												
2	ER705-6	2,4	DC	200-250	10-17	100-150	Ascendente	X																																													
3-n	E7018	2,4	DC <sup>+</sup>	90-120	20-25	60-100	Ascendente	X																																													
<b>Detalle de la Junta</b>																																																					
																																																					

FUENTE: DEPARTAMENTO QA/QC SEMEG CIA. LTDA.

## ANEXO C2

### REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADORES BAJO EL CÓDIGO ASME IX.

<b>REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPQ)</b>				
Nombre Compañía: WPQ No. Soldado de acuerdo al WPS No. PQR de soporte No. Según norma : ASME IX – 2010 "BOILER & PRESSURE VESSEL CODE" PARTE "WELDING AND BRAZING QUALIFICATION"		Fecha de realización : Fecha de expiración : Inspector:		
Nombre del Soldador :		CI #		Codigo No.
Proceso de soldadura :		MANUAL GTAW / SMAW X FCAW		SEMIAUTOMATICO GMAW AUTOMATICO SAW
Tipo y grado del metal base :		ASTM A 106 Gr B / API 5L Gr B Abertura de raíz: 3,0 +/- 0,5 mm.		Espesor: 9,0 mm. Talón : 1,0 +/- 0,5 mm. Angulo de ranura: 60° +/- 10° Diámetro: 101,6 mm (4") SCH 80
Posición de soldadura : 6G		Dirección de Soldadura : ASCENDENTE / ASCENDENTE		Tiempo de soldadura : 60 min.
Soldadura de: RANURA		Metal de aporte :		Denominación AWS: E 7018 Diámetro : 2,4 mm. Especificación SFA : 5.1 F-No. 6 A-No. 1
Electrodo.		Denominación AWS: E WTh2 Diámetro : 2,4 mm. Especificación SFA : 5.12 F-No. 4 A-No. 1		Gas de Protección : Tipo: Argón (Ar) 100% Caudal: 20 - 25 lt/min.
Precalentamiento :		N/A		Temperatura entre pases : N/A
Tipo de máquina de soldar :		LINCOLN ELECTRIC RX 330		Potencia de la máquina de soldar: 7 KVA
PARÁMETRO DE SOLDADURA				
Pase No.	RA12	CALIENTE	RELLENO	PRESENTACIÓN
Proceso :	GTAW	GTAW	SMAW	SMAW
Tipo de electrodo (AWS) :	E WTh2	E WTh2	N/A	N/A
Especificación (SFA) No.	5,12	5,12	N/A	N/A
Diámetro (mm) :	2,4	2,4	N/A	N/A
Material de Aporte (AWS)	ER70S-6	ER70S-6	E7018	E7018
Especificación (SFA) No.	5,18	5,18	5,1	5,1
Diámetro (mm) :	2,4	2,4	2,4	2,4
Velocidad de soldadura (mm /min) :	50-60	100-150	60-100	100-150
Voltaje :	10,5-12	10,5-14	20-25	20-25
Amperaje :	120-130	220-230	90-110	100-120
Dirección : D ↓ A ↑	ASCENDENTE	ASCENDENTE	ASCENDENTE	ASCENDENTE
Tipo de corriente y polaridad :	DC +	DC	DC +	DC +
Código del soldador :	WPQ-GSKV-SEMEG-33B	WPQ-GSKV-SEMEG-33B	WPQ-GSKV-SEMEG-33B	WPQ-GSKV-SEMEG-33B
EXÁMENES				
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS				
INSPECCIÓN VISUAL		Calificado SI		Descalificado
CALIFICADO		SI		DESCALIFICADO
ENSAYOS DESTRUCTIVOS				
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN				
Muestra No.		TRACCIONES		OBSERVACIONES
2		Ident. de Laboratorio Aprobado		Retura en el material base. Ver Anexo "Lab. Análisis de Esfuerzos"
		1T-GSKV-SEMEG-05-B SI		Retura en el material base. Ver Anexo "Lab. Análisis de Esfuerzos"
		2T-GSKV-SEMEG-05-B SI		
ENSAYOS DE TRACCIÓN		Calificado SI		Descalificado
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DOBLADO				
DOBLADOS DE CARA				
Muestra No.		Ident. de Laboratorio Aprobado		OBSERVACIONES
2		1DC-GSKV-SEMEG-05-B SI		Se observa Indicaciones abiertas de 0,2; 0,3; 0,5 y 1,0 mm.
		2DC-GSKV-SEMEG-05-B SI		Se observa indicaciones abiertas de 0,6; 1,4; 1,5; 2,0 y 2,5 mm.
DOBLADOS DE RAIZ				
Muestra No.		Ident. de Laboratorio Aprobado		OBSERVACIONES
2		1DR-GSKV-SEMEG-05-B SI		Se observa indicaciones abiertas de 1,0; 1,1 y 1,8 mm.
		2DR-GSKV-SEMEG-05-B SI		Se observa indicaciones abiertas de 0,3; 0,4; 0,5 y 0,6 mm.
ENSAYOS DE DOBLADO.		Calificado SI		Descalificado
Límites de calificación:				
El Soldador queda habilitado para soldadura de RANURA en tubería para todas las posiciones				
Límite de calificación en material base: Todos los materiales especificados con: P No. 1 y Grupo No. 1				
El rango de calificación en diámetros es de: 73 mm. ≤ Ø ≤ ilimitado (2 7/8" ≤ Ø ≤ ilimitado)				
El rango de espesor de Material Base Qualificado es de: 1,6 mm. ≤ t ≤ 18,0 mm. (1/16" ≤ t ≤ 23/32")				
Los rangos de calificación en espesor de materiales de aporte son:				
Proceso	Especificación AWS	Rango de espesor	F No.	A No.
GTAW	ER70S-6	1,6 mm. ≤ t ≤ 11,0 mm.	F No. 6	A No. 1
SMAW	E 7018	1,6 mm. ≤ t ≤ 7,0 mm.	F No. 4	A No. 1
Observaciones : El respaldo de los ensayos no destructivos y destructivos se encuentran en el informe Técnico GSKV - 12 - 05 - B.				
Nosotros certificamos que las especificaciones de este registro de soldadura son correctas, y que además los cupones fueron soldados y ensayados de acuerdo a los requerimientos de la norma ASME IX – 2010 "BOILER & PRESSURE VESSEL CODE" PARTE "WELDING AND BRAZING QUALIFICATION", para calificación de soldadores.				

FUENTE: DEPARTAMENTO QA/QC SEMEG CIA. LTDA.

