



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**TRABAJO ESTRUCTURADO MANERA INDEPENDIENTE**

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

**INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

---

**“ENSAYO DE TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES Y SU  
INCIDENCIA EN EL CONTROL DE CALIDAD DE LAS JUNTAS  
SOLDADAS EN ACEROS AL CARBONO”**

---

**AUTOR:**

**Egdo. Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**Ing. Alejandro Moretta M.**

**Ambato-Ecuador**

**2011**

## **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de tutor de la presente Tesis de Grado, previo a la obtención del título de ingeniero Mecánico, bajo el tema “ENSAYO DE TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES Y SU INCIDENCIA EN EL CONTROL DE LAS JUNTAS SOLDADAS EN ACEROS AL CARBONO”, ejecutado por el Sr. Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar, egresado de la Carrera de Ingeniería Mecánica 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.

---

Ing. Alejandro Moretta

TUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

## **AUTORIA**

El contenido del presente trabajo de investigación bajo el tema: “ENSAYO DE TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES Y SU INCIDENCIA EN EL CONTROL DE LAS JUNTAS SOLDADAS EN ACEROS AL CARBONO”, así como sus opiniones e ideas, comentarios resultados y análisis son de exclusiva responsabilidad del autor.

---

Egdo. Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar.

CI. 180415954-7



## **DEDICATORIA**

**A DIOS**

**A MI MADRE, CRISTINA**

**A MI PADRE, GIOVANNY**

**A MIS HERMANOS, JONATHAN**

**CHRISTIAN**

**A MI ABUELA ZOILA**

**A MIS TÍOS, MARTHA Y CRISTOBAL**

**Por todo su amor y apoyo incondicional, brindándome sabios consejos,**

**desde el fondo de mi corazón les digo muchas gracias,**

**por estar a mi lado y ayudarme a cumplir una de mis metas.**

## 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.....	XIII
Resumen ejecutivo.....	XVIII
CAPÍTULO I.....	2
1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.2.2. ANÁLISIS CRÍTICO.....	2
1.2.3. PROGNOSIS.....	3
1.2.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2.5. PREGUNTAS DIRECTRICES.....	4
1.2.6. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	4

1.2.6.1. DE CONTENIDO.....	4
1.2.6.2. DELIMITACIÓN ESPACIAL.....	4
1.2.6.3. DELIMITACIÓN TEMPORAL.....	4
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.4. OBJETIVOS.....	5
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
CAPÍTULO II.....	7
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	7
2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	7
2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	8
2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.....	8
2.4.1. LÍQUIDOS PENETRANTES.....	8
2.4.1.1. FUNDAMENTO DEL ENSAYO POR LÍQUIDOS PENETRANTES.....	8
2.4.1.2. PRINCIPIOS FÍSICOS RELACIONADOS CON EL ENSAYO.....	8
2.4.1.3. OTRAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS.....	18
2.4.1.4. PRODUCTOS UTILIZADOS EN EL ENSAYO POR LÍQUIDOS PENETRANTES.....	19
2.4.1.5. PROCEDIMIENTO.....	28
2.4.1.6. SELECCIÓN DE PRODUCTOS PARA EL ENSAYO POR LÍQUIDOS PENETRANTES.....	37
2.4.1.7. DISTINTOS PRODUCTOS EMPLEADOS EN EL ENSAYO DE LÍQUIDOS PENETRANTES, VENTAJAS E INCONVENIENTES.....	38
2.4.1.8. SELECCIÓN DEL PENETRANTE.....	40
2.4.1.9. SELECCIÓN DEL REVELADOR.....	41

2.4.2. EQUIPO PARA ENSAYO POR LÍQUIDOS PENETRANTES FLUORESCENTES.....	42
2.4.2.1. ILUMINACIÓN CON LUZ ULTRAVIOLETA (LUZ NEGRA).....	42
2.4.2.2. LUZ NEGRA.....	43
2.4.2.3. FUENTES DE LUZ NEGRA.....	43
2.4.2.4. EXIGENCIAS PARA EL USO DE LA LÁMPARA DE LUZ NEGRA.....	44
2.4.2.5. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD CON EL USO DE LA LUZ NEGRA.....	45
2.4.3. INDICACIONES EN EL ENSAYO DE LÍQUIDOS PENETRANTES.....	46
2.4.3.1. TIPOS DE INDICACIONES EN EL ENSAYO.....	46
2.4.3.2. FORMAS Y TAMAÑOS DE LAS INDICACIONES RELEVANTES..	47
2.4.3.3. LAS DISCONTINUIDADES EN SOLDADURA.....	48
2.4.4. SOLDADURA Y SOLDABILIDAD.....	55
2.4.4.1. SOLDADURA.....	55
2.4.4.2. SOLDABILIDAD.....	55
2.4.4.3. SOLDABILIDAD DE LOS ACEROS AL CARBONO.....	56
2.4.4.4. SOLDEO POR ARCO CON ELECTRODOS REVESTIDOS.....	57
2.4.4.5. VELOCIDAD DE SOLDEO O DEPOSICIÓN.....	58
2.4.4.6. POSICIONES DE SOLDEO.....	58
2.4.4.7. ORIENTACIÓN DEL ELECTRODO.....	62
2.5. HIPÒTESIS.....	62
2.6. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÒTESIS.....	62
2.6.1. TÉRMINO DE LA RELACIÓN.....	62
CAPÍTULO III.....	63
3. METODOLOGÍA.....	63
3.1. ENFOQUE.....	63

3.2. MODALIDAD Y TIPO DE LA INVESTIGACIÓN.....	63
3.2.1. MODALIDAD.....	63
3.2.2. TIPO.....	63
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	64
3.4. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	65
3.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE:.....	65
3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE:.....	66
3.5. RECOLECCION DE INFORMACIÓN.....	67
3.6. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	67
3.6.1. PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	67
3.6.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	67
CAPITULO IV.....	68
4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	68
4.1. PROCESO DE ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	68
4.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	71
4.3. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	104
4.4. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	110
CAPITULO V.....	112
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	112
5.1. CONCLUSIONES.....	112
5.2. RECOMENDACIONES.....	113
CAPITULO VI.....	116
6. PROPUESTA.....	116
6.1. DATOS INFORMATIVOS.....	116
6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	118
6.3. JUSTIFICACIÓN.....	119

6.4. OBJETIVOS.....	119
6.4.1. GENERAL.....	119
6.4.2. ESPECÍFICOS.....	119
6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	120
6.5.1. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	120
6.5.2. ANÁLISIS TECNOLÓGICO.....	121
6.5.3. ANÁLISIS AMBIENTAL.....	121
6.6. FUNDAMENTACIÓN.....	122
6.6.1. NORMAS DE APLICACIÓN.....	122
6.6.1.1. CONTROL DE CONTAMINANTES O DE IMPUREZAS.....	140
6.6.1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS LÍQUIDOS PENETRANTES POR SU TIPO...141	
6.6.1.3. CLASIFICACIÓN DE LOS LÍQUIDOS PENETRANTES POR SU MÉTODO DE REMOCIÓN DEL EXCESO DE PENETRANTE FLUORESCENTE.....	141
6.6.1.4. CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE INSPECCIÓN CON PENETRANTE Y LOS MATERIALES USADOS COMO PENETRANTES DE ACUERDO A LA NORMA ASTM E 1417-95.....	142
6.6.1.5. MATERIALES PENETRANTES SEGÚN CÓDIGO ASME SECCIÓN V...142	
6.6.1.6. REMOVEDOR/LIMPIADOR SEGÚN ASTM E-1417-05 .....	143
6.6.1.7. CLASIFICACIÓN DE LOS REVELADORES SEGÚN ASTM E-1417-05 ..143	
6.6.1.8. EXAMINACIÓN DEL PENETRANTE FLUORESCENTE SEGÚN NORMA ASTM E-165.....	143
6.6.1.9. MATERIALES Y LIMITACIONES EN PROCESOS, SEGÚN E 1417-05...144	
6.6.1.10. REQUERIMIENTOS GENERALES DEL PROCEDIMIENTO SEGÚN ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6. ....	144
6.6.1.11. PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE SEGÚN ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6.....	146

6.6.1.12.SECADO DESPUÉS DE LA INSPECCIÓN SEGÚN ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6.....	146
6.6.1.13.INSPECCIÓN TÉCNICA PARA TEMPERATURA ESTÁNDAR SEGÚN ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6.....	146
6.6.1.14.APLICACIÓN DEL PENETRANTE SEGÚN ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6.....	147
6.6.1.15.REMOCIÓN DEL EXCESO DE PENETRANTE SEGÚN ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6.....	147
6.6.1.16.SECADO DESPUÉS DE LA REMOCIÓN DEL PENETRANTE SEGÚN ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6.....	148
6.6.1.17.REVELADO SEGÚN ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6.....	148
6.6.1.18.INTERPRETACIÓN DE DISCONTINUIDADES SEGÚN ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6.....	148
6.6.1.19.EVALUACIÓN DE INDICACIONES SEGÚN ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6.....	149
6.6.1.20.RESTRICCIONES DE LA TÉCNICA.....	150
6.6.1.21. MÉTODOS DE LIMPIEZA RECOMENDADOS SEGÚN ASTM E 165.....	151
6.6.1.22.TIEMPO DE PENETRACIÓN.....	151
6.6.1.23.TIEMPO DE REVELADO.....	152
6.6.1.24.VERIFICACIÓN DE UNA INDICACIÓN.....	153
6.6.1.25.REMOCIÓN DE UNA DISCONTINUIDAD.....	153
6.6.1.26.REQUISITOS DE CONTROL DE CALIDAD.....	153
6.6.1.27.REQUISITOS DEL PROCEDIMIENTO PARA LA INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES.....	155
6.6.1.28.CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DE INSPECCIÓN VISUAL SEGÚN AWS D1.1.....	156
6.6.1.29.DEFECTOS PERMITIDOS SEGÚN ASME V.....	161
6.7. METODOLOGÍA.....	166

6.7.1. MATERIAL BASE Y MATERIAL DE APORTE.....	166
6.7.2. ELABORACIÓN DE LA PROBETA. ....	168
6.7.3. DESARROLLO DEL ENSAYO (PROCEDIMIENTO).....	169
6.8. EVALUACIÓN DE COSTOS Y BENEFICIOS DEL ENSAYO NO DESTRUCTIVO POR TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES CON LUZ NEGRA.....	173
6.8.1. DIAGRAMA DEL PROCESO. ....	174
6.8.2. PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES PARA EL DESARROLLO DEL ENSAYO DE TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES. ....	175
6.8.3. RED DE PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES.....	176
6.8.4. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL ENSAYO DE TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES.....	178
6.9. ADMINISTRACIÓN. ....	180
6.9.1. PLANEACIÓN.....	180
6.9.2. ORGANIZACIÓN .....	181
6.9.3. DIRECCIÓN.....	182
6.9.4. CONTROL.....	182
6.9.5. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.....	182

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y TABLAS

### GRÁFICOS

Gráfico 2.1. Fuerzas de cohesión y adherencia. ....	9
Gráfico 2.2. Formación de meniscos. ....	10
Gráfico 2.3. Formación de menisco convexo. ....	10

Gráfico 2.4. Formación de menisco cóncavo. ....	10
Gráfico 2.5. Ángulo de contacto y Poder humectante. ....	11
Gráfico 2.6. Tensión superficial. ....	12
Gráfico 2.7. Medición de la tensión superficial.....	12
Gráfico 2.8. Ángulo de contacto y capilaridad. ....	13
Gráfico 2.9. Ángulo de contacto menor a 90° y Capilaridad. ....	14
Gráfico 2.10. Capilaridad en Láminas Paralelas. ....	15
Gráfico 2.11. Capilaridad en láminas no paralelas. ....	16
Gráfico 2.12. Efecto del extremo cerrado de una discontinuidad. ....	16
Gráfico 2.13. Salida del penetrante de unadiscontinuidad. ....	17
Gráfico 2.14. Detección de una discontinuidad utilizando revelador.....	17
Gráfico 2.15. Longitud de onda del espectro electromagnético. ....	42
Gráfico 2.16. Lámpara de Vapor de mercurio.....	44
Gráfico 2.17. Longitud de onda del espectro ultravioleta. ....	45
Gráfico 2.18.Exceso de penetración.....	48
Gráfico 2.19. Falta de penetración.....	49
Gráfico 2.20. Socavaduras o Mordeduras.....	49
Gráfico 2.21. Concavidad interna.....	50
Gráfico 2.22. Concavidad externa.....	50
Gráfico 2.23 Quemadura.....	50
Gráfico 2.24. Salpicaduras.....	51
Gráfico 2.25. Falta de continuidad en el cordón.....	51
Gráfico 2.26. Poros en los primeros centímetros de costura.....	52
Gráfico 2.27. Poros al final del cordón.....	53
Gráfico 2.28. Poros sobre toda la longitud del cordón.....	53
Gráfico 2.29. Fisuras, grietas y rajaduras.....	54

Gráfico 2.30. Soldeo por arco con electrodo con revestido.....	57
Gráfico 2.31. Velocidad de deposición.....	58
Gráfico 2.32. Posición 1G.....	58
Gráfico 2.33. Posición 1F.....	59
Gráfico 2.34. Posición 1FR.....	59
Gráfico 2.35. Posición 2F .....	59
Gráfico 2.36. Posición 2FR .....	59
Gráfico 2.37. Posición 2G .....	59
Gráfico 2.38. Posición 4F .....	60
Gráfico 2.39. Posición 4G.....	60
Gráfico 2.40. Posición 3G .....	60
Gráfico 2.41. Posición 3F .....	60
Gráfico 2.42. Posición 5G .....	61
Gráfico 2.43. Posición 5F .....	61
Gráfico 2.44. Posición 6G .....	61
Gráfico 2.45. Posición 6GR .....	61
Gráfico 4.3.1 Comparación de los tiempos de secado post-limpieza química....	105
Gráfico 4.3.2 Comparación de los tiempos de penetración.....	106
Gráfico 4.3.3 Comparación de los tiempos de revelado. ....	107
Gráfico 4.3.4 Tiempo de uso de la lámpara de luz negra.....	108
Gráfico 4.3.5 Vida útil de la lámpara de luz negra. ....	108
Gráfico 4.3.6 Porcentaje de observación con tintes fluorescentes y coloreadas..	109
Gráfico 4.3.7 Comparación del porcentaje de detección de las tintas penetrantes fluorescentes vs. coloreadas.....	110
Gráfico 6.1 Sistema, tintas penetrantes fluorescentes.....	117
Gráfico 6.2 Medidor de Intensidad de Luz. ....	117
Gráfico 6.3 Placas (acero ASTM A36) y tubería (acero ASTM A53 Gr B).....	148

Gráfico 6.4 Electrodo E6011. ....	149
Gráfico 6.5 Electrodo E7018. ....	150
Gráfico 6.6 Probetas en proceso de soldadura.....	151
Gráfico N°6.7 Elementos mecánicos de limpieza.....	151
Grafico 6.8 Aplicación del paño con cleaner sobre la probeta.....	152
Grafico 6.9 Aplicación del penetrante. ....	152
Grafico 6.10 Remoción del exceso de penetrante. ....	153
Grafico 6.11 Verificación de la eliminación del exceso de penetrante bajo luz negra.....	153
Grafico 6.12 Aplicación del revelador. ....	153
Grafico 6.13 Cabinet de luz negra. ....	154
Grafico 6.14 Intensidad de luz ambiente dentro del cabinet. ....	154
Grafico 6.15 lámpara de luz negra ....	155

## **TABLAS**

Tabla 2.1. Soldabilidad de los aceros al carbono. ....	56
Tabla 2.2. Posiciones de Soldadura. ....	58
Tabla 2.3. Orientación del electrodo.....	62
Tabla 4.1. Duración de las distintas fases del ensayo.....	104
Tabla 6.1 Costos de realización del Ensayo No Destructivo de Tintas Penetrantes Fluorescentes. ....	120
Tabla 6.2. Clasificación de los líquidos penetrantes por el método de remoción. ....	110
Tabla 6.3 Distintos tiempos de penetración según el material. ....	119
Tabla 6.4. Tiempo de revelado. ....	134
Tabla 6.5. Frecuencia de Control de Calidad. ....	136

Tabla 6.6. Requerimientos de un procedimiento para la inspección por líquidos penetrantes.....	138
Tabla 6.7. Criterios de aceptación visual. ....	143
Tabla 6.8 Defectos permitidos según ASME V. ....	148
Tabla 6.9. Posición de Soldadura de Probetas para el ensayo.....	136
Tabla 6.10. Diagrama de Proceso.....	156
Tabla 6.11. Programación de Actividades. ....	157
Tabla 6.12. Detalle de los tiempos de holgura y ruta crítica. ....	159
Tabla 6.13 Costo de cada ensayo por tintas penetrantes fluorescentes .....	160
Tabla 6.14 Costo de cada ensayo por tintas penetrantes coloreadas .....	161

## RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto de investigación trazado consiste en la implementación de un nuevo método de ensayo no destructivo, como es el método de Tintas Penetrantes Fluorescentes con Luz Negra, para determinar la aceptación de uniones soldadas de aceros al carbono, ya que a nivel local se tiene un conocimiento limitado del tema debido a la escases de los equipos necesarios para su ejecución, siendo esta la razón para el planteamiento de la investigación.

Cotidianamente en la industria se presenta la necesidad de controlar la calidad de juntas soldadas de varios componentes, siendo muchos de estos piezas críticas, motivo por el cual se requieren métodos de mayor sensibilidad en la detección de defectos que pueden ocasionar el mal funcionamiento o colapso de máquinas y/o estructuras; adicionalmente la investigación planteada necesita de instrumentos especiales para su ejecución, lo cual hace que la misma se torne sumamente interesante.

Con el fin de cumplir el trabajo planteado se han desarrollado una serie de probetas que bajo la acción de la luz negra con tintas penetrantes fluorescentes permitan detectar los defectos existentes en juntas soldadas a través de procedimientos establecidos en normas internacionales como ASTM E-165, ASTM E-1417, ASTM E-1219, los mismos que conjuntamente con la experiencia obtenida son la base para establecer una guía propia de mayor facilidad y comprensión para la realización del ensayo.

Por su parte los resultados obtenidos con las tintas penetrantes fluorescentes bajo la acción de la luz negra son satisfactorios en lo que corresponde a la evaluación de los defectos en las juntas soldadas con criterios de aceptación o rechazo según AWS D1.1. Con esto se demuestra que el método planteado presenta confiabilidad para cualquier aplicación en que sea necesario.

**Autor:** Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar.

## **CAPÍTULO I**

### **1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.**

#### **1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN.**

“ENSAYO DE TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES Y SU INCIDENCIA EN EL CONTROL DE LAS JUNTAS SOLDADAS EN ACEROS AL CARBONO”

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

##### **1.2.1. CONTEXTUALIZACIÓN.**

A nivel mundial la industria de materiales y en especial la metalúrgica han experimentado grandes cambios en las últimas décadas del siglo XX, sobre todo debido a las grandes exigencias a que están sometidos los componentes de máquinas y estructuras en donde de presentarse una falla ocasionaría no solo un alto costo material sino también un alto costo humano por defectos que no se detectaron como en el caso de la industria nuclear, aeroespacial, etc. Es por esto que en los países en donde esta clase de industrias está presente surgió la necesidad de crear técnicas de mayor control de calidad como son los ensayos no destructivos, no solo como control de calidad de productos y estructuras, sino como una manera de reducir costos, ya que evita la producción en serie de productos defectuosos o en el caso de estructuras el colapso de ésta por soldaduras defectuosas de las partes que constituyen dicha estructura, por lo que al mismo tiempo fue imperativo la creación de técnicas para ejecutar dichos ensayos, siendo Estados Unidos y sus instituciones como la ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos) y la ASTM (Sociedad Americana de Ensayo de Materiales) las pioneras en este campo y usando sus normas de ejecución de los métodos como referencia de la aplicación de los END (Ensayos No Destructivos) a nivel global.

La aplicación de los ensayos no destructivos en el mundo permite el continuo desarrollo industrial, puesto que al usar materiales de buena calidad están en la capacidad de producir más cantidad a menor costo y sobretodo reflejándose esto en la satisfacción del cliente.

En América del Sur el uso de los ensayos no destructivos es muy extendida en los países con mayor desarrollo dentro de la región como son Brasil, Argentina o Chile, ya que cuentan con industria muy desarrollada, desde la alimenticia hasta la nuclear pasando por la aeronáutica y naval, en donde la aplicación de los ensayos no destructivos es fundamental para el desarrollo y buen posicionamiento de sus industrias no solo dentro de la región sino también dentro del mercado internacional en general. En estos países se encuentra la mayor cantidad de distribuidores de productos de ensayos no destructivos, así como los mejores especialistas del área, razón por la cual técnicos del resto de países acuden a estos lugares a especializarse.

A nivel nacional, son pocos los lugares en donde se pueda encontrar el equipo necesario para realizar ensayos no destructivos y menos aún, en donde se pueda obtener una certificación como técnico calificado de ésta rama de la ingeniería mecánica, en cualquier método o nivel que se necesite.

En el país este es un campo relativamente nuevo y sin explotar, motivo adicional por el cual es de suma importancia fomentar el uso de métodos de ensayos no destructivos para permitir el desarrollo de la industria nacional y poder competir con productos de calidad con sus similares de la región y salir del retraso tecnológico en que ha estado envuelto el país y por tanto permitir el incremento de la industria y riqueza del Ecuador.

### **1.2.2. ANÁLISIS CRÍTICO.**

Debido a la falta de preparación del personal para realizar soldaduras o en su defecto contar con personal no calificado, pero por razones de tiempo, se realizan soldaduras ineficientes, lo que posteriormente podría ocasionar un mal funcionamiento o reducción de la vida útil de la máquina o estructura, con lo que

su reparación incrementará drásticamente el costo total, es fundamental contar con un método para controlar las soldaduras.

Al implementar el control de soldadura con ensayos no destructivos por el método de las tintas penetrantes fluorescentes no solo se tendrá un método de control económico con respecto a otros existentes, sino que también se obtendrán resultados de mayor confiabilidad ya que éste método presenta mejor visibilidad de defectos y continuidades bajo la acción de la luz negra que las tintas penetrantes normales visibles con luz normal.

Actualmente en nuestro medio no existe el control de la soldadura por tintas penetrantes fluorescentes, por lo cual al implementar este método se incrementará la seguridad en soldaduras en donde se requiera la no existencia de defectos.

### **1.2.3. PROGNOSIS.**

El no aplicar un nuevo método de control de soldadura de mayor visibilidad ocasionará que algunos defectos en juntas soldadas pasen sin ser detectados, lo que aumentaría el riesgo de que una de estas presente una falla en lo posterior.

Se prevé que al no contar con un método más efectivo como son las tintas penetrantes fluorescentes se tendrían que recurrir a otros tipos de ensayos de mayor costo y complejidad, lo que producirá un aumento del costo total de la obra y según el caso el incremento de tiempo en la culminación de la obra y/o un riesgo a la salud.

Estos factores podrían repercutir directamente en el desarrollo de algunas industrias, ya que el costo de realizar otro tipo de ensayo para que ciertos defectos no sean desapercibidos serían elevados, por lo que es de suma importancia contar con un método de control de buena visibilidad sin una inversión considerable.

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

¿La falta de procesos alternativos de control de soldadura disminuye la calidad de las mismas?

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

- ¿Qué tipo de defectos superficiales se presentan en juntas soldadas de aceros al carbono existentes en el mercado local?
- ¿Qué principio físico es el que permite al líquido penetrante penetrar en orificios y fisuras muy pequeñas al mismo tiempo que permanecer en aberturas amplias?
- ¿Qué procedimiento es el adecuado para la realización del control de soldadura por el ensayo no destructivo por el método de tintas penetrantes fluorescentes en aceros al carbono?
- ¿Qué normas son las adecuadas para realizar el ensayo de tintas penetrantes fluorescentes?
- ¿Cuáles son los costos que intervienen para la realización del ensayo no destructivo por el método de tintas penetrantes fluorescentes en aceros al carbono?

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

#### **1.2.6.1. DE CONTENIDO.**

- Ensayos No Destructivos.
- Mecánica de Fluidos.

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

El kit de tintas penetrantes fluorescentes con luz negra será utilizado para los Laboratorios de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

#### **1.2.6.3. DELIMITACIÓN TEMPORAL.**

El proyecto plantado se realizará en el periodo comprendido entre mayo del 2010 a marzo del 2011.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN.**

Se evidencia la necesidad e importancia de implementar el control de soldadura por el método de tintas penetrantes fluorescentes en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato para que sus estudiantes tengan la capacidad de familiarizarse con otras técnicas de ensayos no destructivos, además de que esta técnica permite visualizar de mejor manera los defectos superficiales que se presenten en comparación a las tintas penetrantes coloreadas.

La investigación propuesta presenta originalidad en la Universidad Técnica de Ambato ya que no cuenta con los equipos necesarios para realizar este tipo de ensayos, abriendo la posibilidad en lo posterior de implementar un laboratorio completo de END para que preste su servicio a la comunidad y de esta manera conseguir más recursos de autofinanciamiento.

En cuanto al personal involucrado en la operación de los equipos, que serán los alumnos, se beneficiaran ya que con la práctica obtenida en clase se capacitaran en cuanto se refieren a este tipo de ensayo y posteriormente estará en capacidad de alcanzar un nivel de calificación como operador de ensayos no destructivos con relativa facilidad ya que estará relacionado con el funcionamiento del equipo. A la vez la universidad se verá beneficiada ya que sus estudiantes estarán muy bien capacitados en el método de ensayos por tintas penetrantes fluorescentes.

Para el desarrollo del proyecto se dispone de la información necesaria, además de que la Universidad en lo posterior podría optar por convertirse en una institución que capacite y califique personal en el área de los ensayos no destructivos.

### **1.4. OBJETIVOS.**

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

Controlar la calidad de las juntas soldadas de aceros al carbono por medio del método de tintas penetrantes fluorescentes.

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

- Determinar el tipo de defectos superficiales que se presentan en juntas soldadas por arco eléctrico de aceros al carbono ASTM A36 y ASTM A53 Gr B en las posiciones de soldadura 1G, 2G, 3G, 2F, 3F y 5G.
- Realizar el procedimiento adecuado para la ejecución bajo normas del control de soldadura.
- Realizar guías de las prácticas para el laboratorio.
- Analizar los resultados obtenidos en las prácticas de las diferentes tipos de probetas a ensayar.
- Realizar un formato tipo para presentación de datos e interpretación de resultados e informe final.
- Definir las etapas relevantes del ensayo no destructivo por tintas penetrantes fluorescentes.
- Dotar al área de materiales de la Carrera de Ingeniería Mecánica de un equipo para realizar el ensayo de tintas penetrantes fluorescentes.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO.**

#### **2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.**

En la industria nacional es relativamente reciente la aplicación de los ensayos no destructivos como método de inspección en general, ya que comúnmente este tipo de inspección era aplicado en la industria petrolera, con personal extranjero y en caso de ser personal nacional tenía que ser instruido fuera del país.

Dentro de los ensayos no destructivos es el método de las tintas penetrantes coloreadas uno de los de mayor aplicación, pero siendo en ocasiones insuficiente la visualización de los defectos superficiales, razón por la cual se desarrollo un método similar pero con mucha mejor visualización como es el de las tintas penetrantes fluorescentes visibles con luz negra.

Actualmente el uso de las tintas penetrantes fluorescentes es escaso o nulo en la inspección de soldaduras de estructuras de cualquier tipo en la zona centro del país por lo que es necesario implementar este método en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Mecánica para su posterior aplicación en el sector industrial.

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

La presente investigación se enfoca en el paradigma Positivista, ya que es objetiva y el énfasis que se hace en el análisis es cualitativo, orientada al análisis de resultados, su verificación y confirmación.

Los procedimientos preestablecidos no se pueden cambiar, debido a que se encuentran definidos y aceptados por las normas de aplicación, tanto las de soldadura como las de ensayo de materiales.

### **2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.**

El presente trabajo se sustentará en lo enmarcado principalmente en las Normas:

- AWS D1.1;
- ASME 9 Sección V; y
- ASTM E165 - E1219 - E1417.

### **2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.**

#### **2.4.1. LIQUIDOS PENETRANTES.**

##### **2.4.1.1.FUNDAMENTO DEL ENSAYO POR LÍQUIDOS PENETRANTES.**

El ensayo por líquidos penetrantes se basa en que un líquido aplicado sobre la superficie limpia de la pieza, penetre en las discontinuidades y afloran a la superficie, debido principalmente al efecto capilar, de forma que, al limpiar el exceso de líquido de la superficie, quede solamente el líquido introducido en las discontinuidades. Al salir posteriormente este líquido, ayudado normalmente por la acción de un agente denominado revelador, sobre la superficie las zonas donde ocurren discontinuidades. [2]

##### **2.4.1.2.PRINCIPIOS FISICOS RELACIONADOS CON EL ENSAYO.**

El ensayo por líquidos penetrantes se basa fundamentalmente en que un determinado líquido (penetrante) tenga las características siguientes:

#### **a. Fuerzas de cohesión y adherencia.**

Los líquidos se componen de moléculas (las partículas separables físicamente más pequeñas que tienen las características propias del líquido que integran). <sup>(2)</sup>

La fuerza con la cual moléculas semejantes se atraen entre sí se denomina “cohesión”, mientras que en la superficie límite entre dos sustancias diferentes, o en el seno de una mezcla, las moléculas de distinta naturaleza se atraen unas a

otras, llamándose a este tipo de atracción “adherencia”. Las fuerzas de adherencia del aire sobre el líquido son muy pequeñas y se suelen despreciar. En el interior del líquido, cada molécula atrae y es a su vez atraída por todas las que la rodean. Como hay homogeneidad, las fuerzas iguales que actúan sobre todas las direcciones y sentidos sobre una molécula, como las señaladas con A en la Gráfico 2.1 se equilibran.

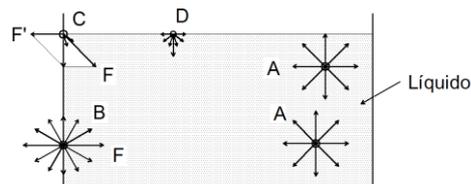


Gráfico 2.1. Fuerzas de cohesión y adherencia.

Fuente: AEND (Asociación Española de Ensayos No Destructivos).

Si no hay homogeneidad (caso de la molécula B situada en la pared del recipiente). Sobre ella actúan por un lado las fuerzas de cohesión del líquido que atraen a la molécula en la dirección de los radios de una semiesfera con centro en B y cuya resultante es F, perpendicular a la pared y dirigida hacia el interior y por otro lado las fuerzas de adherencia de la pared, con resultante  $F^{\wedge}$  perpendicular a la pared y dirigida hacia el exterior. [2]

### b. Formación de meniscos.

En el caso de la molécula C, que está situada en la superficie del líquido y en contacto con la pared del recipiente; las fuerzas de atracción de la pared tienen una resultante  $F^{\wedge}$  (igual que en el caso anterior con la molécula B); pero las fuerzas de cohesión del líquido se reparten en la dirección de los radios de un cuarto de esfera (al considerar despreciables las fuerzas de atracción del aire sobre el líquido) y la resultante F es una fuerza que forma un ángulo de  $45^{\circ}$  con la pared, dirigida hacia el interior del líquido (Gráfico 2.2).

La superficie del líquido en equilibrio (Gráfico 2.2) es siempre perpendicular a la fuerza R que actúa sobre sus moléculas, ya que en caso contrario aparece la componente  $F_1$  en dirección de la superficie que haría moverse al líquido y dejaría de estar en equilibrio.

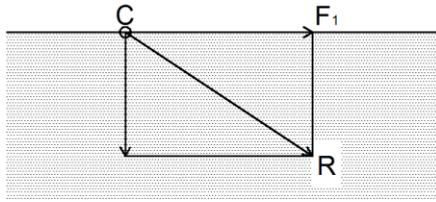


Gráfico 2.2. Formación de meniscos.

Fuente: AEND (Asociación Española de Ensayos No Destructivos).

Así, para que la superficie sea horizontal, es necesario que R sea vertical: para C, esto se cumple si  $F^2 = F'^2 + R^2$ , pero como  $R = F'$  (triángulo rectángulo isósceles) se obtiene:

$$F^2 = 2 \cdot F'^2 \rightarrow F = \sqrt{2} \cdot F'$$

Si  $F > \sqrt{2} \cdot F'$ ; la superficie perpendicular a R forma un menisco convexo y esto ocurre cuando el líquido no moja a la superficie (Gráfico 2.3).

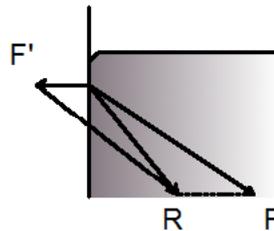


Gráfico 2.3. Formación de menisco convexo.

Fuente: AEND (Asociación Española de Ensayos No Destructivos).

Si  $F < \sqrt{2} \cdot F'$ ; la superficie perpendicular a R forma un menisco cóncavo y esto ocurre cuando el líquido moja a la superficie. [2]

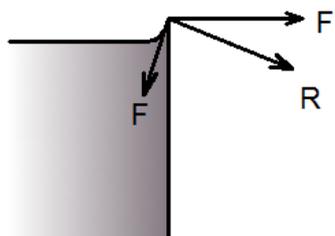


Gráfico 2.4. Formación de menisco cóncavo.

Fuente: AEND (Asociación Española de Ensayos No Destructivos).

### c. Poder humectante.

Si tenemos una gota de líquido sobre una superficie sólida, las fuerzas de cohesión y adherencia determinan el ángulo de contacto “ $\alpha$ ” formado por la superficie y la tangente a la superficie del líquido en el punto de intersección de ambas superficies, líquido-sólido.

Se pueden presentar los casos siguientes:

- Si el ángulo  $\alpha < 90^\circ$ , el líquido moja la superficie y su poder humectante es bueno (por ejemplo, el agua). Gráfico 2.5 a.
- Si el ángulo  $\alpha = 90^\circ$ , el líquido no moja al sólido y su poder humectante es malo. Gráfico 2.5 b.
- Si el ángulo  $\alpha > 90^\circ$ , el líquido no moja al sólido y su poder humectante es muy malo (por ejemplo, el mercurio). Gráfico 2.5 c.[6]

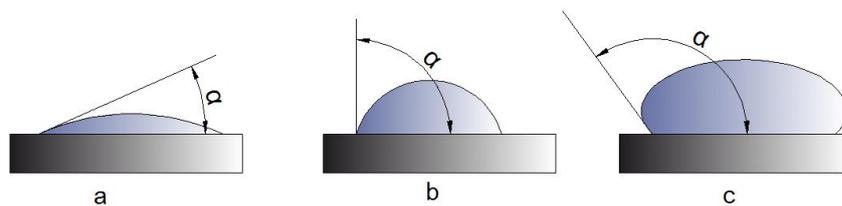


Gráfico 2.5. Ángulo de contacto y Poder humectante.

Fuente: AEND (Asociación Española de Ensayos No Destructivos).

### d. Tensión Superficial.

Una consecuencia de la fuerza de cohesión es la tensión superficial, que se puede definir como la fuerza por unidad de longitud que se ejerce tangencialmente sobre la superficie de separación entre un líquido y un gas.

La molécula D en la Gráfico 2.1, se encuentra en la superficie del líquido y está sometida a la atracción del propio líquido con resultante una fuerza vertical dirigida hacia abajo y una serie de fuerzas superficiales que se compensan como en la Gráfico 2.6. [2]

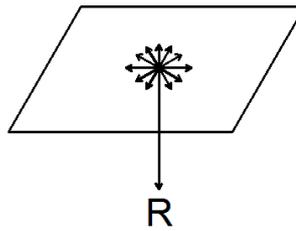


Gráfico 2.6. Tensión superficial.

Fuente: AEND (Asociación Española de Ensayos No Destructivos).

Debido a la tensión superficial, la superficie de los líquidos se comporta como una membrana elástica con una cierta resistencia a la ruptura y así se comprueba la existencia de la tensión superficial en hechos como el que una aguja se mantenga flotando sobre la superficie del agua, o que algunos insectos puedan caminar sobre la misma.

La tensión superficial se puede medir como se muestra en la Gráfico 2.7: supongamos que tenemos por ejemplo una película de agua jabonosa formando sobre un rectángulo de alambre, con un lado AB desplazable de longitud d: el conjunto de fuerzas que actúa sobre este lado se equilibra con el peso P; si la tensión superficial por unidad de longitud es G y teniendo en cuenta que la película tiene dos superficies libres (la cara superior y la inferior) se tiene que:

$$2 \cdot G \cdot d = P \rightarrow G = \frac{P}{2 \cdot d}$$

en donde: P (Newton),  
d (metros), y  
G (Newton/metro). [2]

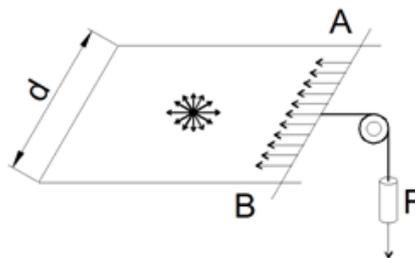


Gráfico 2.7. Medición de la tensión superficial.

Fuente: AEND (Asociación Española de Ensayos No Destructivos).

### e. Capilaridad.

La capilaridad está íntimamente relacionada con la tensión superficial y el poder humectante. Debido a este fenómeno físico, si se introduce un tubo de pequeño diámetro en su interior (tubo capilar) en un líquido, pueden ocurrir algunos de los casos que se representan en la Gráfico 2.8:

(a) Si el ángulo de contacto  $\alpha$  entre el líquido y la pared del tubo capilar es inferior a  $90^\circ$  el líquido moja la pared, asciende por el tubo y forma un menisco cóncavo;

(b) si  $\alpha$  igual a  $90^\circ$  el líquido no moja, y no forma menisco; y

(c) si  $\alpha$  es superior a  $90^\circ$  el líquido no moja, desciende por el tubo y su menisco es convexo.

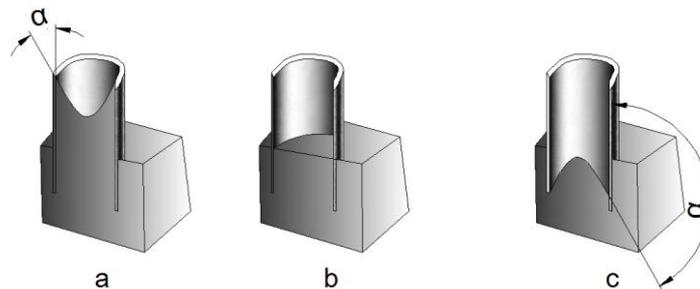


Gráfico 2.8. Ángulo de contacto y capilaridad.

Fuente: Metals Handbook, Vol 11, ASM

En el caso (a), visto en mayor detalle en la Gráfico 2.9, la fuerza resultante  $F_a$ , dirigida hacia arriba y que obliga al líquido a ascender por el interior del tubo, es igual al producto de la longitud de la película (longitud de la circunferencia de la sección interior del tubo), por la componente vertical  $G \cdot \cos \alpha$  de la tensión superficial:

$$F_a = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot G \cdot \cos \alpha.$$

A esta fuerza ascendente se opone el peso del líquido elevado, que será:

$$P = \pi \cdot r^2 \cdot \rho \cdot g \cdot h$$

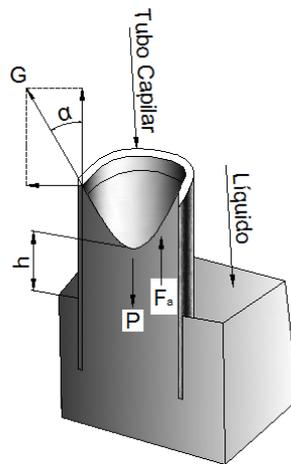


Gráfico 2.9. Ángulo de contacto menor a 90° y Capilaridad.

Fuente: Metals Handbook, Vol 11, ASM

Se alcanza el equilibrio cuando sea  $F_a = P$  es decir:

$$2 \cdot \pi \cdot r \cdot G \cdot \cos \alpha = \pi \cdot r^2 \cdot \rho \cdot g \cdot h$$

Despejando h, la altura del líquido es:

$$h = \frac{2 \cdot G \cdot \cos \alpha}{r \cdot \rho \cdot g}$$

siendo:  $G$  = tensión superficial del líquido (N/m)

$\alpha$  = ángulo de contacto

$r$  = radio interior del tubo capilar (m)

Esta expresión se conoce como Ley de Jurin: “Los ascensos o descensos de los líquidos por tubos capilares, son inversamente proporcionales a los radios de los tubos”.

De la anterior expresión se deduce que, si el ángulo es mayor de 90°, el coseno será negativo, lo que significa que el líquido, en lugar de ascender, desciende por el capilar. También se deduce que, para un líquido determinado de tensión superficial  $G$  conocida, el valor absoluto de la altura, o profundidad, es directamente proporcional a  $\cos \alpha$ , siendo máxima para  $\alpha = 0^\circ$  ( $\cos 0^\circ = 1$ ), e inversamente proporcional a  $\rho$ , es decir si se desea  $h$  alto, interesa un poder humectante del líquido alto y que la densidad sea baja. [6]

## f. Capilaridad en láminas paralelas y no paralelas.

Aunque la tensión superficial, el ángulo de mojado y el efecto capilar son los principios físicos básicos que rigen la penetración de un líquido en las discontinuidades abiertas a la superficie, en la práctica real ocurre que el fenómeno es más complejo.

Así, por ejemplo, aunque las grietas no son en realidad tubos capilares, la interacción entre el líquido y la superficie sólida, responsable de la acción capilar, también lo es de la penetración del líquido entre superficies muy próximas de una grieta, que se puede asimilar al efecto capilar en láminas paralelas como en la Gráfico 2.10.

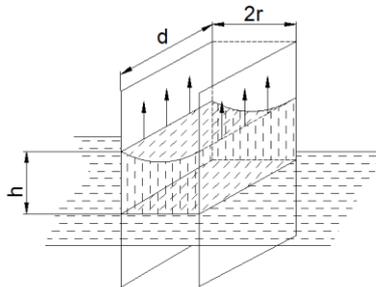


Gráfico 2.10. Capilaridad en Láminas Paralelas.

Fuente: AEND (Asociación Española de Ensayos No Destructivos).

En láminas paralelas, la altura que alcanza el líquido es la mitad de lo que alcanzaría en un tubo de capilar de diámetro la separación entre las dos láminas como veremos a continuación. En la Gráfico 2.9, la fuerza  $G \cdot \cos \alpha$  actúa en cada lámina a lo largo de su contacto con el líquido  $d$  ( $d$  es la anchura de las láminas) y por lo tanto tenemos que la fuerza ascendente es:

$$2 \cdot d \cdot G \cdot \cos \alpha$$

Esta fuerza se equilibra con el peso del paralelepípedo de líquido que tiene por base  $2 \cdot r \cdot d$  y por altura  $h$ :

$$2 \cdot d \cdot G \cdot \cos \alpha = 2 \cdot r \cdot d \cdot h \cdot \rho \cdot g \rightarrow h = \frac{G \cdot \cos \alpha}{r \cdot \rho \cdot g}$$

Si las láminas no son paralelas y forman un ángulo, la ascensión del líquido es mayor conforme más cerca se encuentra a la arista, y la línea de contacto del líquido con las paredes es en forma de una hipérbola (Gráfico 2.11). [2]

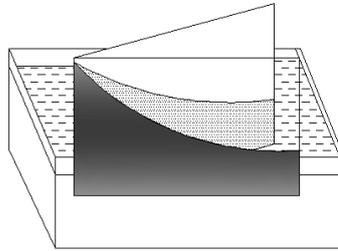


Gráfico 2.11. Capilaridad en láminas no paralelas.