Anexo D

**REGISTROS PARA  
REPORTE DIARIO DE  
SOLDADURA**

<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	
<b>REPORTE DIARIO DE SOLDADURA</b>	
CONTRATISTA: SEMEG CIA. LTDA	CLIENTE: COMPANIA DE ECONOMIA MIXTA
PROYECTO:	
CODIGO.:	PAGINA 1 de 1
REPORTE No.: 01	FECHA : 11/08/2011

MATERIAL DE TUBERIA: API 5L A -106					TIPO DE REVESTIMIENTO Scotchkote 323															P.S.: GTAW / SMAW M.A.: ER 70 S-6 , E 7018									
N°	LINEA	JUNTA N°	ABSCISA	TUBO N°	L	D	E.P.	RAIZ		CAL.		RELL.		RELL.		RELL.		RELL.		RELL.		CAPA		INS. VISUAL		INSP. RADIOGR.		COMENTARIOS	
					m	mm	mm	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I		AC.
1	1	J0/11	0+046	8	5,80	114,30	6,02	01	01	01	01	01	01										01	01				OK	
2	1	J0/13	0+058	10	5,80	114,30	6,02	01	01	01	01	01	01										01	01				OK	
3	1	J0/15	0+069	13	5,80	114,30	6,02	01	01	01	01	01	01										01	01				OK	
4	1	J0/17	0+081	15	5,80	114,30	6,02	01	01	01	01	01	01										01	01				OK	
5	1	J0/19	0+092	17	5,80	114,30	6,02	01	01	01	01	01	01										01	01				OK	
6	2	J0/09	0+034	6	5,80	114,30	6,02	02	02	02	02	02	02										02	02				OK	
7	2	J0/11	0+050	10	5,80	114,30	6,02	02	02	02	02	02	02										02	02				OK	
8	2	J0/13	0+062	12	5,80	114,30	6,02	02	02	02	02	02	02										02	02				OK	
9	2	J0/15	0+073	14	5,80	114,30	6,02	02	02	02	02	02	02										02	02				OK	
10	2	J0/03	0+006	1	5,80	114,30	6,02	01	01	01	01	01	01										01	01				OK	
11	3	J0/03	0+006	1	5,80	114,30	6,02	02	02	02	02	02	02										02	02				OK	
12	3	J0/09	0+032	7	5,80	114,30	6,02	02	02	02	02	02	02										02	02				OK	
13	3	J0/11	0+043	9	5,80	114,30	6,02	02	02	02	02	02	02										02	02			X		CP (33-36) cm
14	3	J0/13	0+055	11	5,80	114,30	6,02	01	01	01	01	01	01										01	01				OK	

NOMENCLATURA:	P.S.:	PROCESO DE SOLDADURA	INS. RADIOGR. - R.T.:	INSPECCION RADIOGRAFICA
	M.A.:	MATERIAL DE APORTE		
	L	LONGITUD	R.I.R.:	REPORTE DE INSPECCION RADIOGRAFICO
	D	DIAMETRO	D:	DERECHA
	E.P.:	ESPESOR DE PARED	I:	IZQUIERDA
	CAL.:	PASE CALIENTE	AC.:	ACEPTADO
	RELL.:	PASE DE RELLENO	RCH.:	RECHAZADO
INS. VISUAL:	INSPECCION VISUAL			

	<b>REGISTRADO POR</b>	<b>REVISADO POR</b>	<b>POR EL CLIENTE</b>
NOMBRE :	Egdo. Paul Álvarez	Ing. Alejandro Moretta	
CARGO :	EJECUTOR	TUTOR	
FIRMA :			
FECHA :	11/08/2011	11/08/2011	



CONTROL DE CALIDAD																												
REPORTE DIARIO DE SOLDADURA																												
CONTRATISTA: SEMEG CIA. LTDA										CLIENTE: COMPANIA DE ECONOMIA MIXTA																		
PROYECTO:																												
CODIGO.:										PAGINA 1 de 1																		
REPORTE No.: 03										FECHA: 13/08/2011																		
MATERIAL DE TUBERIA: API 5L A-106					TIPO DE REVESTIMIENTO Scotchkote 323										P.S.: GTAW / SMAW M.A.: ER 70 S-6 , E 7018													
N°	LINEA	JUNTA N°	ABSCISA	TUBO N°	L	D	E.P.	RAIZ		CAL.		RELL.		RELL.		RELL.		RELL.		CAPA		INS. VISUAL		INSP. RADIOGR.		COMENTARIOS		
					m	mm	mm	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I		AC.	RCH.
1	1	J0/04	0+012	2	5,80	114,30	6,02	02	02	02	02	02	02								02	02				OK		
2	2	J0/04	0+012	2	5,80	114,30	6,02	01	01	01	01	01	01								01	01				OK		
3	3	J0/04	0+012	2	5,80	114,30	6,02	02	02	02	02	02	02								02	02				OK		





<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	
<b>REPORTE DIARIO DE SOLDADURA</b>	
CONTRATISTA: SEMEG CIA. LTDA	CLIENTE: COMPANIA DE ECONOMIA MIXTA
PROYECTO:	
CODIGO.:	PAGINA 1 de 1
REPORTE No.: 06	FECHA: 16/08/2011

MATERIAL DE TUBERIA: API 5L A -106					TIPO DE REVESTIMIENTO Scotchkote 323															P.S.: GTAW / SMAW M.A.: ER 70 S-6 , E 7018										
N°	LINEA	JUNTA N°	ABSCISA	TUBO N°	L	D	E.P.	RAIZ		CAL.		RELL.		RELL.		RELL.		RELL.		RELL.		CAPA		INS. VISUAL		INSP. RADIOGR.			COMENTARIOS	
					m	mm	mm	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	AC.		RCH.
1	1	J0/20	0+098	18	5,30	114,30	6,02	01	01	01	01	01	01										01	01					OK	
2	1	J0/21	0+102	19	3,75	114,30	6,02	02	02	02	02	02	02										02	02					OK	
3	2	J0/10	0+039	7	5,80	114,30	6,02	01	01	01	01	01	01										01	01					OK	
4	2	J0/16	0+079	15	5,80	114,30	6,02	02	02	02	02	02	02										02	02					OK	
5	2	J0/18	0+084	16	4,55	114,30	6,02	01	01	01	01	01	01										01	01					OK	
6	3	J0/15	0+065	13	4,60	114,30	6,02	01	01	01	01	01	01										01	01					OK	

NOMENCLATURA:	P.S.:	PROCESO DE SOLDADURA	INS. RADIOGR. - R.T.:	INSPECCION RADIOGRAFICA
	M.A.:	MATERIAL DE APORTE		
	L	LONGITUD	R.I.R.:	REPORTE DE INSPECCION RADIOGRAFICO
	D	DIAMETRO	D:	DERECHA
	E.P.:	ESPESOR DE PARED	I:	IZQUIERDA
	CAL.:	PASE CALIENTE	AC.:	ACEPTADO
	RELL.:	PASE DE RELLENO	RCH.:	RECHAZADO
	INS. VISUAL:	INSPECCION VISUAL		

	<b>REGISTRADO POR</b>	<b>REVISADO POR</b>	<b>POR EL CLIENTE</b>
NOMBRE :	Egdo. Paul Álvarez	Ing. Alejandro Moretta	
CARGO :	EJECUTOR	TUTOR	
FIRMA :			
FECHA :	16/08/2011	16/08/2011	



Anexo E

REGISTROS PARA

REPORTE DE PREPARACIÓN DE

SUPERFICIE Y APLICACIÓN DE

PINTURA

	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	
<b>REPORTE DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE Y APLICACIÓN DE PINTURA</b>		

<b>CLIENTE:</b> COMPAÑÍA DE ECONOMÍA MIXTA	<b>PROYECTO:</b> CONSTRUCCION DE LAS LINEAS DE FLUJO O.D 4 1/2" SCH 80, PLATAFORMA SACHA 20
<b>ESTRUCTURA:</b> N/A	<b>FECHA:</b> 25/08/2011
<b>EQUIPO:</b> N/A	<b>REPORTE:</b> 01
<b>TUBERÍA:</b> LINEA DE FLUJO DESDE POZO HACIA MANIFOLD (API 5L A -106)	<b>ISOMETRICO:</b>
<b>OTROS:</b> N/A	

CONDICIONES CLIMÁTICAS											PREPARACIÓN DE SUPERFICIE	
DÍA No. :	HORA										MECANICA <input checked="" type="checkbox"/> PUNTUAL <input type="checkbox"/>	
	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	TIPO DE PREPARACION	
TEMPERATURA AMBIENTE °C :				31,2	31,3	32,9	33,1	31,4	32,5		<b>ESPECIFICACION SSPC: SP-10</b> <b>ABRASIVO : MINERAL ABRASIVO No: 1,5</b> <b>PERFIL DE ANCLAJE: 2,5 - 3,0 MILS</b>	
TEMPERATURA SUPERFICIAL °C:				32,7	32,7	33,3	34,1	32,1	33,3			
HUMEDAD RELATIVA %:				65,2	64	64,2	62,8	63,7	62,8			
PUNTO DE ROCÍO °C:				24,3	24,5	24,4	24,6	23,6	24,5			
DIFFERENCIAL °C				6,4	7,2	6,7	7,6	6,8	7			

APLICACIÓN DE PINTURA										MÉTODO DE APLICACIÓN	ACEPTADO
CAPA	PINTURA	TIPO DE PINTURA	ENVASE No.	THINNER	ESPESOR APLICADO	Mediciones		WFT/Humedo	DFT/Seco		
1	3M	Scotchkote	S/D	NA	NA	14,3	14,3			MANUAL	SI
2	3M	Scotchkote	S/D	NA	NA	12,6	12,6	MANUAL	SI		
						<b>PROMEDIO</b>	<b>26,9 MILS</b>				

CHEQUEO FINAL Y OTRAS INSPECCIONES		
TUBOS LIBERADOS	RESULTADOS	OBSERVACIONES
LINEA 1.- T1, T2, T3, COD01, BRIDA1	OK	REPARACIONES EXITOSAS
LINEA 2.- T1, T2, T3, COD01, BRIDA1	OK	REPARACIONES EXITOSAS
LINEA 3.- T1, T2, COD01, BRIDA1	OK	REPARACIONES EXITOSAS

Cinta adhesiva de la prueba de perfil de anclaje

**INFORME FOTOGRAFICO**



	REGISTRADO POR:	REVISADO POR:	POR EL CLIENTE:
<b>NOMBRE:</b>	Egdo. Paul Álvarez	Ing. Alejandro Moretta	
<b>CARGO:</b>	EJECUTOR	TUTOR	
<b>FIRMA:</b>			
<b>FECHA:</b>	25-ago-11	25-ago-11	

	CONTROL DE CALIDAD	
REPORTE DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE Y APLICACIÓN DE PINTURA		

<b>CLIENTE:</b> COMPANÍA DE ECONOMÍA MIXTA	<b>PROYECTO:</b> CONSTRUCCION DE LAS LINEAS DE FLUJO O.D 4 1/2" SCH 80, PLATAFORMA SACHA 20
<b>ESTRUCTURA:</b> N/A	<b>FECHA:</b> 26/08/2011
<b>EQUIPO:</b> N/A	<b>REPORTE:</b> 02
<b>TUBERÍA:</b> LINEA DE FLUJO DESDE POZO HACIA MANIFOLD (API 5L A -106)	<b>ISOMETRICO:</b>
<b>OTROS:</b> N/A	

CONDICIONES CLIMÁTICAS											PREPARACIÓN DE SUPERFICIE	
DÍA No. :	HORA										MECANICA	PUNTUAL
	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TEMPERATURA AMBIENTE °C :			31,1	31,3	31,5	31,3	32,6	32,6			TIPO DE PREPARACION	
TEMPERATURA SUPERFICIAL °C:			41,7	40,9	40,7	37,2	36,4	36,4			ESPECIFICACION SSPC: <b>SP-10</b>	
HUMEDAD RELATIVA %:			64,9	66,1	64,8	61,6	59,6	59,7			ABRASIVO : <b>MINERAL ABRASIVO No: 1,5</b>	
PUNTO DE ROCÍO °C:			23,8	24,2	24	23	23,7	23,4			PERFIL DE ANCLAJE: <b>2,5 - 3,0 MILS</b>	
DIFFERENCIAL °C			18	16,7	16,6	14,2	12,7	12,7				

APLICACIÓN DE PINTURA									
CAPA	PINTURA	TIPO DE PINTURA	ENVASE No.	THINNER	ESPESOR APLICADO	Mediciones		MÉTODO DE APLICACIÓN	ACEPTADO
						WFT/Humedo	DFT/Seco		
1	3M	Scotchkote	S/D	NA	NA	12,5	12,5	MANUAL	SI
2	3M	Scotchkote	S/D	NA	NA	13,6	13,6	MANUAL	SI
						<b>PROMEDIO</b>	<b>26,1 MILS</b>		

CHEQUEO FINAL Y OTRAS INSPECCIONES		
TUBOS LIBERADOS	RESULTADOS	OBSERVACIONES
LINEA 1.- T4, T5, T6, T7, CODO2	OK	REPARACIONES EXITOSAS
LINEA 2.- T4, T5, T6, CODO2	OK	REPARACIONES EXITOSAS
LINEA 3.- T3, T4, CODO2	OK	REPARACIONES EXITOSAS

Cinta adhesiva de la prueba de perfil de anclaje

INFORME FOTOGRAFICO



Foto 4.4. Limpieza con chorro abrasivo "granallado"  
Fuente: Egdo. Paul Álvarez



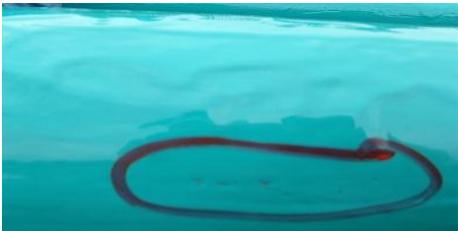
Foto 4.5. Aplicación de resina epoxica Scotchkote  
Fuente: Egdo. Paul Álvarez



Foto 4.6. Medición de cinta replica  
Fuente: Egdo. Paul Álvarez

	REGISTRADO POR:	REVISADO POR:	POR EL CLIENTE:
<b>NOMBRE:</b>	Egdo. Paul Álvarez	Ing. Alejandro Moretta	
<b>CARGO:</b>	EJECUTOR	TUTOR	
<b>FIRMA:</b>			
<b>FECHA:</b>	26-ago-11	26-ago-11	