Fuente: AEND (Asociación Española de Ensayos No Destructivos).

#### **g. Efecto del extremo cerrado de la discontinuidad.**

En la práctica del ensayo por líquidos penetrantes, la discontinuidad que se busca está abierta la superficie por un lado y normalmente cerrada por el otro. En el extremo cerrado se forma una bolsa de aire atrapado que se comprime por la presión que ejerce el líquido que asciende por el efecto capilar. El resultado es que el líquido llegue a una altura  $h$  inferior a la que se alcanza si el extremo está abierto (Gráfico 2.12). [6]

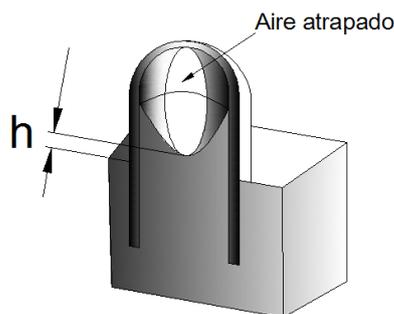


Gráfico 2.12. Efecto del extremo cerrado de una discontinuidad.

Fuente: Metals Handbook, Vol 11, ASM

#### **h. Salida del líquido.**

Hasta ahora se han tratado los principios físicos que intervienen para que el penetrante pueda acceder al interior de las discontinuidades. Pero es importante el

principio físico por el que el líquido vuelve a salir, aunque parezca paradójico, es por la misma interacción entre el líquido y el sólido que ha causado su introducción, y la explicación de este hecho es que, una vez que la superficie del sólido queda libre por la acción del lavado, vuelve a ser accesible al líquido retenido en la discontinuidad.

Este líquido, por acción de las fuerzas de adhesión entre sólido y líquido, se difunde sobre la superficie limpia hasta que se alcanza un estado de equilibrio entre el penetrante que queda en la discontinuidad y el que emerge en la superficie (Gráfico 2.13).

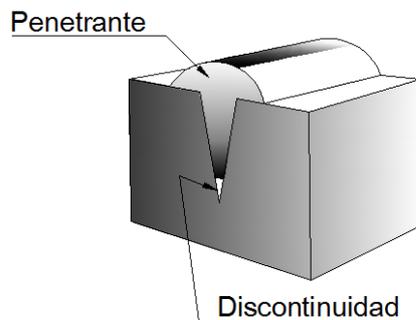


Gráfico 2.13. Salida del penetrante de una discontinuidad.

Fuente: Metals Handbook, Vol 11, ASM

Aunque en algunos casos la cantidad de penetrante que emerge es suficiente para ser detectada visualmente, sobre todo con penetrante fluorescente y bajo luz negra, la sensibilidad de detección se aumenta considerablemente con la utilización del revelador (Gráfico 2.14). [6]

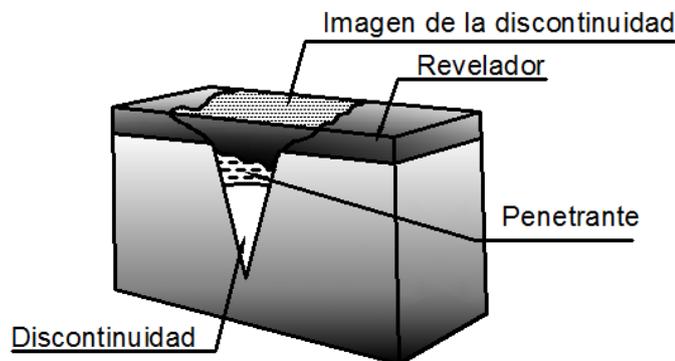


Gráfico 2.14. Detección de una discontinuidad utilizando revelador.

Fuente: Metals Handbook, Vol 11, ASM

### **2.4.1.3.OTRAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS.**

#### **a. Difusión.**

Es la transferencia de masa de un líquido en un sólido poroso, siguiendo un mecanismo similar a la propagación del calor en un volumen de material.

También puede haber difusión entre dos líquidos miscibles que no reaccionen químicamente. [2]

#### **b. Absorción.**

Es la atracción que un cuerpo sólido ejerce sobre un líquido o un gas de forma que este penetre en el cuerpo sólido.

El líquido penetrante penetra en las discontinuidades, por difusión y capilaridad y después se fija en las paredes donde se adhiere; el conjunto de estos mecanismos constituye la absorción, que también se presenta en el revelado. [2]

#### **c. Temperatura de ebullición.**

A una presión dada, un líquido que se calienta puede cambiar de estado y se transforma en vapor; la temperatura de ebullición es la temperatura alcanzada por el líquido cuando comienza a transformarse en vapor. [2]

#### **d. Viscosidad.**

Es la resistencia a cambiar de forma: la viscosidad de un líquido caracteriza su resistencia a que una de sus capas avance con relación a otra. Se definen dos tipos de viscosidad:

- $D$ = viscosidad dinámica, que se expresa en pascal por segundo (Pa-s), o poises (P).
- $\nu$ = viscosidad cinemática, que es la relación entre la viscosidad dinámica y la densidad del líquido. Se expresa en  $\text{m}^2/\text{s}$ , o Stokes (St). [2]

**e. Inactividad química (Inercia química).**

Un líquido es químicamente inactivo si no tiene una acción química destructiva sobre los materiales con los que está en contacto. [2]

**f. Solubilidad.**

Es la capacidad de una sustancia para disolverse en otro líquido sin precipitar. [2]

**g. Capacidad de lavado.**

Es la aptitud del lavado mediante agua con un mínimo de acción mecánica. [2]

**h. Temperatura de inflamación.**

Es la temperatura que un producto debe alcanzar para que haya formación de vapores en su superficie que, combinados con el aire, forman una mezcla detonante. La temperatura de inflamación es diferente a la de ebullición. [2]

**2.4.1.4.PRODUCTOS UTILIZADOS EN EL ENSAYO POR LÍQUIDOS PENETRANTES.**

Expuestos los principios físicos básicos del método de ensayo por líquidos penetrantes y teniendo en cuenta cuanto de ellos puede derivarse, se puede establecer las características que deben reunir tanto el líquido penetrante como el revelador que vayan a ser empleados. Estas características son las que se dan a continuación. [21]

➤ **PENETRANTES.**

❖ **CARACTERÍSTICAS GENERALES.**

El hecho de que la característica fundamental de un líquido penetrante sea precisamente su poder de penetración, no es suficiente para que sea apto para examinar un producto, sino que precisa de otras propiedades que le confieren, en su conjunto, esa aptitud.

Resulta, por tanto, que un penetrante ideal debería reunir las siguientes características:

- Poder penetrar en discontinuidades o grietas muy finas.
- Poder permanecer en discontinuidades gruesas.
- No evaporarse o secarse rápidamente.
- Ser fácilmente eliminable de la superficie.
- Que esta operación de limpieza superficial no afecte al penetrante retenido por la discontinuidad.
- Permanecer en estado fluido para poder salir con facilidad al aplicar el revelador. poder extenderse en películas finas y de espesor uniforme.
- Conservar el color o la fluorescencia durante un tiempo suficiente.
- Que su color o fluorescencia contrasten bien sobre el fondo.
- No ser corrosivo ni atacar a los materiales que se examinen.
- No tener olor intenso o desagradable.
- Ser estable en las condiciones de uso o almacenamiento. no tener componentes tóxicos.

Es evidente que el conjunto de todas estas características difícilmente se puede encontrar en una sola sustancia, por esto los líquidos penetrantes que se encuentran en el comercio son mezclas muy diversas, composición que se aproximan más o menos a las características requeridas por un penetrante que pudiera estimarse como ideal.

Al exponer los principios físicos del método, han sido consideradas como propiedades fundamentales de un penetrante su tensión superficial, su poder humectante y su viscosidad. No obstante y teniendo en cuenta las características

que debe tener un penetrante, convendrá añadir algo más sobre alguna de estas características, tales como: volatilidad, inercia química y toxicidad.

La volatilidad de un penetrante debe ser pequeña, ya que de ella depende, en gran parte, su estabilidad en forma líquida una vez que ha sido extendido sobre la superficie. Debido a esto se utilizan para la preparación de los penetrantes productos de baja presión de vapor y alto punto de ebullición. Todo esto es de la mayor importancia, sobre todo, teniendo en cuenta que al ser, generalmente, los productos que entran en la composición del penetrante derivado del petróleo y por tanto, combustibles, se hace preciso mantener su volatilidad tan baja como sea posible para disminuir el riesgo de incendio.

Dado que los hidrocarburos al aumentar su punto de ebullición aumenta también su viscosidad, lo cual va en detrimento del tiempo de penetración, motiva el que tenga que recurrirse a mezclas de hidrocarburos para disminuir la viscosidad del sistema, conseguir mayor velocidad de penetración y procurar que aunque se evaporen, la película líquida sea lo suficientemente fluida para no entorpecer el proceso.

Por cuanto a la inercia química se refiere, resulta evidente que el líquido penetrante debe ser inerte y no corrosivo con respecto tanto a los materiales a inspeccionar, como a los recipientes en que tiene que ser almacenado.

En general, los penetrantes cuya base son hidrocarburos, cumplen satisfactoriamente esta condición, pero no suele ocurrir lo mismo con los penetrantes lavables con agua, ya que en ellos la presencia de los emulsificadores (mezclas de agentes tenso activos neutros) puede originar, si el penetrante se contamina con agua, corrosión en el aluminio.

Este ligero poder corrosivo que pudiera tener un cierto penetrante, no representa peligro de ataque a las piezas que se examinan, ya que éstas se mantienen en contacto con el penetrante durante un tiempo muy corto. Sin embargo, puede ocurrir que por un lavado deficiente queden restos de penetrantes en algunas partes de las piezas, lo cual pudiera dar lugar a picaduras de corrosión.

La toxicidad de un penetrante, en especial por cuanto se refiere al efecto que pueda tener sobre la salud de las personas que los manejen, es de importancia capital y constituye uno de los factores principales a tener en cuenta en la formulación de un producto. En muchos casos, no resulta fácil obtener un producto totalmente inocuo y libre de riesgo en su manipulación, pero siempre es necesario sacrificar alguna característica puramente tecnológica, para el logro de productos menos agresivos. Es por esto por lo que se evita, por todos los medios, el empleo de productos venenosos, corrosivos o malolientes, de forma que los penetrantes puedan ser empleados con un mínimo de molestias.

Generalmente, el mayor peligro se encuentra en la aplicación de ciertos productos fluorescentes -hidrocarburos cristalinos- que han sido utilizados en la preparación de algunos penetrantes y que han mostrado cierta actividad carcinógena.

Esta actividad se ha manifestado en algunos productos obtenidos en la destilación del carbón o del alquitrán de hulla, pero, sin embargo, los pigmentos fluorescentes obtenidos por síntesis, son completamente inocuos, razón por la cual son los que se emplean en la composición de todos los penetrantes fluorescentes. [2]

#### ❖ **CLASIFICACIÓN DE LOS LÍQUIDOS PENETRANTES.**

La clasificación básica de los tipos de líquidos penetrantes existentes es la que los agrupa en función de la fuente de luz que se precisa para observación de las indicaciones que proporciona el ensayo. Se clasifican en tres grupos o familias que son:

1. Líquidos penetrantes coloreados, observación con luz directa.
2. Líquidos penetrantes fluorescentes, observación con luz negra (ultravioleta).
3. Líquidos penetrantes mixtos (fluorescentes-coloreados), observable bajo los dos tipos de luz anteriores.

Paralelamente, en cada familia, se pueden encontrar tres casos posibles de empleo en función de la forma de eliminar el exceso de penetrante de la superficie:

- a. Líquidos penetrantes lavables con agua.
- b. Líquidos penetrantes postemulsionables.
- c. Líquidos penetrantes eliminables con disolventes.

Los líquidos penetrantes mixtos (fluorescentes-colorados) son penetrantes especiales que contienen en su composición pigmentos fluorescentes mezclados con pigmentos colorados. Estos líquidos se conocen también con el nombre de “penetrantes de doble sensibilidad”.

Además de los tipos de penetrantes indicados existen otros para ciertas aplicaciones especiales, que dependen de las condiciones o requerimientos de los exámenes a realizar. Como ejemplo, se pueden citar los siguientes:

- Penetrantes tixotrópicos de alta viscosidad para su empleo local en zonas de superficies verticales o invertidas.
- Penetrantes fluorescentes, base acuosa, para el caso en que el penetrante no pueda ser combustible u oxidable, por ejemplo, en la inspección de recipientes que han de contener fuel y en sistemas de almacenamiento de oxígeno líquido.
- Penetrantes rojos o fluorescentes exentos de azufre, halógenos, etc. para el examen de aleaciones especiales que serían deterioradas por estos elementos.
- Penetrantes rojo-fluorescentes dispersables en agua para localizar fugas y porosidades en grandes recipientes.
- Penetrantes fluorescentes exentos de aceite para ser utilizados en la inspección de ciertos materiales como gomas y plásticos, donde aceites y derivados del petróleo pueden deteriorar el material a examinar.
- Penetrantes fluorescentes base aceite para añadirlos a los aceites de refrigeración para la detección de fugas en sistemas de refrigeración.
- Penetrantes de aplicación sobre superficies calientes.

- Penetrantes con colorantes inofensivos dispensables en aceites comestibles para la inspección de grietas en maquinaria de la industria alimenticia. [6]

#### ❖ **CARACTERÍSTICAS DE LOS PENETRANTES FLUORESCENTES.**

Este tipo de líquido penetrante incorpora en su composición pigmentos fluorescentes de color generalmente amarillo verdoso, que son sensibles a una iluminación especial llamada luz negra que los hace fluorescer.

En general, estos líquidos penetrantes fluorescentes tienen una mayor sensibilidad que los colorados, es decir, son capaces de detectar indicaciones más finas. [2]

#### ❖ **PENETRANTES FLUORESCENTES LAVABLES CON AGUA.**

Son penetrantes que se eliminan directamente con agua (obtenida de la red) debido a que su formulación se les ha incorporado tensoactivos o detergentes que les hace solubles en agua. Lavando la pieza con agua, bien por inmersión o por pulverización, la pieza quedará limpia y libre del exceso de penetrante.

Son de uso muy cómodo y su empleo está bastante extendido, a pesar de su menor sensibilidad. [2]

#### ❖ **PENETRANTES FLUORESCENTES POSTEMULSIONABLES.**

El penetrante no es por sí soluble en agua y necesita una etapa intermedia entre la penetración y el lavado con agua. En la etapa intermedia se aplica un agente tensoactivo al que se denomina emulsificador.

En este tipo de penetrantes, el tiempo de contacto penetrante-emulsificador, es crítico y debe ser el más corto posible ya que, si el tiempo de contacto se aumenta, puede ocurrir que el emulsificador se mezcle con el penetrante que se encuentre en el interior de la discontinuidad, lo que haría que en vez de lavar se extraiga el penetrante, haciendo ineficaz el ensayo.

Los emulsionantes empleados para el ensayo con líquidos penetrantes son de dos tipos diferentes: lipofílicos e hidrofílicos.

- **Lipofílicos o base aceite:** Son una mezcla de agentes tensoactivos en aceite que se mezclan y disuelven en el penetrante, dando lugar a una emulsión cuando el agua actúa sobre esta mezcla, siendo esta emulsión eliminable por la misma agua.
- **Hidrofílicos:** Son polares o presentan afinidad por el agua, por lo cual son insolubles en el agua. Esta mutua insolubilidad evita que se extraiga parte del penetrante que se haya quedado en el interior de la discontinuidad. Estos emulsificadores hidrofílicos actúan por un proceso de humectación que reduce la tensión superficial de los aceites que contienen los penetrantes los cuales son desplazados por el eliminador acuoso y el agua. [2]

#### ❖ **LÍQUIDOS PENETRANTES FLUORESCENTES ELIMINABLES CON DISOLVENTES.**

Estos penetrantes requieren para su eliminación el empleo de un disolvente que se denomina eliminador. Por lo general los eliminadores a base de disolventes, son productos especiales, particularmente formulados por cada fabricante y apropiados para eliminar sus propios penetrantes.

El eliminador debe estar en contacto con el penetrante el tiempo suficiente para eliminar el exceso del mismo, pero este debe ser el mínimo para no correr el riesgo de eliminar parcial o totalmente el penetrante del interior de las discontinuidades. Se pueden dividir en dos grupos:

- Inflamables.
- No inflamables. [2]

#### ➤ **REVELADOR.**

#### ❖ **CARACTERÍSTICAS GENERALES.**

Considerando que el revelador es el agente que ha de poner de manifiesto los lugares en que ha tenido lugar una retención de penetrante y que, generalmente, actúa como un papel secante que extrae el líquido de la discontinuidad, con lo

cual, además contribuye a aumentar la visibilidad, puesto que suele proporcionar una base sobre la cual, al extenderse el penetrante aumenta la superficie visible.

Además, esta base constituye un fondo adecuado que aumenta el contraste y acorta el tiempo necesario para que la indicación sea visible, llegando incluso, en los reveladores aplicados por vía húmeda (dispersos en un disolvente) a aumentar la cantidad de penetrante extraída.

En consecuencia, un revelador para cumplir adecuadamente su misión, debe reunir, en mayor o menor grado, las siguientes características:

- Tiene que ser absorbente.
- No debe contener productos tóxicos.
- Debe de estar finamente dividido (polvo muy fino) para conseguir una buena definición y al propio tiempo aumentar su poder absorbente.
- Su poder cubriente debe ser el mayor posible, para así enmascarar los colores de fondo del objeto examinado.
- Debe ser de fácil aplicación y dar una capa continúa de espesor uniforme, tiene que ser eliminable fácilmente.

El empleo de los reveladores tiene algunos inconvenientes entre los que pueden destacarse los siguientes:

- Debido a su porosidad ya la lógica dispersión del penetrante tienden a aumentar el tamaño de la indicación.
- La dispersión del penetrante en la capa de revelador puede ser causa de una atenuación del color o de la fluorescencia.
- Si el espesor de la capa de revelador excede ciertos límites óptimos, se reduce la detectabilidad de las discontinuidades. [6]

## ❖ TIPOS DE REVELADORES.

Existen cuatro grupos o tipos de reveladores:

- a. Reveladores de polvo seco.
- b. Reveladores acuosos.
- c. Reveladores húmedos no acuosos.
- d. Reveladores de película líquida. [2]

## ❖ REVELADORES DE POLVO SECO.

Se pueden aplicar sobre la pieza con un espolvoreador, con una brocha de cerdas suaves o espolvorearlo manualmente. La aplicación del polvo con aerógrafos de baja presión tiene el inconveniente de formar nubes de polvo y contaminar el ambiente. Si el revelador es muy ligero y esponjoso, se comporta como un líquido y la aplicación se puede realizar por inmersión. [2]

## ❖ REVELADORES ACUOSOS.

Son una suspensión de un polvo en agua. Se tiene que aplicar inmediatamente después de que se haya eliminado de la superficie el exceso de penetrante y antes del secado.

Los reveladores acuosos se prepararán, mantendrán y aplicarán conforme las instrucciones del fabricante. Su aplicación puede ser por vertido, inmersión y pulverización. [2]

## ❖ REVELADORES HÚMEDOS NO ACUOSOS.

Son suspensiones de polvo revelador en disolventes. Son un polvo de color blanco en suspensión en un disolvente orgánico volátil, que se presenta envasado en forma de botes de aerosol, lo que facilita su aplicación por pulverización sobre la superficie de ensayo. [2]

## ❖ REVELADORES DE PELÍCULA LÍQUIDA.

Se aplican por pulverización siguiendo las recomendaciones del fabricante. Cuando el revelador se seca forma una película plástica sobre la superficie de la pieza. [2]

### 2.4.1.5.PROCEDIMIENTO.

Con independencia del tipo de penetrante que se utilice, y del sistema que se utilice para la eliminación del exceso de este, las etapas básicas del ensayo por líquidos penetrantes se pueden dividir en las siguientes:

- Preparación de la superficie a ensayar, limpieza previa.
- Aplicación del líquido penetrante, tiempo de penetración.
- Eliminación del exceso de penetrante de la superficie del ensayo.
- Aplicación del revelador.
- Inspección para interpretación y evaluación de las indicaciones.
- Limpieza final.

Dentro de cada etapa, la elección entre las distintas prácticas o técnicas recomendadas que se pueden seguir dependerá de las siguientes condiciones:

- El material de la pieza que se va a ensayar.
- El tamaño de la misma.
- La frecuencia con que se ha de repetir el mismo ensayo.
- El tipo y tamaño de las discontinuidades que se esperan detectar.

Por otra parte, el ensayo por líquidos penetrantes se puede realizar:

- De forma manual, con equipo portátil, o en instalaciones fijas con varios puestos o estaciones donde realizar las distintas etapas del proceso.
- En instalaciones automatizadas.

En función de los productos penetrantes disponibles actualmente en el mercado, hay siete procesos con penetrantes recomendados que son los siguientes:

1. Penetrante fluorescente lavable con agua directamente.
2. Penetrante fluorescente postemulsionable (emulsionante lipofílico):
  - Existe riesgo de que el penetrante en exceso de la superficie contamine rápidamente el baño de emulsionante.
  - El emulsionante lipofílico, soluble en el penetrante, puede eliminar también el penetrante contenido en la discontinuidad, por lo que el tiempo de emulsificación es crítico.
3. Penetrante fluorescente postemulsionable (emulsionante hidrofílico):
  - El riesgo de contaminación del emulsionante por el penetrante es menor debido al prelavado.
  - El emulsionante hidrofílico tiene una solubilidad en el penetrante limitada, por lo que el riesgo de eliminación del penetrante de la discontinuidad es menor.
4. Penetrante fluorescente eliminable con disolvente:
  - El secado antes de aplicar el revelador es casi instantáneo debido a la volatilidad del disolvente.
5. Penetrante coloreado lavable con agua directamente.
6. Penetrante coloreado postemulsionable (emulsionante lipofílico).
7. Penetrante fluorescente eliminable con disolvente. [6]

➤ **PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE A ENSAYAR.**

Consiste en eliminar de la superficie cualquier elemento contaminante que pudiera dificultar, o interferir, la penetración del penetrante en la discontinuidad como en la posterior eliminación del que queda en la superficie sin haber penetrado. [6]

## ❖ TIPOS DE CONTAMINANTES Y EFECTOS.

Los distintos tipos de contaminantes que se puedan encontrar en las piezas y los efectos indeseables que causan son los siguientes:

- **Agua.**

Impide la humectación y penetración. Es uno de los contaminantes más importantes que se pueda encontrar en el ensayo por líquidos penetrantes.

- **Pintura.**

Impide la humectación; tapa la apertura a la superficie de las discontinuidades.

- **Calamina, barniz, óxidos y otras suciedades que se adhieren a la superficie.**

Tienden a absorber el penetrante y no se elimina, producirían un fondo de color o fluorescente; también impiden la acción del líquido a penetrar en las discontinuidades y su efecto humectante.

- **Aceites empleados para conformado, mecanizado, aceites lubricantes.**

La mayor parte de estos aceites fluorescen bajo la luz negra y pueden oscurecer las indicaciones verdaderas en el ensayo con penetrante fluorescente, o producir indicaciones falsas. Además, una superficie aceitada también impide la acción del líquido penetrante.

- **Restos de ácidos o álcalis.**

Además de impedir la humectación y penetración, reaccionan químicamente con el penetrante y descomponen los pigmentos y otros constituyentes.

- En cuanto a las irregularidades superficiales, una excesiva rugosidad reduce la facilidad de aplicación del penetrante y también dificulta la eliminación posterior del exceso de penetrante en la superficie. Si quedan restos de metal

resultantes del conformado o de abrasión superficial, estos pueden cubrir los defectos e impedir la acción del penetrante. [2]

#### ❖ **TÉCNICAS DE LIMPIEZA.**

La finalidad de la limpieza previa es conseguir que, antes de la aplicación del penetrante, la superficie a ensayar y también las áreas adyacentes, dentro de una extensión mínima de 25 mm., estén limpias y secas. La elección de la técnica de limpieza adecuada, depende principalmente de los siguientes factores:

- Tipo de contaminante a eliminar.
- Efecto que puede causar en la pieza dependiendo del método de limpieza.
- Posibilidad de aplicar el método de limpieza a la pieza.
- Requisitos de limpieza especificados por el cliente.

Las técnicas de limpieza recomendadas son las que se indican a continuación: [21]

##### • **Limpieza con detergente.**

Los detergentes son compuestos no inflamables solubles en agua. Pueden ser alcalinos, ácidos o neutros, pero siempre tienen que ser no corrosivos para el material de las piezas.

Es una técnica que se emplea principalmente para eliminar la suciedad de piezas pequeñas que se sumergen en tanques. El tiempo de limpieza adecuado es de 10 a 15 minutos, a temperaturas entre 75°C y 95°C, con agitación del líquido.

Es importante que se eliminen todos los restos de detergentes mediante lavado intensivo con agua antes de realizar el ensayo con líquidos penetrantes. [2]

##### • **Limpieza con disolvente.**

Consiste en aplicar el disolvente directamente sobre la superficie, frotando ésta con trapos o papeles de acuerdo con la rugosidad superficial, hasta que se observa

que los elementos contaminantes (grasa, aceite, cera y en general, materias orgánicas) han desaparecido.

En el caso de pequeñas piezas fabricadas en serie, o piezas de gran complejidad superficial, se emplean tanques de disolvente donde se introducen las piezas durante unos minutos, las piezas quedan preparadas para el ensayo. Para el ensayo de soldaduras en la industria de caldería, o en piezas fundidas, es la técnica más empleada. Dejando secar por evaporación del disolvente durante unos minutos, las piezas quedan preparadas para el ensayo. [2]

- **Limpieza con vapor desengrasante.**

Es la técnica más efectiva de limpieza de aceites, grasas u otros contaminantes orgánicos de la superficie de las piezas y también de las discontinuidades abiertas a la superficie. Sin embargo, esta técnica no sirve para eliminar contaminantes inorgánicos.

Como el tiempo de contacto con el vapor es corto, las discontinuidades más profundas pueden no limpiarse, por lo que se recomienda completar la limpieza remojando con un disolvente. [2]

- **Limpieza con limpiadores alcalinos.**

Los limpiadores alcalinos son unas soluciones no inflamables y solubles en agua, y contienen detergentes especialmente seleccionados para eliminar varios tipos de suciedad. Las soluciones alcalinas en caliente pueden eliminar además óxidos. Estos productos se tienen que usar siguiendo las instrucciones del fabricante.

Las piezas limpiadas con esta técnica se deben aclarar completamente y secar con aire caliente antes del proceso de ensayo por líquidos penetrantes, teniendo en cuenta que, al aplicar el penetrante la temperatura de la superficie de las piezas no debe exceder de 52°C.

Una modificación de la técnica de limpieza alcalina en caliente de piezas en tanques de inmersión es la limpieza con vapor, que se puede utilizar para piezas

de gran tamaño, permite eliminar los contaminantes inorgánicos y además muchos orgánicos.

Como el fondo de las discontinuidades más profundas puede no limpiarse, es recomendable completar la limpieza remojando con un disolvente. [2]

- **Limpieza por ultrasonidos.**

Esta técnica mejora la acción de la limpieza alcalina mediante la agitación por ultrasonidos del baño, con lo que se consigue reducir el tiempo de limpieza. [2]

- **Limpieza por medios mecánicos.**

Son medios mecánicos para limpieza y preparación de las superficies el empleo de cepillos de alambre, el chorreado de arena, el granallado, el raspado o el esmerilado a mano o a máquina, etc.

Los métodos de limpieza mecánicos pueden hacer que se cierren las discontinuidades superficiales, dificultando o incluso impidiendo la introducción del penetrante en ellas, con lo que la eficacia del ensayo por líquidos penetrantes disminuye o se anula, por lo que realmente son técnicas de limpieza no recomendables. Afectan sobre todo los metales blandos como aleaciones de aluminio, titanio, magnesio y berilio.

A pesar de ello, se utilizan normalmente en las industrias de caldería y de fundición para el ensayo de piezas en bruto, sin mecanizar, en las que los defectos buscados son de un tamaño tal que no se considera que este tipo de limpieza pueda anular su detección, además de que hay elementos contaminantes, tales como proyecciones de soldadura o escorias superficiales que, en la práctica, no se pueden eliminar con otros métodos.

Si se emplean estos medios mecánicos, hay que preparar las superficies afectadas mediante ataque ácido en los casos en que así se requiera antes de la aplicación del penetrante. [2]

- **Ataque ácido.**

Consiste en atacar la superficie metálica con una solución de ácido para eliminar rebabas del mecanizado, rectificado y otros procesos de conformado de piezas, o cualquier metal que, como consecuencia de la utilización de medios mecánicos de limpieza, tape las discontinuidades impidiendo la entrada del penetrante.

Con el ataque ácido se consigue volver a abrir a la superficie las discontinuidades. Al concluir esta limpieza hay que eliminar totalmente todos los restos de ácido y emplear una solución alcalina para neutralizar. Hay que tener en cuenta que restos de ácidos y cromatos pueden afectar negativamente a la fluorescencia de los pigmentos que llevan los líquidos penetrantes fluorescentes.

En esta técnica hay que seguir las instrucciones del fabricante para la manipulación de los productos empleados (ácidos) dada su peligrosidad. [2]

- ❖ **SECADO POSTERIOR A LA LIMPIEZA PREVIA.**

Es esencial que la superficie de las piezas se seque completamente después de la limpieza porque cualquier resto del líquido impedirá la entrada del penetrante. [5]

- **APLICACIÓN DEL PENETRANTE.**

Una vez limpia y seca la superficie a examinar, se aplica el penetrante de forma que este se extienda sobre aquélla dando lugar a una película uniforme. Esta película de penetrante deberá mantenerse sobre la superficie durante un tiempo suficiente para conseguir el máximo de penetración del penetrante en el interior de la discontinuidad. [21]

Existen varios métodos para la aplicación del penetrante como son:

- **Aplicación del penetrante por inmersión.**

Se realiza en piezas relativamente pequeñas que se introducen totalmente en un tanque con penetrante. [2]

- **Aplicación del penetrante con brocha o pincel.**

Cuando no se quiere cubrir con penetrante una zona mucho mayor a la que se va a ensayar, en lugar de pulverizarlo se usa pincel o brocha con lo que la superficie de ensayo queda absolutamente controlada. [2]

- **Aplicación del penetrante por pulverización.**

El penetrante que es líquido, se pulveriza por medio de un chorro de aire a baja presión y así se dirige a la superficie que se ensaya. [2]

➤ **TIEMPO DE PENETRACIÓN.**

Un punto muy importante para el ensayo es el tiempo durante el que se permite que el penetrante permanezca sobre la superficie a inspeccionar. Este tiempo se conoce como el tiempo de penetración y su valor está directamente relacionado con el tipo de material de las piezas a ensayar y con la forma y tamaño de las discontinuidades que se quiere detectar. El tiempo de penetración se establecerá en cada caso teniendo en cuenta (ver tabla 6.3 Tiempos de penetración):

- El material de la pieza a ensayar.
- El tipo de discontinuidad a detectar.
- Las recomendaciones del fabricante de los líquidos penetrantes. [2]

➤ **ELIMINACIÓN DEL EXCESO DE PENETRANTE.**

El exceso de penetrante ha de ser eliminado de la superficie. El método de limpieza dependerá del tipo de penetrante utilizado. Si el penetrante es eliminable con disolvente se hace frotando la superficie con trapos que no desprendan hilachas, o papeles absorbentes, limpios y secos, repitiendo la operación hasta quitar la mayor parte del exceso de penetrante sobre la superficie del ensayo. En el caso de emplear penetrantes fluorescentes es aconsejable realizar esta operación de limpieza bajo luz negra para asegurarse de que no quedan restos de penetrante que pudieran dar lugar a falsas indicaciones. [6]

➤ **INSPECCIÓN VISUAL PARA COMPROBACIÓN DE LA ELIMINACIÓN DEL EXCESO DE LÍQUIDO PENETRANTE.**

El penetrante que quede sin eliminar sobre la superficie de la pieza forma indicaciones falsas que pueden enmascarar las indicaciones verdaderas. Para asegurarse de su completa eliminación, si se han empleado penetrantes fluorescentes, conviene inspeccionar visualmente la totalidad de la superficie de ensayo bajo luz negra. [5]

➤ **TÉCNICAS DE SECADO.**

Una vez que se ha eliminado el exceso de penetrante, hay que secar la superficie antes de la aplicación de revelador húmedo no acuoso. Si se ha eliminado el penetrante con disolvente, el secado se hará por exposición a temperatura ambiente. [5]

➤ **APLICACIÓN DEL REVELADOR.**

Una vez eliminado el exceso de penetrante y que se haya secado la superficie se procederá a la aplicación del revelador, el cual dependerá del tipo de revelador que se esté usando de los mencionados anteriormente. [6]

• **Tiempo de Revelado.**

El tiempo de revelado comienza inmediatamente después de la aplicación de un revelador húmedo no acuoso, el tiempo de revelado será como mínimo 10 minutos y como máximo 1 hora. De una forma bastante aproximada puede darse la siguiente regla: Como tiempo de revelado se dará la mitad del tiempo de penetración. [5]

➤ **CONDICIONES DE OBSERVACIÓN E INSPECCIÓN, FIJADO Y REGISTRO DE LAS INDICACIONES.**

La indicación a que da lugar es consecuencia de una discontinuidad que aflora a la superficie del objeto y señala su situación, poniéndose de manifiesto por el

contraste de fluorescencia, sobre el fondo de revelador, y por las cantidades de penetrante extraídas y retenidas en la capa del revelador.

El tamaño y tipo de la discontinuidad no es fácil de evaluar si el penetrante se difunde excesivamente en el revelador. Por tanto, una buena práctica que ayuda a la interpretación de las indicaciones es observar la superficie mientras se aplica el revelador para detectar cualquier indicación que tienda a dispersarse o extenderse demasiado, dando lugar a que la indicación parezca difusa.

La interpretación final se hará después de aplicar el penetrante y el revelador durante el tiempo establecido en el procedimiento del ensayo; si la superficie de observación es demasiado extensa, la observación deberá hacerse por zonas. [6]

#### ❖ **PENETRANTES FLUORESCENTES.**

La observación de penetrantes fluorescentes se realiza bajo la iluminación producida por lámparas especiales de luz ultravioleta (luz negra). [5]

#### ❖ **FIJADO Y REGISTRO DE LAS INDICACIONES.**

Las indicaciones verdaderas obtenidas en el ensayo no destructivo por líquidos penetrantes se tienen que anotar o registrar en un informe del ensayo.

El mejor sistema de registro es la fotografía digital. [5]

### **2.4.1.6. SELECCIÓN DE PRODUCTOS PARA EL ENSAYO POR LÍQUIDOS PENETRANTES.**

#### **➤ GRUPO DE PRODUCTOS BÁSICOS Y SU COMPATIBILIDAD.**

El ensayo por líquidos penetrantes consiste en el empleo de un grupo de productos básicos (penetrantes, emulsionantes, eliminadores y reveladores) que forman distintas familias.

Al combinarlos adecuadamente, definen un proceso o técnica de ensayo por líquidos penetrantes. [2]

### ➤ **COMPATIBILIDAD.**

Los productos básicos utilizados en el ensayo por líquidos penetrantes son productos químicos que deben ser compatibles en los tres aspectos siguientes:

- a. Compatibles entre sí, para lo que se eligen del mismo fabricante. Las normas existentes sobre ensayo por líquidos penetrantes recomiendan que no se mezclen productos de diferentes fabricantes.
- b. Compatibles con el material de las piezas que se van a inspeccionar. Si el líquido penetrante ataca o no al material se puede comprobar mediante ensayo de corrosión previo al ensayo.
- c. Compatibles con el uso que se le va a dar la pieza que se ensaya:
  - Piezas que van a estar en contacto con propulsores explosivos (motores de avión, cohetes, etc.), materiales pirotécnicos, piezas y componentes de equipos nucleares.
  - En la inspección de depósitos que va a contener fuel, oxígeno líquido, etc., no se pueden emplear productos combustibles. Se debe emplear, por ejemplo, penetrantes base acuosa.
  - Si puede haber contaminación, hay que asegurarse que los productos de ensayo no tengan efectos perjudiciales sobre combustibles, fluidos hidráulicos, lubricantes, etc. [2]

#### **2.4.1.7.DISTINTOS PRODUCTOS EMPLEADOS EN EL ENSAYO DE LÍQUIDOS PENETRANTES, VENTAJAS E INCONVENIENTES.**

En la selección de productos para el ensayo, hay que considerar las ventajas y limitaciones que presentan cada uno de los productos, así:

### ➤ **PENETRANTE FLUORESCENTE POSTEMULSIONABLE.**

**Ventajas:**

- La fluorescencia le proporciona muy buena visibilidad.
- Se puede lavar directamente con agua.
- Se puede utilizar en superficies rugosas.
- Gran economía de tiempo en el proceso.
- Bueno para una amplia gama de discontinuidades. [5]

**Limitaciones:**

- El lavado excesivo puede disminuir la sensibilidad.
- El anodizado puede afectar su sensibilidad.
- El cromado puede afectar su sensibilidad.
- No es adecuado para discontinuidades de poca profundidad.
- Precisa de cámara oscura, dotada de luz negra, para la observación. [5]

➤ **PENETRANTE FLUORESCENTE AUTO-EMULSIONABLE.**

**Ventajas:**

- La fluorescencia le proporciona muy buena visibilidad.
- Tiene alta sensibilidad para discontinuidades pequeñas.
- Puede detectar discontinuidades abiertas y de poca profundidad.
- Tiempo de penetración corto.
- Puede utilizarse en piezas cromadas o anodizadas. [5]

**Limitaciones:**

- No es lavable directamente con agua.

- La aplicación del emulsificador alarga el tiempo de ensayo.
- Precisa de cámara oscura, dotada de luz negra, para la observación.
- Difícil de aplicar en productos rugosos.
- A veces se hace difícil lavado en zonas inaccesibles.
- Suele ser inflamable. [5]

#### ➤ **REVELADORES HÚMEDOS NO ACUOSOS.**

##### **Ventajas:**

- No forman nubes de polvo, como ocurre con los reveladores secos.
- Se aplican con facilidad y cubren superficies que son más difícilmente accesibles para reveladores secos.
- Son adecuados para superficies de acabado fino, o pulidas.
- Se adaptan bien a procesos automatizados.
- Adecuados para discontinuidades anchas y poca profundas.
- El revelado húmedo no acuoso es el que proporciona la mayor sensibilidad. [5]

##### **Limitaciones:**

- Pueden ser afectados por la temperatura de la superficie de la pieza.
- El revelador húmedo no acuoso es el más difícil de eliminar en la limpieza final. [5]

#### **2.4.1.8. SELECCIÓN DEL PENETRANTE.**

Las principales ventajas y limitaciones de los líquidos penetrantes quedan resumidas en el inciso anterior. De lo expuesto se deduce que los penetrantes

fluorescentes post-emulsionables son los que presentan mayor sensibilidad y su aplicación permite detectar pequeñas discontinuidades.

Al propio tiempo requiere de un tiempo de penetración corto; sin embargo; la aplicación del emulsificador alarga el tiempo de ensayo, con lo que se encarece su costo. Posiblemente, aun teniendo en cuenta las limitaciones reseñadas, es el sistema ideal para los ensayos sobre una gran producción.

Los penetrantes fluorescentes lavables con agua, aunque menos sensibles que los anteriores, resultan algo más económicos. Siendo su sensibilidad suficiente para una gran parte de las discontinuidades, no son adecuados para las discontinuidades poco profundas. Pueden ser empleados tanto sobre superficies pequeñas como grandes e incluso, sobre superficies rugosas. Su mayor inconveniente es que un lavado excesivo puede disminuir la sensibilidad.

Ambos sistemas presentan como desventaja la necesidad de tener que emplear una cámara oscura, dotada de luz negra, para la observación. [6]

#### **2.4.1.9. SELECCIÓN DEL REVELADOR.**

El proceso del revelado tiene una gran importancia en el desarrollo del método de examen por líquidos penetrantes, lo cual implica que deben seguirse determinadas reglas para la adecuada elección del revelador, conducentes a la obtención de los mejores resultados.

Mucho se ha discutido sobre la influencia que puede tener sobre la sensibilidad el espesor la capa de revelador; no obstante, se puede indicar que, partiendo de la base de que el revelador debe ser lo más blanco posible y su poder de absorción óptimo, la película seca que resulta de la evaporación del vehículo acuoso o no acuoso en el que va dispersado el polvo, debe ser de espesor uniforme.

Por otra parte, si el espesor de la capa es grueso produce enmascaramiento de las grietas muy finas, mientras que una capa demasiado fina y no homogénea en espesor da lugar a que la interpretación presente ciertas dificultades.

Para la selección del revelador deberán ser tenidas en cuenta las siguientes consideraciones:

- a. Sobre superficies con acabado muy fino debe emplearse un revelador húmedo.
- b. Sobre superficies rugosas se empleará un revelador seco, puesto que, el húmedo tenderá a acumularse en las irregularidades y la capa de revelador será de espesor muy variable.
- c. Los procesos automáticos son en los que mejores resultados rinden los reveladores húmedos.
- d. Los reveladores húmedos no deben ser empleados en el examen de piezas con entallas agudas, ya que se producirían acumulaciones de revelador que enmascararían los resultados.
- e. La utilización de reveladores húmedos dificulta el re-ensayo. [6]

#### **2.4.2. EQUIPO PARA ENSAYO POR LÍQUIDOS PENETRANTES FLUORESCENTES.**

##### **2.4.2.1. ILUMINACIÓN CON LUZ ULTRAVIOLETA (LUZ NEGRA).**

En el ensayo con penetrante fluorescente, hace falta un equipo de luz ultravioleta que proporcione luz de la longitud de onda necesaria para producir la fluorescencia de los pigmentos que lleva en su composición el penetrante.

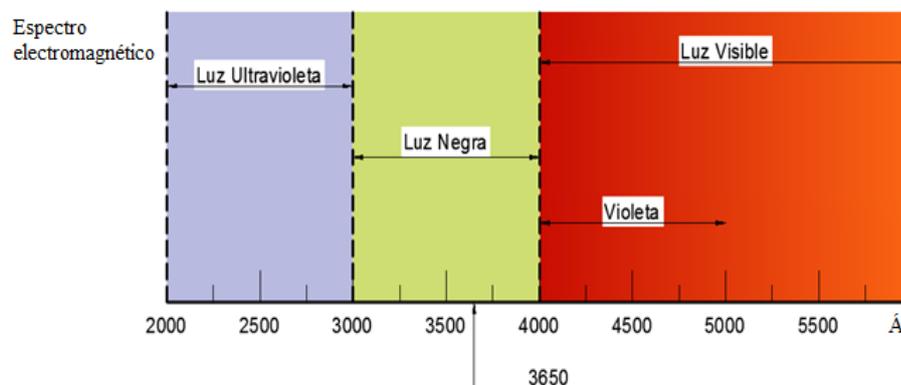


Gráfico 2.15. Longitud de onda del espectro electromagnético.

Fuente: AEND (Asociación Española de Ensayos No Destructivos).