		CONTROL DE CALIDAD										
		REPORTE DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE Y APLICACIÓN DE PINTURA										
CLIENTE: COMPANÍA DE ECONOMÍA MIXTA					PROYECTO: CONSTRUCCION DE LAS LINEAS DE FLUJO O.D 4 1/2" SCH 80, PLATAFORMA SACHA 20							
ESTRUCTURA: N/A					FECHA: 27/08/2011							
EQUIPO: N/A					REPORTE: 03							
TUBERÍA: LINEA DE FLUJO DESDE POZO HACIA MANIFOLD (API 5L A -106)					ISOMETRICO:							
OTROS: N/A												
CONDICIONES CLIMÁTICAS										PREPARACIÓN DE SUPERFICIE		
DÍA No. :	HORA										MECANICA <input checked="" type="checkbox"/> PUNTUAL <input type="checkbox"/>	
	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	TIPO DE PREPARACION	
TEMPERATURA AMBIENTE °C :	25,5	29,8	28	34,1	34,4						ESPECIFICACION SSPC: SP-10	
TEMPERATURA SUPERFICIAL °C:	25,9	29,4	32,9	39,2	40,2						ABRASIVO : MINERAL ABRASIVO No: 1,5	
HUMEDAD RELATIVA %:	79,6	62,8	77,7	55,8	51,5						PERFIL DE ANCLAJE: 2,5 - 3,0 MILS	
PUNTO DE ROCÍO °C:	21,7	22	23,7	23,9	23							
DIFFERENCIAL °C	4,2	7,5	9,2	15,2	17,3							
APLICACIÓN DE PINTURA												
CAPA	PINTURA	TIPO DE PINTURA	ENVASE No.	THINNER	ESPESOR APLICADO	Mediciones		METODO DE APLICACIÓN	ACEPTADO			
						WFT/Humedo	DFT/Seco					
1	3M	Scotchkote	S/D	NA	NA	14,7	14,7	MANUAL	SI			
2	3M	Scotchkote	S/D	NA	NA	12,1	12,1	MANUAL	SI			
						PROMEDIO	26,8 MILS					
CHEQUEO FINAL Y OTRAS INSPECCIONES												
TUBOS LIBERADOS					RESULTADOS			OBSERVACIONES				
LINEA 1.- T8, T9, T10, CODO3, BRIDA2					OK			REPARACIONES EXITOSAS				
LINEA 2.- T7, T8, T9, CODO3, BRIDA2					OK			REPARACIONES EXITOSAS				
LINEA 3.- T5, T6, T7, CODO3 BRIDA2					OK			REPARACIONES EXITOSAS				
Cinta adhesiva de la prueba de perfil de anclaje												
INFORME FOTOGRAFICO												
												
Foto 4.7. Medición de espesores de pintura Fuente: Egdo. Paul Álvarez				Foto 4.8. Medidor digital de espesores Fuente: Egdo. Paul Álvarez				Foto 4.9. Granalla mineral "black beauty" Fuente: Egdo. Paul Álvarez				
NOMBRE:			REGISTRADO POR:			REVISADO POR:			POR EL CLIENTE:			
Egdo. Paul Álvarez			Egdo. Paul Álvarez			Ing. Alejandro Moretta						
CARGO:			EJECUTOR			TUTOR						
FIRMA:												
FECHA:			27-ago-11			27-ago-11						

		CONTROL DE CALIDAD											
		REPORTE DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE Y APLICACIÓN DE PINTURA											
CLIENTE: COMPANÍA DE ECONOMÍA MIXTA					PROYECTO: CONSTRUCCION DE LAS LINEAS DE FLUJO O.D. 4 1/2" SCH 80, PLATAFORMA SACHA 20								
ESTRUCTURA: N/A					FECHA: 28/08/2011								
EQUIPO: N/A					REPORTE: 04								
TUBERÍA: LINEA DE FLUJO DESDE POZO HACIA MANIFOLD (API 5L A -106)					ISOMETRICO:								
OTROS: N/A													
CONDICIONES CLIMÁTICAS										PREPARACIÓN DE SUPERFICIE			
DÍA No. :	HORA										MECANICA <input checked="" type="checkbox"/> PUNTUAL <input type="checkbox"/>		
	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	TIPO DE PREPARACION		
TEMPERATURA AMBIENTE °C :	26	27	24,1	29,1	29,2	30,9	29,7	28,8	32,1	32,3	ESPECIFICACION SSPC: SP-10		
TEMPERATURA SUPERFICIAL °C:	28,4	31,5	34,3	36,1	39,1	40,5	39,8	35,3	38,3	38,4	ABRASIVO : MINERAL ABRASIVO No: 1,5		
HUMEDAD RELATIVA %:	81,6	75,6	68,9	69,8	70,3	65,1	69,3	65,4	57,7	56,6	PERFIL DE ANCLAJE: 2,5 - 3,0 MILS		
PUNTO DE ROCÍO °C:	22,6	22,4	22,5	22,3	23,2	23,4	23,4	21,8	27,6	27,3			
DIFFERENCIAL °C	6,3	9,1	11,8	13,8	15,9	17,1	16,4	13,5	15,7	15			
APLICACIÓN DE PINTURA													
CAPA	PINTURA	TIPO DE PINTURA	ENVASE No.	THINNER	ESPESOR APLICADO	Mediciones		MÉTODO DE APLICACIÓN	ACEPTADO				
						WFT/Humedo	DFT/Seco						
1	3M	Scotchkote	S/D	NA	NA	15,3	15,3	MANUAL	SI				
2	3M	Scotchkote	S/D	NA	NA	11,8	11,8	MANUAL	SI				
						PROMEDIO	27,1 MILS						
CHEQUEO FINAL Y OTRAS INSPECCIONES													
TUBOS LIBERADOS					RESULTADOS			OBSERVACIONES					
LINEA 1.- T11, T12, T13, T14, CODO4					OK			REPARACIONES EXITOSAS					
LINEA 2.- T10, T11, T12, CODO4					OK			REPARACIONES EXITOSAS					
LINEA 3.- T8, T9, T10, CODO4					OK			REPARACIONES EXITOSAS					
Cinta adhesiva de la prueba de perfil de anclaje													
INFORME FOTOGRAFICO													
													
Foto 4.10. Presencia de "Hollidays" en revestimiento Fuente: Egdo. Paul Álvarez				Foto 4.11. Aplicación de cinta replica Fuente: Egdo. Paul Álvarez				Foto 4.12. Lectura perfil de anclaje Fuente: Egdo. Paul Álvarez					
REGISTRADO POR:			REVISADO POR:			POR EL CLIENTE:							
NOMBRE: Egdo. Paul Álvarez			NOMBRE: Ing. Alejandro Moretta										
CARGO: EJECUTOR			CARGO: TUTOR										
FIRMA:			FIRMA:										
FECHA: 28-ago-11			FECHA: 28-ago-11										

	CONTROL DE CALIDAD	
REPORTE DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE Y APLICACIÓN DE PINTURA		

CLIENTE: COMPANÍA DE ECONOMÍA MIXTA	PROYECTO: CONSTRUCCION DE LAS LINEAS DE FLUJO O.D 4 1/2" SCH 80, PLATAFORMA SACHA 20
ESTRUCTURA: N/A	FECHA: 29/08/2011
EQUIPO: N/A	REPORTE: 05
TUBERÍA: LINEA DE FLUJO DESDE POZO HACIA MANIFOLD (API 5L A -106)	ISOMETRICO:
OTROS: N/A	

CONDICIONES CLIMÁTICAS											PREPARACIÓN DE SUPERFICIE	
DÍA No. :	HORA										MECANICA <input checked="" type="checkbox"/> PUNTUAL <input type="checkbox"/>	
	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	TIPO DE PREPARACION	
TEMPERATURA AMBIENTE °C :	27,6	28,7	31,6	32,4	33,7	34,1	33,5	32,9	38,8	38,2	ESPECIFICACION SSPC: SP-10	
TEMPERATURA SUPERFICIAL °C:	28,7	34,2	35,8	35,2	35	37,2	35	33,3	41,8	38,8	ABRASIVO : MINERAL ABRASIVO No: 1,5	
HUMEDAD RELATIVA %:	73,5	70,4	61,4	60	57,6	45,9	48,7	51,7	48,5	48	PERFIL DE ANCLAJE: 2,5 - 3,0 MILS	
PUNTO DE ROCÍO °C:	22,8	23	23,3	23,9	24,3	23,1	22,1	22,1	22	21,9		
DIFFERENCIAL °C	4,8	11,2	12,5	11,3	10,7	14	12,9	11,2	19,8	19		

APLICACIÓN DE PINTURA									
CAPA	PINTURA	TIPO DE PINTURA	ENVASE No.	THINNER	ESPESOR APLICADO	Mediciones		METODO DE APLICACIÓN	ACEPTADO
						WFT/Humedo	DFT/Seco		
1	3M	Scotchkote	S/D	NA	NA	14,3	14,3	MANUAL	SI
2	3M	Scotchkote	S/D	NA	NA	12,6	12,6	MANUAL	SI
						PROMEDIO	26,9 MILS		

CHEQUEO FINAL Y OTRAS INSPECCIONES		
TUBOS LIBERADOS	RESULTADOS	OBSERVACIONES
LINEA 1.- T15, T16, T17, T18	OK	REPARACIONES EXITOSAS
LINEA 2.- T13, T14, T15	OK	REPARACIONES EXITOSAS
LINEA 3.- T11, T12	OK	REPARACIONES EXITOSAS

Cinta adhesiva de la prueba de perfil de anclaje

INFORME FOTOGRAFICO

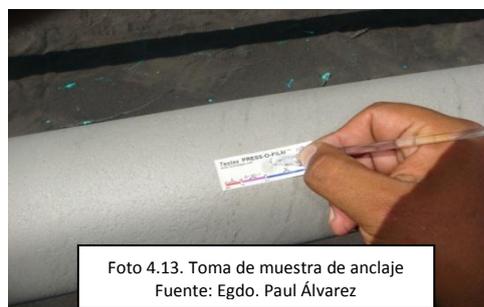


Foto 4.13. Toma de muestra de anclaje  
Fuente: Egdo. Paul Álvarez



Foto 4.14. Medición cinta replica  
Fuente: Egdo. Paul Álvarez



Foto 4.15. Medición perfil de anclaje  
Fuente: Egdo. Paul Álvarez

	REGISTRADO POR:	REVISADO POR:	POR EL CLIENTE:
NOMBRE:	Egdo. Paul Álvarez	Ing. Alejandro Moretta	
CARGO:	EJECUTOR	TUTOR	
FIRMA:			
FECHA:	29-ago-11	29-ago-11	

Anexo F

REGISTROS PARA  
REPORTE DE ZANJADO Y  
TENDIDO DE TUBERÍA

<b>CONTROL DE CALIDAD</b>									
<b>ZANJADO DE TUBERÍA LÍNEAS DE FLUJO</b>									
<b>PROYECTO:</b>	CONSTRUCCION DE LAS LINEAS DE FLUJO O.D 4 1/2" , PLATAFORMA SACHA 20								
<b>CLIENTE:</b>	COMPANIA DE ECONOMIA MIXTA								
<b>CONTRATISTA:</b>	SEMEG CIA. LTDA								
<b>FECHA:</b>	06/09/2011								
<b>CODIGO:</b>	Página 1 de 1								
<b>REVISION:</b>	0								
<b>REPORTE No.</b>	01								
<b>DESARROLLO</b>									
<b>MATERIAL: API 5L A-106</b>									
ITEM	FECHA	COD. LINEA L1	DIAMETRO (pig)	CEDULA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	AVANCE DIARIO (MTS.)	AVANCE ACUMULADO (MTS.)	OBSERVACIONES
1	02/09/2011	W 20 - 4" - OC - A - 250 D	4	80	0+000	0+018	18,00	18,00	
2	03/09/2011	W 20 - 4" - OC - A - 250 D	4	80	0+018	0+065	47,00	65,00	
3	04/09/2011	W 20 - 4" - OC - A - 250 D	4	80	0+065	0+105	40,00	105,00	
									Avance acumulado (m): 105,00
ITEM	FECHA	COD. LINEA L2	DIAMETRO (pig)	CEDULA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	AVANCE DIARIO (MTS.)	AVANCE ACUMULADO (MTS.)	OBSERVACIONES
1	02/09/2011	W20 -4" - OC - A - 251D	4	80	0+000	0+017	17,00	17,00	
2	03/09/2011	W20 -4" - OC - A - 251D	4	80	0+017	0+046	29,00	46,00	
3	04/09/2011	W20 -4" - OC - A - 251D	4	80	0+046	0+089	41,00	87,00	
									Avance acumulado (m): 87,00
ITEM	FECHA	COD. LINEA L3	DIAMETRO (pig)	CEDULA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	AVANCE DIARIO (MTS.)	AVANCE ACUMULADO (MTS.)	OBSERVACIONES
1	02/09/2011	W 20 - 4" - OC - A - 249D	4	80	0+000	0+016	16,00	16,00	
2	03/09/2011	W 20 - 4" - OC - A - 249D	4	80	0+016	0+027	11,00	27,00	
3	04/09/2011	W 20 - 4" - OC - A - 249D	4	80	0+027	0+071	42,00	69,00	
									Avance acumulado (m): 69,00
<b>REGISTRADO POR</b>		<b>REVISADO POR</b>		<b>CLIENTE</b>					
Egdo. Paul Álvarez		Ing. Alejandro Moretta							
<b>CARGO:</b>		<b>CARGO:</b>		<b>CARGO:</b>					
EJECUTOR		TUTOR							
<b>FIRMA:</b>		<b>FIRMA:</b>		<b>FIRMA:</b>					
<b>FECHA:</b>		<b>FECHA:</b>		<b>FECHA:</b>					
06/04/2011		06/04/2011		06/04/2011					

<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	
<b>TENDIDO DE TUBERÍA LÍNEAS DE FLUJO</b>	
<b>PROYECTO:</b>	CONSTRUCCIÓN DE LAS LINEAS DE FLUJO O.D 4 1/2" , PLATAFORMA SACHA 20
<b>CLIENTE:</b>	COMPANIA DE ECONOMIA MIXTA
<b>CONTRATISTA:</b>	SEMEG CIA. LTDA
<b>FECHA:</b>	06/09/2011
<b>DESARROLLO L1</b>	