Esta longitud de onda es de 365 nm (nanómetros) que equivale a 3650 Å (angstrom) y corresponde a una zona del espectro electromagnético situada entre la luz violeta y la ultravioleta, que se conoce como "luz negra". [2]

#### **2.4.2.2.LUZ NEGRA.**

La Luz negra (comúnmente conocida por su nombre en inglés "Black light") es el nombre común para lámparas que emiten radiación electromagnética ultravioleta cercana, con una componente residual muy pequeña de luz visible.

Las lámparas de luz negra son hechas generalmente del mismo modo que las lámparas fluorescentes convencionales, excepto que utilizan un único fósforo, y en lugar del cristal transparente exterior emplean un cristal oscuro conocido como cristal de Wood, que bloquea la mayor parte de "luz visible" sobre los 400 nanómetros. [18]

#### **2.4.2.3.FUENTES DE LUZ NEGRA.**

Estas tienen la función de dejar pasar sólo la radiación luminosa de una longitud de onda comprendida entre 320 a 400 nm. Esta radiación es la que mejor activa el fenómeno de fluorescencia de los productos utilizados en el control.

Los tipos de lámparas que existen son:

- Lámparas de incandescencia.
- Lámparas de arco metálico o de carbón.
- Tubos fluorescentes
- Lámparas de vapor de mercurio (Gráfico 2.16). [5]

#### **❖ LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO.**

Consiste en un transformador regulador de corriente, una lámpara o bulbo y un filtro. La potencia de la lámpara es de 100W. El transformador se aloja en una

caja separada y la lámpara y el filtro forman parte del conjunto de la carcasa reflectora. [2]



Gráfico 2.16. Lámpara de Vapor de mercurio.

Fuente: AEND (Asociación Española de Ensayos No Destructivos).

#### 2.4.2.4.EXIGENCIAS PARA EL USO DE LA LÁMPARA DE LUZ NEGRA.

Para su empleo se debe tener en cuenta lo siguiente:

- El área de inspección deberá ser oscurecida.
- La intensidad de la luz ultravioleta deberá ser de  $1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  como mínimo sobre la superficie de la pieza, y deberá verificarse regularmente (una vez cada 8 hrs.), medido con un equipo medidor de luz negra.
- Las lámparas de luz negra se tienen que encender para calentamiento al menos 10 minutos antes de comenzar la observación.
- El operador deberá habituarse a la oscuridad antes de realizar la inspección, durante al menos 5 minutos.
- No se deben llevar gafas con lentes fotocromáticas durante la observación ya que se oscurecen por la luz ultravioleta.
- Cuando se utiliza luz negra, se debe hacer en una zona oscurecida en la que la luz ambiente no exceda de 20 Lx. La comprobación se realizará sobre la superficie a inspeccionar, mediante un medidor de luz visible de tipo fotográfico adecuado. [5]

El filtro de color rojo escarlata (filtro de vidrio Kopp 41) sirve para dejar pasar únicamente aquellas longitudes de onda que activan los pigmentos fluorescentes. Este filtro es muy importante ya que elimina las longitudes de onda ultravioleta que podrían tener efectos perjudiciales para el operador y que comienzan alrededor de 3200 Å, como se muestra en la Gráfico 2.17.

El filtro debe sustituirse inmediatamente si se agrieta o rompe y debe limpiarse con frecuencia porque la intensidad de luz emitida puede quedar muy disminuida por el polvo, suciedad o grasa. [2]

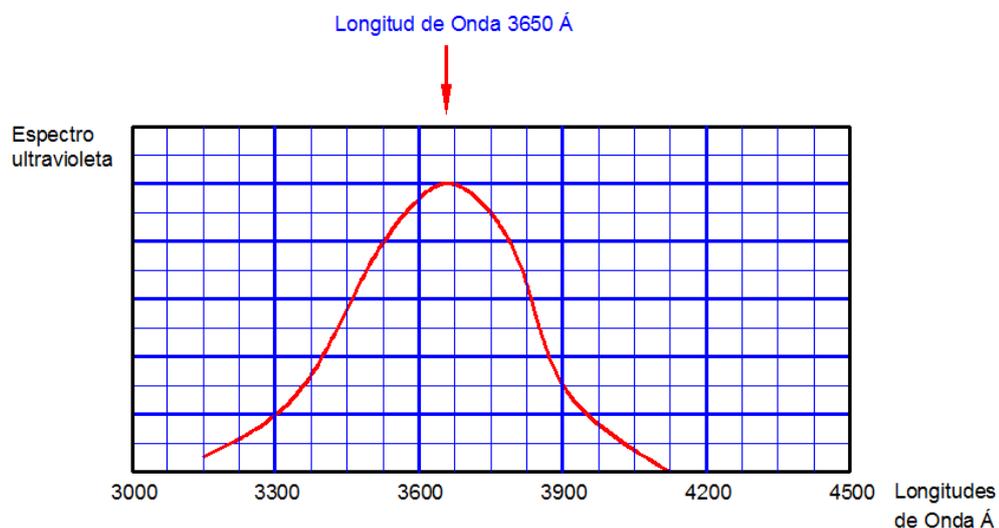


Gráfico 2.17. Longitud de onda del espectro ultravioleta.

Fuente: AEND (Asociación Española de Ensayos No Destructivos).

#### **2.4.2.5.PRECAUCIONES DE SEGURIDAD CON EL USO DE LA LUZ NEGRA.**

- La luz negra empleada para causar fluorescencia a los materiales penetrantes tiene una longitud de onda de aproximadamente 3650 Å. Esta longitud de onda es baja en el espectro ultravioleta y es la menos perjudicial del espectro. Los rayos ultravioletas de frecuencia más alta son perjudiciales para los seres vivos; puede causar quemaduras y molestias en los ojos.
- Al utilizar las lámparas de vapor de mercurio, la protección contra los riesgos citados depende del correcto estado del filtro, que se debe revisar con

frecuencia, si el filtro está fisurado o roto, o se ha extraviado, se deberá colocar otro filtro antes de encender la lámpara. Conviene tener en cuenta las instrucciones suministradas por el fabricante.

- La incidencia directa en los ojos de la luz negra provoca una sensación como de nublado, producida porque algunas de las sustancias contenidas en el globo ocular fluorescen por la incidencia de la luz negra. Aunque no tiene ningún otro efecto fisiológico, dificulta la correcta visión y resulta molesta, por lo que se evitara mirar directamente a la lámpara encendida, y en instalaciones de inspección fijas se tendrá en cuenta el esto para situar las lámparas a una altura adecuada. [20]

### **2.4.3. INDICACIONES EN EL ENSAYO DE LÍQUIDOS PENETRANTES.**

Las indicaciones, que son los resultados que se obtienen en cualquier método de ensayo no destructivo, se deben interpretar, es decir, decidir cuál es la causa que la originó, y la evaluación que se hace posteriormente, es decidir sobre su efecto en la utilidad de la pieza (si debe ser aceptada, reparada o rechazada), para lo que normalmente se dispone de criterios de aceptación y rechazo de acuerdo a normas, códigos o especificaciones. [6]

#### **2.4.3.1. TIPOS DE INDICACIONES EN EL ENSAYO.**

Para poder caracterizar las indicaciones aparecidas en el ensayo por líquidos penetrantes, la primera actuación del operador es la interpretación, que consiste en averiguar si la indicación es falsa, no relevante y relevante. [12]

##### **a. Indicaciones falsas.**

Es la que se interpreta como causada por una discontinuidad en un sitio donde no existe discontinuidad. La indicación falsa no es causada por la pieza sino por el proceso. Algunas causas que provocan las indicaciones falsas son las siguientes:

- Dedos del operador manchados de líquido penetrante.

- Contacto o roce de dos piezas: el penetrante de una de ellas ha pasado a una parte limpia de la otra pieza y ha desaparecido la indicación que se observa en la primera.
- Marcas del elemento utilizado para la manipulación de las piezas.
- Hilachas de trapos para eliminar el penetrante.
- Contaminación del revelador por el penetrante.
- En la mesa en la que se realiza el ensayo hay manchas de penetrante. [6]

#### **b. Indicaciones no relevantes.**

Son las discontinuidades producidas por el diseño de la pieza y no son en modo alguno un defecto, y son fáciles de reconocer puesto que están relacionadas directamente a alguna característica de montaje o conjunto, como pueden ser en piezas encajadas a presión, enchavetadas, estriadas o soldadas por puntos. [21]

#### **c. Indicaciones Relevantes.**

Son las discontinuidades auténticas de la superficie de la pieza a ensayo que hay que evaluar, es decir, decidir si se aceptan, reparan o rechazan, de acuerdo al criterio de aceptación o rechazo de cada pieza. [21]

### **2.4.3.2.FORMAS Y TAMAÑOS DE LAS INDICACIONES RELEVANTES.**

#### **➤ DEFECTO Y DISCONTINUIDAD.**

Se acuerda que cualquier indicación encontrada es llamada "discontinuidad " hasta que se pueda identificar y evaluar el efecto que puede tener sobre la pieza en servicio. Si, de acuerdo a esto, la "discontinuidad" es inaceptable con arreglo a un criterio de especificaciones, será un "defecto", ahora, si esa discontinuidad no afecta el rendimiento de la pieza en el servicio al que se destina, se deberá llamar simplemente "discontinuidad". De esto se deduce que un defecto siempre es una discontinuidad pero no siempre una discontinuidad es un defecto. [12]

## ➤ TIPOS DE DISCONTINUIDADES.

Como generalidad diremos que una discontinuidad puede producirse en cualquier momento de la vida de una pieza metálica.

- **Discontinuidad inherente:** Se crea durante la producción inicial desde el estado de fusión.
- **Discontinuidad de proceso:** Se produce durante procesos posteriores de fabricación o terminado.
- **Discontinuidades de servicio:** Se producen durante el uso del producto debido bien a circunstancias ambientales, o de carga, o ambas. [6]

Las discontinuidades se pueden también clasificar en:

- **Superficiales:** Se ven a simple vista, no importa su profundidad.
- **Internas:** Se hallan en el interior del material y no alcanzan la superficie. [6]

### 2.4.3.3.LAS DISCONTINUIDADES EN SOLDADURA.

Una forma simple de clasificar las discontinuidades y defectos en soldadura es en superficiales e internas.

#### ➤ DISCONTINUIDADES SUPERFICIALES.

#### ➤ EXCESO DE PENETRACIÓN.

Se produce por efecto de un movimiento que causa la penetración del electrodo dentro de los biseles, los cuales son distribuidos en esas áreas. Causa que el material chorree al interior y puede retener escoria o no en su interior. Este defecto puede producir en soldadura de gaseoductos, desgaste por erosión. [4]

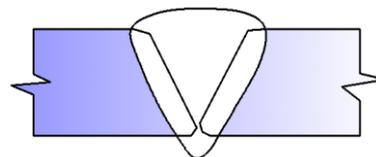
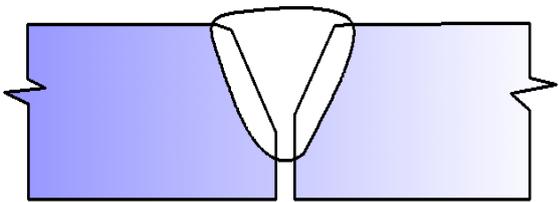


Gráfico 2.18.Exceso de penetración.

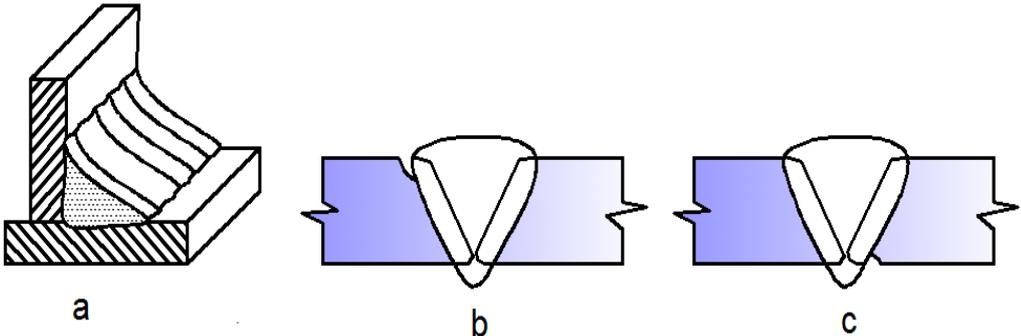
Fuente: Ing. Samuel Rosario Francia.  
Profesor, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.

➤ **FALTA DE PENETRACIÓN.**

<p>Como en las uniones en U o en V son visibles por la cara posterior, esta imperfección puede considerarse superficial. [4]</p>	 <p>Gráfico 2.19. Falta de penetración. Fuente: Ing. Samuel Rosario Francia. Profesor, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.</p>
--	--

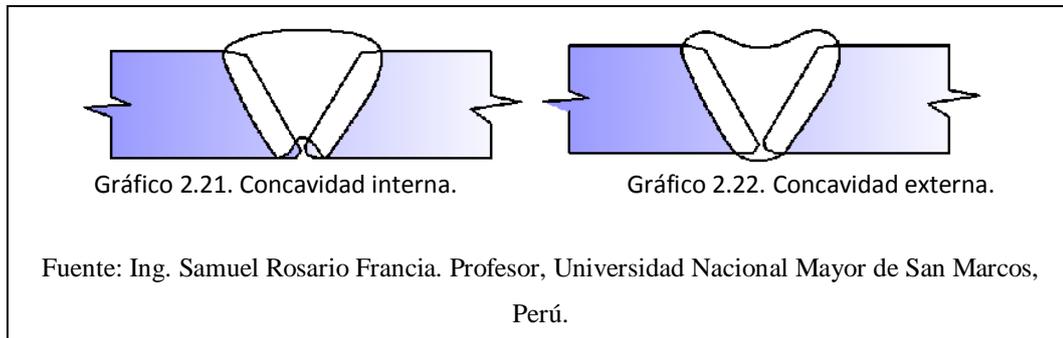
➤ **SOCAVADURAS O MORDEDURAS.**

La mordedura es una ranura fundida en el metal base, adyacente a la raíz de una soldadura o a la sobremonta, que no ha sido llenada por el metal de soldadura.


<p>Gráfico 2.20. Socavaduras o Mordeduras. Fuente: Germán Hernández Riesco.</p>

Causa	Remedio
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Intensidad de soldeo demasiado elevada.</li> <li>➤ Ángulo de desplazamiento excesivamente pequeño. (Electrodo perpendicular a la pieza).</li> <li>➤ Arco largo. [4]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Seleccionar la intensidad adecuada para el diámetro, posición y tipo de electrodo.</li> <li>➤ Inclinar el electrodo hasta que el ángulo de desplazamiento sea de 5-10°.</li> <li>➤ Utilizar una longitud de arco igual al diámetro del electrodo, o la mitad de este si este es básico.</li> </ul>

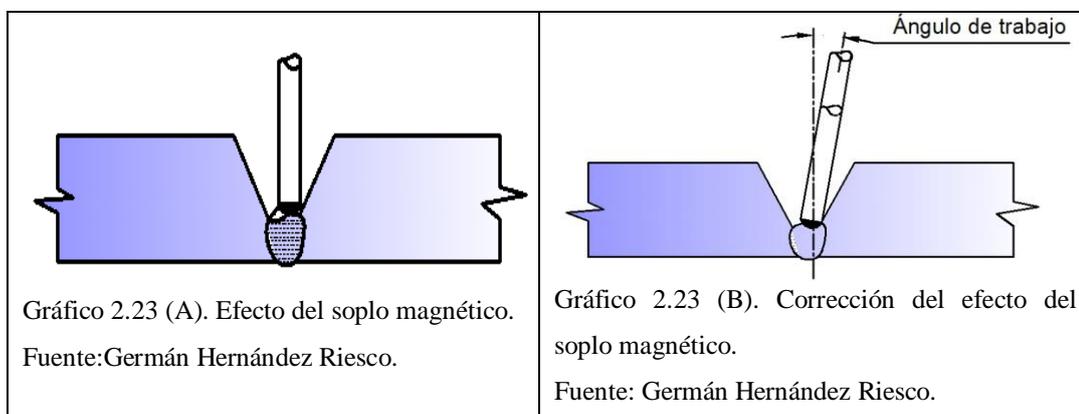
➤ **CONCAVIDADES.**



<p><b>Concavidad interna.</b></p> <p>Insuficiente refuerzo interno de la soldadura en su cordón de primera pasada el cual al enfriarse disminuye su espesor pasando a ser menor que el del material base. Gráfico 2.21. [4]</p>	<p><b>Concavidad externa o falta de relleno.</b></p> <p>Presenta una disminución de refuerzo externo, por poco depósito de material de aporte en el relleno del cordón. Gráfico 2.22.</p>
---	---

➤ **QUEMADO.**

Es una zona de la pasada de raíz donde la penetración excesiva ha causado que el aporte de la soldadura penetre dentro de la misma produciendo un soplo magnético (desviación del arco de soldeo producido por la distorsión del campo magnético existente alrededor del arco). Resulta de factores que producen excesivo calor en un área determinada, tales como: excesiva corriente, velocidad lenta del electrodo, manejo incorrecto del electrodo. Hay destrucción completa de los biseles. [3]



➤ **SALPICADURAS.**

Son imperfecciones consistentes, como su nombre lo indica, en esférulas de metal fundido depositada aleatoriamente sobre el cordón y su vecindad. Pueden ser provocadas por humedad en el revestimiento del electrodo. Generalmente, no tienen importancia respecto a la calidad de la soldadura. [12]

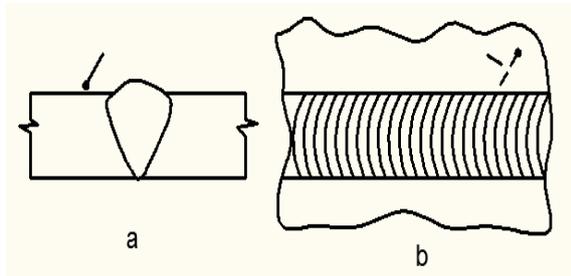


Gráfico 2.24. Salpicaduras.

Fuente: Manual del soldador. Germán Hernández Riesco.

➤ **FALTA DE CONTINUIDAD DEL CORDÓN.**

Se originan al interrumpir el soldador el cordón y no empalmar bien la reanudación del trabajo.

Su severidad es muy variable ya que, en los casos más severos, pueden considerarse auténticas faltas de fusión transversales, en tanto que en otras ocasiones, son simples surcos normales al eje del cordón. [12]

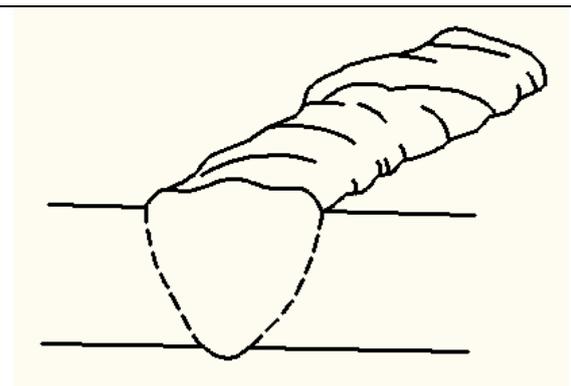


Gráfico 2.25. Falta de continuidad en el cordón.

Fuente: Germán Hernández Riesco.

➤ **POROSIDAD.**

En el metal de soldadura fundido se pueden formar gases que pueden quedar atrapados si no hay tiempo suficiente para que escapen antes de la solidificación de la soldadura. El gas así atrapado, por lo general, tiene la forma de agujeros redondos denominados porosidades esféricas, o de forma alargada llamados porosidad tubular o vermicular. Pueden tener orígenes muy diferentes. [3]

- **Poros en los primeros centímetros de la costura.**

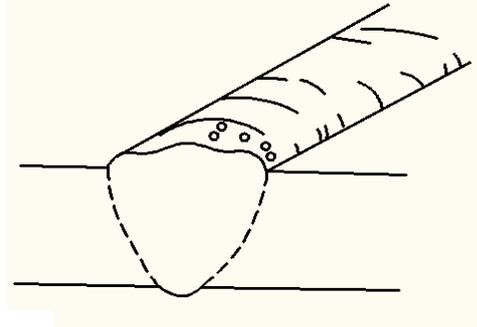


Gráfico 2.26. Poros en los primeros centímetros de costura.

Fuente: Germán Hernández Riesco.

<b>Causa</b>	<b>Remedio</b>
<p>Son frecuentemente producidos por electrodos húmedos que debido al calentamiento del electrodo durante la operación del soldeo, la humedad en el revestimiento se vaporiza, produciéndose la formación de poros.</p> <p>Los electrodos básicos tienen tendencia a la formación de poros iniciales, en caso de soldar con arco demasiado largo.</p> <p>También pueden presentarse poros al haber contacto con un electrodo de revestimiento básico en una base completamente fría.[4]</p>	<p>El soldador debe encender el electrodo aproximadamente 1 cm. detrás del cráter final del cordón anterior, esperando hasta que adquiera buena fluidez para avanzar sobre el cráter final y continuar el cordón.</p> <p>Otra alternativa consiste en demorar un poco sobre el punto de partida, antes de iniciar el avance del electrodo.</p>

- **Poros al final del cordón.**

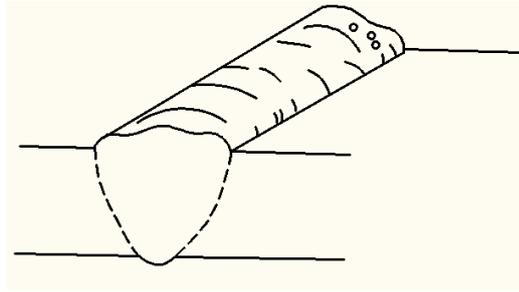


Gráfico 2.27. Poros al final del cordón.

Fuente: Germán Hernández Riesco.

<b>Causa</b>	<b>Remedio</b>
Se presentan, cuando se suelda el electrodo con sobrecarga de corriente, calentándose por esta razón hasta la temperatura de ebullición del alambre. [4]	Puede evitarse reduciendo el amperaje.

- **Poros que se presentan en forma regular sobre toda la longitud del cordón.**

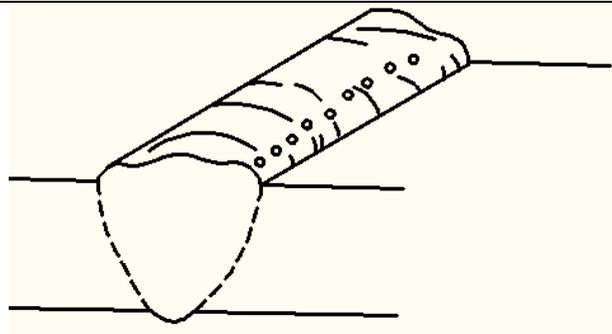


Gráfico 2.28. Poros sobre toda la longitud del cordón.

Fuente: Germán Hernández Riesco.

<b>Causa</b>	<b>Remedio</b>
La causa reside generalmente en el material base. Por ejemplo, aceros con alto contenido de azufre o fósforos no pueden soldarse libres de poros cuando se usan electrodos con revestimiento ácido. [4]	En muchos casos el remedio es usar electrodos básicos.

➤ **FISURAS, GRIETAS Y RAJADURAS.**

Se producen por sobrepasar el límite de resistencia de la costura. [12]

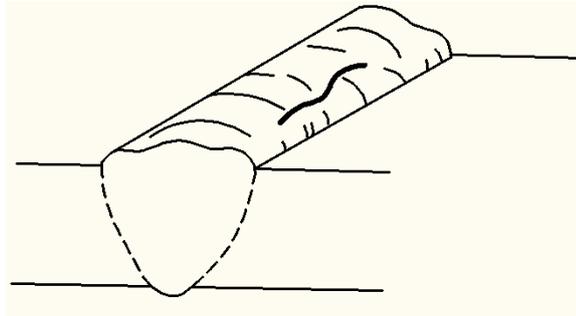


Gráfico 2.29. Fisuras, grietas y rajaduras.

Fuente: Germán Hernández Riesco.

<b>Causa</b>	<b>Remedio</b>
Debido a esfuerzos en la pieza de trabajo, lo que ocurre con especial frecuencia en objetos de forma complicada fuertemente estriados y con paredes de gran espesor. [12]	Cambiando la secuencia de soldadura o mediante cambios de construcción puede evitarse tales defectos. [12]

➤ **Erosiones y huellas.**

Son un grupo de defectos que tienen un origen mecánico de abrasión, deformación o arranque de material. Pueden dividirse en:

<b>Exceso de rebajado:</b>	Producido durante el mecanizado o amolado excesivo del cordón, en consecuencia, éste queda ligeramente cóncavo. [3]
<b>Huellas de amolado o burilado:</b>	Surcos en la superficie del metal base o del cordón, marcados por la muela o buril manejados inhábilmente. [3]
<b>Huellas de mecanizado:</b>	Erosiones producidas por herramientas que preparan la soldadura o por un imperfecto

	mecanizado de la misma. [3]
<b>Martillazos, golpes en general:</b>	Son deformaciones locales producidas por choques de objetos contra el metal base o contra el cordón. [3]
<b>Restos de electrodos:</b>	Cuando se suelda con equipos automáticos en atmósfera inerte y electrodo continuo, pueden quedar, al efectuar el cordón de penetración, restos del alambre-electrodo que sobresalen, a veces, varios centímetros de la base de la unión soldada. [3]

#### **2.4.4. SOLDADURA Y SOLDABILIDAD.**

##### **2.4.4.1.SOLDADURA.**

Es el procedimiento por el cual dos o más piezas de metal se unen por aplicación de calor, presión o una combinación de ambos, con o sin aportación de metal de aporte sobre otro llamado metal base. [15]

##### **2.4.4.2.SOLDABILIDAD.**

Cuando hablamos de soldabilidad solemos relacionar este término a la facilidad con la que un material puede ser unido, alcanzando las propiedades mecánicas que se requieren para su operación en servicio. Se puede clasificar la soldabilidad en tres tipos que son: operativa, metalúrgica y constructiva. [13]

- **Soldabilidad operativa.** Se refiere a la operación de soldeo en sí y estudia las dificultades de su realización, bien sea por fusión o por otros procesos. Es la posibilidad operatoria de unir los metales con el fin de obtener continuidad metálica en la unión.

- **Soldabilidad metalúrgica.** Se ocupa de las modificaciones microestructurales que resultan de la operación de soldeo. Supone obtener las características mecánicas y químicas deseadas en la unión.
- **Soldabilidad constructiva o global.** Se trata de definir y estudiar las propiedades y condiciones que debe reunir la soldadura para poner en servicio en una construcción determinada. Define las propiedades de conjunto de la construcción por la sensibilidad de la unión a la deformación y a la rotura bajo los efectos de las tensiones.

La soldabilidad busca alcanzar la continuidad metálica de la unión garantizando determinadas propiedades que pueden ser: resistencia estática, resistencia a la fatiga, resistencia a la corrosión, ductilidad, tenacidad, aspecto. [22]

#### 2.4.4.3.SOLDABILIDAD DE LOS ACEROS AL CARBONO.

Denominación	% C	Aplicaciones	Soldabilidad
Bajo Carbono	< 0,15	Aplicaciones especiales.	Excelente.
Acero Dulce	0,15 – 0,3	Estructuras.	Buena.
Medio Carbono	0,3 – 0,5	Elementos de máquina herramientas.	Regular (se requiere precalentamiento y postcalentamiento).
Alto Carbono	0,5 – 1,0	Muelles, resortes, matrices, rieles.	Pobre (se requiere además procesos de soldadura con bajo H.)

Tabla 2.1. Soldabilidad de los aceros al carbono.

Fuente: Dr. Carlos Fosca.

Los aceros al carbono son aleaciones Fe-C en las que el porcentaje de Carbono no excede el 1% (en peso), con contenidos de Mn de hasta 1.65% y elementos como el Cu y el Si de hasta 0.6%. Otros elementos de aleación normalmente están presentes como impurezas. La tabla 2.1 muestra una clasificación de los aceros al carbono atendiendo a su porcentaje de carbono. [3]

#### 2.4.4.4.SOLDEO POR ARCO CON ELECTRODOS REVESTIDOS.

Este es un proceso muy utilizado para aceros al carbono. El soldeo por arco con electrodo revestido es un proceso en el que la fusión del metal se produce gracias al calor generado por un arco eléctrico establecido entre el extremo de un electrodo revestido y el metal base de la unión a soldar. [4]

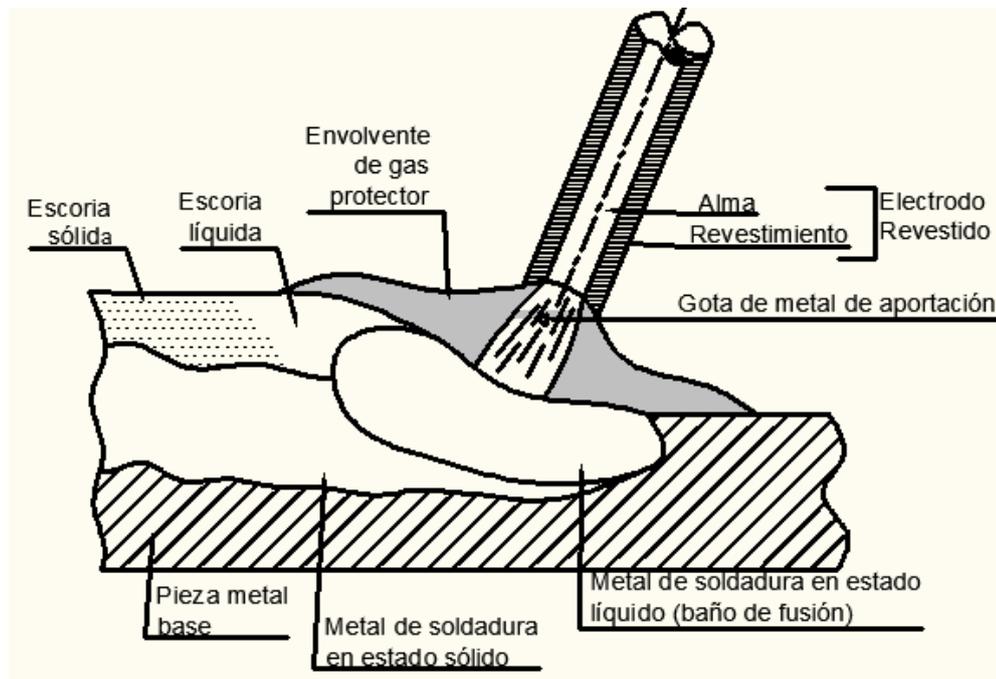


Gráfico 2.30. Soldeo por arco con electrodo con revestido.

Fuente: Germán Hernández Riesco.

El material de aportación se obtiene por la fusión del electrodo en forma de pequeñas gotas (Gráfico 2.30). La protección se obtiene por la descomposición del revestimiento en forma de gases y en forma de escoria líquida que flota sobre el baño de fusión y, posteriormente solidifica. Al soldeo por arco con electrodo revestido se le conoce por SMAW. [4]

### 2.4.4.5. VELOCIDAD DE SOLDEO O DEPOSICIÓN.

La velocidad de soldeo es la longitud del cordón depositado en la unidad de tiempo. Normalmente se mide en cm/min, en m/s o en pulgadas/min. Por tanto, es la velocidad con la que se avanza a lo largo de la unión. [17]

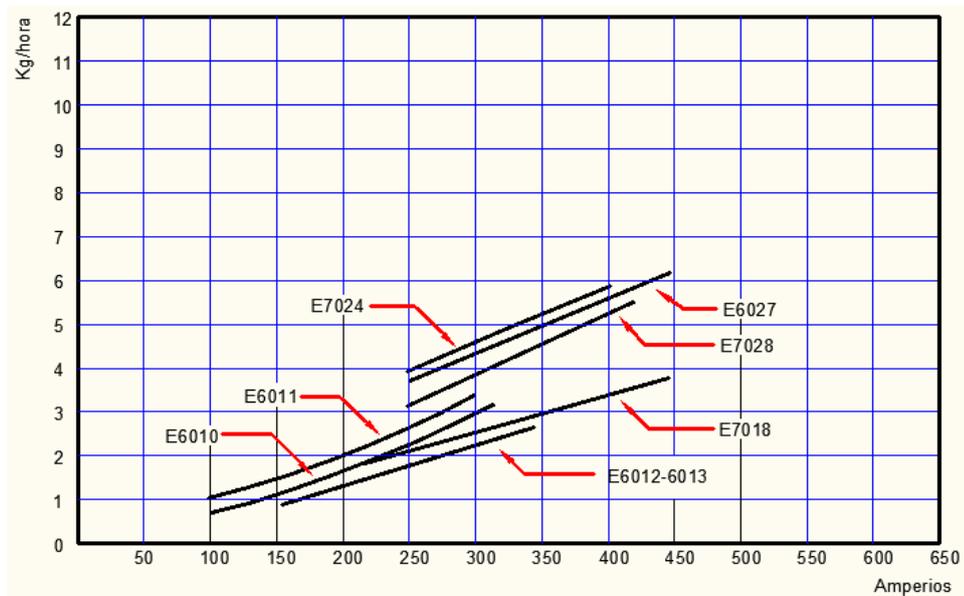
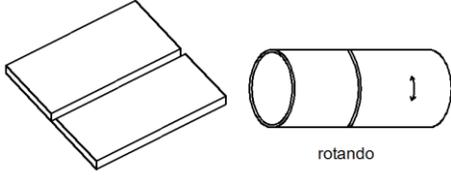


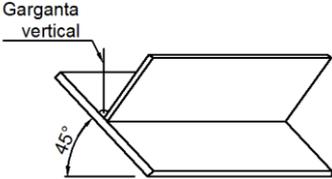
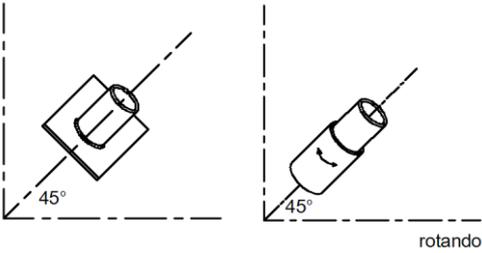
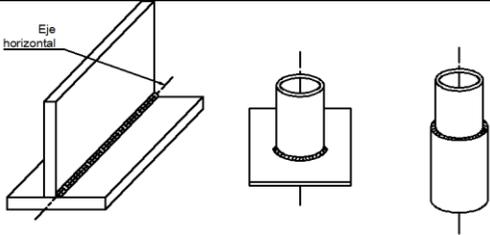
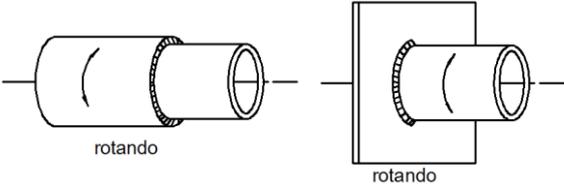
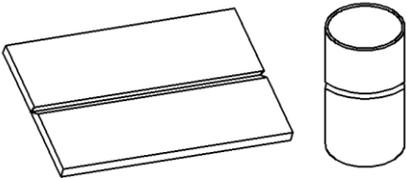
Gráfico 2.31. Velocidad de deposición

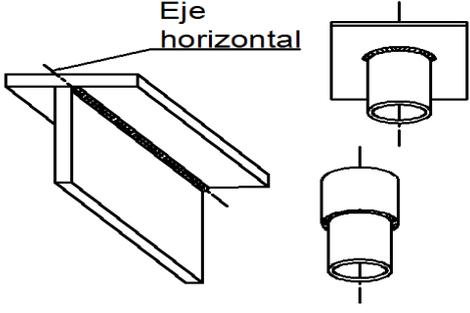
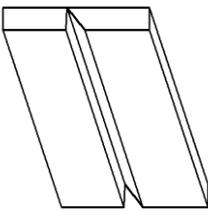
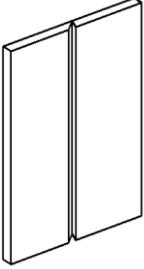
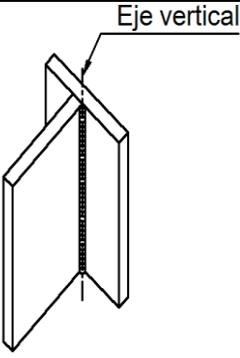
Fuente: Manual de Indura.

### 2.4.4.6. POSICIONES DE SOLDEO.

La designación de las posiciones de soldeo está normalizada. La designación más utilizada es la ASME, la cual distingue entre soldaduras en ángulo, designándolas con una F, y soldaduras a tope, a las que se designa con una G. [4]

Posición de la unión	DESIGNACIÓN	
	ASME	COMÚN
 <p>Gráfico 2.32. Posición 1G. Fuente: Germán Hernández Riesco</p>	1G	Plana

Posición de la unión	DESIGNACIÓN	
	ASME	COMÚN
 <p>Gráfico 2.33. Posición 1F Fuente: Germán Hernández Riesco</p>	1F	Plana acuada
 <p>Gráfico 2.34. Posición 1FR Fuente: Germán Hernández Riesco</p>	1FR	Plana acuada
 <p>Gráfico 2.35. Posición 2F Fuente: Germán Hernández Riesco</p>	2F	En ángulo
 <p>Gráfico 2.36. Posición 2FR Fuente: Germán Hernández Riesco</p>	2FR	Cornisa Horizontal- Vertical
 <p>Gráfico 2.37. Posición 2G Fuente: Germán Hernández Riesco</p>	2G	Cornisa Horizontal- Vertical

Posición de la unión	DESIGNACIÓN	
	ASME	COMÚN
 <p>Gráfico 2.38. Posición 4F Fuente: Germán Hernández Riesco</p>	4F	Bajo techo
 <p>Gráfico 2.39. Posición 4G Fuente: Germán Hernández Riesco</p>	4G	Bajo techo
 <p>Gráfico 2.40. Posición 3G Fuente: Germán Hernández Riesco</p>	3G ascendente 3G descendente	Vertical ascendente o descendente
 <p>Gráfico 2.41. Posición 3F Fuente: Germán Hernández Riesco</p>	3F ascendente 3F descendente	Vertical ascendente o descendente

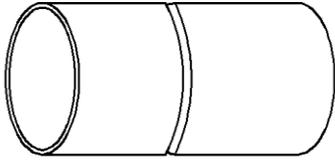
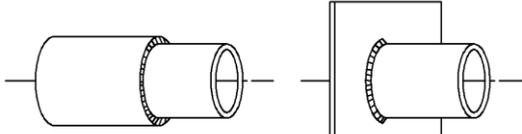
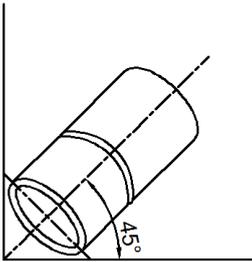
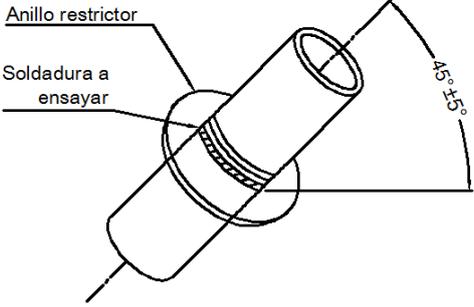
Posición de la unión	DESIGNACIÓN	
	ASME	COMÚN
 <p>Tuberías fijas</p> <p>Gráfico 2.42. Fuente: Posición 5G Fuente: Germán Hernández Riesco</p>	<p>5G ascendente 5G descendente</p>	<p>Múltiple ascendente o descendente</p>
 <p>Tuberías fijas</p> <p>Gráfico 2.43. Posición 5F Fuente: Germán Hernández Riesco</p>	<p>5F ascendente 5F descendente</p>	<p>Múltiple ascendente o descendente</p>
 <p>Gráfico 2.44. Posición 6G Fuente: Germán Hernández Riesco</p>	<p>6G</p>	<p>Múltiple</p>
 <p>Anillo restrictor</p> <p>Soldadura a ensayar</p> <p>Gráfico 2.45. Posición 6GR Fuente: Germán Hernández Riesco</p>	<p>6GR</p>	<p>Múltiple con anillo de restricción</p>

Tabla 2.2. Posiciones de Soldadura.

Fuente: Germán Hernández Riesco

#### 2.4.4.7. ORIENTACIÓN DEL ELECTRODO.

En la tabla 2.3 se relacionan las orientaciones típicas de los electrodos y las técnicas de soldeo con electrodos para aceros al carbono. [4]

Tipo de Unión	Posición de Soldero	Ángulo de Trabajo	Ángulo de Desplazamiento	Técnica de Soldero
Chaflán	Plana	90°	5°-10°	Hacia atrás
Chaflán	Horizontal	80°-100°	5°-10°	Hacia atrás
Chaflán	Ascendente	90°	5°-10°	Hacia delante
Chaflán	Bajo Techo	90°	5°-10°	Hacia atrás
Ángulo	Horizontal	45°	5°-10°	Hacia delante
Ángulo	Ascendente	35°-55°	5°-10°	Hacia delante
Ángulo	Bajo Techo	30°-45°	5°-10°	Hacia atrás

Tabla 2.3. Orientación del electrodo.

Fuente: Germán Hernández Riesco.

#### 2.5. HIPÓTESIS.

El método de tintas penetrantes fluorescentes con luz negra es la técnica más sensible en el control de juntas soldadas para determinar defectos superficiales en juntas soldadas de los aceros al carbono utilizadas en estructuras existentes en el mercado local con respecto a los líquidos penetrantes coloreados y vistos con luz natural.

#### 2.6. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.

**Variable Independiente** = El método de tintas penetrantes fluorescentes con luz negra.

**Variable Dependiente** = Detectar defectos superficiales en juntas soldadas de los aceros al carbono existentes en el mercado local.

##### 2.6.1. TÉRMINO DE LA RELACIÓN.

Es la técnica más efectiva en el control de juntas soldadas.

## **CAPÍTULO III**

### **3. METODOLOGÍA.**

#### **3.1. ENFOQUE.**

La investigación a realizarse tiene función cualitativa, pues lo que se desea obtener es la calidad de las juntas soldadas a inspeccionar y determinar si cumplen las Normas de Control de soldadura establecidas.

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

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

Puesto que el ensayo de tintas penetrantes fluorescentes es un método de ensayo no muy difundido la investigación contendrá una modalidad de nivel de campo, exploratorio y científica; esta modalidad toma contacto en forma directa con la realidad, para obtener información de acuerdo al objetivo del proyecto.

La modalidad de la investigación también será documental bibliográfica ya que necesitamos documentación con el propósito de detectar, ampliar y profundizar diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores sobre, estando relacionada con el área de materiales, ensayos no destructivos y el estudio de la soldadura.

##### **3.2.2. TIPO.**

En vista de que no se tiene una idea precisa de la realización del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes, ésta investigación será exploratoria ya que nos ayudará al planteamiento del problema.

Claro está que esta investigación se la realiza describiendo el problema en una circunstancia espacial determinada como son los aceros al carbono usados en

estructuras metálicas, por lo que la investigación descriptiva será la más adecuada al problema planteado por su origen y desarrollo.

Es de gran importancia que la investigación también sea del tipo explicativo para poder realizar y entender los fenómenos y el estudio de sus relaciones para conocer su estructura y los aspectos que interviene en la dinámica del ensayo por tintas penetrantes fluorescentes.

Como la finalidad de la investigación es el control de la calidad de la soldadura en esta investigación se estudiará las relaciones de casualidad utilizando la metodología experimental con la finalidad de controlar los fenómenos. Se fundamenta en la manipulación activa y el control sistemático de las variables independientes.