<b>MATERIAL: API 5L A-106</b>									
ITEM	FECHA	COD. LINEA 1	COLADA	No. TUBOS	DIAMETRO (pulg)	CEDULA	LONGITUD (m)	INSP. Visual	OBSERVACIONES
1	02/09/2011	W20-4"-OC-A-250D	210025	2	4	80	12	OK	
2	03/09/2011	W20-4"-OC-A-250D	210025	1	4	80	5.8	OK	
3	04/09/2011	W20-4"-OC-A-250D	210025	8	4	80	47	OK	
4	05/09/2011	W20-4"-OC-A-250D	210025	7	4	80	40.2	OK	
						<b>TOTAL</b>	<b>105</b>		

NOTA. INCLUYE 4 CODOS 4X90 SCH 80 Y 2 BRIDAS 4" SCH 80 #300

**INFORME FOTOGRAFICO**



Foto 4.16. Tendido de líneas  
Fuente: Egdo. Paul Álvarez



Foto 4.17. Izejaje de líneas  
Fuente: Egdo. Paul Álvarez



Foto 4.18. Tendido e izaje de líneas  
Fuente: Egdo. Paul Álvarez

NA : NO APLICA  
S / DL : SIN DENOMINACIÓN LEGIBLE

<b>NOMBRE:</b>	Egdo. Paul Álvarez	<b>REGISTRADO POR</b>	Egdo. Paul Álvarez	<b>REVISADO POR</b>	Ing. Alejandro Moretta	<b>CLIENTE</b>	
<b>CARGO:</b>	EJECUTOR	<b>EJECUTOR</b>		<b>TUTOR</b>			
<b>FIRMA:</b>							
<b>FECHA:</b>	06/09/2011		06/09/2011		06/09/2011		

<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	
<b>TENDIDO DE TUBERÍA LÍNEAS DE FLUJO</b>	
<b>PROYECTO:</b>	CONSTRUCCION DE LAS LINEAS DE FLUJO O.D. 4 1/2" , PLATAFORMA SACHA 20
<b>CLIENTE:</b>	COMPANIA DE ECONOMIA MIXTA
<b>CONTRATISTA:</b>	SEMEG CIA. LTDA
<b>FECHA:</b>	06/09/2011
<b>DESARROLLO L2</b>	

MATERIAL: API 5L A-106									
ITEM	FECHA	COD. LINEA 2	COLADA	No. TUBOS	DIAMETRO (pulg)	CEDULA	LONGITUD (m)	INSP. Visual	OBSERVACIONES
1	02/09/2011	W20-4"-OC-A-251D	210025	2	4	80	11,6	OK	
2	03/09/2011	W20-4"-OC-A-251D	210025	2	4	80	11,6	OK	
3	04/09/2011	W20-4"-OC-A-251D	210025	5	4	80	29	OK	
4	05/09/2011	W20-4"-OC-A-251D	210025	6	4	80	34,8	OK	
						<b>TOTAL</b>	<b>87</b>		

NOTA. INCLUYE 4 CODOS 4X90 SCH 80 Y 2 BRIDAS 4" SCH 80 #300

**INFORME FOTOGRAFICO**



Foto 4.19. Tendido de líneas en zanja  
Fuente: Egdo. Paul Álvarez



Foto 4.20. Preparación de líneas previo al tendido  
Fuente: Egdo. Paul Álvarez



Foto 4.21. Apoyo de líneas sobre sacos de arena  
Fuente: Egdo. Paul Álvarez

IVA - NO APLICA

S/DL: SIN DENOMINACIÓN LEGIBLE

<b>NOMBRE:</b>	Egdo. Paul Álvarez	<b>REGISTRADO POR</b>	Egdo. Paul Álvarez	<b>REVISADO POR</b>	Ing. Alejandro Moretta	<b>CLIENTE</b>	
<b>CARGO:</b>	EJECUTOR				TUTOR		
<b>FIRMA:</b>							
<b>FECHA:</b>	06/09/2011						06/09/2011

<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	
<b>TENDIDO DE TUBERÍA LÍNEAS DE FLUJO</b>	
PROYECTO:	CONSTRUCCION DE LAS LINEAS DE FLUJO O.D 4 1/2", PLATAFORMA SACHA 20
CLIENTE:	COMPANIA DE ECONOMIA MIXTA
CONTRATISTA:	SEMEG CIA. LTDA
FECHA:	06/09/2011
Página 1 de 1	
REVISION: 0	
REPORTE No. 03	

<b>DESARROLLO L3</b>									
<b>MATERIAL: API 5L A-106</b>									
ITEM	FECHA	COD. LINEA 3	COLADA	No. TUBOS	DIAMETRO (pulg)	CEDULA	LONGITUD (m)	INSP. Visual	OBSERVACIONES
1	02/09/2011	W20-4"-OC-A-249D	210025	2	4	80	12	OK	
2	03/09/2011	W20-4"-OC-A-249D	210025	1	4	80	3,65	OK	
3	04/09/2011	W20-4"-OC-A-249D	210025	2	4	80	9,85	OK	
4	05/09/2011	W20-4"-OC-A-249D	210025	7	4	80	43,5	OK	
<b>TOTAL</b>							<b>69</b>		

NOTA: INCLUYE 4 CODOS 4X90 SCH 80 Y 2 BRIDAS 4" SCH 80 #300

**INFORME FOTOGRAFICO**

 <p>Foto 4.22. Preparación para izaje de tubería Fuente: Egdo. Paul Álvarez</p>	 <p>Foto 4.23. Izaje de tubería con maquinaria pesada Fuente: Egdo. Paul Álvarez</p>	 <p>Foto 4.24. Tubería revestida y doblada Fuente: Egdo. Paul Álvarez</p>
---	---	---

N/A : NO APLICA  
S/DL: SIN DENOMINACIÓN LEGIBLE

<b>REGISTRADO POR</b>		<b>REVISADO POR</b>		<b>CLIENTE</b>	
Egdo. Paul Álvarez		Ing. Alejandro Moretta			
EJECUTOR		TUTOR			
FIRMA:					
FECHA:		06/04/2011		06/04/2011	

Anexo G

REGISTROS PARA

REPORTE DE PRUEBAS DE

REVESTIMIENTO DE TUBERÍA

ENTERRADA

**CONTROL DE CALIDAD**  
**"HOLLIDAY DETECTION"**  
**PRUEBAS PARA REVESTIMIENTO DE TUBERIA ENTERRADA**

PROYECTO: CONSTRUCCION DE LAS LINEAS DE FLUJO O.D. 4 1/2" SCH 80, PLATAFORMA SACHA 20  
 CLIENTE: COMPANIA DE ECONOMIA MIXTA  
 CONTRATISTA: SEMEG CIA. LTDA  
 FECHA: 06/08/2011

CERTIFICADO DE CALIBRACION      SI       NO   
 VOLTAJE DE PRUEBA: \_\_\_\_\_ 2,7 KV

LINEA	CODIGO	ABSCISA INICIAL/FINAL	DIAMETRO	CEDULA.	# TUBOS	INS.		ACEPTADO	NEGADO	OBSERVACIONES
						VISUAL	HOLIDAY			
L1	W20 -4"- OC - A - 250D	0+000 / 0+105	4"	80	18	OK	OK	SI		REPARACIONES REALIZADAS EN ZANJA
L2	W20 -4"- OC - A - 251D	0+000 / 0+087	4"	80	15	OK	OK	SI		REPARACIONES REALIZADAS EN ZANJA
L3	W 20 - 4"- OC - A - 249D	0+000 / 0+069	4"	80	12	OK	OK	SI		REPARACIONES REALIZADAS EN ZANJA