### **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

Se considerará para el análisis solamente probetas de acero al carbono utilizados en estructuras metálicas, ya que una vez realizados los ensayos en las juntas soldadas se escogerán una serie de parámetros que permitirán medir calidad de dichas juntas, y no alargar innecesariamente la investigación con otras aplicaciones de los aceros al carbono.

### 3.4. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.

#### 3.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE:

El método de tintas penetrantes fluorescentes con luz negra.

LO ABSTRACTO		LO OPERATIVO		
CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
El método de inspección por líquidos penetrantes fluorescentes contienen un colorante que fluoresce bajo la luz negra o ultravioleta y tiene la propiedad de penetrar en cualquier abertura u orificio que se exponga ante el, debiendo tener la capacidad de penetrar, esparcirse, mantener la fluorescencia, y resistir a la evaporación.	Colorante.	¿Ha mejorado la visualización de defectos?	Los colorantes fluorescentes es un método de mayor sensibilidad para la visualización de defectos bajo la luz negra.	Observación directa.
	Penetración.	¿La cantidad de penetrante que se introduce en la abertura es la adecuada?	Principios físicos que permiten la penetración en orificios y aberturas.	Observación directa. Comparación con normas ASTM E165, E1219, E1417

**3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE:**

Detectar defectos superficiales en juntas soldadas de los aceros al carbono existentes en el mercado local.

LO ABSTRACTO		LO OPERATIVO		
CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Defectos que se ven a simple vista, sin importar la profundidad de las juntas soldadas, centrándose en los aceros al carbono existentes en el medio para realizar ensayos con materiales fáciles de conseguir.	Defectos.	¿Cantidad de defectos visibles?	Cumple con requisitos establecidos en normas.	Observación directa. Comparación con norma AWS D1.1.

### **3.5. RECOLECCION DE INFORMACIÓN.**

Para la presente investigación se realizara con dos tipos de técnica: la primera y más importante será la observación directa, la misma que se realizara en los laboratorios como a pie de obra para poder verificar el cumplimiento de los objetivos planteados como también el correcto desarrollo del proyecto y sobretodo la validez de los resultados obtenidos el momento de culminado éste; posteriormente se utilizará las entrevistas al personal calificado en el área de Ensayos No Destructivos para la comparación con la norma AWS D1.1 y comprobar los resultados obtenidos.

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

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

La mayor parte de la información involucrada se encuentra en los laboratorios de la universidad en forma de procedimientos, registros, análisis de la microestructura y por ende el control de la soldadura.

Se realizará mediante la revisión crítica de la información recogida, es decir detectando datos o instrumentos defectuosos, contradictorios, incompletos, no pertinentes, etc. Además mediante la tabulación de cuadros y comparación de las variables y el análisis, interpretación y graficación de resultados relacionándolos con las diferentes partes de la investigación, para lo que se usará diversos medios de medición que nos permita recoger la información de la mejor manera, necesarios para el desarrollo de la investigación.

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

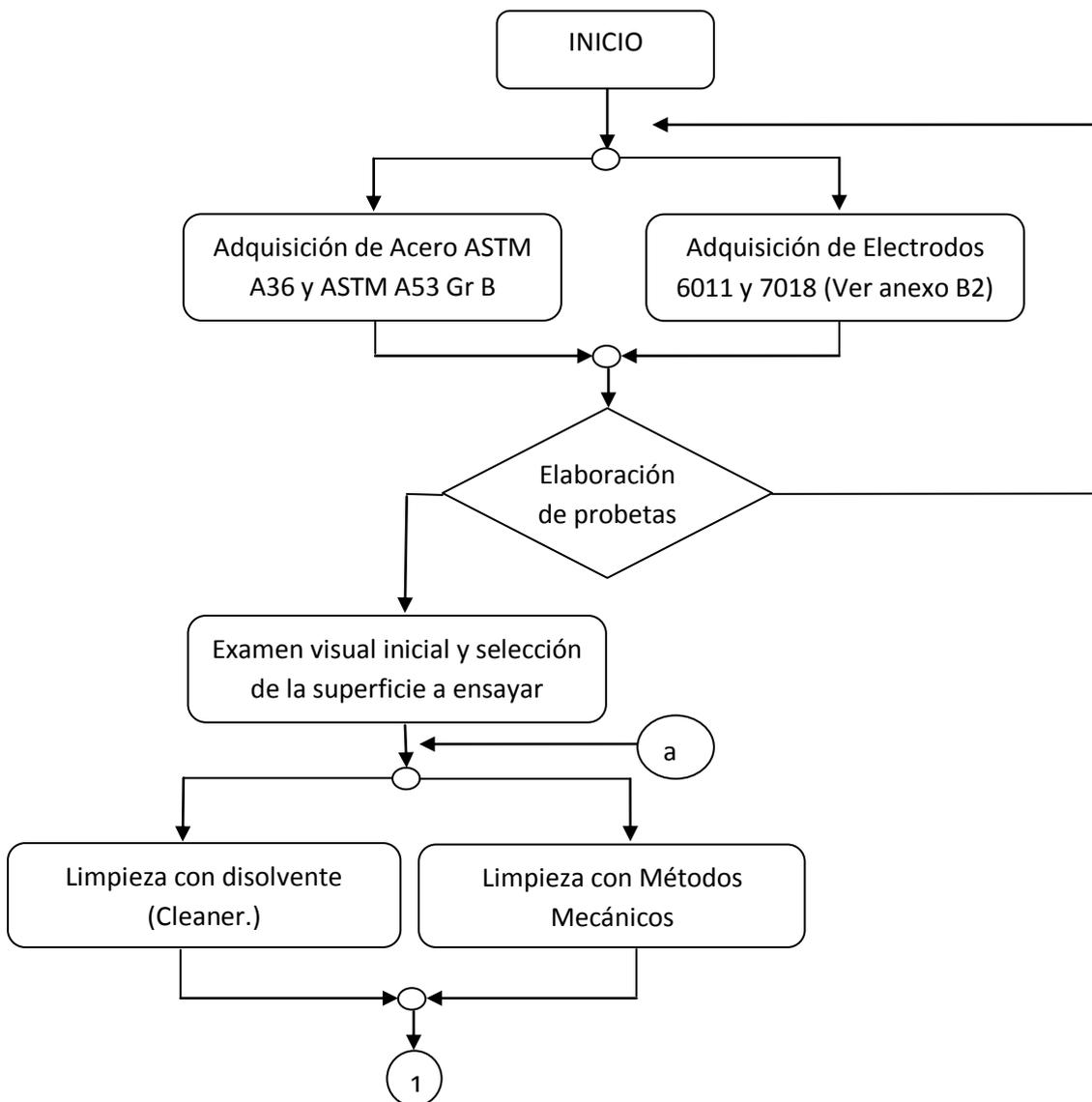
Una vez realizados los gráficos de valores, comparación y cualquier otro fruto de la investigación se procederá a la interpretación de los resultados, basándose en el marco teórico pertinente, además de resaltar la tendencia de los resultados de acuerdo a los objetivos y de la hipótesis, lo que nos permitirá comprobar la validez de dicha hipótesis y para finalmente poder establecer las conclusiones y recomendaciones.

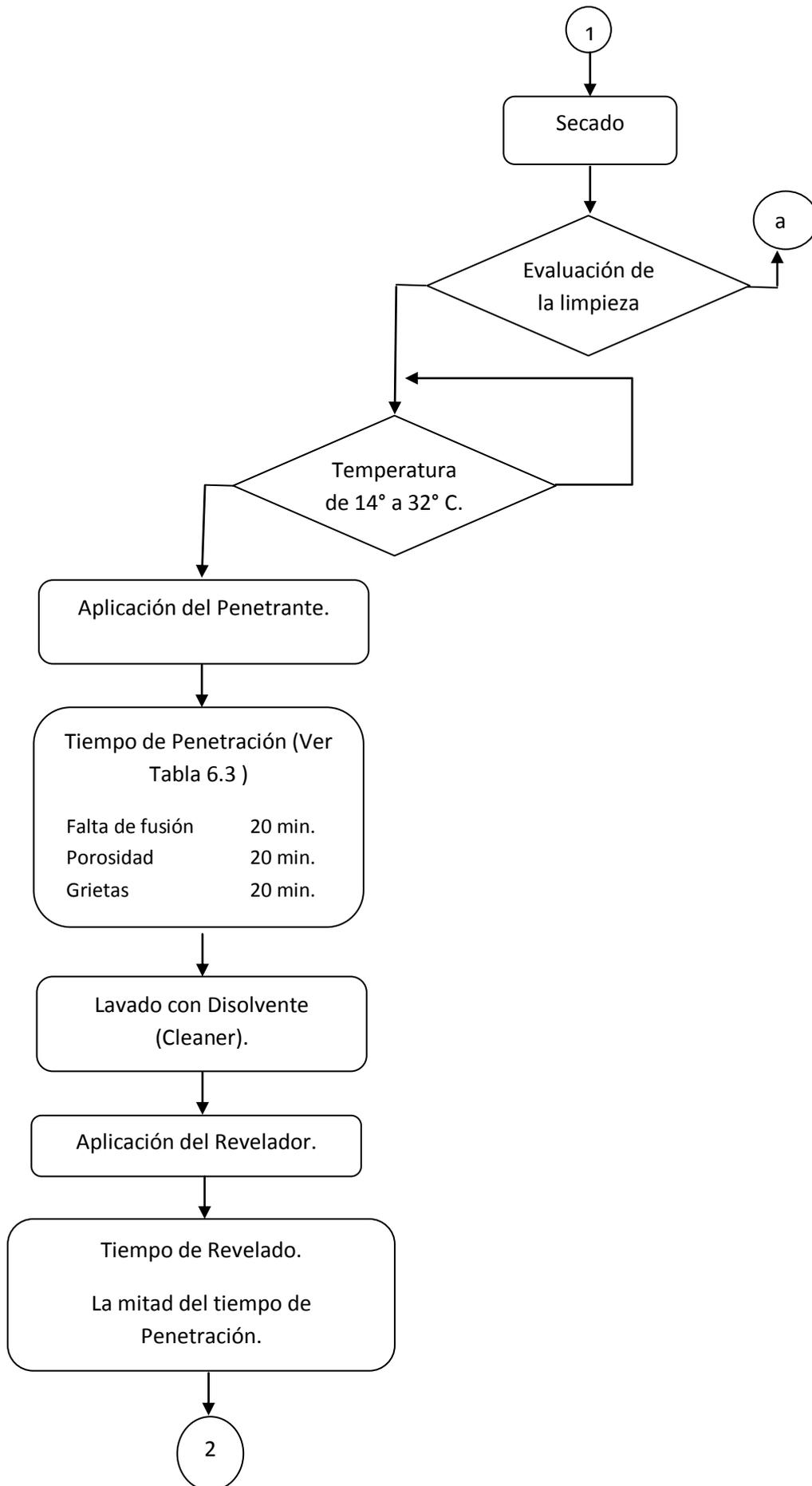
## CAPITULO IV

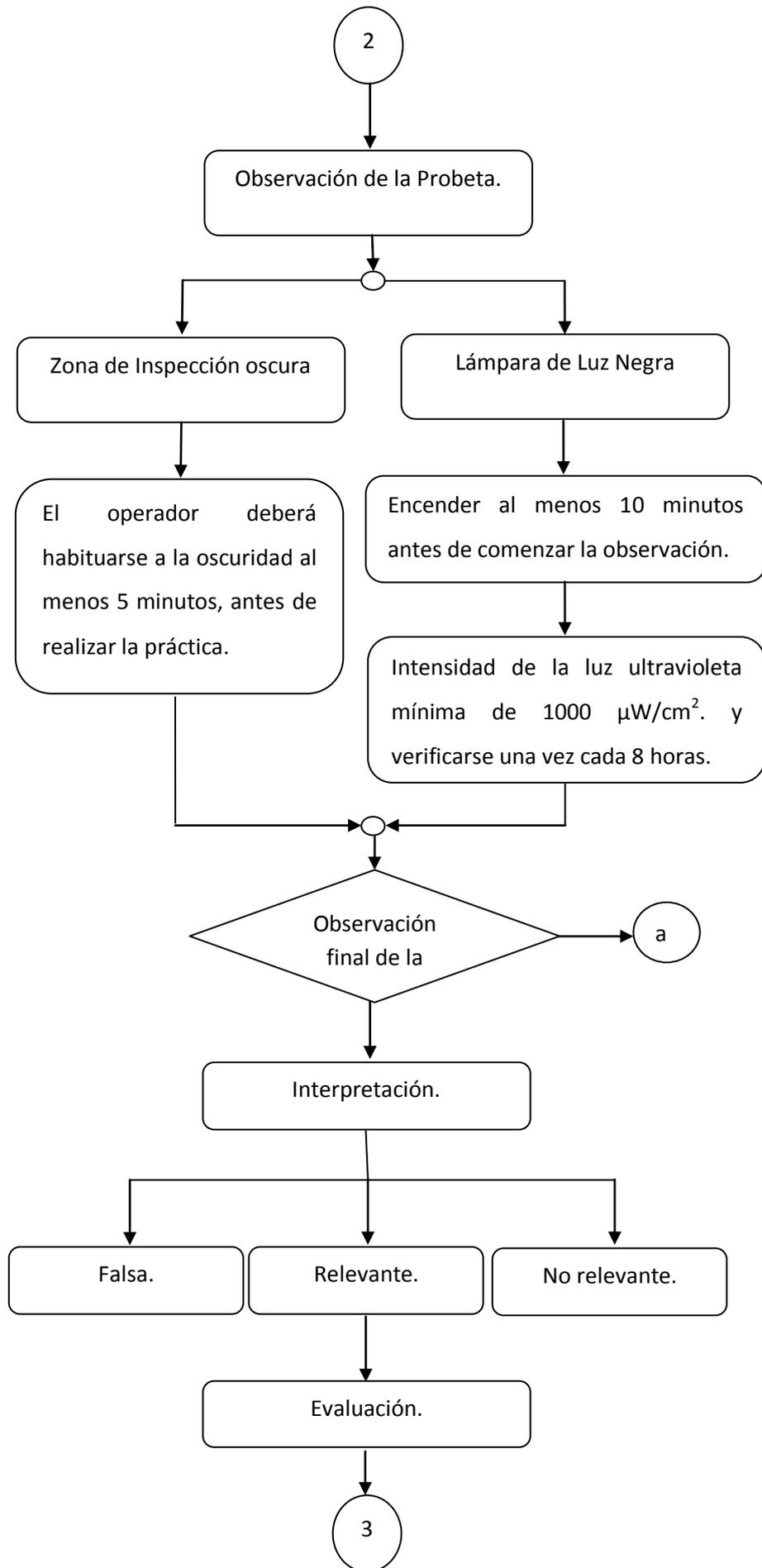
### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

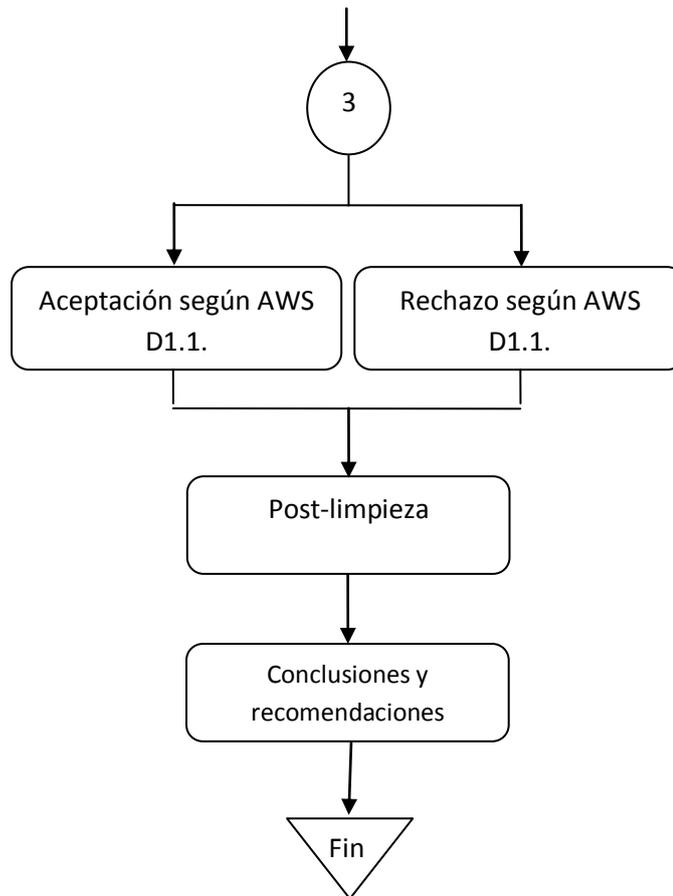
#### 4.1. PROCESO DE ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Una vez realizadas varias pruebas por el ensayo de tintas penetrantes fluorescentes, tanto su desarrollo como toma de resultados, se los puede considerar como validos y aceptables para su posterior ejecución basada en el diagrama que se indica continuación.







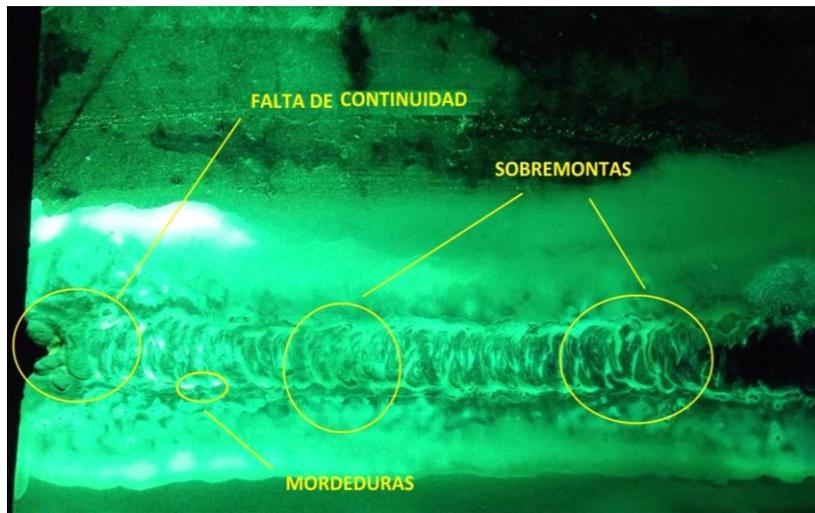


#### 4.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

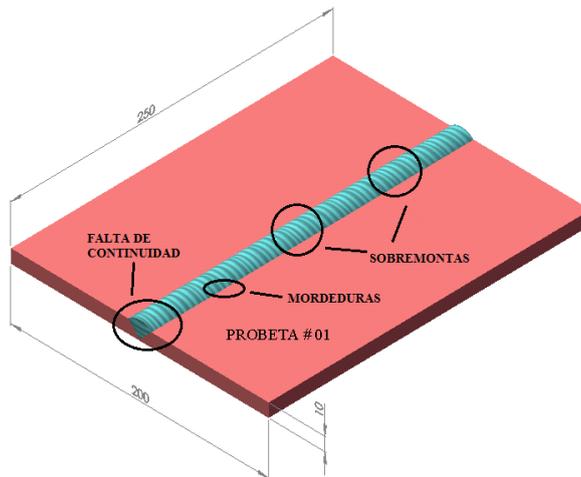
Una vez realizado el ensayo no destructivo por el método de tintas penetrantes fluorescentes bajo luz negra, se ha desarrollado un formato para el manejo de la información obtenida, el mismo que incorpora las mejores características de los diversos tipos de formatos encontrados para una mejor comprensión de los resultados, en el que se establecen las especificaciones del proceso en general, como son la posición de soldeo, el tipo de material de aporte, los defectos hallados en las probetas y demás parámetros considerados como relevantes.

		<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b> <b>INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES</b> <b>FLUORESCENTES</b>			
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>INGENIERIA MECÁNICA</b>			
IF: Falta de fusión F: Fisura	Pa: Porosidad Aislada Pt: Porosidad distribuida	CP: Nido de Poros M: Mordedura	IL: Indicación Lineal O: Otros		
<b>Ensayo N°-</b>	001	<b>Probeta N°-</b>	001		
<b>Solicitante</b>	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
<b>Dirección</b>	Ciudad AMBATO	<b>Dirección</b>	AV. LOS CHASQUIS		
<b>Procedimiento</b>	LIQUIDOS PENETRANTES	<b>Material Base:</b>	ASTM A36		
<b>Técnica</b>	FLUORESCENTES	<b>Material de aporte:</b>	E 6011 Ø 1/8" y E 7018 Ø 1/8"		
<b>Temperatura</b>	23°C	<b>Limpieza Mecánica:</b>	GRATEADO		
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca:</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de aplicación</b>	Cleaner/Remover SKC-5	<b>Tiempo de Limpieza:</b>	2 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de Aplicación</b>	Penetrant ZL-27A	<b>Tiempo de Penetración</b>	20 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>REVELADO</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de Aplicación</b>	Developer ZP-9F	<b>Tiempo de Revelado</b>	10 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>ILUMINACION REQUERIDA</b>					
<b>Lámpar de UV:</b>	0-20 fc	Calibrada	<b>Iluminación máxima en cuarto oscuro:</b>		
<b>Luxómetro:</b>	Nuevo	Calibrado	20 Lux.		
POSICIÓN DE SOLDADURA	TIPO DE SOLDADURA	CALIFICACIÓN		Diametro o Longitud Inspeccionada(m)	UBICACIÓN DE DEFETOS-OBSERVACIONES
		SI	NO		
1G PLANA	SMAW	X		0.25	IF - M SOBREMONTAS
<p>ETAPA DE LIMPIEZA MECANICA      ETAPA DE LIMPIEZA QUIMICA      ETAPA DE PENETRACION      ETAPA DE REVELADO</p>					
   					
<b>OBSERVACIONES:</b> EN LA ELIMINACION DEL EXCESO DE PENETRANTE SE RECOMIENDA HACERLO BAJO LA ACCION DE LA LUZ NEGRA PARA REALIZARLO DE UNA MEJOR MANERA.				UNIDAD: 001	No. INFORME: 001
				CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1	
<b>Realizado por:</b>		<b>Supervisado por:</b>		<b>POR EL CLIENTE</b>	
<b>NOMBRE :</b>	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta			
<b>CARGO :</b>	Ejecutor	Tutor			
<b>FIRMA :</b>					
<b>FECHA :</b>	12/03/2011			<b>Pag. 1/2</b>	

ETAPA DE VISUALIZACIÓN DE DEFECTOS BAJO LA LUZ NEGRA



DIMENSIÓN DE LA PROBETA



**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:**

DEBIDO A QUE LA FALTA DE CONTINUIDAD EN EL CORDÓN ES MUY SEVERA, SE CONSIDERÓ COMO UNA FALTA DE FUSIÓN TRANSVERSAL, Y QUE SEGÚN LA NORMA DE CONTROL DE SOLDADURA ES UN DEFECTO INACEPTABLE. LA SOLUCION SERIA UN RELLENO DE LA ZONA SEÑALADA TENIENDO CUIDADO EN DEJAR LO MAS CONTINUO POSIBLE EL CORDÓN.

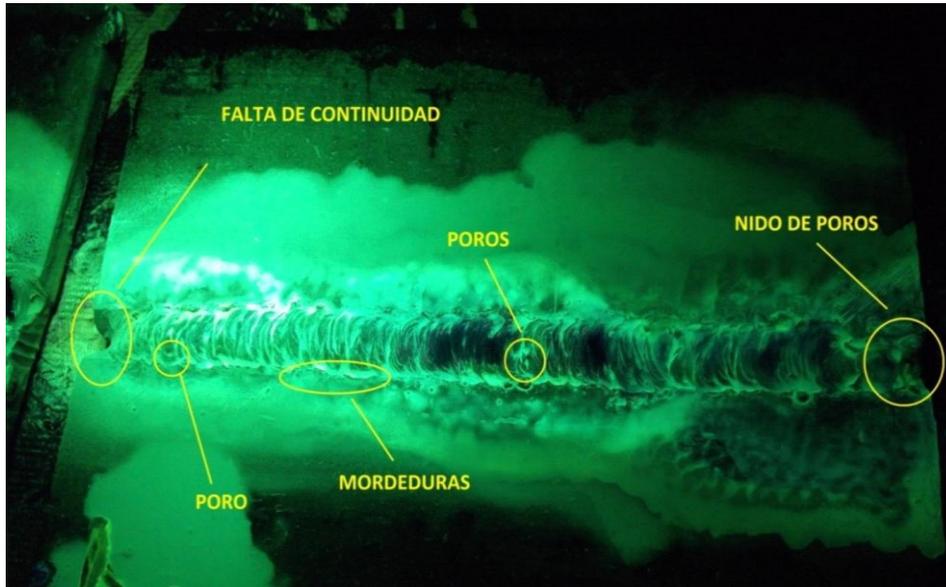
EXISTEN SOBREMONTAS A LO LARGO DEL CORDÓN DE SOLDADURA, LOS CUALES NO CONSTITUYEN UN DEFECTO DE RECHAZO DE LA JUNTA, SIENDO INADECUADO SOLAMENTE DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTETICO.

EXISTEN PEQUEÑAS MORDEDURAS A LO LARGO DEL CORDÓN, LAS CUALES SON ACEPTABLES. PARA EVITARLAS SE DEBE DISMINUIR LA VELOCIDAD DE DEPOSICIÓN.

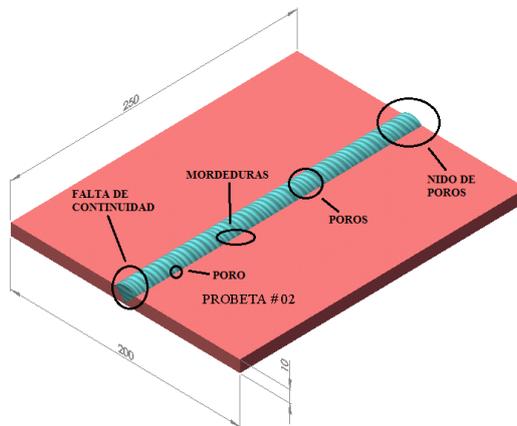
<b>OBSERVACIONES:</b> LA UBICACIÓN DE LA LÁMPARA DE LUZ NEGRA ES SOBRE LAS PROBETAS A SER OBSERVADAS PARA TENER UNA MEJOR VISUALIZACIÓN.	UNIDAD:	No. INFORME:
	001	001
CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1		
	Realizado por:	Supervisado por:
<b>NOMBRE :</b>	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta
<b>CARGO :</b>	Ejecutor	Tutor
<b>FIRMA :</b>		
<b>FECHA :</b>	12/03/2011	
<b>Pag. 2/2</b>		

		<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b> <b>INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES</b> <b>FLUORESCENTES</b>			
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>INGENIERIA MECÁNICA</b>			
IF: Falta de fusión F: Fisura	Pa: Porosidad Aislada Pd: Porosidad distribuida	CP: Nido de Poros M: Mordedura	IL: Indicación Lineal O: Otros		
<b>Ensayo N°-</b>	002	<b>Probeta N°-</b>	002		
<b>Solicitante</b>	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
<b>Dirección</b>	<b>Ciudad</b> AMBATO	<b>Dirección</b>	AV. LOS CHASQUIS		
<b>Procedimiento</b>	LIQUIDOS PENETRANTES	<b>Material Base:</b>	ASTM A36		
<b>Técnica</b>	FLUORESCENTES	<b>Material de aporte:</b>	E 6011 Ø 1/8" y E 7018 Ø 1/8"		
<b>Temperatura</b>	23°C	<b>Limpieza Mecánica:</b>	GRATEADO		
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca:</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de aplicación</b>	Cleaner/Remover SKC-S	<b>Tiempo de Limpieza:</b>	3 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de Aplicación</b>	Penetrant ZL-27A	<b>Tiempo de Penetración</b>	20 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>REVELADO</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de Aplicación</b>	Developer ZP-9F	<b>Tiempo de Revelado</b>	11 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>ILUMINACION REQUERIDA</b>					
<b>Lámpar de UV:</b>	0-20 fc	Calibrada	<b>Iluminación máxima en cuarto oscuro:</b>		
<b>Luxómetro:</b>	Nuevo	Calibrado	20 Lux.		
<b>POSICIÓN DE SOLDADURA</b>	<b>TIPO DE SOLDADURA</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>		<b>Diametro o Longitud Inspeccionada(m)</b>	
		SI	NO	<b>UBICACIÓN DE DEFETOS-OBSERVACIONES</b>	
1G PLANA	SMAW	X			
<p>ETAPA DE LIMPIEZA MECANICA    ETAPA DE LIMPIEZA QUIMICA    ETAPA DE PENETRACION    ETAPA DE REVELADO</p> 					
<b>OBSERVACIONES:</b>			<b>UNIDAD:</b>	<b>No. INFORME:</b>	
EN LA ELIMINACION DEL EXCESO DE PENETRANTE SE RECOMIENDA HACERLO BAJO LA ACCION DE LA LUZ NEGRA PARA REALIZARLO DE UNA MEJOR MANERA, ADEMÁS QUE CON UN TRAPO EMPAPADO DE CLEANER Y NO DIRECTAMENTE.			002	002	
			CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1		
<b>NOMBRE :</b>	<b>Realizado por:</b>	<b>Supervisado por:</b>	<b>POR EL CLIENTE</b>		
<b>CARGO :</b>	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta			
<b>FIRMA :</b>	Ejecutor	Tutor			
<b>FECHA :</b>	12/03/2011		<b>Pag. 1/2</b>		

ETAPA DE VISUALIZACIÓN DE DEFECTOS BAJO LA LUZ NEGRA



DIMENSIÓN DE LA PROBETA



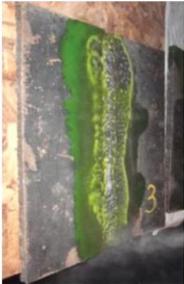
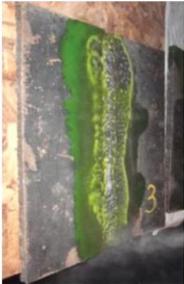
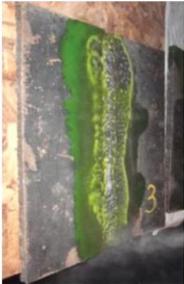
**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:**

DEBIDO A QUE LA FALTA DE CONTINUIDAD EN EL CORDÓN ES MUY SEVERA, SE CONSIDERÓ COMO UNA FALTA DE FUSIÓN TRANSVERSAL, Y QUE SEGÚN LA NORMA DE CONTROL DE SOLDADURA ES UN DEFECTO INACEPTABLE. LA SOLUCION SERIA UN RELLENO DE LA ZONA SEÑALADA TENIENDO CUIDADO EN DEJAR LO MAS CONTINUO POSIBLE EL CORDÓN.

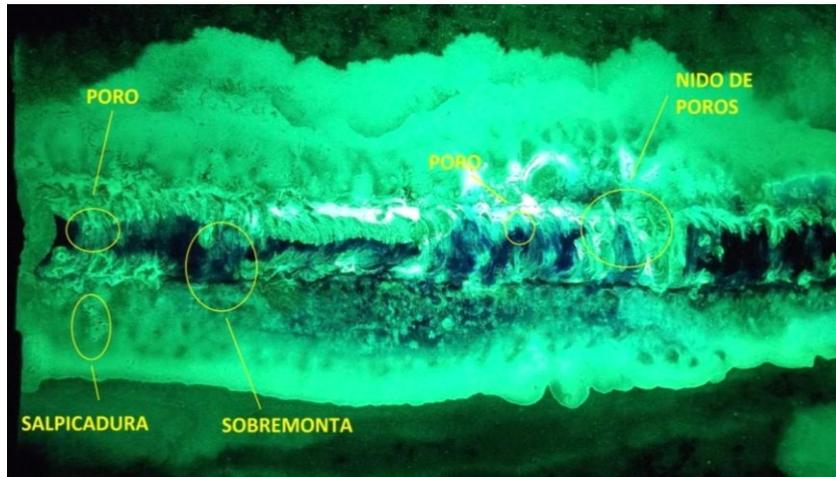
LA EXISTENCIA DE UN NIDO DE POROS HACE QUE LA SOLDADURA NO SEA ACEPTABLE, YA QUE CORRESPONDE A UNA CONEXIÓN NO TUBULAR CICLICAMENTE CARGADA. EL REMEDIO ES NO USAR ELECTRODOS HÚMEDOS O DEMORAR UN POCO EL AVANCE EN EL PUNTO DE PARTIDA, O UNA SOBRECARGA DE CORRIENTE EN EL ELECTRODO.

EXISTEN PEQUEÑAS MORDEDURAS A LO LARGO DEL CORDÓN, LAS CUALES SON ACEPTABLES. PARA EVITARLAS SE DEBE UTILIZAR UN ELECTRODO DE MENOR DIAMETRO O DISMINUIR LA VELOCIDAD DE DEPOSICIÓN.

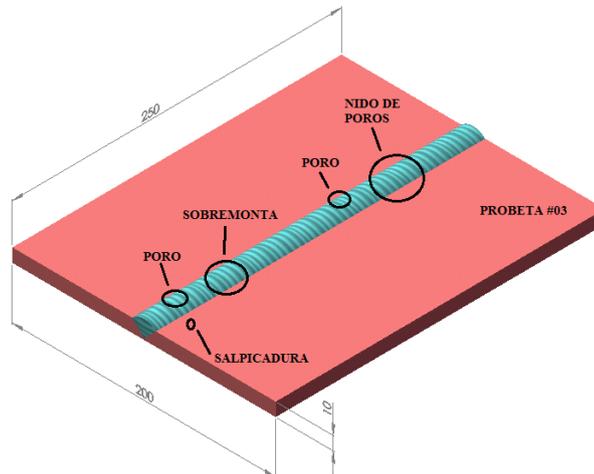
<b>OBSERVACIONES:</b> LA UBICACIÓN DE LA LÁMPARA DE LUZ NEGRA ES SOBRE LAS PROBETAS A SER OBSERVADAS PARA TENER UNA MEJOR VISUALIZACIÓN.		UNIDAD: 002	No. INFORME: 002
		CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1	
	Realizado por: Egdo. Giovanni Arcos	Supervisado por: Ing. Alejandro Moretta	POR EL CLIENTE
NOMBRE :	Ejecutor	Tutor	
CARGO :			
FIRMA :			
FECHA :	12/03/2011		Pag. 2/2

		<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b> <b>INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES</b> <b>FLUORESCENTES</b>										
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>INGENIERIA MECÁNICA</b>										
IF: Falta de fusión F: Fisura	Pa: Porosidad Aislada Pd: Porosidad distribuida	CP: Nido de Poros M: Mordedura	IL: Indicación Lineal O: Otros									
Ensayo N°-	003	Probeta N°-	003									
Solicitante	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO											
Dirección	Ciudad	AMBATO	Dirección	AV. LOS CHASQUIS								
Procedimiento	LIQUIDOS PENETRANTES	Material Base:	ASTM A36									
Técnica	FLUORESCENTES	Material de aporte:	E 6011 Ø 1/8" y E 7018 Ø 1/8"									
Temperatura	23°C	Limpieza Mecánica:	GRATEADO									
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>												
Tipo	Pulverizador en Aerosol	Marca:	MAGNAFLUX									
Modelo de aplicación	Cleaner/Remover SKC-S	Tiempo de Limpieza:	1 minuto									
		Secado	Evaporación Normal.									
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>												
Tipo	Pulverizador en Aerosol	Marca	MAGNAFLUX									
Modelo de Aplicación	Penetrant ZL-27A	Tiempo de Penetración	22 minutos									
		Secado	Evaporación Normal.									
<b>REVELADO</b>												
Tipo	Pulverizador en Aerosol	Marca	MAGNAFLUX									
Modelo de Aplicación	Developer ZP-9F	Tiempo de Revelado	11 minutos									
		Secado	Evaporación Normal.									
<b>ILUMINACION REQUERIDA</b>												
Lámpar de UV:	0-20 fc	Calibrada	Iluminación máxima en cuarto oscuro:									
Luxómetro:	Nuevo	Calibrado	20 Lux.									
POSICIÓN DE SOLDADURA	TIPO DE SOLDADURA	CALIFICACIÓN		Diametro o Longitud Inspeccionada(m)	UBICACIÓN DE DEFETOS- OBSERVACIONES							
2G HORIZONTAL	SMAW	SI	NO	0.25	Pa - Cp - M							
			X									
<table border="1"> <tr> <td>ETAPA DE LIMPIEZA MECANICA</td> <td>ETAPA DE LIMPIEZA QUIMICA</td> <td>ETAPA DE PENETRACION</td> <td>ETAPA DE REVELADO</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					ETAPA DE LIMPIEZA MECANICA	ETAPA DE LIMPIEZA QUIMICA	ETAPA DE PENETRACION	ETAPA DE REVELADO				
ETAPA DE LIMPIEZA MECANICA	ETAPA DE LIMPIEZA QUIMICA	ETAPA DE PENETRACION	ETAPA DE REVELADO									
												
<b>OBSERVACIONES:</b> LA PULVERIZACIÓN SE REALIZA APROXIMADAMENTE DE 20 A 30 CM. DE DISTANCIA REPECTO A LA PROBETA, RAZÓN POR LA CUAL SE CUBREN ZONAS QUE NO VAN A SER ANALIZADAS.			UNIDAD:	No. INFORME:								
			003	003								
			CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1									
			POR EL CLIENTE									
NOMBRE :	Realizado por:	Supervisado por:										
	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta										
CARGO :	Ejecutor	Tutor										
FIRMA :												
FECHA :	12/03/2011											

ETAPA DE VISUALIZACIÓN DE DEFECTOS BAJO LA LUZ NEGRA



DIMENSIÓN DE LA PROBETA



**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:**

EXISTEN SOBREMONTAS A LO LARGO DEL CORDÓN DE SOLDADURA, LOS CUALES NO CONSTITUYEN UN DEFECTO DE RECHAZO DE LA JUNTA, SIENDO INADECUADO SOLAMENTE DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTETICO.

EL CORDÓN DE SOLDADURA PRESENTA SALPICADURAS QUE GENERALMENTE NO TIENEN IMPORTANCIA RESPECTO A LA CALIDAD DE LA SOLDADURA, Y SU FORMACIÓN SE DEBE A PRESENCIA DE HUMEDAD.

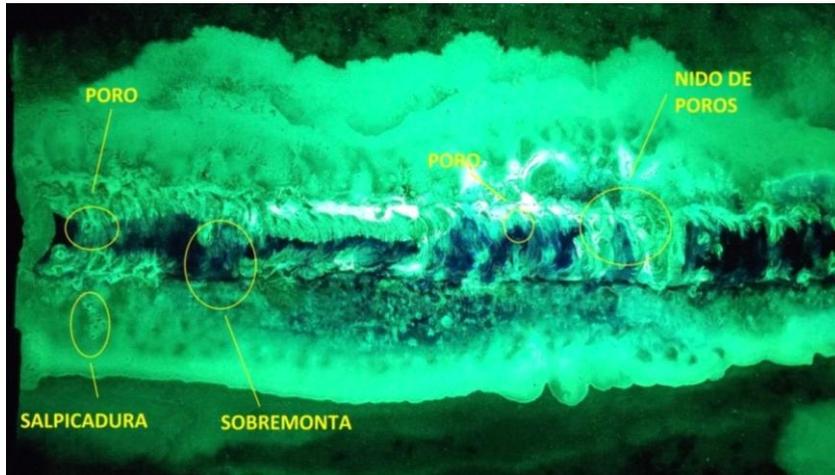
LA EXISTENCIA DE UN NIDO DE POROS HACE QUE LA SOLDADURA NO SEA ACEPTABLE, YA QUE CORRESPONDE A UNA CONEXIÓN NO TUBULAR CICLICAMENTE CARGADA, ADEMÁS DE QUE EL DIÁMETRO DE ÉSTOS SOBREPASA LOS 3/32 IN. (2.5 MM). FRECUENTEMENTE SE FORMAN PORQUE LOS ELECTRODOS PRESENTAN HUMEDAD.

EXISTEN PEQUEÑAS MORDEDURAS A LO LARGO DEL CORDÓN, LAS CUALES SON ACEPTABLES. PARA EVITARLAS SE DEBE UTILIZAR UN ELECTRODO DE MENOR DIAMETRO O DISMINUIR LA VELOCIDAD DE DEPOSICIÓN.

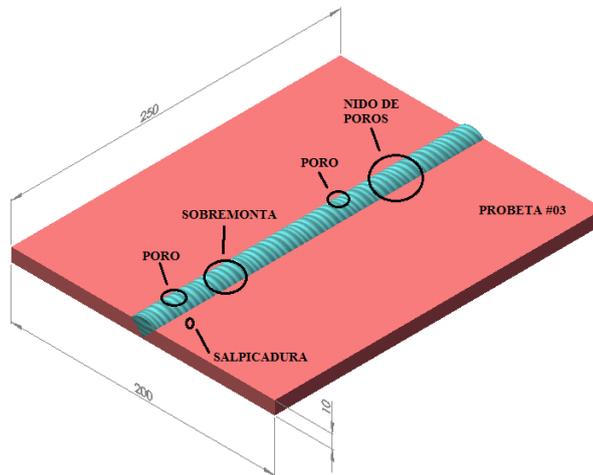
<b>OBSERVACIONES:</b> LA UBICACIÓN DE LA LÁMPARA DE LUZ NEGRA ES SOBRE LAS PROBETAS A SER OBSERVADAS PARA TENER UNA MEJOR VISUALIZACIÓN.		UNIDAD: 003	No. INFORME: 003
		CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1	
	Realizado por:	Supervisado por:	POR EL CLIENTE
NOMBRE :	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta	
CARGO :	Ejecutor	Tutor	
FIRMA :			
FECHA :	12/03/2011		Pag. 2/2

		<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b> <b>INFORME DE INSPECCIÓN POR LIQUIDOS PENETRANTES</b> <b>FLUORESCENTES</b>			
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>INGENIERIA MECÁNICA</b>			
IF: Falta de fusión F: Fisura	Pa: Porosidad Aislada Pd: Porosidad distribuida	CP: Nido de Poros M: Mordedura	IL: Indicación Lineal O: Otros		
<b>Ensayo N°-</b>	003	<b>Probeta N°-</b>	003		
<b>Solicitante</b>	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
<b>Dirección</b>	Ciudad AMBATO	<b>Dirección</b>	AV. LOS CHASQUIS		
<b>Procedimiento</b>	LIQUIDOS PENETRANTES	<b>Material Base:</b>	ASTM A36		
<b>Técnica</b>	FLUORESCENTES	<b>Material de aporte:</b>	E 6011 Ø 1/8" y E 7018 Ø 1/8"		
<b>Temperatura</b>	23°C	<b>Limpieza Mecánica:</b>	GRATEADO		
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca:</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de aplicación</b>	Cleaner/Remover SKC-5	<b>Tiempo de Limpieza:</b>	1 minuto		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de Aplicación</b>	Penetrant ZL-27A	<b>Tiempo de Penetración</b>	22 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>REVELADO</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de Aplicación</b>	Developer ZP-9F	<b>Tiempo de Revelado</b>	11 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>ILUMINACION REQUERIDA</b>					
<b>Lámpar de UV:</b>	0-20 fc	Calibrada	<b>Iluminación máxima en cuarto oscuro:</b>		
<b>Luxómetro:</b>	Nuevo	Calibrado	20 Lux.		
<b>POSICIÓN DE SOLDADURA</b>	<b>TIPO DE SOLDADURA</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>		<b>UBICACIÓN DE DEFETOS-OBSERVACIONES</b>	
2G HORIZONTAL	SMAW	SI	NO	Pa - Cp - M	
		X			SOBREMONTA
				SALPICADURA	
<b>ETAPA DE LIMPIEZA MECANICA</b>	<b>ETAPA DE LIMPIEZA QUIMICA</b>	<b>ETAPA DE PENETRACION</b>	<b>ETAPA DE REVELADO</b>		
					
<b>OBSERVACIONES:</b>			<b>UNIDAD:</b>	<b>No. INFORME:</b>	
LA PULVERIZACIÓN SE REALIZA APROXIMADAMENTE DE 20 A 30 CM. DE DISTANCIA REPECTO A LA PROBETA, RAZÓN POR LA CUAL SE CUBREN ZONAS QUE NO VAN A SER ANALIZADAS.			003	003	
			CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1		
	<b>Realizado por:</b>	<b>Supervisado por:</b>	<b>POR EL CLIENTE</b>		
<b>NOMBRE :</b>	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta			
<b>CARGO :</b>	Ejecutor	Tutor			
<b>FIRMA :</b>					
<b>FECHA :</b>	12/03/2011		<b>Pag. 1/2</b>		

ETAPA DE VISUALIZACIÓN DE DEFECTOS BAJO LA LUZ NEGRA



DIMENSIÓN DE LA PROBETA



**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:**

EXISTEN SOBREMONTAS A LO LARGO DEL CORDÓN DE SOLDADURA, LOS CUALES NO CONSTITUYEN UN DEFECTO DE RECHAZO DE LA JUNTA, SIENDO INADECUADO SOLAMENTE DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTETICO.