**INFORME FOTOGRAFICO**

			
<b>Foto 4.25.</b> Calibración de voltaje en detector de discontinuidades Fuente: Egdo. Paul Álvarez	<b>Foto 4.26.</b> Inspección con equipo "Holliday" en tubería tendida en zanja Fuente: Egdo. Paul Álvarez	<b>Foto 4.27.</b> Reparación detectada y marcada Fuente: Egdo. Paul Álvarez	
<b>REGISTRADO POR</b> Egdo. Paul Álvarez	<b>REVISADO POR</b> Ing. Alejandro Moretta	<b>POR EL CLIENTE</b>	
<b>CARGO:</b> EJECUTOR	<b>TUTOR</b>		
<b>FIRMA:</b>			
<b>FECHA:</b> 06/08/2011	<b>FECHA:</b> 06/08/2011		

Anexo H

REGISTROS PARA  
REPORTE DE GAMMAGRAFÍA

# CONTROL DE CALIDAD

## REPORTE DE GAMMAGRAFIA

<b>PROYECTO:</b> CONSTRUCCION DE LAS LINEAS DE FLUJO O.D. 4, 1/2" SCH 80, PLATATORMA SACHA 20	<b>CÓDIGO:</b>
<b>CLIENTE:</b> COMPANIA DE ECONOMIA MIXTA	<b>REVISIÓN:</b> 0
<b>CONTRATISTA:</b> SEMEG CIA. LTDA	<b>Página:</b> 1 de 1
<b>FECHA:</b> Septiembre, 06 del 2011	

ITEM	COD. LINEA 1	TIPO DE MATERIAL	DIAMETRO (pulg)	CEDULA	TUBO No.	LONGITUD (m)	JUNTA	ABSCISA	ESTAMPA			REPORTE INSP. RADIOGRÁFICA No.	RESULTADO
									RAIZ IZO/DER	CALIENTE IZO/DER	RELLENO IZO/DER		
1	W20-4"-OC-A-250D	API 5L A-106	4	80	BRIDA	0,086	J001	0+000	W02	W02	W02	02	OK
2	W20-4"-OC-A-250D	API 5L A-106	4	80	CODO	0,15	J002	0+000	W01	W01	W01	08	OK
3	W20-4"-OC-A-250D	API 5L A-106	4	80	1	5,8	J003	0+006	W01	W01	W01	02	OK
4	W20-4"-OC-A-250D	API 5L A-106	4	80	2	5,8	J004	0+012	W02	W02	W02	04 B	OK
5	W20-4"-OC-A-250D	API 5L A-106	4	80	3	5,3	J005	0+017	W02	W02	W02	06	OK
6	W20-4"-OC-A-250D	API 5L A-106	4	80	CODO	0,15	J006	0+017	W02	W02	W02	02	OK
7	W20-4"-OC-A-250D	API 5L A-106	4	80	4	5,8	J007	0+023	W01	W01	W01	02	OK
8	W20-4"-OC-A-250D	API 5L A-106	4	80	5	5,8	J008	0+029	W01	W01	W01	05	OK
9	W20-4"-OC-A-250D	API 5L A-106	4	80	6	5,8	J009	0+035	W01	W01	W01	02	OK
10	W20-4"-OC-A-250D	API 5L A-106	4	80	7	5,8	J010	0+040	W02	W02	W02	05	OK
11	W20-4"-OC-A-250D	API 5L A-106	4	80	8	5,8	J011	0+046	W01	W01	W01	01	OK
12	W20-4"-OC-A-250D	API 5L A-106	4	80	9	5,8	J012	0+052	W01	W01	W01	05	OK
13	W20-4"-OC-A-250D	API 5L A-106	4	80	10	5,8	J013	0+058	W01	W01	W01	01	OK
14	W20-4"-OC-A-250D	API 5L A-106	4	80	11	5,2	J014	0+063	W02	W02	W02	08	OK
15	W20-4"-OC-A-250D	API 5L A-106	4	80	CODO	0,15	J014A	0+063	W01	W01	W01	06	OK
16	W20-4"-OC-A-250D	API 5L A-106	4	80	13	5,8	J015	0+069	W01	W01	W01	01	OK
17	W20-4"-OC-A-250D	API 5L A-106	4	80	14	5,8	J016	0+075	W02	W02	W02	06	OK
18	W20-4"-OC-A-250D	API 5L A-106	4	80	15	5,8	J017	0+081	W01	W01	W01	01	OK
19	W20-4"-OC-A-250D	API 5L A-106	4	80	16	5,8	J018	0+086	W02	W02	W02	06	OK
20	W20-4"-OC-A-250D	API 5L A-106	4	80	17	5,8	J019	0+092	W01	W01	W01	01	OK
21	W20-4"-OC-A-250D	API 5L A-106	4	80	18	5,8	J020	0+098	W01	W01	W01	07	OK
22	W20-4"-OC-A-250D	API 5L A-106	4	80	19	3,75	J021	0+102	W02	W02	W02	07	OK
23	W20-4"-OC-A-250D	API 5L A-106	4	80	CODO	0,15	J022	0+102	W02	W02	W02	02	OK
24	W20-4"-OC-A-250D	API 5L A-106	4	80	BRIDA	3,3	J023	0+105	W02	W02	W02	02	OK

<b>REGISTRADO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>
Egdo. Paul Álvarez	Ing. Alejandro Moretta
<b>CARGO:</b> EJECUTOR	<b>CARGO:</b> TUTOR
<b>FIRMA:</b>	<b>FIRMA:</b>
<b>FECHA:</b> 06/09/2011	<b>FECHA:</b> 06/09/2011

CLIENTE

# CONTROL DE CALIDAD

## REPORTE DE RADIOGRAFIA PLATAFORMA SACHA 20

PROYECTO:	CONSTRUCCION DE LAS LINEAS DE FLUJO O.D 4 1/2" SCH 80, PLATAFORMA SACHA 20
CLIENTE:	COMPANIA DE ECONOMIA MIXTA
CONTRATISTA:	SENEG CIA. LTDA
FECHA:	Septiembre, 06 del 2011

CÓDIGO:

REVISIÓN: 0

PÁGINA: 1 de 1

ITEM	COD. LINEA 2	TIPO DE MATERIAL	DIAMETRO (pig)	CEDULA	TUBO No.	LONGITUD (m)	JUNTA	ABSCISA	ESTAMPA			REPORTE INSP. RADIOGRAFICA No.	RESULTADO
									RAIZ IZQ/DER	CALENTE IZQ/DER	RELLENO IZQ/DER		
1	W20-4"-OC-A-251D	API 5L A-106	4	80	BRIDA	0,086	J0/01	0+000	W02	W02	W02	02	OK
2	W20-4"-OC-A-251D	API 5L A-106	4	80	CODO	0,15	J0/02	0+000	W01	W01	W01	02	OK
3	W20-4"-OC-A-251D	API 5L A-106	4	80	1	5,8	J0/03	0+006	W01	W01	W01	01	OK
4	W20-4"-OC-A-251D	API 5L A-106	4	80	2	5,8	J0/04	0+012	W01	W01	W01	04A	OK
5	W20-4"-OC-A-251D	API 5L A-106	4	80	3	4,3	J0/05	0+016	W01	W01	W01	06A	OK
6	W20-4"-OC-A-251D	API 5L A-106	4	80	CODO	0,15	J0/06	0+016	W02	W02	W02	02	OK
7	W20-4"-OC-A-251D	API 5L A-106	4	80	4	5,8	J0/07	0+022	W01	W01	W01	02	OK
8	W20-4"-OC-A-251D	API 5L A-106	4	80	5	5,8	J0/08	0+028	W02	W02	W02	05	OK
9	W20-4"-OC-A-251D	API 5L A-106	4	80	6	5,8	J0/09	0+034	W02	W02	W02	01	OK
10	W20-4"-OC-A-251D	API 5L A-106	4	80	7	5,8	J0/10	0+039	W01	W01	W01	07A	OK
11	W20-4"-OC-A-251D	API 5L A-106	4	80	8	4,8	J0/10A	0+044	W02	W02	W02	08A	OK
12	W20-4"-OC-A-251D	API 5L A-106	4	80	CODO	0,15	J0/10B	0+044	W02	W02	W02	05A	OK
13	W20-4"-OC-A-251D	API 5L A-106	4	80	10	5,8	J0/11	0+050	W02	W02	W02	01	OK
14	W20-4"-OC-A-251D	API 5L A-106	4	80	11	5,8	J0/12	0+056	W02	W02	W02	05A	OK
15	W20-4"-OC-A-251D	API 5L A-106	4	80	12	5,8	J0/13	0+062	W02	W02	W02	01	OK
16	W20-4"-OC-A-251D	API 5L A-106	4	80	13	5,8	J0/14	0+068	W01	W01	W01	05C	OK
17	W20-4"-OC-A-251D	API 5L A-106	4	80	14	5,8	J0/15	0+073	W02	W02	W02	01	OK
18	W20-4"-OC-A-251D	API 5L A-106	4	80	15	5,8	J0/16	0+079	W02	W02	W02	07A	OK
19	W20-4"-OC-A-251D	API 5L A-106	4	80	16	4,55	J0/18	0+084	W01	W01	W01	07A	OK
20	W20-4"-OC-A-251D	API 5L A-106	4	80	CODO	0,15	J0/19	0+084	W02	W02	W02	02	OK
21	W20-4"-OC-A-251D	API 5L A-106	4	80	BRIDA	3,3	J0/20	0+087	W01	W01	W01	02C	OK

REGISTRADO POR:	REVISADO POR:	CLIENTE
Egdo. Paul Álvarez	Ing. Alejandro Moretta	
EJECUTOR	TUTOR	
FIRMA:	FIRMA:	
FECHA: 06/09/2011	FECHA: 06/09/2011	

CONTROL DE CALIDAD														
REGISTRO FINAL DE RADIOGRAFIA														
CONSTRUCCION DE LAS LINEAS DE FLUJO O.D. 4. 12" SCH 80, PLATAFORMA SACHA 20														
COMPANIA DE ECONOMIA MIXTA														
SEMEG CIA. LTDA														
Septiembre, 06 del 2011														
ITEM	COD. LINEA 3	TIPO DE MATERIAL	DIAMETRO (pig)	CEDULA	TUBO No.	LONGITUD (m)	JUNTA	ABSCISA	ESTAMPA			REPORTE INSP. RADIOGRAFICA No.	RESULTADO	
									RAIZ IZQ/DER	CALENTE IZQ/DER	RELLENO IZQ/DER	CAPA IZQ/DER		
1	W 20 - 4" - OC - A - 249D	API 5L A - 106	4	80	BRIDA	0,086	J0/01	0+000	W02	W02	W02	W02	02	OK
2	W 20 - 4" - OC - A - 249D	API 5L A - 106	4	80	CODO	0,15	J0/02	0+000	W01	W01	W01	W01	08 B	OK
3	W 20 - 4" - OC - A - 249D	API 5L A - 106	4	80	1	5,8	J0/03	0+006	W02	W02	W02	W02	01	OK
4	W 20 - 4" - OC - A - 249D	API 5L A - 106	4	80	2	5,8	J0/04	0+012	W02	W02	W02	W02	04	OK
5	W 20 - 4" - OC - A - 249D	API 5L A - 106	4	80	3	3,3	J0/05	0+015	W01	W01	W01	W01	06 B	OK
6	W 20 - 4" - OC - A - 249D	API 5L A - 106	4	80	CODO	0,15	J0/06	0+015	W01	W01	W01	W01	02	OK
7	W 20 - 4" - OC - A - 249D	API 5L A - 106	4	80	4	5,8	J0/07	0+021	W01	W01	W01	W01	02	OK
8	W 20 - 4" - OC - A - 249D	API 5L A - 106	4	80	5	4,8	J0/08A	0+026	W02	W02	W02	W02	08 B	OK
9	W 20 - 4" - OC - A - 249D	API 5L A - 106	4	80	CODO	0,15	J0/08B	0+026	W02	W02	W02	W02	05 B	OK
10	W 20 - 4" - OC - A - 249D	API 5L A - 106	4	80	7	5,8	J0/09	0+032	W02	W02	W02	W02	01	C.P.(13-14)
11	W 20 - 4" - OC - A - 249D	API 5L A - 106	4	80	7	5,8	J0/09R	0+032	W02	W02	W02	W02	02	OK
12	W 20 - 4" - OC - A - 249D	API 5L A - 106	4	80	8	5,8	J0/10	0+038	W01	W01	W01	W01	05 B	OK
13	W 20 - 4" - OC - A - 249D	API 5L A - 106	4	80	9	5,8	J0/11	0+043	W02	W02	W02	W02	01	OK
14	W 20 - 4" - OC - A - 249D	API 5L A - 106	4	80	10	5,8	J0/12	0+049	W01	W01	W01	W01	03 B	OK
15	W 20 - 4" - OC - A - 249D	API 5L A - 106	4	80	11	5,8	J0/13	0+055	W01	W01	W01	W01	01	OK
16	W 20 - 4" - OC - A - 249D	API 5L A - 106	4	80	12	5,8	J0/14	0+061	W02	W02	W02	W02	07 B	OK
17	W 20 - 4" - OC - A - 249D	API 5L A - 106	4	80	13	4,6	J0/15	0+065	W01	W01	W01	W01	07 B	OK
18	W 20 - 4" - OC - A - 249D	API 5L A - 106	4	80	CODO	0,15	J0/16	0+066	W02	W02	W02	W02	02	OK
19	W 20 - 4" - OC - A - 249D	API 5L A - 106	4	80	BRIDA	3,3	J0/17	0+069	W02	W02	W02	W02	02	OK
REGISTRADO POR:														
REVISADO POR:														
CLIENTE														
Ing. Alejandro Moreta														
TUTOR														
EJECUTOR														
FIRMA:														
FECHA:														
06/09/2011														
06/09/2011														