EL CORDÓN DE SOLDADURA PRESENTA SALPICADURAS QUE GENERALMENTE NO TIENEN IMPORTANCIA RESPECTO A LA CALIDAD DE LA SOLDADURA, Y SU FORMACIÓN SE DEBE A PRESENCIA DE HUMEDAD.

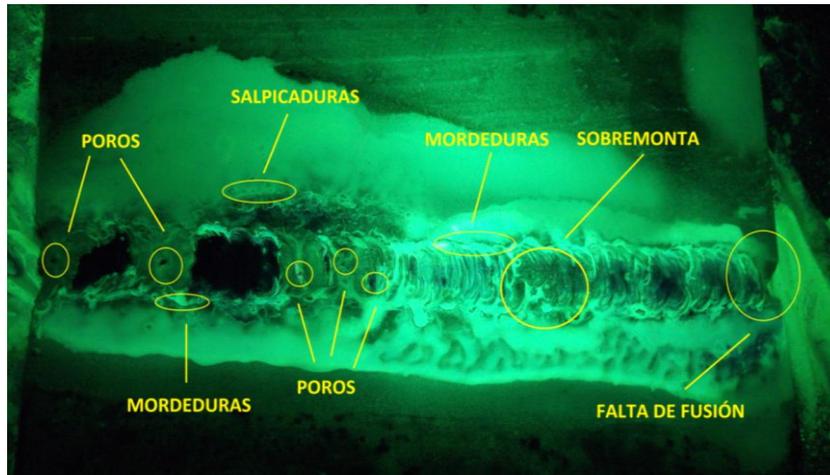
LA EXISTENCIA DE UN NIDO DE POROS HACE QUE LA SOLDADURA NO SEA ACEPTABLE, YA QUE CORRESPONDE A UNA CONEXIÓN NO TUBULAR CICLICAMENTE CARGADA, ADEMÁS DE QUE EL DIÁMETRO DE ÉSTOS SOBREPASA LOS 3/32 IN. (2.5 MM). FRECUENTEMENTE SE FORMAN PORQUE LOS ELECTRODOS PRESENTAN HUMEDAD.

EXISTEN PEQUEÑAS MORDEDURAS A LO LARGO DEL CORDÓN, LAS CUALES SON ACEPTABLES. PARA EVITARLAS SE DEBE UTILIZAR UN ELECTRODO DE MENOR DIÁMETRO O DISMINUIR LA VELOCIDAD DE DEPOSICIÓN.

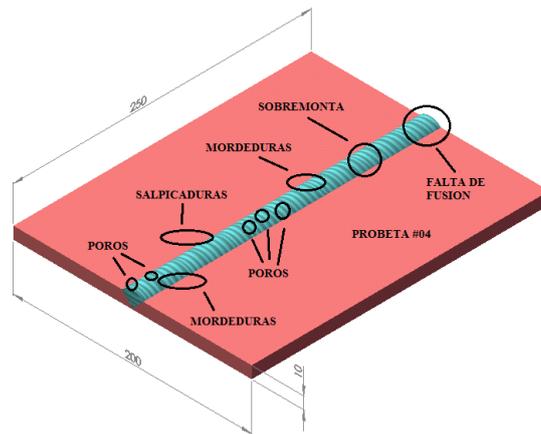
<b>OBSERVACIONES:</b> LA UBICACIÓN DE LA LÁMPARA DE LUZ NEGRA ES SOBRE LAS PROBETAS A SER OBSERVADAS PARA TENER UNA MEJOR VISUALIZACIÓN.	UNIDAD: 003	No. INFORME: 003
	CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1	
	Realizado por: Egdo. Giovanni Arcos	Supervisado por: Ing. Alejandro Moretta
<b>NOMBRE :</b>	Ejecutor	Tutor
<b>CARGO :</b>		
<b>FIRMA :</b>		
<b>FECHA :</b>	12/03/2011	
		POR EL CLIENTE
		Pag. 2/2

		<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b> <b>INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES</b> <b>FLUORESCENTES</b>			
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>INGENIERIA MECÁNICA</b>			
IF: Falta de fusión F: Fisura	Pa: Porosidad Aislada Pd: Porosidad distribuida	CP: Nido de Poros M: Mordedura	IL: Indicación Lineal O: Otros		
<b>Ensayo N°-</b>	004	<b>Probeta N°-</b>	004		
<b>Solicitante</b>	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
<b>Dirección</b>	<b>Ciudad</b> AMBATO	<b>Dirección</b>	AV. LOS CHASQUIS		
<b>Procedimiento</b>	LIQUIDOS PENETRANTES	<b>Material Base:</b>	ASTM A36		
<b>Técnica</b>	FLUORESCENTES	<b>Material de aporte:</b>	E 6011 Ø 1/8" y E 7018 Ø 1/8"		
<b>Temperatura</b>	23°C	<b>Limpieza Mecánica:</b>	GRATEADO		
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca:</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de aplicación</b>	Cleaner/Remover SKC-S	<b>Tiempo de Limpieza:</b>	3 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de Aplicación</b>	Penetrant ZL-27A	<b>Tiempo de Penetración</b>	20 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>REVELADO</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de Aplicación</b>	Developer ZP-9F	<b>Tiempo de Revelado</b>	12 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>ILUMINACION REQUERIDA</b>					
<b>Lámpar de UV:</b>	0-20 fc	Calibrada	<b>Iluminación máxima en cuarto oscuro:</b>		
<b>Luxómetro:</b>	Nuevo	Calibrado	20 Lux.		
<b>POSICIÓN DE SOLDADURA</b>	<b>TIPO DE SOLDADURA</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>		<b>Diametro o Longitud Inspeccionada(m)</b>	
		SI	NO		
3G VERTICAL ASCENDENTE	SMAW	X		0.25	
				<b>UBICACIÓN DE DEFETOS-OBSERVACIONES</b>	
				IF - M - Pa	
				SOBREMONTA	
				SALPICADURA	
<b>ETAPA DE LIMPIEZA MECANICA</b>	<b>ETAPA DE LIMPIEZA QUIMICA</b>	<b>ETAPA DE PENETRACION</b>	<b>ETAPA DE REVELADO</b>		
					
<b>OBSERVACIONES:</b>				<b>UNIDAD:</b>	
EN LA ELIMINACION DEL EXCESO DE PENETRANTE SE RECOMIENDA HACERLO BAJO LA ACCION DE LA LUZ NEGRA PARA REALIZARLO DE UNA MEJOR MANERA.				004	
				<b>No. INFORME:</b>	
				004	
				<b>CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1</b>	
	<b>Realizado por:</b>	<b>Supervisado por:</b>	<b>POR EL CLIENTE</b>		
<b>NOMBRE:</b>	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta			
<b>CARGO:</b>	Ejecutor	Tutor			
<b>FIRMA:</b>					
<b>FECHA:</b>	12/03/2011				

ETAPA DE VISUALIZACIÓN DE DEFECTOS BAJO LA LUZ NEGRA



DIMENSIÓN DE LA PROBETA



**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:**

DEBIDO A QUE LA FALTA DE CONTINUIDAD EN EL CORDÓN ES MUY SEVERA, SE CONSIDERÓ COMO UNA FALTA DE FUSIÓN TRANSVERSAL, Y QUE SEGÚN LA NORMA DE CONTROL DE SOLDADURA ES UN DEFECTO INACEPTABLE. LA SOLUCION SERIA UN RELLENO DE LA ZONA SEÑALADA TENIENDO CUIDADO EN DEJAR LO MAS CONTINUO POSIBLE EL CORDÓN.

EL CORDÓN DE SOLDADURA PRESENTA SALPICADURAS QUE GENERALMENTE NO TIENEN IMPORTANCIA RESPECTO A LA CALIDAD DE LA SOLDADURA, Y SU FORMACIÓN SE DEBE A PRESENCIA DE HUMEDAD.

LA EXISTENCIA DE POROS DE DIÁMETRO INFERIOR A 1MM. DE QUE NO ESTÁN UBICADOS EN UNA MISMA PULGADA LINEAL, HACE QUE ESTA DISCONTINUIDAD SEA ACEPTABLE, SE PUEDE CORREGIR EVITANDO LA PRESENCIA DE HUMEDAD.

EXISTEN PEQUEÑAS MORDEDURAS A LO LARGO DEL CORDÓN, LAS CUALES SON ACEPTABLES. PARA EVITARLAS SE DEBE UTILIZAR UN ELECTRODO DE MENOR DIAMETRO O DISMINUIR LA VELOCIDAD DE DEPOSICIÓN.

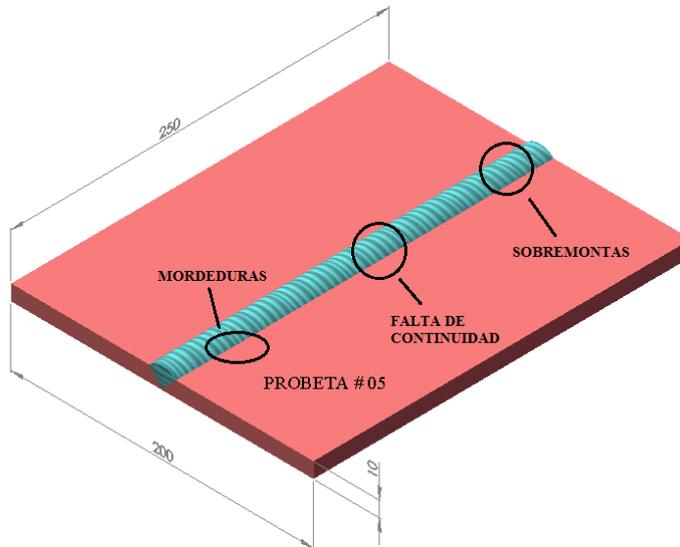
<b>OBSERVACIONES:</b> LA UBICACIÓN DE LA LÁMPARA DE LUZ NEGRA ES SOBRE LAS PROBETAS A SER OBSERVADAS PARA TENER UNA MEJOR VISUALIZACIÓN.	UNIDAD: 004	No. INFORME: 004
	CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1	
	Realizado por: Egdo. Giovanni Arcos	Supervisado por: Ing. Alejandro Moretta
	CARGO: Ejecutor	Tutor
	FIRMA:	
	FECHA: 12/03/2011	Pag. 2/2

		<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b> <b>INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES</b> <b>FLUORESCENTES</b>		
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>INGENIERIA MECÁNICA</b>		
IF: Falta de fusión F: Fisura	Pa: Porosidad Aislada Pd: Porosidad distribuida	CP: Nido de Poros M: Mordedura	IL: Indicación Lineal O: Otros	
Ensayo N°-	005	Probeta N°-	005	
Solicitante	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
Dirección	Ciudad AMBATO	Dirección	AV. LOS CHASQUIS	
Procedimiento	LIQUIDOS PENETRANTES	Material Base:	ASTM A36	
Técnica	FLUORESCENTES	Material de aporte:	E 6011 Ø 1/8" y E 7018 Ø 1/8"	
Temperatura	23°C	Limpieza Mecánica:	GRATEADO	
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>				
Tipo	Pulverizador en Aerosol	Marca:	MAGNAFLUX	
Modelo de aplicación	Cleaner/Remover SKC-5	Tiempo de Limpieza:	4 minutos	
		Secado	Evaporación Normal.	
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>				
Tipo	Pulverizador en Aerosol	Marca	MAGNAFLUX	
Modelo de Aplicación	Penetrant ZL-27A	Tiempo de Penetración	21 minutos	
		Secado	Evaporación Normal.	
<b>REVELADO</b>				
Tipo	Pulverizador en Aerosol	Marca	MAGNAFLUX	
Modelo de Aplicación	Developer ZP-9F	Tiempo de Revelado	10 minutos	
		Secado	Evaporación Normal.	
<b>ILUMINACION REQUERIDA</b>				
Lámpar de UV:	0-20 fc	Calibrada	Iluminación máxima en cuarto oscuro:	
Luxómetro:	Nuevo	Calibrado	20 Lux.	
POSICIÓN DE SOLDADURA	TIPO DE SOLDADURA	CALIFICACIÓN		Diametro o Longitud Inspeccionada(m)
		SI	NO	
3G VERTICAL DESCENDENTE	SMAW	X		0.25
				UBICACIÓN DE DEFETOS-OBSERVACIONES
				MORDEDURAS
				SOBREMONTAS
				FALTA DE CONTINUIDAD
ETAPA DE LIMPIEZA MECANICA		ETAPA DE LIMPIEZA QUIMICA		ETAPA DE PENETRACION
ETAPA DE REVELADO				
				
				
<b>OBSERVACIONES:</b> LA PULVERIZACIÓN SE REALIZA APROXIMADAMENTE DE 20 A 30 CM. DE DISTANCIA REPECTO A LA PROBETA, RAZÓN POR LA CUAL SE CUBREN ZONAS QUE NO VAN A SER ENSAYADAS.				UNIDAD: 005
				No. INFORME: 005
				CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1
Realizado por:		Supervisado por:		POR EL CLIENTE
NOMBRE: Egdo. Giovanni Arcos		Ing. Alejandro Moretta		
CARGO: Ejecutor		Tutor		
FIRMA:				
FECHA: 12/03/2011				Pag. 1/2

ETAPA DE VISUALIZACIÓN DE DEFECTOS BAJO LA LUZ NEGRA



DIMENSIÓN DE LA PROBETA



**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:**

DEBIDO A QUE LA FALTA DE CONTINUIDAD EN EL CORDÓN NO ES SEVERA, NO SE CONSIDERÓ COMO UNA FALTA DE FUSIÓN TRANSVERSAL, Y POR TANTO SE ACEPTA LA SOLDADURA.

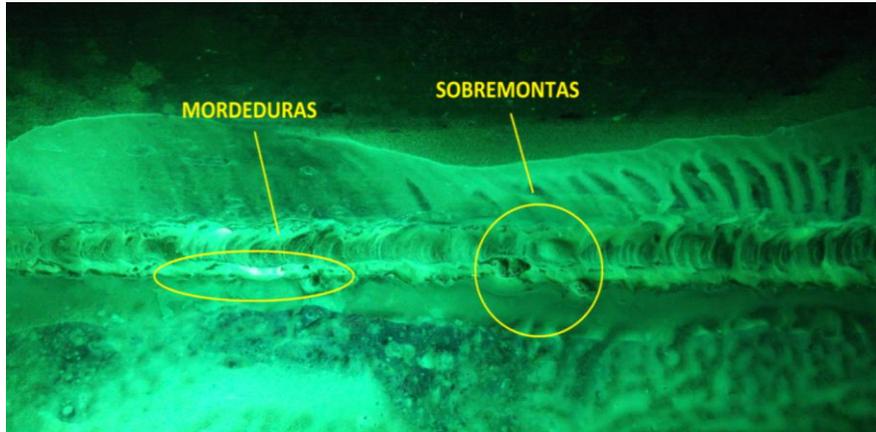
EXISTEN SOBREMONTAS A LO LARGO DEL CORDÓN DE SOLDADURA, LOS CUALES NO CONSTITUYEN UN DEFECTO DE RECHAZO DE LA JUNTA, SIENDO INADECUADO SOLAMENTE DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTETICO.

EXISTEN PEQUEÑAS MORDEDURAS A LO LARGO DEL CORDÓN, LAS CUALES SON ACEPTABLES. PARA EVITARLAS SE DEBE DISMINUIR LA VELOCIDAD DE SOLDEO.

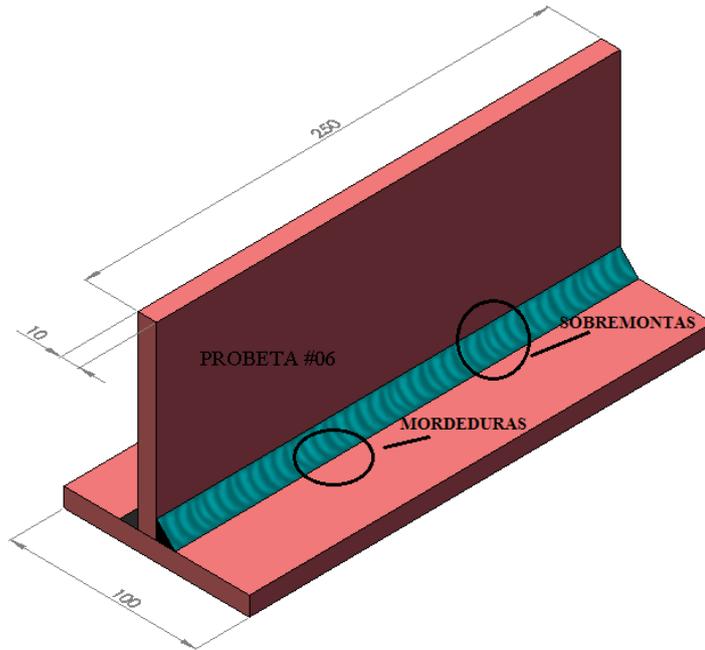
OBSERVACIONES: LA UBICACIÓN DE LA LÁMPARA DE LUZ NEGRA ES SOBRE LAS PROBETAS A SER OBSERVADAS PARA TENER UNA MEJOR VISUALIZACIÓN.		UNIDAD: 005	No. INFORME: 005
		CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1	
	Realizado por: Egdo. Giovanni Arcos	Supervisado por: Ing. Alejandro Moretta	POR EL CLIENTE
NOMBRE :	Ejecutor	Tutor	
CARGO :			
FIRMA :			
FECHA :	12/03/2011		Pag. 2/2

		<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b> <b>INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES</b> <b>FLUORESCENTES</b>			
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>INGENIERIA MECÁNICA</b>			
IF: Falta de fusión F: Fisura	Pa: Porosidad Aislada Pd: Porosidad distribuida	CP: Nido de Poros M: Mordedura	IL: Indicación Lineal O: Otros		
<b>Ensayo N°-</b>	006	<b>Probeta N°-</b>	006		
<b>Solicitante</b>	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
<b>Dirección</b>	<b>Ciudad</b> AMBATO	<b>Dirección</b>	AV. LOS CHASQUIS		
<b>Procedimiento</b>	LIQUIDOS PENETRANTES	<b>Material Base:</b>	ASTM A36		
<b>Técnica</b>	FLUORESCENTES	<b>Material de aporte:</b>	E 6011 Ø 1/8" y E 7018 Ø 1/8"		
<b>Temperatura</b>	23°C	<b>Limpieza Mecánica:</b>	GRATEADO		
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca:</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de aplicación</b>	Cleaner/Remover SKC-S	<b>Tiempo de Limpieza:</b>	3 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de Aplicación</b>	Penetrant ZL-27A	<b>Tiempo de Penetración</b>	20 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>REVELADO</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de Aplicación</b>	Developer ZP-9F	<b>Tiempo de Revelado</b>	15 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>ILUMINACION REQUERIDA</b>					
<b>Lámpar de UV:</b>	0-20 fc	Calibrada	<b>Iluminación máxima en cuarto oscuro:</b>		
<b>Luxómetro:</b>	Nuevo	Calibrado	20 Lux.		
<b>POSICIÓN DE SOLDADURA</b>	<b>TIPO DE SOLDADURA</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>Diametro o Longitud Inspeccionada(m)</b>	<b>UBICACIÓN DE DEFETOS-OBSERVACIONES</b>	
2F HORIZONTAL	SMAW	SI NO X	0.25	M SOBREMONTAS	
<b>LIMPIEZA MECANICA</b>	<b>LIMPIEZA QUIMICA</b>	<b>PENETRACION</b>	<b>REVELADO</b>		
					
<b>OBSERVACIONES:</b> EN LA LIMPIEZA MECÁNICA SE DEBE ASEGURAR QUE LAS CERDAS DEL CEPILLO O GRATA ESTEN EN CONTACTO CON EL CORDÓN SOLDADO, PORQUE SI NO LAS IMPUREZAS PRESENTES ALTERARÍAN LOS RESULTADOS OBTENIDOS.			<b>UNIDAD:</b> 006	<b>No. INFORME:</b> 006	
			<b>CÓDIGO DE REFERENCIA:</b> AWS D1,1		
	<b>Realizado por:</b>	<b>Supervisado por:</b>	<b>POR EL CLIENTE</b>		
<b>NOMBRE :</b>	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta			
<b>CARGO :</b>	Ejecutor	Tutor			
<b>FIRMA :</b>					
<b>FECHA :</b>	12/03/2011		<b>Pag. 1/2</b>		

ETAPA DE VISUALIZACIÓN DE DEFECTOS BAJO LA LUZ NEGRA



DIMENSIÓN DE LA PROBETA



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

EXISTEN SOBREMONTAS A LO LARGO DEL CORDÓN DE SOLDADURA, LOS CUALES NO CONSTITUYEN UN DEFECTO DE RECHAZO DE LA JUNTA, SIENDO INADECUADO SOLAMENTE DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTETICO.

EXISTEN PEQUEÑAS MORDEDURAS A LO LARGO DEL CORDÓN, LAS CUALES SON ACEPTABLES. PARA EVITARLAS SE DEBE DISMINUIR LA VELOCIDAD DE SOLDEO.

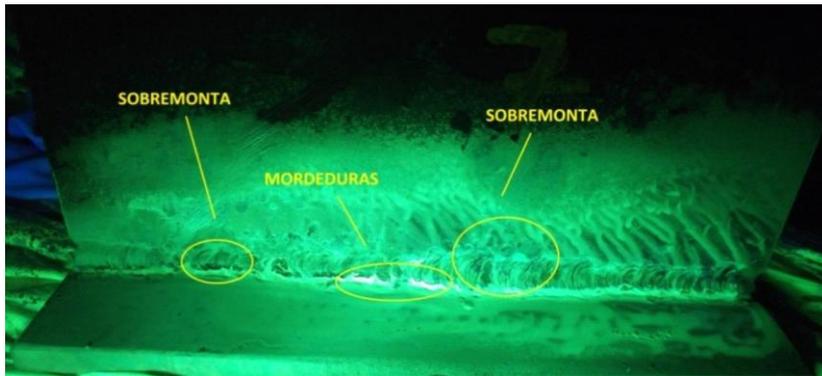
<b>OBSERVACIONES:</b>		UNIDAD:	No. INFORME:
LA ELIMINACIÓN DEL EXCESO DE PENETRANTE SE REALIZÓ BAJO LA LUZ NEGRA, YA QUE EL MOMENTO DE PULVERIZAR EL PENETRANTE SE PRODUJO UNA ACUMULACIÓN DEL MISMO SOBRE EL CORDÓN.		006	006
		CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1	
	Realizado por:	Supervisado por:	POR EL CLIENTE
NOMBRE :	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta	
CARGO :	Ejecutor	Tutor	
FIRMA :			
FECHA :	12/03/2011		Pag. 2/2

		<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b> <b>INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES</b> <b>FLUORESCENTES</b>			
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>INGENIERIA MECÁNICA</b>			
IF: Falta de fusión	Pa: Porosidad Aislada	CP: Nido de Poros	IL: Indicación Lineal		
F: Fisura	Pd: Porosidad distribuida	M: Mordedura	O: Otros		
Ensayo N°-	007	Probeta N°-	007		
Solicitante	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
Dirección	Ciudad AMBATO	Dirección	AV. LOS CHASQUIS		
Procedimiento	LIQUIDOS PENETRANTES	Material Base:	ASTM A36		
Técnica	FLUORESCENTES	Material de aporte:	E 6011 Ø 1/8" y E 7018 Ø 1/8"		
Temperatura	23°C	Limpieza Mecánica:	GRATEADO		
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>					
Tipo	Pulverizador en Aerosol	Marca:	MAGNAFLUX		
Modelo de aplicación	Cleaner/Remover SKC-S	Tiempo de Limpieza:	5 minutos		
		Secado	Evaporación Normal.		
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>					
Tipo	Pulverizador en Aerosol	Marca	MAGNAFLUX		
Modelo de Aplicación	Penetrant ZL-27A	Tiempo de Penetración	25 minutos		
		Secado	Evaporación Normal.		
<b>REVELADO</b>					
Tipo	Pulverizador en Aerosol	Marca	MAGNAFLUX		
Modelo de Aplicación	Developer ZP-9F	Tiempo de Revelado	10 minutos		
		Secado	Evaporación Normal.		
<b>ILUMINACION REQUERIDA</b>					
Lámpar de UV:	0-20 fc	Calibrada	Iluminación máxima en cuarto oscuro:		
Luxómetro:	Nuevo	Calibrado	20 Lux.		
POSICIÓN DE SOLDADURA	TIPO DE SOLDADURA	CALIFICACIÓN		Diametro o Longitud Inspeccionada(m)	UBICACION DE DEFETOS-OBSERVACIONES
		SI	NO		
3F VERTICAL ASCENDENTE	SMAW	X		0.25	M
SOBREMONTAS					
ETAPA DE LIMPIEZA MECANICA		ETAPA DE LIMPIEZA QUIMICA		ETAPA DE PENETRACION	
					
<b>OBSERVACIONES:</b> EL EXAMEN VISUAL INICIAL FUE DE MUCHA IMPORTANCIA YA QUE EVITÓ REALIZAR ENSAYOS INNECESARIOS EN LA PROBETA, Y POR ENDE EL AHORRO DE LOS CONSUMIBLES.				UNIDAD: 007	No. INFORME: 007
				CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1	
Realizado por:		Supervisado por:		POR EL CLIENTE	
NOMBRE :	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta			
CARGO :	Ejecutor	Tutor			
FIRMA :					
FECHA :	12/03/2011			<b>Pag. 1/2</b>	

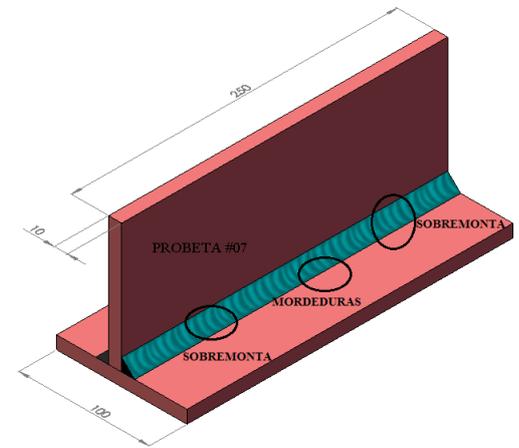
ETAPA DE REVELADO



ETAPA DE VISUALIZACIÓN DE DEFECTOS BAJO LA LUZ NEGRA



DIMENSIÓN DE LA PROBETA



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

EXISTEN PEQUEÑAS MORDEDURAS A LO LARGO DEL CORDÓN, LAS CUALES SON ACEPTABLES. PARA EVITARLAS SE DEBE DISMINUIR LA VELOCIDAD DE SOLDEO.

EXISTEN SOBREMONTAS A LO LARGO DEL CORDÓN DE SOLDADURA, LOS CUALES NO CONSTITUYEN UN DEFECTO DE RECHAZO DE LA JUNTA, SIENDO INADECUADO SOLAMENTE DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTÉTICO.

**OBSERVACIONES:**

DURANTE TODO EL TRANCURSO DEL EXÁMEN SE DEBE USAR MASCARILLA YA QUE LOS OLORES DE LOS QUÍMICOS INVOLUCRADOS SON UN POCO FUERTES, LOQUE OCASIONÓ MAREOS DURANTE LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO.

UNIDAD:  
007

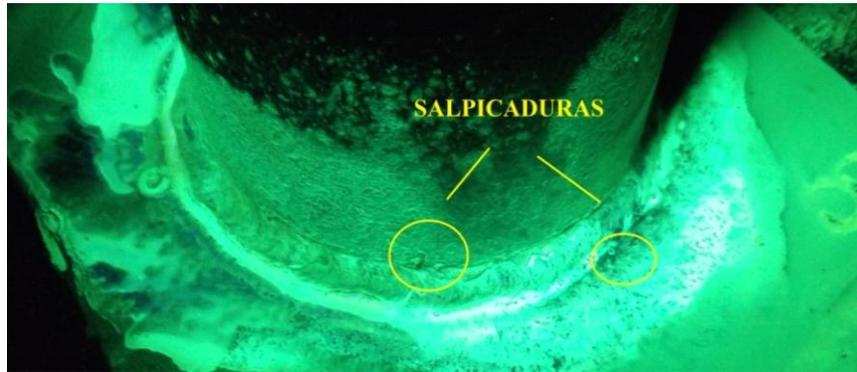
No. INFORME:  
007

CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1

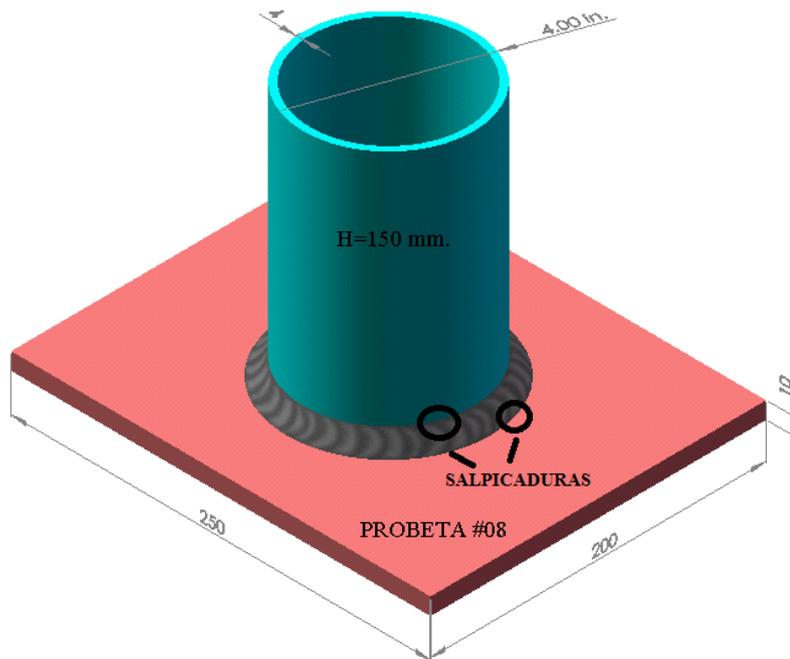
NOMBRE :	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta	POR EL CLIENTE
CARGO :	Ejecutor	Tutor	
FIRMA :			
FECHA :	12/03/2011		

	<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b> <b>INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES</b> <b>FLUORESCENTES</b>			
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>INGENIERIA MECÁNICA</b>			
IF: Falta de fusión F: Fisura	Pa: Porosidad Aislada Pd: Porosidad distribuida	CP: Nido de Poros M: Mordedura	IL: Indicación Lineal O: Otros	
<b>Ensayo Nº-</b>	008	<b>Probeta Nº-</b>	008	
<b>Solicitante</b>	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
<b>Dirección</b>	<b>Ciudad</b> AMBATO	<b>Dirección</b>	AV. LOS CHASQUIS	
<b>Procedimiento</b>	LIQUIDOS PENETRANTES	<b>Material Base:</b>	ASTM A36 Y ASTM A53 Gr. B	
<b>Técnica</b>	FLUORESCENTES	<b>Material de aporte:</b>	E 6011 Ø 1/8" y E 7018 Ø 1/8"	
<b>Temperatura</b>	23°C	<b>Limpieza Mecánica:</b>	GRATEADO	
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>				
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca:</b>	MAGNAFLUX	
<b>Modelo de aplicación</b>	Cleaner/Remover SKC-S	<b>Tiempo de Limpieza:</b>	3 minutos	
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.	
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>				
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca</b>	MAGNAFLUX	
<b>Modelo de Aplicación</b>	Penetrant ZL-27A	<b>Tiempo de Penetración</b>	25 minutos	
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.	
<b>REVELADO</b>				
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca</b>	MAGNAFLUX	
<b>Modelo de Aplicación</b>	Developer ZP-9F	<b>Tiempo de Revelado</b>	10 minutos	
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.	
<b>ILUMINACION REQUERIDA</b>				
<b>Lámpar de UV:</b>	0-20 fc	Calibrada	<b>Iluminación máxima en cuarto oscuro:</b>	
<b>Luxómetro:</b>	Nuevo	Calibrado	20 Lux.	
<b>POSICIÓN DE SOLDADURA</b>	<b>TIPO DE SOLDADURA</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>Diametro o Longitud Inspeccionada(m)</b>	<b>UBICACIÓN DE DEFETOS-OBSERVACIONES</b>
5G TUBERIA DESCENDENTE FIJAS	SMAW	X	0.319	SALPICADURAS
ETAPA DE LIMPIEZA MECANICA    ETAPA DE LIMPIEZA QUIMICA    ETAPA DE PENETRACION    ETAPA DE REVELADO				
				
<b>OBSERVACIONES:</b>			<b>UNIDAD:</b>	<b>No. INFORME:</b>
LA EXCESIVA PRESENCIA DE OXIDACIÓN EN EL CORDÓN PROVOCÓ LA DEMORA EN LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO, EN CUYO CASO SE RECOMIENDA USAR LA MINIAMOLADORA CON GRATA QUE UN CEPILLO DE ALAMBRE MANUAL.			008	008
			<b>CÓDIGO DE REFERENCIA:</b> AWS D1,1	
	<b>Realizado por:</b>	<b>Supervisado por:</b>	<b>POR EL CLIENTE</b>	
<b>NOMBRE :</b>	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta		
<b>CARGO :</b>	Ejecutor	Tutor		
<b>FIRMA :</b>				
<b>FECHA :</b>	12/03/2011		<b>Pag. 1/2</b>	

ETAPA DE VISUALIZACIÓN DE DEFECTOS BAJO LA LUZ NEGRA



DIMENSIÓN DE LA PROBETA



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

LA NO PRESENCIA DE DEFECTOS EN EL CORDÓN DE LA PROBETA INDICA QUE TODO EL PROCESO DE SOLDADO FUE REALIZADO SIN LA PRESENCIA DE HUMEDAD, ADECUADA VELOCIDAD DE DEPOSICIÓN DEL MATERIAL DE APORTE Y AMPERAJE CORRECTO, RAZÓN POR LA CUAL LA JUNTA SOLDADA QUEDA ACEPTADA.

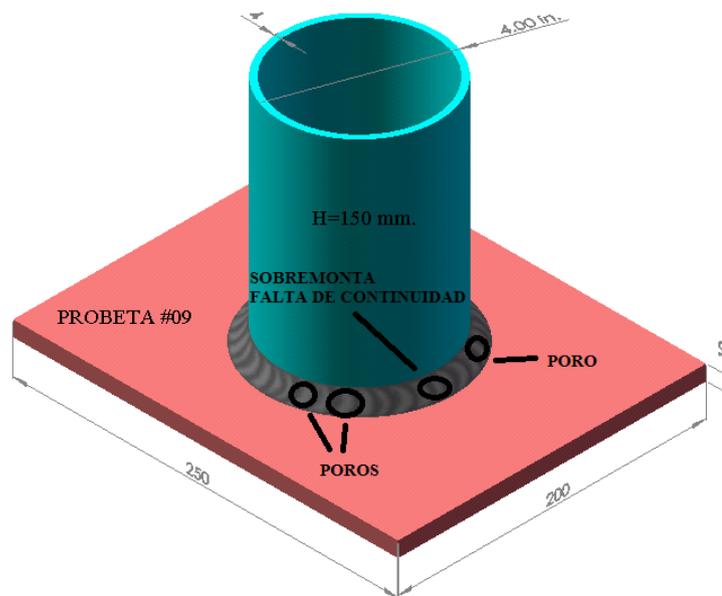
<b>OBSERVACIONES:</b>		UNIDAD: 008	No. INFORME: 008
EL CHORRO DE PULVERIZACIÓN DEL REVELADOR PERMITIÓ VISUALIZAR DE MEJOR MANERA LOS RESULTADOS, YA QUE EVITA LA APARICIÓN DE INDICACIONES FALSAS.		CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1	
	Realizado por:	Supervisado por:	POR EL CLIENTE
NOMBRE :	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta	
CARGO :	Ejecutor	Tutor	
FIRMA :			
FECHA :	12/03/2011		Pag. 2/2

		<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b> <b>INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES</b> <b>FLUORESCENTES</b>		
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>INGENIERIA MECÁNICA</b>		
IF: Falta de fusión F: Fisura	Pa: Porosidad Aislada Pd: Porosidad distribuida	CP: Nido de Poros M: Mordedura	IL: Indicación Lineal O: Otros	
<b>Ensayo N°-</b>	009	<b>Probeta N°-</b>	009	
<b>Solicitante</b>	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
<b>Dirección</b>	<b>Ciudad</b> AMBATO	<b>Dirección</b>	AV. LOS CHASQUIS	
<b>Procedimiento</b>	LIQUIDOS PENETRANTES	<b>Material Base:</b>	ASTM A36 Y ASTM A53 Gr. B	
<b>Técnica</b>	FLUORESCENTES	<b>Material de aporte:</b>	E 6011 Ø 1/8" y E 7018 Ø 1/8"	
<b>Temperatura</b>	23°C	<b>Limpieza Mecánica:</b>	GRATEADO	
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>				
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca:</b>	MAGNAFLUX	
<b>Modelo de aplicación</b>	Cleaner/Remover SKC-S	<b>Tiempo de Limpieza:</b>	2 minutos	
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.	
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>				
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca</b>	MAGNAFLUX	
<b>Modelo de Aplicación</b>	Penetrant ZL-27A	<b>Tiempo de Penetración</b>	20 minutos	
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.	
<b>REVELADO</b>				
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca</b>	MAGNAFLUX	
<b>Modelo de Aplicación</b>	Developer ZP-9F	<b>Tiempo de Revelado</b>	10 minutos	
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.	
<b>ILUMINACION REQUERIDA</b>				
<b>Lámpar de UV:</b>	0-20 fc	Calibrada	<b>Iluminación máxima en cuarto oscuro:</b>	
<b>Luxómetro:</b>	Nuevo	Calibrado	20 Lux.	
<b>POSICIÓN DE SOLDADURA</b>	<b>TIPO DE SOLDADURA</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>		<b>UBICACIÓN DE DEFETOS-OBSERVACIONES</b>
2F EN ÁNGULO	SMAW	SI	NO	Pa
		X		
				SOBREMONTA
				FALTA DE CONTINUIDAD
ETAPA DE LIMPIEZA MECANICA		ETAPA DE LIMPIEZA QUIMICA		ETAPA DE PENETRACION
ETAPA DE REVELADO				
				
				
<b>OBSERVACIONES:</b>			<b>UNIDAD:</b>	<b>No. INFORME:</b>
DURANTE LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO EL PULVERIZADOR DE MAYOR USO Y POR LO TANTO DE MAYOR CONSUMO ES EL CLEANER, POR LO QUE SE ADQUIRIÓ UN FRASCO MÁS DE ESTE PRODUCTO.			009	009
			CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1	
<b>Realizado por:</b>		<b>Supervisado por:</b>		<b>POR EL CLIENTE</b>
<b>NOMBRE :</b>	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta		
<b>CARGO :</b>	Ejecutor	Tutor		
<b>FIRMA :</b>				
<b>FECHA :</b>	12/03/2011			<b>Pag. 1/2</b>

ETAPA DE VISUALIZACIÓN DE DEFECTOS BAJO LA LUZ NEGRA



DIMENSIÓN DE LA PROBETA



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

LA FALTA DE CONTINUIDAD EN EL CORDÓN SE OCASIONÓ DEBIDO A LA INTERRUPCIÓN DEL TRABAJO DE SOLDEO Y LA MALA EMPALMACIÓN EL MOMENTO DE REANUDARLO, PERO AL SER NO SER DE TAMAÑO CONSIDERABLE SE ACEPTA LA JUNTA SOLDADA.

EXISTEN SOBREMONTAS A LO LARGO DEL CORDÓN DE SOLDADURA, LOS CUALES NO CONSTITUYEN UN DEFECTO DE RECHAZO DE LA JUNTA, SIENDO INADECUADO SOLAMENTE DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTÉTICO.

HAY PRESENCIA DE ALGUNOS POROS, LOS CUALES NO POVOCAN EL RECHAZO DE LA SOLDADURA YA QUE EL QUE PRESENTA MAYOR DIÁMETRO NO ESCEDE LOS 2.5 MILÍMETROS.

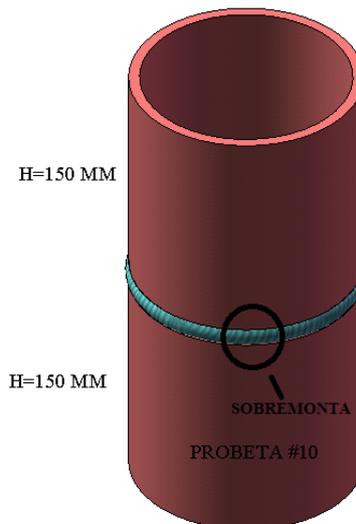
<b>OBSERVACIONES:</b> EL ENSAYO SE EJECUTA CON MAYOR FACILIDAD CON LA PRESENCIA DE DOS PERSONAS, YA QUE UNA SE ENCARGA DE LA BUENA UBICACIÓN DE LA LÁMPARA Y OTRO DE LA TOMA DE FOTOGRAFÍAS Y DETECCIÓN DE DEFECTOS.		UNIDAD: 009	No. INFORME: 009
		CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1	
	Realizado por:	Supervisado por:	POR EL CLIENTE
NOMBRE :	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta	
CARGO :	Ejecutor	Tutor	
FIRMA :			
FECHA :	12/03/2011		Pag. 2/2

		<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b> <b>INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES</b> <b>FLUORESCENTES</b>			
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>INGENIERIA MECÁNICA</b>			
IF: Falta de fusión F: Fisura	Pa: Porosidad Aislada Pd: Porosidad distribuida	CP: Nido de Poros M: Mordedura	IL: Indicación Lineal O: Otros		
<b>Ensayo Nº-</b>	010	<b>Probeta Nº-</b>	010		
<b>Solicitante</b>	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
<b>Dirección</b>	<b>Ciudad</b> AMBATO	<b>Dirección</b>	AV. LOS CHASQUIS		
<b>Procedimiento</b>	LIQUIDOS PENETRANTES	<b>Material Base:</b>	ASTM A36 Y ASTM A53 Gr. B		
<b>Técnica</b>	FLUORESCENTES	<b>Material de aporte:</b>	E 6011 Ø 1/8" y E 7018 Ø 1/8"		
<b>Temperatura</b>	23°C	<b>Limpieza Mecánica:</b>	GRATEADO		
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca:</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de aplicación</b>	Cleaner/Remover SKC-S	<b>Tiempo de Limpieza:</b>	1 minuto		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de Aplicación</b>	Penetrant ZL-27A	<b>Tiempo de Penetración</b>	20 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>REVELADO</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de Aplicación</b>	Developer ZP-9F	<b>Tiempo de Revelado</b>	12 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>ILUMINACION REQUERIDA</b>					
<b>Lámpar de UV:</b>	0-20 fc	Calibrada	<b>Iluminación máxima en cuarto oscuro:</b>		
<b>Luxómetro:</b>	Nuevo	Calibrado	20 Lux.		
<b>POSICIÓN DE SOLDADURA</b>	<b>TIPO DE SOLDADURA</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>		<b>Diametro o Longitud Inspeccionada(m)</b>	
		SI	NO	<b>UBICACIÓN DE DEFETOS-OBSERVACIONES</b>	
5G DESCENDENTE TUBERÍAS FIJAS	SMAW	X		0.3 SOBREMONTA	
<p>ETAPA DE LIMPIEZA MECANICA      ETAPA DE LIMPIEZA QUIMICA      ETAPA DE PENETRACION      ETAPA DE REVELADO</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">     </div>					
OBSERVACIONES: SE LIMPIÓ TODA LA PROBETA CON EL CEPILLO DE ALAMBRE PARA REALIZAR UN EXAMEN VISUAL Y ESCOGER SOLO UNA PARTE DEL CORDÓN PARA SER ANALIZADA.			UNIDAD: 010	No. INFORME: 010	
			CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1		
	<b>Realizado por:</b>	<b>Supervisado por:</b>	<b>POR EL CLIENTE</b>		
<b>NOMBRE :</b>	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta			
<b>CARGO :</b>	Ejecutor	Tutor			
<b>FIRMA :</b>					
<b>FECHA :</b>	12/03/2011		<b>Pag. 1/2</b>		

ETAPA DE VISUALIZACIÓN DE DEFECTOS BAJO LA LUZ NEGRA



DIMENSIÓN DE LA PROBETA



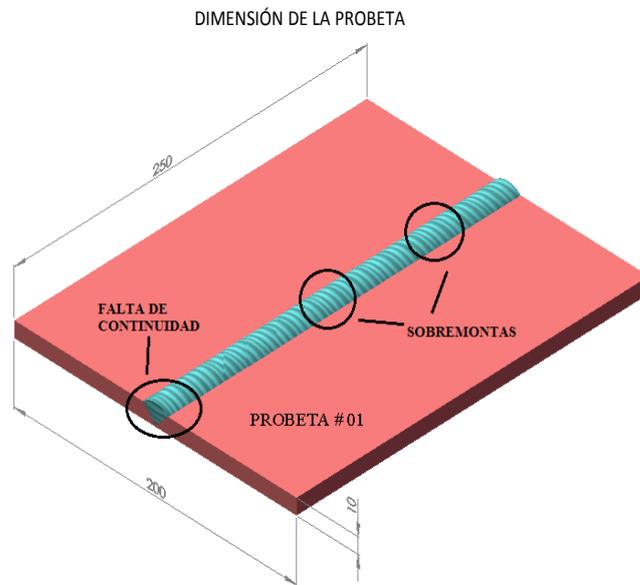
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

LA NO PRESENCIA DE DEFECTOS EN EL CORDÓN DE LA PROBETA INDICA QUE TODO EL PROCESO DE SOLDADO FUE REALIZADO POR UN SOLDADOR CALIFICADO, AL QUE SE LE TOMÓ LAS PRUEBAS DE SOLDADURA NECESARIAS, CON TODAS LAS CONDICIONES NECESARIAS PARA EL BUEN DESARROLLO DE ESTAS COMO SON LA NO PRESENCIA DE HUMEDAD, ADECUADA VELOCIDAD DE DEPOSICIÓN DEL MATERIAL DE APORTE Y AMPERAJE CORRECTO, RAZÓN POR LA CUAL LA JUNTA SOLDADA QUEDA ACEPTADA.

OBSERVACIONES: DEBIDO A QUE LA LONGITUD DEL PERÍMETRO SE CONSIDERÓ DEMASIADO GRANDE, SE PROCEDIÓ A ANALIZAR SOLO UN TRAMO DE ÉSTE, EL QUE FUE ESCOGIDO PREVIO EXAMEN VISUAL INICIAL.		UNIDAD: 010	No. INFORME: 010
		CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1	
	Realizado por:	Supervisado por:	POR EL CLIENTE
NOMBRE :	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta	
CARGO :	Ejecutor	Tutor	
FIRMA :			
FECHA :	12/03/2011		Pag. 2/2

		<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b> <b>INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES</b> <b>COLOREADOS</b>			
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>INGENIERIA MECÁNICA</b>			
IF: Falta de fusión	Pa: Porosidad Aislada	CP: Nido de Poros	IL: Indicación Lineal		
F: Fisura	Pd: Porosidad distribuida	M: Mordedura	O: Otros		
<b>Ensayo N°-</b>	011	<b>Probeta N°-</b>	001		
<b>Solicitante</b>	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
<b>Dirección</b>	<b>Ciudad</b> AMBATO	<b>Dirección</b>	AV. LOS CHASQUIS		
<b>Procedimiento</b>	LIQUIDOS PENETRANTES	<b>Material Base:</b>	ASTM A36		
<b>Técnica</b>	COLOREADOS	<b>Material de aporte:</b>	E 6011 Ø1/8" y E 7018 Ø1/8"		
<b>Temperatura</b>	23°C	<b>Limpieza Mecánica:</b>	GRATEADO		
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca:</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de aplicación</b>	Cleaner/Remover SKC-S	<b>Tiempo de Limpieza:</b>	3 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de Aplicación</b>	Penetrant SKL-SP1	<b>Tiempo de Penetración</b>	20 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>REVELADO</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de Aplicación</b>	Developer SKD-S2	<b>Tiempo de Revelado</b>	11 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>POSICIÓN DE SOLDADURA</b>	<b>TIPO DE SOLDADURA</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>		<b>Diametro o Longitud Inspeccionada(m)</b>	<b>UBICACIÓN DE DEFETOS-OBSERVACIONES</b>
1G PLANA	SMAW	SI	NO	0.25	IF - SOBREMONTAS
		X			
<b>ETAPA DE LIMPIEZA QUIMICA</b> 		<b>ETAPA DE PENETRACION</b> 		<b>ETAPA DE REVELADO</b> 	
<b>OBSERVACIONES:</b> PARA ESTA NUEVA INSPECCIÓN SE DEBE LIMPIAR LA PROBETA MINUCIOSAMENTE, LO MEJOR ES DEJARLA SUMERGIDA EN GASOLINA UN PAR DE DÍAS.				<b>UNIDAD:</b> 011	<b>No. INFORME:</b> 011
				<b>CÓDIGO DE REFERENCIA:</b> AWS D1,1	
	<b>Realizado por:</b>	<b>Supervisado por:</b>	<b>POR EL CLIENTE</b>		
<b>NOMBRE :</b>	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta			
<b>CARGO :</b>	Ejecutor	Tutor			
<b>FIRMA :</b>					
<b>FECHA :</b>	12/03/2011		<b>Pag. 1/2</b>		

ETAPA DE VISUALIZACIÓN DE DEFECTOS



**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:**

DEBIDO A QUE LA FALTA DE CONTINUIDAD EN EL CORDÓN ES MUY SEVERA, SE CONSIDERÓ COMO UNA FALTA DE FUSIÓN TRANSVERSAL, Y QUE SEGÚN LA NORMA DE CONTROL DE SOLDADURA ES UN DEFECTO INACEPTABLE. LA SOLUCION SERIA UN RELLENO DE LA ZONA SEÑALADA TENIENDO CUIDADO EN DEJAR LO MAS CONTINUO POSIBLE EL CORDÓN.

LA EXISTENCIA DE UN NIDO DE POROS HACE QUE LA SOLDADURA NO SEA ACEPTABLE, YA QUE CORRESPONDE A UNA CONEXIÓN NO TUBULAR CICLICAMENTE CARGADA. EL REMEDIO ES NO USAR ELECTRODOS HÚMEDOS O DEMORAR UN POCO EL AVANCE EN EL PUNTO DE PARTIDA, O UNA SOBRECARGA DE CORRIENTE EN EL ELECTRODO.

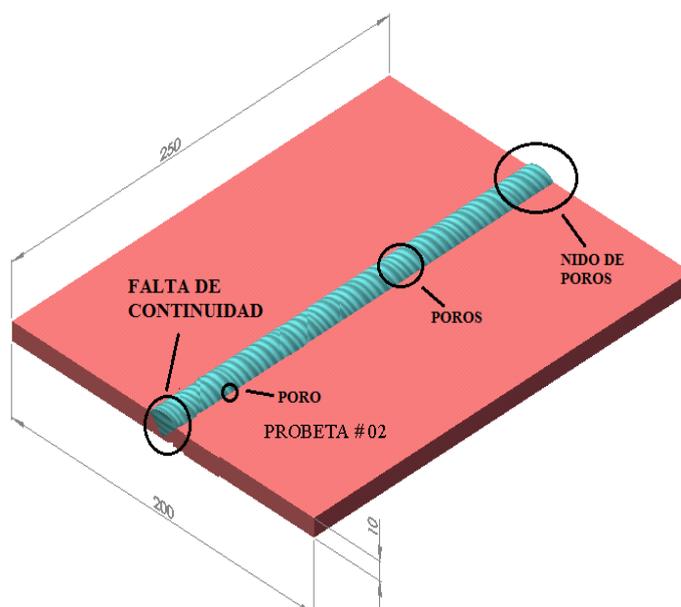
<b>OBSERVACIONES:</b>		UNIDAD:	No. INFORME:
DEBIDO A QUE ESTE ENSAYO SE LO REALIZA A LA INTERPERIE, EL VIENTO NO DEBE SER MUY FUERTE PUESTO QUE PROVOCARÁ DESPERDICIO DE LAS TINTAS.		011	011
CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1			
	Realizado por:	Supervisado por:	POR EL CLIENTE
NOMBRE :	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta	
CARGO :	Ejecutor	Tutor	
FIRMA :			
FECHA :	12/03/2011		Pag. 2/2

		<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b> <b>INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES</b> <b>COLOREADOS</b>			
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>INGENIERIA MECÁNICA</b>			
IF: Falta de fusión F: Fisura	Pa: Porosidad Aislada Pd: Porosidad distribuida	CP: Nido de Poros M: Mordedura	IL: Indicación Lineal O: Otros		
Ensayo N°-	012	Probeta N°-	002		
Solicitante	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
Dirección	Ciudad AMBATO	Dirección	AV. LOS CHASQUIS		
Procedimiento	LIQUIDOS PENETRANTES	Material Base:	ASTM A36		
Técnica	COLOREADOS	Material de aporte:	E 6011 Ø1/8" y E 7018 Ø1/8"		
Temperatura	23°C	Limpieza Mecánica:	GRATEADO		
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>					
Tipo	Pulverizador en Aerosol	Marca:	MAGNAFLUX		
Modelo de aplicación	Cleaner/Remover SKC-S	Tiempo de Limpieza:	2 minutos		
		Secado	Evaporación Normal.		
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>					
Tipo	Pulverizador en Aerosol	Marca	MAGNAFLUX		
Modelo de Aplicación	Penetrant SKL-SP1	Tiempo de Penetración	20 minutos		
		Secado	Evaporación Normal.		
<b>REVELADO</b>					
Tipo	Pulverizador en Aerosol	Marca	MAGNAFLUX		
Modelo de Aplicación	Developer SKD-S2	Tiempo de Revelado	10 minutos		
		Secado	Evaporación Normal.		
POSICIÓN DE SOLDADURA	TIPO DE SOLDADURA	CALIFICACIÓN		Diametro o Longitud Inspeccionada(m)	UBICACIÓN DE DEFETOS-OBSERVACIONES
		SI	NO		
1G PLANA	SMAW	X		0.25	IF - Pa - Cp - M
ETAPA DE LIMPIEZA QUIMICA		ETAPA DE PENETRACION		ETAPA DE REVELADO	
					
<b>OBSERVACIONES:</b> PARA ESTA NUEVA INSPECCIÓN SE DEBE LIMPIAR LA PROBETA MINUCIOSAMENTE, LO MEJOR ES DEJARLA SUMERGIDA EN GASOLINA UN PAR DE DÍAS.				UNIDAD: 012	No. INFORME: 012
				CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1	
	Realizado por:	Supervisado por:		POR EL CLIENTE	
NOMBRE :	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta			
CARGO :	Ejecutor	Tutor			
FIRMA :					
FECHA :	12/03/2011			Pag. 1/2	

ETAPA DE VISUALIZACIÓN DE DEFECTOS



DIMENSIÓN DE LA PROBETA

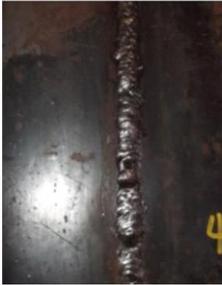


INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

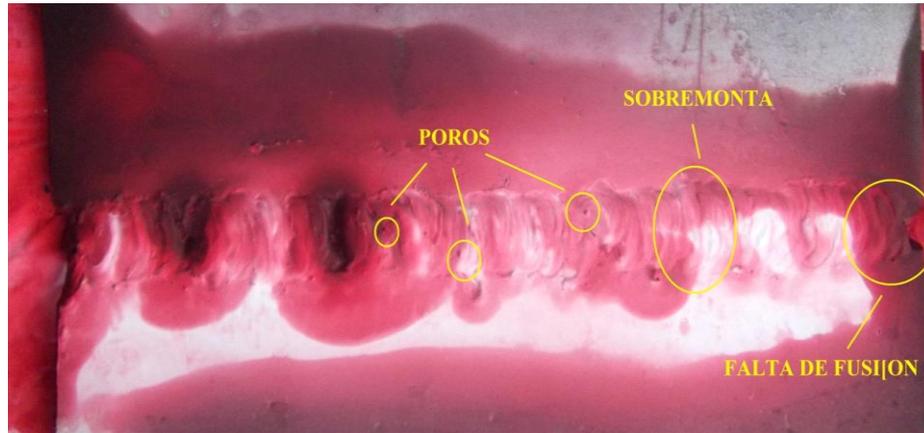
DEBIDO A QUE LA FALTA DE CONTINUIDAD EN EL CORDÓN ES MUY SEVERA, SE CONSIDERÓ COMO UNA FALTA DE FUSIÓN TRANSVERSAL, Y QUE SEGÚN LA NORMA DE CONTROL DE SOLDADURA ES UN DEFECTO INACEPTABLE. LA SOLUCION SERIA UN RELLENO DE LA ZONA SEÑALADA TENIENDO CUIDADO EN DEJAR LO MAS CONTINUO POSIBLE EL CORDÓN.

EXISTEN SOBREMONTAS A LO LARGO DEL CORDÓN DE SOLDADURA, LOS CUALES NO CONSTITUYEN UN DEFECTO DE RECHAZO DE LA JUNTA, SIENDO INADECUADO SOLAMENTE DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTETICO.

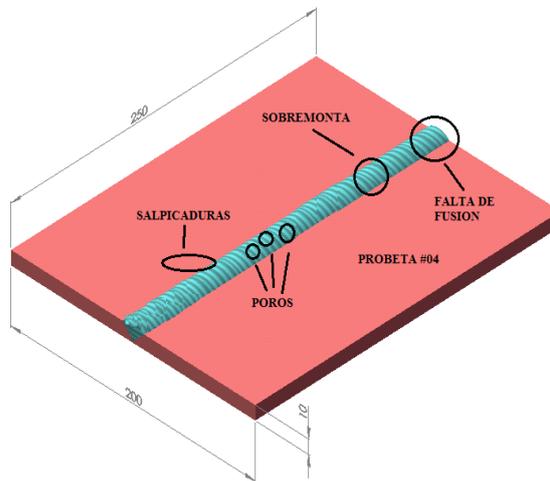
<b>OBSERVACIONES:</b> DEBIDO A QUE ESTE ENSAYO SE LO REALIZA A LA INTERPERIE, EL VIENTO NO DEBE SER MUY FUERTE PUESTO QUE PROVOCARÁ DESPERDICIO DE LAS TINTAS.		UNIDAD:	No. INFORME:
		012	012
		CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1	
	Realizado por:	Supervisado por:	POR EL CLIENTE
NOMBRE :	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta	
CARGO :	Ejecutor	Tutor	
FIRMA :			
FECHA :	12/03/2011		Pag. 2/2

		<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b> <b>INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES</b> <b>COLOREADOS</b>			
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>INGENIERIA MECÁNICA</b>			
IF: Falta de fusión	Pa: Porosidad Aislada	CP: Nido de Poros	IL: Indicación Lineal		
F: Fisura	Pd: Porosidad distribuida	M: Mordedura	O: Otros		
<b>Ensayo N°-</b>	013	<b>Probeta N°-</b>	004		
<b>Solicitante</b>	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
<b>Dirección</b>	Ciudad AMBATO	<b>Dirección</b>	AV. LOS CHASQUIS		
<b>Procedimiento</b>	LIQUIDOS PENETRANTES	<b>Material Base:</b>	ASTM A36		
<b>Técnica</b>	COLOREADOS	<b>Material de aporte:</b>	E 6011 Ø1/8" y E 7018 Ø1/8"		
<b>Temperatura</b>	23°C	<b>Limpieza Mecánica:</b>	GRATEADO		
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca:</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de aplicación</b>	Cleaner/Remover SKC-S	<b>Tiempo de Limpieza:</b>	3 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de Aplicación</b>	Penetrant SKL-SP1	<b>Tiempo de Penetración</b>	20 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>REVELADO</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de Aplicación</b>	Developer SKD-S2	<b>Tiempo de Revelado</b>	12 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>POSICIÓN DE SOLDADURA</b>	<b>TIPO DE SOLDADURA</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>		<b>Diametro o Longitud Inspeccionada(m)</b>	
3G VERTICAL ASCENDENTE	SMAW	SI	NO	0.25	
		X			
<b>UBICACIÓN DE DEFECTOS-OBSERVACIONES</b>					
IF- Pa					
SOBREMONTA					
SALPICADURA					
<b>ETAPA DE LIMPIEZA QUIMICA</b>		<b>ETAPA DE PENETRACION</b>		<b>ETAPA DE REVELADO</b>	
					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
PARA ESTA NUEVA INSPECCIÓN SE DEBE LIMPIAR LA PROBETA MINUCIOSAMENTE, LO MEJOR ES DEJARLA SUMERGIDA EN GASOLINA UN PAR DE DÍAS.			<b>UNIDAD:</b> 013	<b>No. INFORME:</b> 013	
<b>CÓDIGO DE REFERENCIA:</b> AWS D1,1					
	<b>Realizado por:</b>	<b>Supervisado por:</b>	<b>POR EL CLIENTE</b>		
<b>NOMBRE :</b>	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta			
<b>CARGO :</b>	Ejecutor	Tutor			
<b>FIRMA :</b>					
<b>FECHA :</b>	12/03/2011		<b>Pag. 1/2</b>		

ETAPA DE VISUALIZACIÓN DE DEFECTOS



DIMENSIÓN DE LA PROBETA



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

DEBIDO A QUE LA FALTA DE CONTINUIDAD EN EL CORDÓN ES MUY SEVERA, SE CONSIDERÓ COMO UNA FALTA DE FUSIÓN TRANSVERSAL, Y QUE SEGÚN LA NORMA DE CONTROL DE SOLDADURA ES UN DEFECTO INACEPTABLE. LA SOLUCION SERIA UN RELLENO DE LA ZONA SEÑALADA TENIENDO CUIDADO EN DEJAR LO MAS CONTINUO POSIBLE EL CORDÓN.

EL CORDÓN DE SOLDADURA PRESENTA SALPICADURAS QUE GENERALMENTE NO TIENEN IMPORTANCIA RESPECTO A LA CALIDAD DE LA SOLDADURA, Y SU FORMACIÓN SE DEBE A PRESENCIA DE HUMEDAD.

LA EXISTENCIA DE POROS DE DIÁMETRO INFERIOR A 1MM. DE QUE NO ESTÁN UBICADOS EN UNA MISMA PULGADA LINEAL, HACE QUE ESTA DISCONTINUIDAD SEA ACEPTABLE, SE PUEDE CORREGIR EVITANDO LA PRESENCIA DE HUMEDAD.

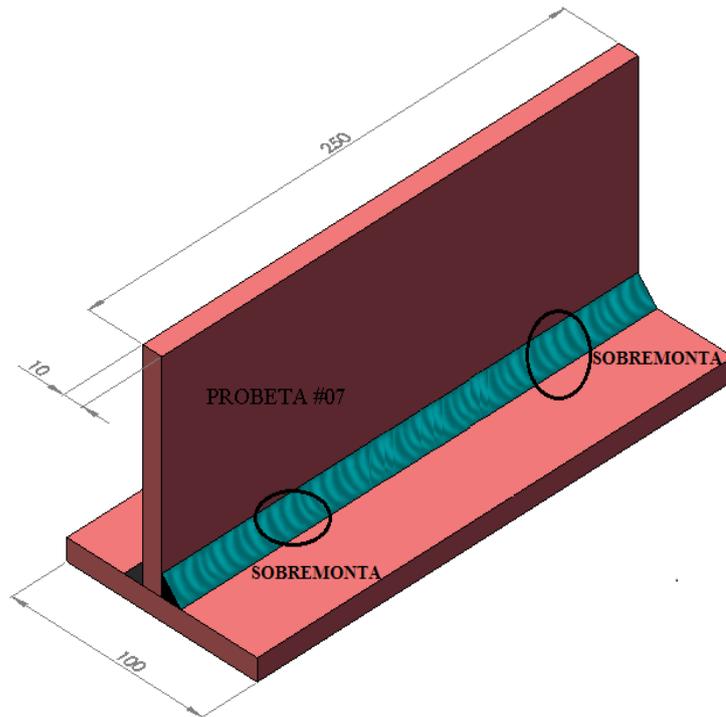
<b>OBSERVACIONES:</b>		UNIDAD:	No. INFORME:
DEBIDO A QUE ESTE ENSAYO SE LO REALIZA A LA INTERPERIE, EL VIENTO NO DEBE SER MUY FUERTE PUESTO QUE PROVOCARÁ DESPERDICIO DE LAS TINTAS.		013	013
		CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1	
	Realizado por:	Supervisado por:	POR EL CLIENTE
NOMBRE :	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta	
CARGO :	Ejecutor	Tutor	
FIRMA :			
FECHA :	12/03/2011		Pag. 2/2

		<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b> <b>INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES</b> <b>COLOREADOS</b>			
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>INGENIERIA MECÁNICA</b>			
IF: Falta de fusión F: Fisura	Pa: Porosidad Aislada Pd: Porosidad distribuida	CP: Nido de Poros M: Mordedura	IL: Indicación Lineal O: Otros		
<b>Ensayo N°-</b>	014	<b>Probeta N°-</b>	007		
<b>Solicitante</b>	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
<b>Dirección</b>	<b>Ciudad</b> AMBATO	<b>Dirección</b>	AV. LOS CHASQUIS		
<b>Procedimiento</b>	LIQUIDOS PENETRANTES	<b>Material Base:</b>	ASTM A36		
<b>Técnica</b>	COLOREADOS	<b>Material de aporte:</b>	E 6011 Ø1/8" y E 7018 Ø1/8"		
<b>Temperatura</b>	23°C	<b>Limpieza Mecánica:</b>	GRATEADO		
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca:</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de aplicación</b>	Cleaner/Remover SKC-5	<b>Tiempo de Limpieza:</b>	5 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de Aplicación</b>	Penetrant SKL-SP1	<b>Tiempo de Penetración</b>	25 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>REVELADO</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de Aplicación</b>	Developer SKD-S2	<b>Tiempo de Revelado</b>	10 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>POSICIÓN DE SOLDADURA</b>	<b>TIPO DE SOLDADURA</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>		<b>Diametro o Longitud Inspeccionada(m)</b>	<b>UBICACIÓN DE DEFETOS-OBSERVACIONES</b>
		SI	NO		
3F VERTICAL ASCENDENTE	SMAW	X		0.25	SOBREMONTAS
<b>ETAPA DE LIMPIEZA QUIMICA</b>		<b>ETAPA DE PENETRACION</b>		<b>ETAPA DE REVELADO</b>	
					
<b>OBSERVACIONES:</b> EL EXAMEN VISUAL INICIAL FUE DE MUCHA IMPORTANCIA YA QUE EVITÓ REALIZAR ENSAYOS INNECESARIOS EN LA PROBETA, Y POR ENDE EL AHORRO DE LOS CONSUMIBLES.				<b>UNIDAD:</b> 014	<b>No. INFORME:</b> 014
				<b>CÓDIGO DE REFERENCIA:</b> AWS D1,1	
	<b>Realizado por:</b>	<b>Supervisado por:</b>		<b>POR EL CLIENTE</b>	
<b>NOMBRE :</b>	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta			
<b>CARGO :</b>	Ejecutor	Tutor			
<b>FIRMA :</b>					
<b>FECHA :</b>	12/03/2011			<b>Pag. 1/2</b>	

ETAPA DE VISUALIZACIÓN DE DEFECTOS



DIMENSIÓN DE LA PROBETA



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

EXISTEN SOBREMONTAS A LO LARGO DEL CORDÓN DE SOLDADURA, LOS CUALES NO CONSTITUYEN UN DEFECTO DE RECHAZO DE LA JUNTA, SIENDO INADECUADO SOLAMENTE DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTÉTICO.

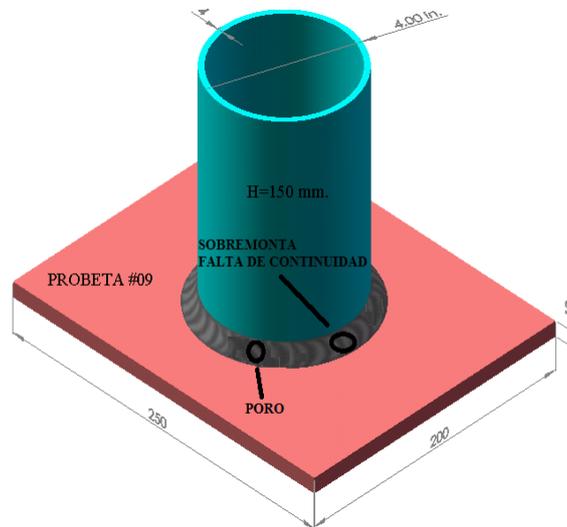
<b>OBSERVACIONES:</b> DURANTE TODO EL TRANSCURSO DEL EXÁMEN SE DEBE USAR MASCARILLA YA QUE LOS OLORES DE LOS QUÍMICOS INVOLUCRADOS PODRIAN OCASIONAR MAREOS DURANTE LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO.	UNIDAD:	No. INFORME:
	014	014
CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1		
NOMBRE :	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta
CARGO :	Ejecutor	Tutor
FIRMA :		
FECHA :	12/03/2011	
		Pag. 2/2

		<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b> <b>INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES</b> <b>COLOREADOS</b>			
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>INGENIERIA MECÁNICA</b>			
IF: Falta de fusión	Pa: Porosidad Aislada	CP: Nido de Poros	IL: Indicación Lineal		
F: Fisura	Pd: Porosidad distribuida	M: Mordedura	O: Otros		
<b>Ensayo Nº-</b>	015	<b>Probeta Nº-</b>	009		
<b>Solicitante</b>	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
<b>Dirección</b>	<b>Ciudad</b> AMBATO	<b>Dirección</b>	AV. LOS CHASQUIS		
<b>Procedimiento</b>	LIQUIDOS PENETRANTES	<b>Material Base:</b>	ASTM A36 Y ASTM A53		
<b>Técnica</b>	COLOREADOS	<b>Material de aporte:</b>	E 6011 Ø1/8" y E 7018 Ø1/8"		
<b>Temperatura</b>	23°C	<b>Limpieza Mecánica:</b>	GRATEADO		
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca:</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de aplicación</b>	Cleaner/Remover SKC-S	<b>Tiempo de Limpieza:</b>	2 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>LIQUIDO PENETRANTE</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de Aplicación</b>	Penetrant SKL-SP1	<b>Tiempo de Penetración</b>	20 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
<b>REVELADO</b>					
<b>Tipo</b>	Pulverizador en Aerosol	<b>Marca</b>	MAGNAFLUX		
<b>Modelo de Aplicación</b>	Developer SKD-S2	<b>Tiempo de Revelado</b>	10 minutos		
		<b>Secado</b>	Evaporación Normal.		
POSICIÓN DE SOLDADURA	TIPO DE SOLDADURA	CALIFICACIÓN		Diametro o Longitud Inspeccionada(m)	UBICACIÓN DE DEFETOS-OBSERVACIONES
		SI	NO		
2F EN ÁNGULO	SMAW	X		0.319	Pa
ETAPA DE LIMPIEZA QUIMICA                      ETAPA DE PENETRACION                      ETAPA DE REVELADO					
					
<b>OBSERVACIONES:</b>			<b>UNIDAD:</b>	<b>No. INFORME:</b>	
DURANTE LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO EL PULVERIZADOR DE MAYOR USO Y POR LO TANTO DE MAYOR CONSUMO ES EL CLEANER, POR LO QUE SE ADQUIRIÓ UN FRASCO MÁS DE ESTE PRODUCTO.			015	015	
			CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1		
			POR EL CLIENTE		
<b>NOMBRE :</b>	Realizado por:	Supervisado por:			
	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta			
<b>CARGO :</b>	Ejecutor	Tutor			
<b>FIRMA :</b>					
<b>FECHA :</b>	12/03/2011		<b>Pag. 1/2</b>		

**ETAPA DE VISUALIZACIÓN DE DEFECTOS**



**DIMENSIÓN DE LA PROBETA**



**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:**

LA FALTA DE CONTINUIDAD EN EL CORDÓN SE OCASIONÓ DEBIDO A LA INTERRUPCIÓN DEL TRABAJO DE SOLDEO Y LA MALA EMPALMACIÓN EL MOMENTO DE REANUDARLO, PERO AL SER NO SER DE TAMAÑO CONSIDERABLE SE ACEPTA LA JUNTA SOLDADA.

EXISTEN SOBREMONTAS A LO LARGO DEL CORDÓN DE SOLDADURA, LOS CUALES NO CONSTITUYEN UN DEFECTO DE RECHAZO DE LA JUNTA, SIENDO INADECUADO SOLAMENTE DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTÉTICO.

HAY PRESENCIA DE ALGUNOS POROS, LOS CUALES NO POVOCAN EL RECHAZO DE LA SOLDADURA YA QUE EL QUE PRESENTA MAYOR DIÁMETRO NO ESCEDA LOS 2.5 MILÍMETROS.

<b>OBSERVACIONES:</b> DURANTE TODO EL TRANSCURSO DEL EXÁMEN SE DEBE USAR MASCARILLA YA QUE LOS OLORES DE LOS QUÍMICOS INVOLUCRADOS PODRIAN OCASIONAR MAREOS DURANTE LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO.	UNIDAD:	No. INFORME:
	015	015
CÓDIGO DE REFERENCIA: AWS D1,1		
	Realizado por:	Supervisado por:
<b>NOMBRE :</b>	Egdo. Giovanni Arcos	Ing. Alejandro Moretta
<b>CARGO :</b>	Ejecutor	Tutor
<b>FIRMA :</b>		
<b>FECHA :</b>	12/03/2011	
<b>Pag. 2/2</b>		

### 4.3. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

Se realizará una grafica comparativa entre los tiempos de limpieza química (cleaner), penetración y revelado del ensayo en las distintas probetas, de lo que se dedujo la relación de varios factores que inciden en la distinta duración de los ensayos. Los tiempos concuerdan con los de la norma ASTM E165 (Tabla 6.3)

Ensayo #	Tiempo (Minutos)			Material
	Limpieza (cleaner)	Penetración	Revelado	
1	2	20	10	ASTM A36
2	3	20	11	ASTM A36
3	1	22	11	ASTM A36
4	3	20	12	ASTM A36
5	4	21	10	ASTM A36
6	3	20	15	ASTM A36
7	5	25	10	ASTM A36
8	3	25	10	ASTM A36 - ASTM A53 Gr.B Ø4"
9	2	20	10	ASTM A36-ASTM A53 Gr.B Ø4"
10	1	20	12	ASTM A53 Gr.B Ø6"

Tabla 4.1. Duración de las distintas fases del ensayo.

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar.

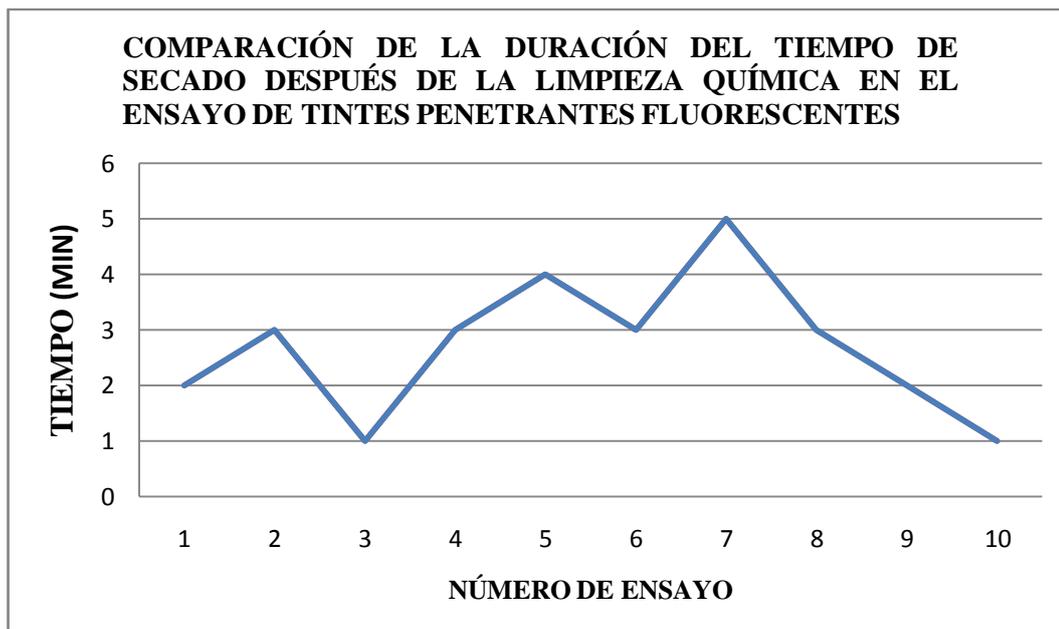


Gráfico 4.3.1 Comparación de los tiempos de secado post-limpieza química.

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar.

### Interpretación de la Gráfica 4.3.1

Se muestra una variación en los tiempos de secado después de realizada la limpieza química, y ya que todos los ensayos fueron realizados en un ambiente controlado, la temperatura y humedad fueron los mismos para todos, se obtiene que la diferencia que se presenta es debido a la cantidad de cleaner aplicada a la probeta indirectamente a través de un trapo húmedo, siendo los picos más altos cuando dicho trapo volvía a ser mojado.

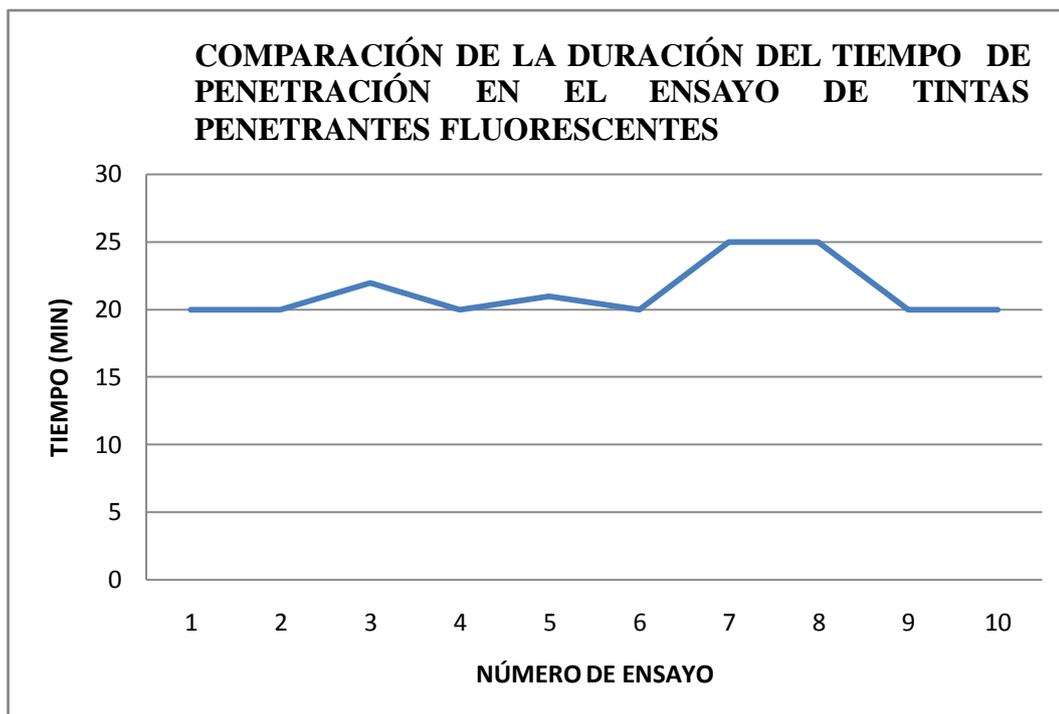


Gráfico 4.3.2 Comparación de los tiempos de penetración.

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar.

### Interpretación de la Gráfica 4.3.2

Considerando la cantidad de penetrante aplicado a las distintas probetas ensayadas, se obtuvo que a menor homogeneidad de la aplicación del penetrante, mayor cantidad éste será aplicado y por ende el tiempo de secado será mayor, la temperatura y humedad fueron los mismos para todos los ensayos.

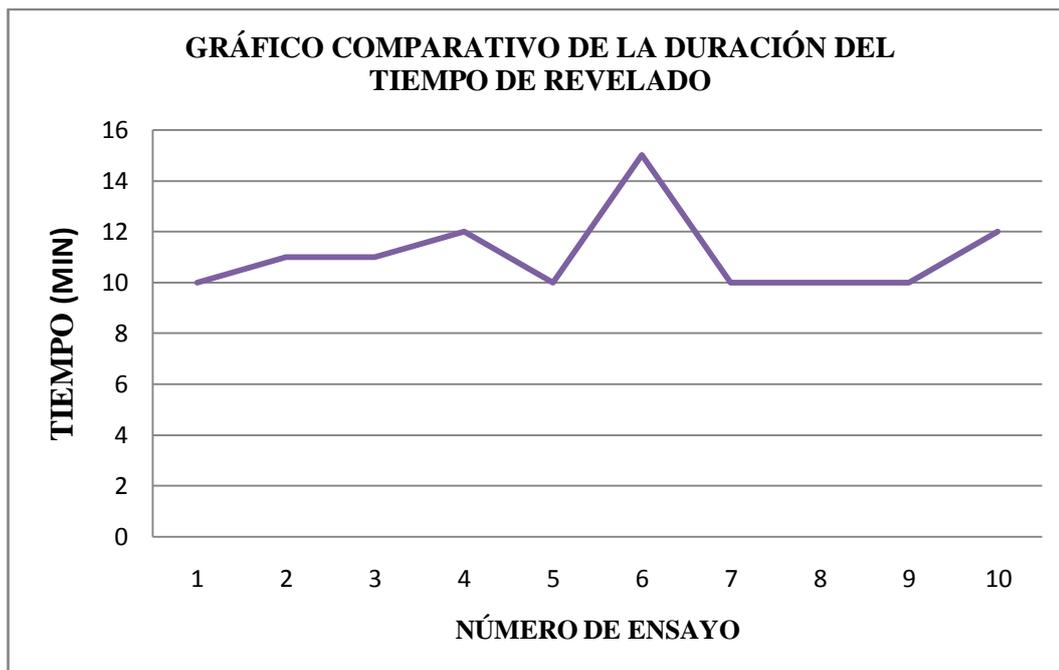


Gráfico 4.3.3 Comparación de los tiempos de revelado.

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar.

### Interpretación de la Gráfica 4.3.3

Se nota que casi todos los tiempos de revelación son similares, ocasionándose una ligera diferencia por el proceso entre el tiempo de penetración y el de revelado, es decir, en la eliminación del exceso de penetrante, en donde si no se dejó el tiempo suficiente para el secado intermedio, ocurrirá un incremento de tiempo en el tiempo de revelado.

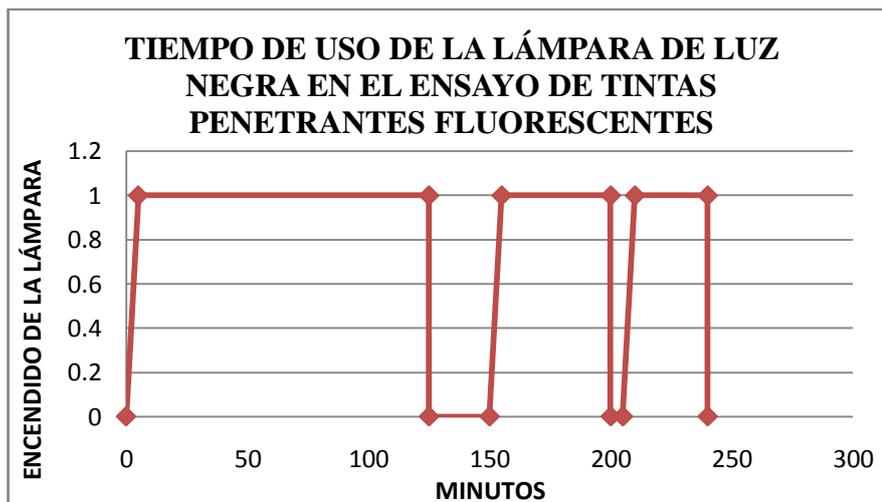


Gráfico 4.3.4 Tiempo de uso de la lámpara de luz negra.

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar.

### Interpretación de la Gráfica 4.3.4

Indica la secuencia de encendido y apagado seguido por la lámpara de luz negra, en la cual se nota que para usarla sin problemas debemos esperar 5 minutos después de encenderla y, que también son necesarios que transcurran 5 minutos después de haberla apagado para encenderla nuevamente, sin que haya un sobre esfuerzo para la lámpara de luz negra.

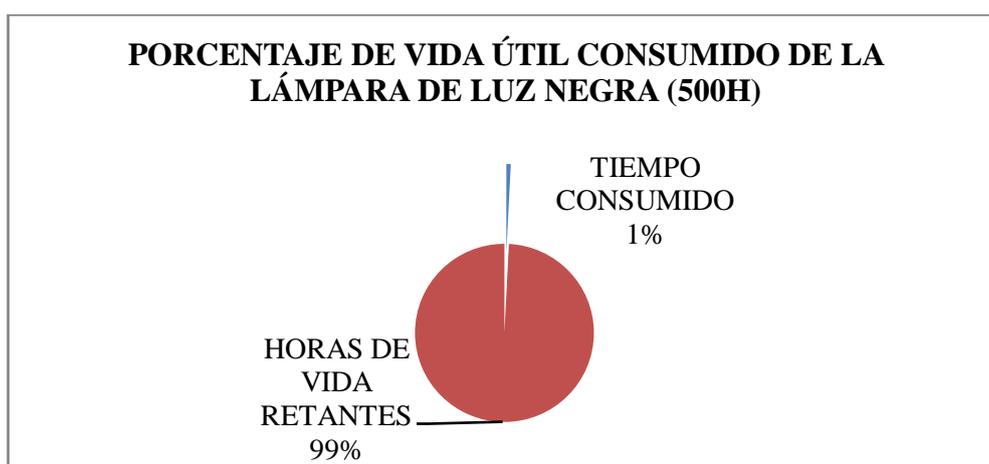


Gráfico 4.3.5 Vida útil de la lámpara de luz negra.

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar.

### Interpretación de la Gráfica 4.3.5

Siendo la vida útil de la bombilla fluorescente de la lámpara de luz negra de 500 horas, es de provecho tener un control sobre las horas consumidas de ésta, de lo que se deduce que es imperativo realizar el mayor número de inspecciones de una sola vez, ya que así se alargará la vida útil de la misma, al mismo tiempo que se evita de sobre esforzarla con numerosos arranques.

Además se compararán también el porcentaje de detección de defectos entre el ensayo de tintas penetrantes fluorescentes y el de tintas penetrantes coloreadas. Se obtuvo la siguiente tabla:

TIPO DE DEFECTO		IF	F	Pa	Pd	CP	M	IL	O	% Deteccion
PROBETA 1	FLUORESCENTES	O					O		O	100.00%
	COLOREADOS	O							O	66.67%
PROBETA 2	FLUORESCENTES	O		O		O	O			100.00%
	COLOREADOS	O		O		O				75.00%
PROBETA 4	FLUORESCENTES	O		O			O		O	100.00%
	COLOREADOS	O		O					O	75.00%
PROBETA 7	FLUORESCENTES						O		O	100.00%
	COLOREADOS								O	50.00%
PROBETA 9	FLUORESCENTES	O		O	O				O	100.00%
	COLOREADOS	O		O					O	83.33%

Gráfico 4.3.6 Porcentaje de observación con tintes fluorescentes y coloreadas.

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar.

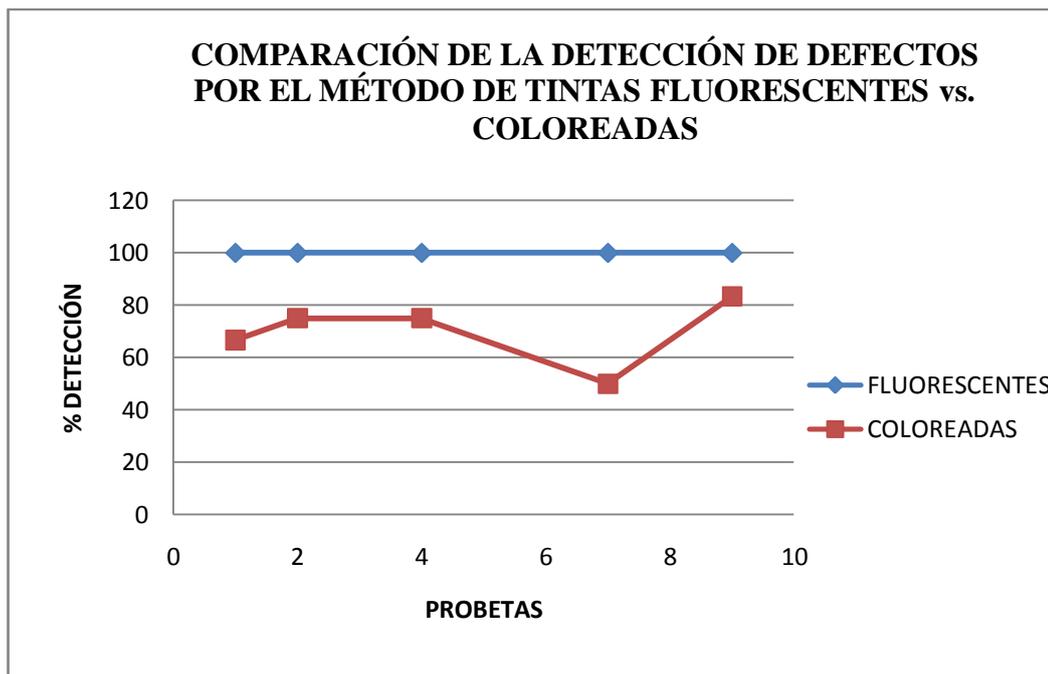


Gráfico 4.3.7 Comparación del porcentaje de detección de las tintas penetrantes fluorescentes vs. coloreadas.

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar.

#### Interpretación de la Gráfica 4.3.7

Muestra el menor porcentaje de detección de defectos del ensayo no destructivo por método de tintas penetrantes coloreadas frente al de tintas penetrantes fluorescentes, debido a la menor sensibilidad del primero frente al segundo, resultado que se deduce tomando como referencia los datos obtenidos en el método fluorescente bajo luz negra; ambos ensayos fueron realizados a las mismas probetas escogidas al azar.

#### 4.4. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

En lo que se refiere a la hipótesis planteada en la presente investigación, y en base a los distintos ensayos y resultados obtenidos, el ensayo por tintas penetrantes fluorescentes con luz negra si es un método de mayor sensibilidad en el que se resaltan de mejor manera los defectos presentes en las superficies analizadas con respecto a los líquidos penetrantes coloreados y vistos con luz natural.

Por su parte al referirse al control de las juntas soldadas en aceros al carbono no presenta inconvenientes en su desarrollo, ya que los elementos químicos utilizados no presentan incompatibilidad con este tipo de acero, lo que hace factible su ejecución de manera fácil y práctica sin necesidad de establecer procedimientos especiales.

## **CAPITULO V**

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

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

- Los tipos de defectos que se encontraron una vez realizados los ensayos de tintas penetrantes fluorescentes son poros, mordeduras, sobremontas, socavaduras, y en menor proporción grietas y fisuras.
- Se determinó el procedimiento de realización del ensayo a las juntas soldadas y el criterio de aceptación o rechazo de las mencionadas soldaduras basándose en las norma AWS D1.1. Se estableció una guía de laboratorio para la ejecución del ensayo, en base a las normas utilizadas y de la experiencia propia obtenida en la ejecución de los mismos.
- Analizados los resultados de las diferentes probetas ensayadas hallamos que en todas se encontró mordeduras, producto del ángulo de desplazamiento excesivamente pequeño electrodo, de las cuales la mayoría cumple con los criterios de aceptación AWS D1.1.
- Se desarrolló un formato para la presentación de informes el cual integra todos los elementos necesarios para la fácil comprensión de los mismos, como son características del metal base y de aporte, así como las de los equipos utilizados y normas de criterio de aceptación o rechazo de soldadura.
- Las etapas relevantes del ensayo son las de limpieza del exceso de penetrante, aplicación del revelador y los tiempos de penetración y revelado.
- La pigmentación de las tintas fluorescentes brilla al ser reveladas por la luz negra.

- La sensibilidad del método depende de la habilidad del penetrante de ser retenido en discontinuidades de varios tamaños durante el proceso.
- Las indicaciones son mucho más brillantes que su contorno.
- El tiempo de secado para la eliminación del exceso de penetrante es muy variable, que depende especialmente de la rugosidad de la superficie, por lo que debe ser un dato proporcionado por el fabricante del producto utilizado, en caso de no disponer este dato solo la experiencia podrá aportar la información necesaria; así mismo dependerá del tipo de discontinuidades que se presenten o que intenten ser descubiertas.
- La imagen del defecto que se presenta después del revelado suele ser más grande que el defecto real.
- A pesar de que en normas se dan tiempos de penetración como de revelado, estos son meramente indicativos, ya que es la experiencia la que dará los tiempos de aplicación respectivos.
- El operador deberá habituarse a la oscuridad antes de realizar la inspección, durante al menos 5 minutos.
- Cuando se utiliza luz negra, se debe hacer en una zona oscurecida en la que la luz ambiente no exceda de 20 Lx. La comprobación se realizará sobre la superficie a inspeccionar, mediante un medidor de luz visible de tipo fotográfico adecuado.

## **5.2. RECOMENDACIONES.**

- El revestimiento del electrodo es muy frágil, por lo que si se emplean electrodos con el revestimiento agrietado, o desprendido, la protección del baño de fusión no será perfecta, lo que disminuirá la estabilidad del arco y por ende aumenta la probabilidad de defectos de soldadura como mordeduras y poros.

- Manipular los electrodos con guantes limpios y secos, y no exponerlos a ambientes excesivamente húmedos, ni depositarlos sobre superficies manchadas de grasa, polvo, pintura y suciedad, pues esto puede provocar la aparición de defectos de soldadura como poros y grietas en frío.
- Debido a la posición de soldeo de las probetas realizadas, y el bajo aporte térmico necesario convendrá utilizar electrodos de menor diámetro (2; 2.5; 3.25; 4 mm), además de que se consigue una buena penetración debido a que el arco se acerca al fondo de la unión.
- Evitar la incidencia de la luz negra directamente sobre los ojos ya que provoca una sensación de nublado, producida porque algunas de las sustancias contenidas en el globo ocular fluorescen por la incidencia de la luz negra.
- Cada electrodo en función de su diámetro tiene un rango de intensidades en el que puede utilizarse, el cual no se debe sobrepasar ya que producirían mordeduras, proyecciones e incluso grietas.
- Evitar que la velocidad de soldadura sea excesiva, ya que la velocidad excesiva producen mordeduras, se dificulta la retirada de la escoria y se favorece el atrapamiento de gases (produciéndose poros).
- El método presenta una alta sensibilidad por lo que debe ser aplicado de sobremanera en la inspección de piezas críticas.
- Las tablas de tiempos de penetración son indicativas, por lo que es aconsejable atender a las recomendaciones del fabricante.
- Se deben usar productos formulados por cada fabricante, ya que son adecuados para un tipo determinado de sus propios penetrantes.
- Observar la superficie durante la aplicación del revelador con el fin de detectar cualquier discontinuidad que tienda a extenderse.
- No se deben llevar gafas con lentes fotocromáticas durante la observación ya que se oscurecen por la luz ultravioleta.

- En la limpieza mecánica de los elementos a ser ensayados usar todos los elementos de seguridad personal necesarios como máscaras faciales, gafas de protección, guantes, mandiles, mangas y tapones acústicos: en la limpieza mecánica usar guantes quirúrgicos, mascarilla nasal, etc.
- Las lámparas de luz negra deberán permanecer conectadas para su calentamiento aproximadamente 5 minutos, antes de ser utilizadas para la observación, y desconectadas por lo menos 5 minutos después de haber sido apagadas.
- Se debe procurar encender y apagar lo menos posible la lámpara de luz negra, ya que a mayor número de arranques que ésta tenga, menor será su vida útil.

## **CAPITULO VI**

### **6. PROPUESTA.**

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

Existen algunos parámetros que se deben considerar al momento de realizar el estudio por tintas penetrantes fluorescentes, como son la disposición geométrica de la pieza, tiempo, temperatura e iluminación en donde se ejecutará el ensayo, como también las características de las tintas penetrantes fluorescentes, y de sobremanera el aspecto económico para realizar el ensayo.

Con estas consideraciones debemos acudir a algunas normas como son la ASTM E-1219, que trata sobre los requerimientos para realizar el ensayo no destructivo de tintas penetrantes fluorescentes en las que el exceso de penetrante es removido con solventes; la ASTM E-165, que trata sobre las etapas para realizar el ensayo por líquidos penetrantes como su observación; la ASTM E-1417 que nos dice de los materiales para realizar el ensayo, así como su preparación y utilización. Además de todas las normas citadas se utilizará otras como la para inspección visual, además de las normas AWS D1.1, Capítulo 6, Parte C, y Código ASME, Sección V.

En cuanto a lo que se refiere a las probetas en las que se realizará el ensayo por tintas penetrantes fluorescentes serán elaboradas de manera similar a las que se encontraron en distintos lugares en las que se realizan la construcción de estructuras metálicas, tomando en cuenta todos los criterios de soldadura como por ejemplo posiciones de soldadura entre otros.

Dichas probetas se elaborarán en acero ASTM A53 Gr B en tubería de 6 y 4 pulgadas, con espesor de 7 y 4 mm respectivamente en posición 5G y 2F, así como en placas de 10 milímetros en acero ASTM A36 en las posiciones 1G, 2G,

3G, 2F, 3F. En referente al lugar del ensayo se realizarán en el Taller del Ing. Andrés Lalama en la Avenida Bolivariana en la ciudad de Ambato.

Para poder obtener resultados cualitativamente satisfactorios se contará con equipos como una lámpara de luz negra, un medidor de la intensidad de luz, puesto que todo el ensayo se desarrollará en una cámara con ambiente oscurecido, ya que bajo estas condiciones se puede desarrollar el examen de tintas penetrantes fluorescentes.



Gráfico 6.1 Sistema, tintas penetrantes fluorescentes.

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar.

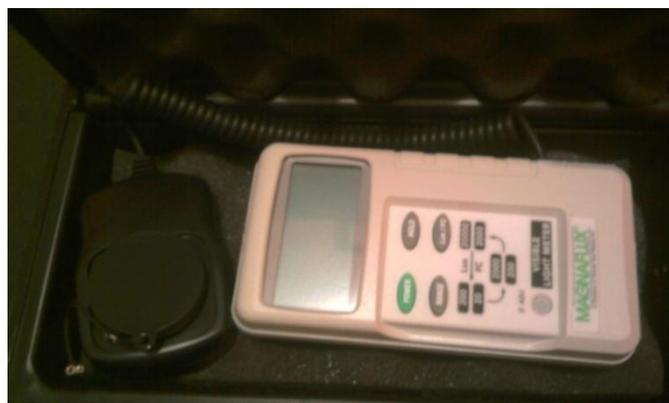


Gráfico 6.2 Medidor de Intensidad de Luz.

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar.

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

En el desarrollo del análisis de la calidad de una junta soldada, enfocado a los defectos superficiales que pueden existir en éstas, resulta de suma importancia detectar la presencia de dichos defectos en probetas elaboradas por el personal a cargo de la ejecución de la mencionada soldadura, por lo que se deduce económicamente más rentable realizar un ensayo con tintas penetrantes fluorescentes a las probetas que después de realizada la inspección visual haya sospecha de presencia de defectos, que realizarlo varias veces por el método tradicional de tintas coloreadas que es un método de menor sensibilidad y por lo tanto no se puede estar seguro de la presencia de defectos de tamaño menor pero que pudieran resultar determinantes en las propiedades mecánicas de una estructura metálica.

El ensayo de tintas penetrantes fluorescentes se lo puede realizar en cualquier momento, ya que su ejecución se realiza en un ambiente cerrado y oscuro, donde lo determinante es la no presencia de luz blanca, ya que puede afectar la evaluación de resultados y toma de defectos.

El presente proyecto de investigación se lo realizará en los cordones de soldadura de probetas de acero ASTM A36 y tubería de 4 y 6 pulgadas ASTM A53 Gr B, en donde una previa examinación visual exista la sospecha de que existan defectos, para que después de realizar el ensayo determinar si se acepta o no dicha soldadura en base a la norma AWS D1.1.

Toda la información obtenida sobre el Ensayo No Destructivo de Tintas Penetrantes Fluorescentes en base a la Norma ASTM E-1219, ASTM E-1417 y ASTM E-165, quedará a disposición del Área de Materiales de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, misma que contribuirá a las futuras generaciones de estudiantes y público en general en su desarrollo profesional e industrial.

### **6.3. JUSTIFICACIÓN.**

La presente investigación se enfoca en la detección de defectos superficiales en las juntas soldadas de aceros al carbono ASTM A36 y ASTM A53 Gr B, ya que gracias a la mayor sensibilidad del método de tintas penetrantes fluorescentes permite localizar fallas imperceptibles a otros métodos similares.

Esto dotará al Laboratorio de Materiales de la carrera de Ingeniería Mecánica de un equipo moderno de Ensayos No Destructivos de Tintas Penetrantes Fluorescentes con Luz Negra, además de un calibrador de Luz para medir la intensidad de luz dentro del cabinet, lo que beneficiará a los estudiantes y hará que los resultados obtenidos sean de mayor validez ya que se podrá comprobar el cumplimiento del procedimiento y parámetros establecidos en la investigación.

Cabe mencionar la contribución a la industria de este nuevo método, que además de controlar la calidad de la soldadura tiene la característica de aplicarse a cualquier elemento mecánico de superficie lisa y no porosa.

### **6.4. OBJETIVOS.**

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

- Implantar el Ensayo No destructivo de Tintas Penetrantes Fluorescentes con Luz Negra que permita la detección de defectos menores en juntas soldadas.

#### **6.4.2. ESPECÍFICOS.**

- Determinar la calibración correcta de los equipos para el ensayo de tintas penetrantes fluorescentes para que permita distinguir las discontinuidades que hubieren con claridad.
- Establecer el rango correcto de la intensidad de la luz dentro del cabinet para obtener mejor visualización de las juntas a ensayar.
- Comprobar la ventaja de realizar el Ensayo No Destructivo de Tintas Penetrantes Fluorescentes en una cámara oscura.

- Analizar los costos y beneficios que genera la ejecución del Ensayo No Destructivo de Tintas Penetrantes Fluorescentes.
- Obtener resultados de mayor sensibilidad con el Ensayo No Destructivo de Tintas Penetrantes Fluorescentes.

## 6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.

### 6.5.1. ANÁLISIS ECONÓMICO.

PROCESO	EQUIPO Y MATERIALES	COSTO(USD)
Limpieza de la superficie	Limpiador o cleaner Magnaflux	50.00
	Mini amoladora Manual	80.00
	Paño limpiador	5.00
	Toallas limpiadoras de manos	5.00
Aplicación del Penetrante	Penetrante Magnaflux	50.00
	Manual de Instrucciones	10.00
Revelado del defecto	Lámpara de Luz Negra	1700.00
	Medidor Intensidad Luz	700.00
	Revelador Magnaflux	50.00
	Cuarto Oscuro	200.00
Operación	Asesor Técnico	100.00
Evaluación	Presentar informe	20.00
<b>TOTAL</b>		<b>2970.00</b>

Tabla 6.1 Costos de implementación del Ensayo No Destructivo de Tintas Penetrantes Fluorescentes.

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar.

El objeto de efectuar la evaluación económica es el de establecer los costos de la realización del proyecto, para determinar la factibilidad de su ejecución. En la tabla 6.1 se indica una tabla con los valores obtenidos de los que se deduce que estos no son un impedimento para llevar a cabo el proyecto, en relación a la información que se obtendrá de la calidad de una junta soldada, además de la experiencia que se obtendrá en la realización de este método no tan difundido.

Así mismo, en dirección de la elaboración de tesis, los costos del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes con luz negra se evaluarán y cotejarán con la medida en que contribuyan al logro de los objetivos planteados para el presente trabajo, mismos costos que se detallarán en lo posterior en función de la efectividad de visualizar defectos con mayor claridad.

### **6.5.2. ANÁLISIS TECNOLÓGICO.**

Previamente revisados los medios necesarios para la ejecución del ensayo por tintas penetrantes fluorescentes, se estableció la factibilidad de ejecutarlo, ya que para el buen desenvolvimiento de éste se utilizan procedimientos descritos en normas como son la ASTM E-1219 (Test Estándar para el método de tintas penetrantes fluorescentes removible con solvente), ASTM E-1417 (Práctica Estándar para el examen de tintas penetrantes) y ASTM E-165 (Test Estándar para el método de examinación por tintas penetrantes), a más de tener en cuenta ciertos parámetros ambientales, sobre todo de temperatura.

### **6.5.3. ANÁLISIS AMBIENTAL.**

La realización del ensayo no destructivo por tintas penetrantes fluorescentes no es agresivo con el ambiente, ya que a pesar de que su ejecución requiere de la manipulación de productos químicos, los mismos que al no ser ejecutado en grandes cantidades y no poseer cloro en su composición, no implican un foco de contaminación, pero la prolongada exposición a las tintas penetrantes, coloreadas o fluorescentes, puede provocar daños a la salud, sobre todo porque se realiza en un área cerrada, razón por la cual el ensayo se debe ejecutar con el equipo de seguridad necesario como guantes quirúrgicos, mascarillas y gafas de protección.

## **6.6. FUNDAMENTACIÓN.**

### **6.6.1. NORMAS DE APLICACIÓN.**

#### **6.6.1.1. CONTROL DE CONTAMINANTES O DE IMPUREZAS.**

##### **➤ DE ACUERDO CON LA NORMA ASTM E 165-95.**

El usuario debe obtener la certificación del contenido de contaminantes de todos los materiales penetrantes que vaya a utilizar en:

- ❖ Aleaciones base Níquel.
- ❖ Aceros inoxidable austeníticos.
- ❖ Aleaciones de Titanio.
- ❖ Otras aleaciones para alta temperatura.

Algunas impurezas se evaporan rápidamente, pero otras no son volátiles y podrían reaccionar con la pieza.

- ❖ Sulfuros.
- ❖ Halógenos (F, Cl, Br, I).
- ❖ Metales Alcalinos (Li, Na, K, Rb, Cs, Fr).

Su contenido puede causar fragilización (agrietamiento) o corrosión, particularmente a temperaturas elevadas.

##### **➤ DE ACUERDO AL CÓDIGO ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6.**

Cuando este artículo sea usado se debe tener un certificado de todos los materiales penetrantes usados en aleaciones en base níquel, acero inoxidable, austenítico y titanio. Estos certificados deben incluir el nombre del fabricante, el número de lote y resultados obtenidos de acuerdo con a y b; estos registros deben mantenerse de acuerdo a los requerimientos del código.

a) Cuando se inspeccionen aleaciones en base níquel, todos los materiales deben ser analizados individualmente para el contenido de sulfuros de la manera siguiente:

1. Cuando una muestra individual de penetrante con excepción del removedor sea preparada para el análisis calentando 50 gramos del material en vidrio petri de 150 mm de diámetro a una temperatura de 194 a 212° F por 60 minutos.
2. El análisis del residuo debe ser como sigue:
  - Si el residuo es menor a 0.0025 gr. el material es aceptado sin mayor análisis.
  - Si el residuo es de 0.0025 gr o mayor el procedimiento mostrado en T-625 A1, debe ser repetido y el residuo analizado de acuerdo a ASTM-D-129 o ASTM-D-1552 alternativamente. El contenido de sulfuros y halógeno no debe ser mayor al 1% del residuo en peso.

#### **6.6.1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS LÍQUIDOS PENETRANTES POR SU TIPO.**

##### **➤ EN BASE AL CÓDIGO ASME Y LAS NORMAS ASTM.**

**Tipo I:** Penetrante fluorescente: Contiene un pigmento que fluoresce brillantemente cuando es excitado por la luz negra.

**Tipo II:** Penetrante Visible o Contrastante: Contiene un pigmento que puede ser visto con luz visible, el color es usualmente rojo. La selección del tipo estará en función de la sensibilidad deseada.

#### **6.6.1.3. CLASIFICACIÓN DE LOS LÍQUIDOS PENETRANTES POR SU MÉTODO DE REMOCIÓN DEL EXCESO DE PENETRANTE FLUORESCENTE.**

Se tienen cuatro métodos:

Método A	Lavable con agua.	ASTM E 1209
Método B	Postemulsificable Lipofílico.	ASTM E 1208
Método C	Removible con Solvente.	ASTM E 1219
Método D	Postemulsionable Hidrofílico.	ASTM E 1210

Tabla 6.2. Clasificación de los líquidos penetrantes por el método de remoción.

Fuente: Norma ASTM E 165.

#### **6.6.1.4. CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE INSPECCIÓN CON PENETRANTE Y LOS MATERIALES USADOS COMO PENETRANTES DE ACUERDO A LA NORMA ASTM E 1417-95.**

Los penetrantes Tipo I (fluorescentes) están disponibles en cinco niveles de sensibilidad, clasificados como:

- ❖ Nivel  $\frac{1}{2}$ : Muy bajo
- ❖ Nivel 1: Bajo.
- ❖ Nivel 2: Medio.
- ❖ Nivel 3: Alto.
- ❖ Nivel 4: Ultra alto.

#### **6.6.1.5. MATERIALES PENETRANTES SEGÚN CÓDIGO ASME SECCIÓN V.**

Los materiales para la inspección por líquidos penetrantes consisten de:

- ❖ Penetrantes fluorescentes y visibles.
- ❖ Emulsificadores (base aceite y base agua).
- ❖ Revelador/limpiador (solventes removedores).

❖ **Reveladores.**

No es recomendable mezclar penetrantes y emulsificadores o removedores de distintos fabricantes.

**6.6.1.6. REMOVEDOR/LIMPIADOR SEGÚN ASTM E-1417-05**

- ❖ **Clase 1, halogenado:** clorinado, no flamable, evapora rápidamente. Es el más usado.
- ❖ **Clase 2, no halogenado:** no clorinado, no miscible en agua, relativamente volátil.
- ❖ **Clase 3, aplicación específica.**

**6.6.1.7. CLASIFICACIÓN DE LOS REVELADORES SEGÚN NORMA ASTM E-1417-05**

- **Forma a:** Revelador seco.
- **Forma b:** Soluble en agua.
- **Forma c:** Suspendido en agua.
- **Forma d:** No acuoso para fluorescentes.
- **Forma e:** No acuoso para visibles.
- **Forma f:** aplicación específica.

**6.6.1.8. EXAMINACIÓN DEL PENETRANTE FLUORESCENTE SEGÚN NORMA ASTM E-165**

La inspección debe efectuarse en un área oscura o semiobscura; la luz ambiental visible no debe exceder de 2 candelas/pie (20 lux); la intensidad mínima de luz negra debe ser de  $1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  para uso general y su longitud de onda ( $\lambda$ ) debe estar en un rango de 320 a 380 nm. La pigmentación fluorescente es más sensible a  $\lambda$  de 360 nm (3600 angstroms).

- **Lx** (símbolo de lux): Unidad de iluminación (luz blanca).
- **Luxómetro o Luxímetro:** Aparato utilizado para la medida de iluminación.

#### **6.6.1.9. MATERIALES Y LIMITACIONES EN PROCESOS, SEGÚN NORMA E 1417-05.**

Los reveladores a y b (polvo seco y soluble en agua) no deben ser usados en sistemas con penetrantes Tipo II.

La inspección con penetrante Tipo II no debe ser usado como un examen de aceptación de productos aeroespaciales.

La inspección con penetrante Tipo II no debe ser usado antes de un examen con penetrante Tipo I en la misma superficie.

La inspección con líquidos penetrantes en mantenimiento u overhaul de componentes críticos de turbinas debe ser hecho solamente con penetrante Tipo I, procesos métodos c y d (removible con solvente y post emulsificable hidrofílico) y materiales penetrantes con niveles de sensibilidad 3 o 4.

#### **6.6.1.10. REQUERIMIENTOS GENERALES DEL PROCEDIMIENTO SEGÚN ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6.**

##### **❖ PROCEDIMIENTO INICIAL.**

La inspección por líquidos penetrantes debe ser realizada de acuerdo con un procedimiento y este debe considerar por lo menos la siguiente información:

- a. El material, forma o tamaño a ser inspeccionado y la longitud de la inspección.
- b. Tipo (número o designación si es posible) de cada penetrante, removedor, emulsificante y revelador.
- c. Detalles del proceso para la pre limpieza y el secado, incluyendo los materiales usados en la limpieza y el tiempo de secado.

- d. Detalles del proceso para la aplicación del penetrante, tiempo de penetración y temperatura de la pieza de prueba si está fuera de 60 a 125° F.
- e. Detalles del proceso para la eliminación del penetrante y para el secado de la superficie al aplicar el revelador.
- f. Detalles del proceso para la aplicación del revelador y el tiempo de revelado e interpretación.
- g. Detalles del proceso para la limpieza posterior.

❖ **REVISIÓN DEL PROCEDIMIENTO.**

La revisión del procedimiento puede ser requerida:

- a. Siempre que un cambio o sustitución sea hecho en tipo o familia de materiales o en la técnica de inspección.
- b. Siempre que un cambio o sustitución sea hecho en el tipo de materiales o proceso de pre limpieza.
- c. En cualquier cambio en las partes a inspeccionar, que pudiera cerrar las discontinuidades o dejar depósitos que interfieran con la inspección, ejemplo: chorro de arena o granalla así como ataque de ácido.

❖ **TÉCNICA.**

Pueden ser usados penetrantes visibles o fluorescentes. Para cada técnica se pueden usar uno de los siguientes tres tipos de sistemas penetrantes:

- a. Lavable con agua
- b. Post-emulsificable
- c. Removible con solvente

#### **6.6.1.11.PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE SEGÚN ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6.**

- a. En general, se pueden alcanzar buenos resultados sobre las superficies tal como se encuentran después de un proceso de laminación, forja, soldadura e incluso sobre piezas fundidas. Ello no excluye el que en ciertas condiciones sea preciso tener que recurrir a una preparación de las superficies por amolado o mecanizado con el fin de evitar que las irregularidades superficiales puedan enmascarar las indicaciones de discontinuidades inaceptables.
- b. Antes de que una pieza sea examinada por líquidos penetrantes, debe ser examinada su superficie y todas las zonas adyacentes a la parte que se va a inspeccionar, por lo menos, en un entorno de 1 pulgada (25 mm) deberán estar secas y libres de cualquier suciedad, grasa, cascarilla, desoxidantes de soldadura o fundentes, salpicaduras o cualquier materia extraña que pueda interferir los resultados del examen.
- c. Como agentes de limpieza se pueden utilizar, detergentes, disolventes orgánicos, soluciones decapantes y removedores de pintura. Pueden también emplearse desengrasantes y métodos de limpieza por ultrasonido.

#### **6.6.1.12.SECADO DESPUÉS DE LA INSPECCIÓN SEGÚN ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6.**

Después de la limpieza, el secado de las superficies a inspeccionar debe ser realizado por evaporación normal o con aire caliente. Un periodo mínimo de tiempo debe ser establecido para asegurar que la solución limpiadora se ha evaporado antes de la aplicación del penetrante.

#### **6.6.1.13.INSPECCIÓN TÉCNICA PARA TEMPERATURA ESTÁNDAR SEGÚN ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6.**

La temperatura del penetrante y de la superficie de prueba no debe ser menor a 60° F ni mayor a 125° F, en toda la inspección. El calentamiento o el enfriado de la pieza de prueba son permitidos siempre y cuando se cumpla con el rango de

temperatura, otras temperaturas y tiempos pueden ser usadas, siempre que el procedimiento sea certificado como se especifica en T-647 (6.6.1.14).

#### **6.6.1.14.APLICACIÓN DEL PENETRANTE SEGÚN ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6.**

- a. El penetrante puede ser aplicado por cualquier medio aplicable, por ejemplo: inmersión, brocha o aspersion. Si el penetrante es aplicado por aspersion con aire comprimido el uso de filtros es obligatorio para evitar contaminación con grasa o agua.
- b. El tiempo de penetración es crítico, el tiempo de penetración mínimo debe ser como recomienda en ASTM E165 tabla 2 como se ha demostrado mediante calificación de aplicaciones específicas.

#### **6.6.1.15.REMOCIÓN DEL EXCESO DE PENETRANTE SEGÚN ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6.**

Después del tiempo de penetración debe ser removido el exceso de penetrante tomando en cuenta no remover penetrante de las discontinuidades.

##### **❖ PENETRANTES LAVABLES CON AGUA**

El exceso de agua de los penetrantes lavables con agua debe ser removido por aspersion de agua. La temperatura del agua no debe ser mayor a 110° F (43.3°C).

##### **❖ PENETRANTES REMOVIBLES CON SOLVENTE.**

El exceso de penetrante removible con solvente debe ser removido por absorción con un trapo o papel absorbente, repitiendo la operación hasta que la mayoría de los residuos finales sean removidos con un trapo ligeramente humedecido con solvente.

Para minimizar la remoción del penetrante en las discontinuidades debe tenerse cuidado de no usar removedor en exceso. El uso del removedor sobre la pieza de manera directa está prohibido.

#### **6.6.1.16.SECADO DESPUÉS DE LA REMOCIÓN DEL PENETRANTE SEGÚN ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6.**

Para penetrantes removibles con solvente, las superficies pueden ser secadas con evaporación normal, con un trapo seco o aire forzado.

#### **6.6.1.17.REVELADO SEGÚN ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6.**

El revelador debe ser aplicado tan pronto como sea posible. El intervalo de tiempo no debe exceder a lo estipulado en el procedimiento. Una aplicación insuficiente de revelador puede no hacer visible las discontinuidades, inversamente una aplicación excesiva del revelador puede enmascarar las indicaciones.

Con penetrantes visibles solo debe ser usado revelador húmedo. Con penetrantes fluorescentes puede ser usado revelador húmedo o seco.

#### **❖ APLICACIÓN DEL REVELADOR HÚMEDO.**

Antes de la aplicación del removedor húmedo tipo suspensión a la superficie de prueba, el revelador debe ser fuertemente agitado para asegurar la adecuada dispersión de las partículas suspendidas.

Existen dos tipos: acuosos y no acuosos.

- **Aplicación del revelador no-acuoso.** Debe ser aplicado solo a superficies secas y por aspersion, excepto cuando por seguridad o por acceso no sea posible. Bajo tales condiciones el revelador puede ser aplicado con brocha. El secado debe ser por evaporación normal.

#### **6.6.1.18.INTERPRETACIÓN DE DISCONTINUIDADES SEGÚN ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6.**

#### **❖ PENETRANTES VISIBLES.**

Con penetrantes visibles el revelador forma una capa razonablemente uniforme y blanca.

Las discontinuidades en la superficie son indicadas por el sangrado del penetrante, el cual normalmente es de un rojo intenso sobre el fondo blanco del revelador. Una coloración ligeramente rosa de las indicaciones puede indicar un limpiado en exceso. Una limpieza inadecuada puede dejar un fondo excesivo que haga difícil la interpretación, una adecuada iluminación es requerida para asegurar la sensibilidad durante la inspección y evaluación de las indicaciones.

#### ❖ **PENETRANTES FLUORESCENTES.**

Con penetrantes fluorescentes el proceso es esencialmente el mismo como con penetrantes visibles con la excepción que la inspección es realizada usando una luz ultravioleta llamada luz negra. La inspección debe ser realizada como sigue:

- a. Debe ser realizada en un área negra.
- b. El técnico debe estar en el área oscura por lo menos 5 min. antes de realizar la inspección con la finalidad de adaptar sus ojos a la oscuridad. Si el técnico usa anteojos estos no deben ser foto sensitivos.
- c. La luz negra debe calentarse 5 minutos antes de su uso o medición de la intensidad de la luz emitida.
- d. La luz negra debe ser medida con un medidor de luz negra. Un mínimo de 800 micro w/cm<sup>2</sup> sobre la superficie de prueba. La intensidad debe ser medida por lo menos cada 8 hrs. y siempre que la sección de trabajo sea cambiada.

#### **6.6.1.19.EVALUACIÓN DE INDICACIONES SEGÚN ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6.**

- a. Todas las indicaciones deben ser evaluadas en términos de criterios de aceptación de la sección del código de referencia.
- b. Discontinuidades en la superficie deben ser indicadas por el sangrado del penetrante. Sin embargo, irregularidades en la superficie debido al maquinado u otras condiciones superficiales pueden producir falsas indicaciones.

- c. Áreas grandes de fluorescencia o pigmentación pudieran ocultar indicaciones de discontinuidades que sean inaceptables, tales áreas deben ser limpiadas y reexaminadas.

#### **6.6.1.20.RESTRICCIONES DE LA TÉCNICA.**

##### **❖ SEGÚN ASME SECCIÓN V ARTÍCULO 6.**

La inspección por penetrantes fluorescentes no debe seguir una inspección por penetrantes visibles. La mezcla de penetrantes diferentes familias no es permitida. Una re-inspección con penetrantes lavables con agua puede causar pérdida marginal debido a contaminación.

##### **❖ SEGÚN ASTM E 1417-05.**

- **Superficie de Prueba.**

La prueba final con líquidos penetrantes debe ser efectuada después de concluir todas las operaciones de proceso que pudieran causar discontinuidades abiertas a la superficie u operaciones que pudieran exponer las discontinuidades previamente no abiertas a la superficie; tales operaciones incluyen, pero no son limitativas: esmerilado, soldadura, enderezado, maquinado y tratamiento térmico.

- **Tratamiento Superficial.**

La prueba final con líquidos penetrantes podría ser efectuada antes de los tratamientos que puedan manchar la superficie, pero que por sí mismos, no causan discontinuidades superficiales; tales tratamientos incluyen, pero no están limitados a: chorro de vapor, lijado, pulido, chorro de arena. Al efectuar la prueba después de estos tratamientos, requerirá incluir un decapado en las operaciones de pre limpieza.

- **Superficies con recubrimientos (ASTM E 1417-99).**

Todos los recubrimientos y otras condiciones superficiales tales como pintura, otros recubrimientos, corrosión, etc., deben ser removidos de la superficie a ser

examinada antes de efectuar la prueba por líquidos penetrantes. La prueba con líquidos penetrantes debe preceder cualquier acabado superficial, tal como el anodizado, excepto para partes en servicio, las cuales podrían ser examinadas sin remover el anodizado.

#### **6.6.1.21.MÉTODOS DE LIMPIEZA RECOMENDADOS SEGÚN NORMA ASTM E 165-95**

##### **❖ LIMPIEZA CON SOLVENTE.**

Son limpiadores tipo solvente que pueden disolver películas de grasa y aceite, ceras, selladores, pintura y materia orgánica en general.

##### **6.6.1.22.TIEMPO DE PENETRACIÓN.**

La norma ASME Sección V Artículo 24 y ASTM 165 proporcionan una guía para la selección del tiempo de penetración:

<b>Material</b>	<b>Método de fabricación</b>	<b>Tipo de discontinuidad</b>	<b>Tiempo de permanencia (min)</b>	
			<b>Penetrante</b>	<b>Revelador</b>
Aluminio. Magnesio, Acero, Latón y Bronce, Aleaciones de titanio y resistentes a altas temperaturas	Fundición y Soldaduras	Traslapes, Porosidad, Faltas de Fusión y Grietas	5	10
	Materiales conformados por Extrusión, Forjado o Laminado	Grietas	10	10
Herramientas con puntas de carburo	Todos los métodos	Grietas	5	10

Plástico	Todos los métodos	Grietas	5	10
Vidrio	Todos los métodos	Grietas	5	10
Cerámica	Todos los métodos	Grietas, Porosidad	5	10

Tabla 6.3 Distintos tiempos de penetración según el material.

Fuente: ASTM E165.

Temperatura de 10 a 38°C para penetrante fluorescente. Temperatura de 10 a 52°C para penetrante visible. Tiempo de revelado máximo: 2 horas para reveladores acuosos y 1 hora para no acuosos.

De acuerdo al ASTM E 1417-05: el tiempo de penetración debe ser de 10 minutos mínimo (4 a 52°C); 20 minutos mínimo (4.4 a 10°C) y máximo 2 horas.

#### 6.6.1.23. TIEMPO DE REVELADO.

Según la ASME Sección V Artículo 6 el tiempo es de 7 minutos y el máximo 60 minutos, aunque periodos más largos son permitidos.

Según la ASTM E 1417-05 proporciona una guía para el tiempo de revelado.

Tipo de revelador	Tiempo mínimo y máximo
Sin usar revelador.	10 minutos y 2 horas.
Revelador seco.	10 minutos y 4 horas.
Reveladores no acuosos.	10 minutos y 1 hora.
Reveladores acuosos.	10 minutos y 1 hora.

Tabla 6.4. Tiempo de revelado.

Fuente: ASTM E1417

Los componentes que no son inspeccionados antes del tiempo máximo de sangrado, deben ser limpiados y reprocesados.

En penetrantes Tipo I deben ser aplicados como una capa fina y uniforme.

En penetrantes Tipo II deben ser aplicados formando una capa blanca y uniforme que sirva de contraste.

Si la capa de revelador es muy gruesa, en sistemas penetrantes Tipo I, de tal que la superficie metálica esté completamente enmascarada, la superficie debe ser limpiada y reprocesada.

#### **6.6.1.24.VERIFICACIÓN DE UNA INDICACIÓN.**

Según ASTM E 1417-05 una indicación podría ser evaluada frotándola con un material absorbente humedecido con solvente, dejar secar y reaplicar el revelador; si no reaparece ninguna indicación, la original es considerada falsa.

Esto podría hacerse hasta dos veces para cualquier indicación original.

#### **6.6.1.25.REMOCIÓN DE UNA DISCONTINUIDAD.**

Según ASTM E 1417-05 las discontinuidades podrían ser removidas con un procedimiento aprobado. Lijado o esmerilado, para determinar su profundidad y extensión. Después el área debe ser limpiada, atacada (si está permitido) y reexaminada; la sensibilidad debe ser al menos igual a la original.

#### **6.6.1.26.REQUISITOS DE CONTROL DE CALIDAD.**

Según la ASTM E 1417-05 debe haber controles necesarios para asegurar que los materiales y equipos en los sistemas penetrantes proporcionen un nivel aceptable de funcionamiento. La frecuencia de las pruebas es considerando el número de inspecciones diariamente; o al menos, antes de una examinación. Las pruebas (que sean aplicables) deben efectuarse a materiales en uso, registrarse y conservarse para posibles auditorías. Los materiales no recuperados ó reusables (contenedores en aerosol), no están sujetos a estos requisitos (pruebas).

<b>Pruebas</b>		<b>Frecuencia</b>
1	Funcionamiento del sistema.	Diariamente.
2	Contaminación del penetrante.	Diariamente
3	Contaminación del revelador acuoso.	Diariamente
4	Concentración del revelador acuoso.	Semanalmente.
5	Condición del revelador acuoso.	Diariamente
6	Presión del agua.	Cada turno.
7	Temperatura del agua.	Cada turno.
8	Intensidad de luz negra.	Diariamente
9	Limpieza de área de inspección.	Diariamente
10	Concentración de agua en penetrantes base-agua.	Semanalmente.
11	Contenido del agua en penetrantes no base agua.	Mensualmente.
12	Concentración del emulsificador hidrofílico.	Semanalmente.
13	Sensibilidad del penetrante.	Semanalmente.
14	Brillantez fluorescente.	Trimestralmente.
15	Removilidad del penetrante.	Mensualmente.
16	Contenido del agua en el emulsificador lipofílico.	Mensualmente.
17	Removilidad del emulsificador.	Mensualmente.
18	Calibración del horno de secado.	Trimestralmente.
19	Calibración de los medidores de luz.	Anualmente.

Tabla 6.5. Frecuencia de Control de Calidad.

Fuente: ASTM E1417

**6.6.1.27.REQUISITOS DEL PROCEDIMIENTO PARA LA INSPECCIÓN  
POR LÍQUIDOS PENETRANTES.**

<b>Requisitos</b>	<b>Variable Esencial</b>	<b>Variable No Esencial</b>
Identificación y cualquier cambio del tipo o grupo de familia de materiales penetrantes, incluyendo reveladores, emulsificadores, etc.	X	...
Preparación de la superficie (terminado y limpieza, incluyendo tipo de solvente limpiador).	X	...
Método de aplicación del penetrante	X	...
Método de remoción del exceso de penetrante de la superficie.	X	...
Concentración del emulsificador hidrofílico o lipofílico, tiempo de permanencia en el tanque de inmersión y el tiempo de agitación para emulsificadores hidrofílicos.	X	...
Concentración del emulsificador hidrofílico para aplicaciones con spray.	X	...
Método de aplicación del revelador.	X	...
Tiempos mínimos y máximos entre pasos y ayudas de secado.	X	...
Disminución en el tiempo de penetración.	X	...
Incremento en el tiempo de revelado (tiempo de interpretación).	X	...

Intensidad mínima de luz.	X	...
Temperatura superficial de 50 a 125°F (10 a 52°C) o alguna previamente calificada.	X	...
Realización de la demostración, cuando sea requerido.	X	...
Requisitos de calificación del personal.	...	X
Materiales, formas, o tamaños a ser inspeccionados y la extensión de la inspección.	...	X
Técnica de limpieza después de la inspección.	...	X

Tabla 6.6. Requerimientos de un procedimiento para la inspección por líquidos penetrantes.

Fuente: Código ASME Sección V Artículo 6

#### 6.6.1.28. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DE INSPECCIÓN VISUAL SEGÚN AWS D1.1.

Este código contiene los requerimientos para la fabricación y levantamiento de estructuras de acero soldadas. Cuando este código se estipula en contratos, el cumplimiento de todas las condiciones del código deben ser cumplidas, excepto por aquellas en las que el contrato las excluya. El contenido es el siguiente:

- **Requerimientos Generales.** Esta sección contiene información básica en el alcance y limitaciones del código
- **Diseño de Juntas Soldadas.** Esta sección contiene requerimientos para el diseño de juntas soldadas compuestas de productos tubulares o no tubulares.
- **Precalificación.** Esta sección contiene los requerimientos para excluir un WPS de los requerimientos de calificación de este código.
- **Calificación.** Esta sección contiene los requerimientos para la calificación de WPSs y el personal (soldadores, operadores de soldadura) necesarios para el desarrollo del trabajo descrito en el código.

- **Fabricación.** Esta sección contiene los requerimientos para la preparación, ensamble y mano de obra de las estructuras de acero soldadas.
- **Inspección.** Esta sección contiene los criterios para la calificación y responsabilidades de los inspectores, criterios de aceptación para soldadura de producción y procedimientos normados para la realización de inspección visual y END.
- **Soldadura de Botón.** Esta sección contiene los requerimientos para la soldadura de botón en estructuras de Acero.
- **Refuerzo y reparación de Estructuras existentes.** Esta sección contiene información básica pertinente a la modificación o reparación de estructuras existentes.

Categoría de discontinuidad y criterios de inspección	Conexiones no tubulares estáticamente cargadas	Conexiones no tubulares cíclicamente cargadas	Conexiones tubulares (Todas las cargas)
<b>(1) Prohibición de Grietas</b>  Cualquier grieta debe ser inaceptable, a pesar de su tamaño o localización.	X	X	X
<b>(2) Fusión metal base/metal de aporte</b>  Debe existir una fusión completa entre capas adyacentes de metal de aporte y metal de aporte y metal base.	X	X	X

<p><b>(3) Cráteres en la sección transversal (Mordeduras)</b></p> <p>Todos los cráteres deben ser rellenados completamente en la sección transversal de la soldadura, excepto para los finales de franjas intermitentes de soldadura fuera de su longitud efectiva.</p>	X	X	X
<p><b>(4) Soldaduras de perfil</b></p> <p>Las soldaduras de perfil deben estar en concordancia con 5.24.</p>	X	X	X
<p><b>(5) Tiempo de inspección</b></p> <p>La inspección visual de soldaduras en todos los aceros puede empezar inmediatamente después de que la soldadura ha sido enfriada a temperatura ambiente. Criterios de aceptación para aceros ASTM A514, A517, y A709 grado 100 y 100W deben estar basados en la inspección visual ejecutada en un tiempo no menor de 48 horas después de la finalización de la soldadura.</p>	X	X	X

<p><b>(6) Soldaduras de menor tamaño</b></p> <p>El tamaño de una franja soldada en una soldadura continua puede ser que menor que el tamaño nominal especificado (L) sin corrección para las siguientes cantidades (U):</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">L.</th> <th style="text-align: center;">U.</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;"><u>Tamaño de soldadura nominal, pulg.[mm]</u></th> <th style="text-align: center;"><u>Disminución permitida de L, pulg.[mm]</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><math>\leq 3/16</math> [5]</td> <td style="text-align: center;"><math>\leq 1/16</math> [2]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>\leq 1/4</math> [6]</td> <td style="text-align: center;"><math>\leq 3/32</math> [2.5]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>\geq 5/16</math> [8]</td> <td style="text-align: center;"><math>\leq 1/8</math> [3]</td> </tr> </tbody> </table> <p>En todos los casos, la porción del menor tamaño de soldadura no debe exceder el 10% de la longitud de la soldadura. En almas y patines de vigas, el menor tamaño de soldadura debe ser prohibido al final para una longitud igual a dos veces el ancho del patín.</p>	L.	U.	<u>Tamaño de soldadura nominal, pulg.[mm]</u>	<u>Disminución permitida de L, pulg.[mm]</u>	$\leq 3/16$ [5]	$\leq 1/16$ [2]	$\leq 1/4$ [6]	$\leq 3/32$ [2.5]	$\geq 5/16$ [8]	$\leq 1/8$ [3]	X	X	X
L.	U.												
<u>Tamaño de soldadura nominal, pulg.[mm]</u>	<u>Disminución permitida de L, pulg.[mm]</u>												
$\leq 3/16$ [5]	$\leq 1/16$ [2]												
$\leq 1/4$ [6]	$\leq 3/32$ [2.5]												
$\geq 5/16$ [8]	$\leq 1/8$ [3]												
<p><b>(7) Fisuras</b></p> <p>(A) Para materiales con un espesor menor de 1 pulg. [25 mm], la fisura no debe exceder 1/32 pulg. [1mm], <u>con la siguiente excepción: las fisuras no excederán</u> 1/16 pulg. [2mm] para una longitud acumulada de <u>hasta</u> 2 pulg. [50mm] dentro de 12 pulg. [300mm]. Para material con espesor igual o superior a 1 pulg, la fisura no deberá exceder 1/16 pulg. [2mm] para cualquier longitud de soldadura.</p>	X												

<p>(B) En miembros primarios, las fisuras no deben ser más de 0.01 pulg. [0.25mm] de profundidad cuando la soldadura sea transversal sometido a tensión bajo alguna condición de carga. Las fisuras no deben tener más de 1/32 pulg. [1mm] de profundidad para todos los otros casos.</p>		X	X
<p><b>(8) Porosidad</b></p> <p>(A) La Completa penetración de junta (CJP) de gargantas soldadas en topes de juntas transversales en la dirección de las fuerzas de tensión no debe tener poros pipping<sup>1</sup> visibles. Para todas las otras gargantas soldadas y franjas soldadas, la suma de los poros pipping visibles de 1/32 pulg. [1mm] o mayores en diámetro no debe exceder 3/8 pulg. [10mm] en pulgada lineal de soldadura y no debe exceder 3/4 pulg. [19mm] dentro de 12 pulg. [305mm] de longitud de soldadura.</p>	X		
<p>(B) La frecuencia de poros pipping en franjas soldadas no debe exceder uno cada 4 pulg. [100mm] de longitud de soldadura y el máximo diámetro no debe exceder 3/32 pulg.[2.5mm]. Excepción: para franjas soldadas endurecidas conectadas al alma, la suma de diámetros de poros pipping no deberá exceder 3/8 pulg.[10mm] en pulgada lineal de soldadura y no deberá exceder 3/4 pulg. [20mm] en 12 pulg. [300mm] de longitud de soldadura.</p>		X	X

(C) La Completa penetración de junta (CJP) en gargantas soldadas en topes de junta transversal a la dirección de las fuerzas de tensión no deben tener porosidad pipping. Para todas las otras gargantas soldadas, la frecuencia de porosidad pipping no debe exceder uno en 4 pulg. [100mm] de longitud y el máximo diámetro no debe exceder 3/32 pulg. [2.5mm].		X	X
---	--	---	---

Tabla 6.7. Criterios de aceptación visual.

Fuente: AWS D1.1

- <sup>1</sup> Poros pipping: porosidad alargada cuya mayor dimensión está situada en dirección aproximadamente normal a la superficie soldada. Frecuentemente referido como pin holes (agujeros de alfiler) cuando la porosidad se extiende en la superficie soldada.

#### 6.6.1.29. DEFECTOS PERMITIDOS SEGÚN ASME V.

Esta sección del código contiene los requerimientos y métodos para la examinación no destructiva los cuales son referidos por otras secciones del código. Estos métodos de examinación no destructiva son usados para la detección de discontinuidades internas y superficiales en materiales, soldadura además de partes y componentes fabricados.

Estos incluyen examinación radiográfica, examen por líquidos penetrantes, partículas magnéticas, corrientes inducidas, examinación visual, prueba de fuga y examinación por emisión acústica.

Nombre	Definición	Niveles de Aceptación Visual
		Nivel II

<b>Descascarado</b> (chip)	Una pequeña pieza quebrada sobre el borde o superficie.	Máxima dimensión de rotura, 3mm [1/8in].
<b>Grietas</b> (crack)	Una actual separación del recubrimiento, visible sobre superficies opuestas, y extendida a través del espesor.	Ninguna.
<b>Grietas superficiales</b> (crack, surface)	Grietas existentes solo sobre la superficie del recubrimiento.	Máxima longitud, 3mm [1/8in].
<b>Crazing</b>	Delgadas grietas sobre o bajo la superficie del recubrimiento.	Máxima dimensión de crazing, 13mm [1/2in].
<b>Deslaminación de borde</b> (delamination, edge)	Separación de las capas del material en los bordes del recubrimiento.	Máxima dimensión, 3mm [1/8in].
<b>Deslaminación interna</b> (delamination, internal)	Separación de las capas del material del recubrimiento.	Ninguna.
<b>Mancha seca</b> (dry-spot)	Área con incompleto superficie de película donde el refuerzo no ha sido mojado con resina.	Máximo diámetro, 9.5mm [3/8in].
<b>Inclusión extraña (metálica)</b> (foreign inclusion metallic)	Partículas metálicas incluidas en el recubrimiento que son extrañas a la composición.	Ninguna, si es para uso eléctrico; 0.8mm [1/32in], 1/0.09m <sup>2</sup> [1 ft <sup>2</sup> ], si es para uso mecánico.

<p><b>Inclusión extraña (no metálica)</b> (foreign inclusion nonmetallic)</p>	<p>Partículas no metálicas de sustancias incluidas en el recubrimiento que parece extraña a esta composición.</p>	<p>Máxima dimensión, 0.8mm [1/32in], 1/0.09m<sup>2</sup> [1 ft<sup>2</sup>]</p>
<p><b>Fractura</b> (fracture)</p>	<p>Ruptura del recubrimiento superficial sin penetración completa.</p>	<p>Máxima dimensión, 21mm [13/16in].</p>
<p><b>Burbuja de aire (vapor)</b> (air bubble, void)</p>	<p>Aire atrapado dentro y entre las capas de reforzamiento, usualmente en forma esférica.</p>	<p>Máximo diámetro, 1.5mm [1/16in], 2in<sup>2</sup>.</p>
<p><b>Ampollas</b> (blister)</p>	<p>Elevación redondeada en la superficie de una placa o recubrimiento, con límites que pueden ser mayor o menor claramente definidos.</p>	<p>Máximo diámetro, 3.0mm [1/8in]; la altura desde la superficie no estará fuera de las tolerancias de dibujo.</p>
<p><b>Quemado</b> (burned)</p>	<p>Muestra evidencia de descomposición térmica a través de alguna decoloración, distorsión o destrucción de la superficie de la placa o recubrimiento.</p>	<p>Ninguno.</p>
<p><b>Ojo de pescado</b> (fish-eye)</p>	<p>Pequeña masa globular que no ha sido fusionada dentro del material circundante y es particularmente evidente en un material traslucido o transparente.</p>	<p>Máximo diámetro, 9.5mm [3/8in].</p>

<b>Falta de llenado</b> (lack of fillout)	Área que usualmente ocurre en el borde de un recubrimiento plástico, donde el reforzamiento no ha sido mojado con resina.	Máximo diámetro, 6.5mm [1/4in].
<b>Cascara de naranja</b> (orange-peel)	Superficie desigual en que se asemeja a la cáscara de una naranja.	Máximo diámetro, 14mm [9/16in].
<b>Granos</b> (pimple)	Pequeño, puntiagudo, o elevación cónica sobre la superficie de un recubrimiento.	Ninguno.
<b>Hoyos. agujeros</b> (pit, pinhle)	Pequeño cráter en la superficie del recubrimiento, con una anchura aproximadamente del mismo orden de magnitud como su profundidad.	Máximo diámetro, 0.4mm [1/64in]; profundidad menos del 1% del espesor de la placa.
<b>Porosidad</b> (porosity, pinhole)	Presencia de numerosos y visibles agujeros (pits).	Máximo de 25 hoyos (pits) en poros en el área.
<b>Pre-gel</b>	Una no intencional capa extra de resina curada sobre parte de la superficie de recubrimiento (ésta condición no incluye revestimiento de gel).	Máxima dimensión, 6.5mm [1/4in]; altura encima de la superficie no estará fuera de las tolerancias de dibujo.
<b>Bolsas de Resina</b> (resin-pocket)	Una aparente acumulación de exceso de resina sobre parte de la superficie de recubrimiento.	Máximo diámetro, 3.0mm [1/8in].

<p><b>Resina en exceso en los bordes</b> (resin-rich edge)</p>	<p>Insuficiente material de reforzamiento en el borde del recubrimiento formado.</p>	<p>Máximo, 0.4mm [1/64in] desde el borde.</p>
<p><b>Hundimiento o contracción</b> (shrink-mark, sink)</p>	<p>Depresión en la superficie de un recubrimiento formado donde este se ha retractado desde el molde.</p>	<p>Máximo diámetro, 9.5mm [3/8in]; profundidad no más grande que el 25% del espesor de la placa.</p>
<p><b>Lavado</b> (wash)</p>	<p>Área donde el refuerzo de formado plástico se ha movido inadvertidamente durante el acabado del molde resultando en áreas con exceso de resina en los bordes.</p>	<p>Máxima dimensión 21mm [13/16in].</p>
<p><b>Agujero de gusano</b> (wormhole)</p>	<p>Aire atrapado alargado que en esta dentro o cerca de la superficie de recubrimiento y puede ser cubierto por una delgada película de resina.</p>	<p>Máximo diámetro, 3.0mm [1/8in].</p>
<p><b>Arrugas</b> (wrinkles)</p>	<p>En un recubrimiento, una imperfección que tiene la apariencia de una onda dentro de una o más capas de su textura u otro refuerzo del material.</p>	<p>Máxima longitud en superficie lateral, 13mm [1/2in]; máxima longitud del lado opuesto, 13mm [1/2in]; profundidad menor que el 10% del espesor de la placa.</p>

<b>Rasguños</b> (scratch)	Marcas poco profundas, ranuras, surcos, o canales causados por manipulación o almacenaje impropio.	Máxima longitud, 25mm [1.0in]; máxima profundidad, 0.125mm [0.005in].
<b>Pequeño tamaño</b> (Short)	En un recubrimiento, en una condición de llenado incompleto.	Ninguna.

Tabla 6.8 Defectos permitidos según ASME V.

Fuente: ASME V.

## 6.7. METODOLOGÍA.

### 6.7.1. MATERIAL BASE Y MATERIAL DE APORTE.

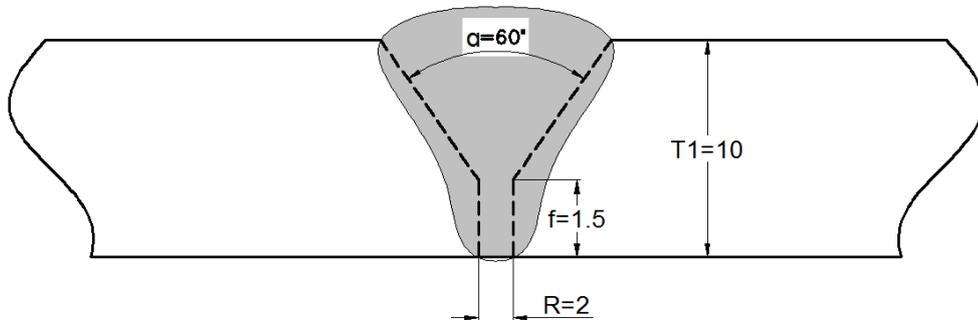
En la elaboración de las probetas para el ensayo se usaran dos tipos de acero, ASTM A53 Gr. B (tubería sin costura) y ASTM A36 (placas), los mismos que fueron seleccionados por la facilidad de adquisición.



Gráfico 6.3 Placas (acero ASTM A36) y tubería (acero ASTM A53 Gr B).

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar

La junta se diseño en función del espesor del material según la norma AWS D1.1 (Anexo A5). [7]



Donde:  $\alpha =$  ángulo de la junta.

$T1 =$  espesor.

$f =$  talón.

$R =$  separación entre placas a ser soldadas.

Así mismo se usaran dos tipos de electrodos para las juntas soldadas, E6011 y E7018 ambos en un diámetro de  $1/8$  de pulgada, para raíz y recubrimiento respectivamente, los mismos que fueron seleccionados según la tabla 10 de la pagina 27 de la norma AWS A5.1 (Anexo B2). [8]



Gráfico 6.4 Electrodo E6011.

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar



Gráfico 6.5 Electrodo E7018.

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar

### 6.7.2. ELABORACIÓN DE LA PROBETA.

Para la elaboración de las probetas, tanto de las placas, tubería, y la unión placa tubería, realizamos el punteo de las placas y de la tubería para mayor facilidad en el momento de realizar los cordones de soldadura, la deformación producida por la dilatación de la ZAC no es de mayor importancia, ya que lo que realizaremos es el control de la calidad de la soldadura. Las posiciones en que se realizó el ensayo son:

TIPO DE UNIÓN	POSICIÓN DE SOLDADURA	CANTIDAD
UNION A TOPE	1G PLANA	2
	2G HORIZONTAL	1
	3G VERTICAL ASCENDENTE	1
	3G VERTICAL DESCENDENTE	1
UNION EN ÁNGULO TIPO T	2F HORIZONTAL	1
	3F VERTICAL ASCENDENTE	1
UNION DE TUBERIA	5G DESCENDENTE TUBERIAS FIJAS	1
	2F EN ÁNGULO	2
<b>TOTAL</b>		<b>10</b>

Tabla 6.9. Posicion de Soldadura de Probetas para el ensayo.

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar



Gráfico 6.6 Probetas en proceso de soldadura.

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar.

### **6.7.3. DESARROLLO DEL ENSAYO (PROCEDIMIENTO).**

Una vez terminada la elaboración de las probetas se procede a limpiarlas primeramente mediante procesos mecánicos (cepillado o grateado) de toda impureza y escorias que pudieran contener.



Gráfico N°6.7 Elementos mecánicos de limpieza.

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar

A continuación revisamos las zonas donde sospechamos que puedan existir discontinuidades, es decir, realizaremos un examen visual.

Posteriormente procedemos a limpiar químicamente las probetas, para lo cual utilizamos el cleaner (limpiador) Magnaflux, aplicándolo sobre un paño que no deje pelusa (no aplicar directamente).



Grafico 6.8 Aplicación del paño con cleaner sobre la probeta.

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar

Luego para la aplicación del penetrante lo hacemos sosteniendo el spray pulverizador aproximadamente a unos 30 centímetros de la pieza a examinar. [9]



Grafico 6.9 Aplicación del penetrante. .

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar

Dejamos pasar un tiempo prudencial para la correcta penetración del líquido, en este punto influirá de sobremanera la experiencia y conocimientos del personal a cargo del ensayo, aunque se puede tomar como referencia las indicaciones del fabricante o lo que indica la norma ASTM E1417, la cual indica que el tiempo no debe ser menor de 10 minutos para temperatura ambiente, para temperaturas entre 4 y 10°C el tiempo mínimo será de 20 minutos. [11]

A continuación eliminamos todo el exceso de penetrante para no formar indicaciones falsas, teniendo cuidado de no extraer el penetrante introducido en las discontinuidades; en nuestro caso el exceso de penetrante será removido por frotamiento con un trapo limpio empapado de cleaner (ASTM E1417). [11]



Grafico 6.10 remoción del exceso de penetrante.

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar

Hay que asegurarse que la eliminación del exceso de penetrante sea completa, para lo que conviene inspeccionar visualmente la totalidad de la superficie de ensayo bajo luz negra.

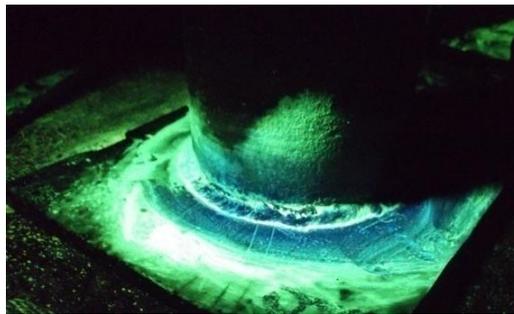


Grafico 6.11 Verificación de la eliminación del exceso de penetrante bajo luz negra.

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar

Una vez realizada la eliminación del exceso de penetrante y que se haya secado la superficie, el revelador se aplicará sobre la superficie mediante el pulverizador.



Grafico 6.12 aplicación del revelador.

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar

El tiempo de revelado comienza inmediatamente después de la aplicación del revelador.

Realizadas estas actividades el operador debe habituarse a la oscuridad antes de realizar la inspección por lo menos 5 minutos dentro del cabinet de luz negra. [10]



Grafico 6.13 Cabinet de luz negra.

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar

La intensidad de luz visible no debe sobrepasar los 20 Lux, para lo cual usamos el medidor de intensidad de luz. [10]



Grafico 6.14 Intensidad de luz ambiente dentro del cabinet.

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar

Con anterioridad a realizar la observacion encendemos la lámpara de luz negra, al menos 5 minutos antes de proceder a esta (si no estuvo encendida previamente).



Grafico 6.15 lámpara de luz negra

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar

Se continúa con la observación y detección de defectos, las cuales se realizaran dentro de una cámara oscura; los defectos encontrados deben cumplir con la norma AWS D1.1 para su aceptación o rechazo.

Limpiar las probetas del penetrante y revelador presentes con algún solvente, ya que estos puede provocar la oxidación acelerada y posible aparición de defectos posteriores. [9]

#### **6.8. EVALUACIÓN DE COSTOS Y BENEFICIOS DEL ENSAYO NO DESTRUCTIVO POR TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES CON LUZ NEGRA.**

El análisis de costos de este proyecto nos permitirá determinar los valores para la realización del mismo, además de tiempos y cantidad de los materiales y equipos que intervienen en el ensayo no destructivo por el método de tintas penetrantes fluorescentes con luz negra.

En los tiempos en que se realizará cada ensayo hay que considerar los retrasos que pudieran existir, siendo estos casi solo por el tiempo de secado en penetración y revelado, producto de la temperatura ambiental, con lo cual se podrán elaborar la diagramación del proceso.

A continuación debemos realizar la programación de actividades, en donde determinaremos la secuencia de actividades, sus tiempos de holgura, y la posibilidad de realizar algunas de estas simultáneamente, con lo cual se puede establecer la ruta crítica del proceso.

### 6.8.1. DIAGRAMA DEL PROCESO.

Elemento: Tintas Penetrantes.	Hoja: 01 de 01	Resumen	
Departamento: Materiales.	Diagramado por: G. Arcos	○ Operación	5
Diagrama: 01	Fecha: 2011-01-27	⇒ Transporte	0
Cantidad: 01		⏏ Demora	2
		□ Inspección	2
		△ Almacenar	0

#	Tiempo (min)	Símbolo	Etapas
1	3	○ ⇒ ⏏ □ △	Selección de superficie a ensayar.
2	8	○ ⇒ ⏏ □ △	Preparación de superficie a ensayar.
3	1	○ ⇒ ⏏ □ △	Aplicación del penetrante.
4	20	○ ⇒ ⏏ □ △	Secado.
5	2	○ ⇒ ⏏ □ △	Remoción del exceso de penetrante.
6	2	○ ⇒ ⏏ □ △	Aplicación del revelador.
7	10	○ ⇒ ⏏ □ △	Secado.
8	10	○ ⇒ ⏏ □ △	Preparación de lámpara de luz negra.
9	7	○ ⇒ ⏏ □ △	Evaluación y Resultado.

Tabla 6.10. Diagrama de Proceso

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar

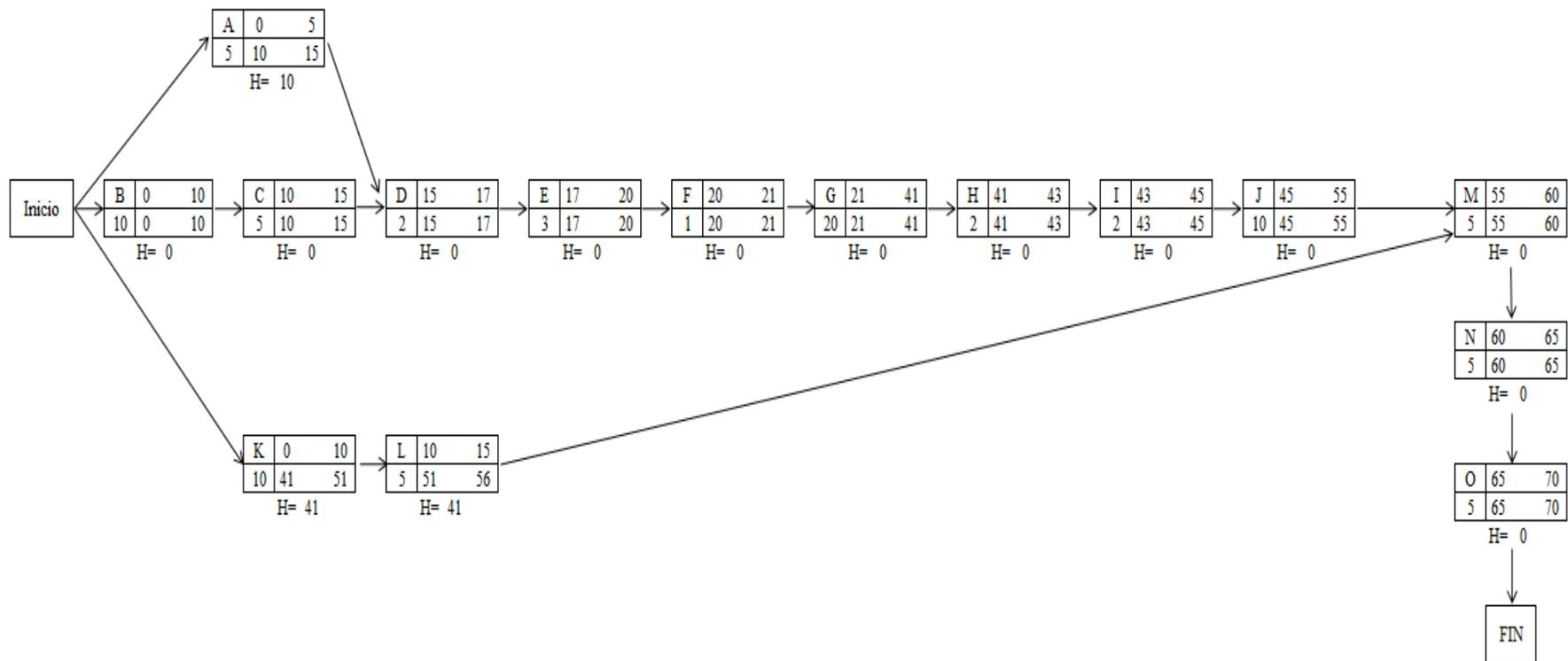
**6.8.2. PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES PARA EL DESARROLLO DEL ENSAYO DE TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES.**

<b>Ítem</b>	<b>Actividad</b>	<b>Predecesor</b>	<b>Tiempo (min)</b>
A	Preparación de Tintas Penetrantes.		5
B	Inspección visual.		3
C	Limpieza mecánica.		5
D	Limpieza química.		2
E	Secado.		1
F	Aplicación del penetrante.		1
G	Secado.		20
H	Remoción del exceso de penetrante.		2
I	Aplicación del revelador.		2
J	Secado.		10
K	Encendido de lámpara de luz negra.		5
L	Calibración de lámpara con medidor de luz.		5
M	Identificación de defectos.		5
N	Verificación con Normas.		5
O	Limpieza de probetas.		5
<b>TOTAL:</b>			<b>76</b>

Tabla 6.11. Programación de Actividades.

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar

### 6.8.3. RED DE PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES.



Una vez realizado la red de programación de actividades, se tiene que el tiempo para la realización del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes es de 70 minutos. Así mismo se obtiene la ruta crítica del proyecto, la cual la determinan las actividades: B-C-D-E-F-G-H-I-J-M-N-O.

Ítem	Actividad	Holgura	Ruta Crítica
A	Preparación de Tintas Penetrantes.	10	No
B	Inspección visual.	0	Si
C	Limpieza mecánica.	0	Si
D	Limpieza química.	0	Si
E	Secado.	0	Si
F	Aplicación del penetrante.	0	Si
G	Secado.	0	Si
H	Remoción del exceso de penetrante.	0	Si
I	Aplicación del revelador.	0	Si
J	Secado.	0	Si
K	Encendido de lámpara de luz negra.	41	No
L	Medición de intensidad de luz en cabinet.	41	No
M	Identificación de defectos.	0	Si
N	Verificación con Normas.	0	Si
O	Limpieza de probetas.	0	Si

Tabla 6.12. Detalle de los tiempos de holgura y ruta crítica.

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar

#### 6.8.4. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL ENSAYO DE TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES.

De acuerdo a las actividades efectuadas, el costo de realizar el ensayo de tintas penetrantes fluorescentes y coloreadas es el siguiente:

<b>COSTO DE CADA ENSAYO DE TINTAS PENETRANTES FLUORESCENTES.</b>				
<b>EQUIPOS</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cant.</b>	<b>P.unitario</b>	<b>Costo</b>
Lámpara de Luz Negra	u	1.00	\$ 1.18	\$ 1.18
Medidor de Intensidad de Luz	u	1.00	\$ .42	\$ .42
Escariador	u	1.00	\$ .01	\$ .01
Lupa	u	1.00	\$ .01	\$ .01
Cabinet de Luz Negra	u	1.00	\$ .14	\$ .14
Foco de Repuesto de Lámpara	u	1.00	\$ .14	\$ .14
Miniamoladora	u	1.00	\$ .08	\$ .08
<b>Subtotal (1)</b>				<b>\$ 1.97</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cant.</b>	<b>Costo-hora</b>	<b>Costo</b>
Profesional a Cargo	u	1.00	\$ 6.25	\$ 6.25
Técnico	u	1.00	\$ 2.75	\$ 2.75
<b>Subtotal (2)</b>				<b>\$ 9.00</b>
<b>MATERIALES</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cant.</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Costo</b>
Cleaner Magnaflux	u	0.10	\$ 50.00	\$ 5.00
Penetrante Magnaflux	u	0.10	\$ 50.00	\$ 5.00
Revelador Magnaflux	u	0.15	\$ 50.00	\$ 7.50
Grata 4.5 in.	u	0.05	\$ 9.00	\$ .45
Brocha	u	0.03	\$ 2.00	\$ .05
Paño limpiador	u	0.10	\$ 5.00	\$ .50
Marcador de Pintura.	u	0.05	\$ 5.00	\$ .25
Energía Eléctrica	W	20.00	\$ .12	\$ 2.40
<b>Subtotal (3)</b>				<b>\$ 21.15</b>
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	<b>TOTAL COSTO DIRECTO (1+2+3)</b>			<b>\$ 32.12</b>
	<b>INDIRECTOS Y UTILIDAD (22%)</b>			<b>\$ 7.07</b>
	<b>COSTO TOTAL POR C/30 CM.</b>			<b>\$ 39.19</b>

Tabla 6.13 Costo de cada ensayo por tintas penetrantes fluorescentes

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar

<b>COSTO DE CADA ENSAYO DE TINTAS PENETRANTES COLOREADOS.</b>				
<b>EQUIPOS</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANT.</b>	<b>P.UNITARIO</b>	<b>COSTO</b>
Escariador	u	1.00	\$ .007	\$ .007
Lupa	u	1.00	\$ .007	\$ .007
Miniamoladora	u	1.00	\$ .083	\$ .083
<b>Subtotal (1)</b>				<b>\$ .097</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANT.</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>COSTO</b>
Profesional a Cargo	u	1.00	\$ 6.250	\$ 6.250
Técnico	u	1.00	\$ 2.750	\$ 2.750
<b>Subtotal (2)</b>				<b>\$ 9.00</b>
<b>MATERIALES</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANT.</b>	<b>P.UNITARIO</b>	<b>COSTO</b>
Limpiador o Cleaner Magnaflux	u	0.10	\$ 30.0	\$ 3.0
Penetrante Magnaflux	u	0.10	\$ 30.0	\$ 3.0
Revelador Magnaflux	u	0.15	\$ 30.0	\$ 4.50
Grata 4.5 in.	u	0.05	\$ 9.0	\$ .450
Brocha	u	0.03	\$ 2.0	\$ .050
Paño limpiador	u	0.10	\$ 5.0	\$ .50
Marcador de Pintura para metal	u	0.05	\$ 5.0	\$ .250
Energía Eléctrica	W	20.00	\$ .120	\$ 2.40
<b>Subtotal (3)</b>				<b>\$ 14.15</b>
<b>ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA</b>	<b>TOTAL COSTO DIRECTO (1+2+3)</b>			<b>\$ 23.25</b>
	<b>INDIRECTOS Y UTILIDAD (22%)</b>			<b>\$ 5.11</b>
	<b>COSTO TOTALPOR C/30 CM.</b>			<b>\$ 28.36</b>

Tabla 6.14 Costo de cada ensayo por tintas penetrantes coloreadas

Fuente: Oswaldo Giovanni Arcos Aguilar

Una vez hallados el costos de ensayo de tintas penetrantes fluorescentes realizamos un breve análisis, si bien el costo del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes para una longitud equivalente de 25 centímetros es de \$39.19, mayor que el de tintas penetrantes coloreadas que es de \$28.36, debido a los

equipos e instrumentos necesarios para su realización que este requiere, como son cabinet de luz negra, lámpara de luz negra, medidor de intensidad de luz y, debido a la no existencia a nivel nacional de bombillas fluorescentes de repuesto cuyo costo se incluyó en la realización del mismo, este procedimiento se usa solamente en piezas o componentes críticos de máquinas o estructuras en donde se requieren alta sensibilidad en la detección de los defectos.

En lo que se refiere a la cantidad de ensayos que se pueden realizar por cada kit en aerosol de tintas penetrantes fluorescentes, aproximadamente es de 10, con lo que se obtiene un valor de \$391.90, y deduciendo el costo de consumibles (\$150.00) y mano de obra (\$90.00) se obtiene un beneficio económico de \$151.90. Además en este punto cabe indicar que como los equipos necesarios para la realización del ensayo en cuestión es una donación, no entran como activos fijos a los bienes de la institución, razón por la cual no es viable calcular algunos parámetros financieros como son: TMAR (Tasa Mínima Aceptable de Retorno), VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno).

## **6.9. ADMINISTRACIÓN.**

### **6.9.1. PLANEACIÓN.**

Previo a la realización del Ensayo No destructivo por tintas penetrantes fluorescentes, y evitar resultados equívocos, es importante tener en consideración los siguientes parámetros.

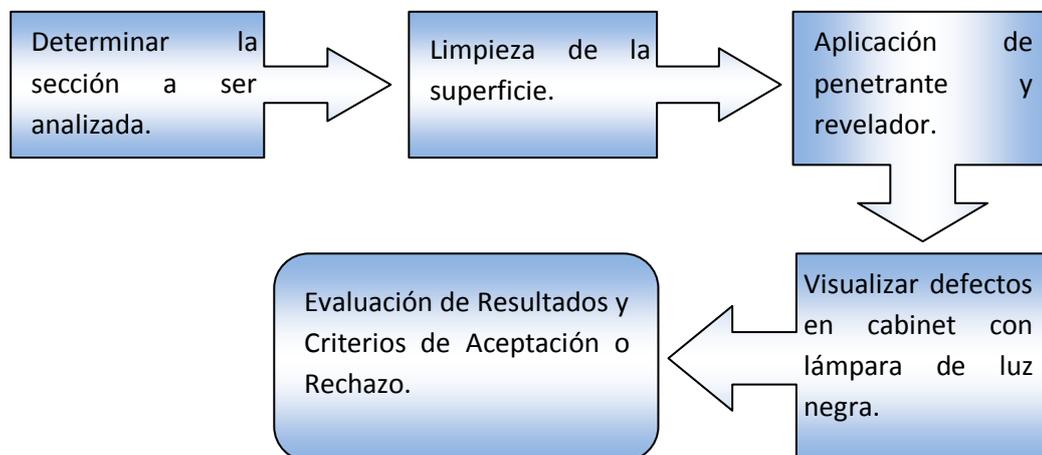
- Realizar un examen visual alrededor de la superficie a ensayar para determinar el lugar en el que pudieran existir defectos.
- Todos los equipos para la realización del ensayo deberán estar listos para evitar pérdidas de tiempo en su ejecución.
- En la realización del ensayo el momento de la limpieza inicial usar paños que no dejen pelusas, ya que éstas pueden provocar indicaciones falsas.
- Para la optima realización del ensayo se lo debe hacer a temperatura ambiente (de 16°C a 54°C), ya que si se sale de este rango se deberán hacer bloques patrón para validar los resultados que se obtengan.

Durante la realización del ensayo hay que tener presente que:

- En vista del que ensayo se realizará bajo normas, principalmente ASTM E-1417, estudiarla para la ejecución del ensayo y no cometer errores que puedan provocar resultados inválidos.
- Empezar con el ensayo inmediatamente después de que el o los sectores donde puedan existir defectos hayan sido identificados.
- En el momento de la aplicación del revelador seco hacerlo en un lugar donde no existan corrientes de aire.
- Establecer los niveles de intensidad de luz en el cabinet para la óptima visualización de defectos.
- Identificar los defectos presentes en la pieza a ser examinada con la ayuda de la lámpara de luz negra, previo precalentamiento de ésta.
- Establecer los criterios de aceptación o rechazo de los defectos hallados previa concordancia con la Norma AWS D1.1.

### 6.9.2. ORGANIZACIÓN

Después de realizar el conjunto de actividades anteriormente para el ensayo de tintas penetrantes fluorescentes y de realizadas algunos ensayos, se estableció un proceso óptimo, el cual se describe a continuación:



### **6.9.3. DIRECCIÓN.**

La ejecución del ensayo la puede realizar una persona con conocimientos en defectología y con cierto nivel de práctica en ensayos no destructivos a través del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes o coloreadas.

### **6.9.4. CONTROL.**

El ensayo se debe desarrollar usando las normas para la ejecución de éste como son la ASTM E165, ASTM E1219, ASTM E1417 que conjuntamente con la experiencia que se vaya adquiriendo harán que el ensayo se realice óptimamente, además de que permitirá analizar los resultados confiablemente con la norma AWS D1.1.

### **6.9.5. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.**

Establecidos los materiales y equipo necesario para la ejecución del ensayo de tintas penetrantes fluorescentes, cabe establecer ciertos parámetros en el transcurso de éste para su correcto desenvolvimiento y resultado.

Éste ensayo no debe ser desarrollado después de realizado uno por tintas penetrantes coloreadas, ya que esto afectará a la visualización de resultados.

A excepción de la etapa de visualización de defectos, todas se pueden realizar al aire libre en condiciones climáticas normales sin lluvia ni humedad excesiva, solo teniendo en cuenta la no presencia de viento turbulento ya que podría ocasionar pérdida del revelador de polvo seco.

Si bien todas las discontinuidades existentes aparecerán mostradas bajo la acción de la luz negra, es importante el uso de algún instrumento de aumento de visibilidad como una lupa, para tener certeza de la validez de los resultados obtenidos.

## **1. BIBLIOGRAFÍA.**

- 1) AUTORES VARIOS, (2004). “ASM Metals Handbook for Materials Research and Engineering, Vol II”
- 2) ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS, 2009.”Ensayos No Destructivos, Líquidos Penetrantes Nivel II”, Editorial Fundación Confemetal. Madrid. España.
- 3) FOSCA, Carlos, 2009. Introducción a la Metalurgia de la Soldadura. Imprenta PUCP. Lima. Perú.
- 4) HERNÁNDEZ, German, 2009. Manual del Soldador. Editorial Gráficas Rogar. Madrid. España.
- 5) MIÑO, Fredi. Curso de Líquidos Penetrantes Nivel II. Insepeca Cia. Ltda.
- 6) RUÍZ, Alfonso. Aplicaciones de los métodos de ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS al examen de LAS UNIONES SOLDADAS. Editorial Gráficas Garvica. Bilvao. España.
- 7) AMERICAN NATIONAL ESTÁNDAR, 2002. “AWS D1.1/D1.1M”
- 8) AMERICAN NATIONAL ESTÁNDAR, 1981. “AWS A5.1”
- 9) AMERICAN NATIONAL ESTÁNDAR, 1995. “ASTM E165”
- 10) AMERICAN NATIONAL ESTÁNDAR, 1995. “ASTM E1219”
- 11) AMERICAN NATIONAL ESTÁNDAR, 1995. “ASTM E1417”

## **DIRECCIONES ELECTRÓNICAS:**

- 12) <http://www.monografias.com/trabajos14/discontinuidades/discontinuidades.shtml>
- 13) [http://soldadura.org.ar/index.php?option=com\\_content&task=view&id=186&Itemid=70](http://soldadura.org.ar/index.php?option=com_content&task=view&id=186&Itemid=70)
- 14) <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/disultra.htm>
- 15) [http://www.aga.com.ec/international/web/ig/ec/likegagaec.nsf/docbyalias/info\\_welding\\_defects](http://www.aga.com.ec/international/web/ig/ec/likegagaec.nsf/docbyalias/info_welding_defects)

- 16) [http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/A53\\_steel](http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/A53_steel)
- 17) [www.indura.com.pe/\\_.../file\\_1774\\_manual%20de%20soldadura%20indura%202007.pdf](http://www.indura.com.pe/_.../file_1774_manual%20de%20soldadura%20indura%202007.pdf)
- 18) <http://es.wikipedia.org/wiki/Lux>
- 19) <http://elmundodelaaviacion.com.ar/manuales-tecnicos/41-ensayos-no-destructivos/151-instrumentacion-de-funcionamiento-para-el-equipo-zyglo-za-14>
- 20) <http://www.monografias.com/trabajos35/tipos-riesgos/tipos-riesgos.shtml>
- 21) <http://www.sistendca.com/DOCUMENTOS/LP.pdf>
- 22) [http://soldadura.org.ar/index.php?option=com\\_content&task=view&id=186&Itemid=70](http://soldadura.org.ar/index.php?option=com_content&task=view&id=186&Itemid=70)
- 23) <http://www.cendendt.com>
- 24) <http://www.magnaflux.com>
- 25) <http://www.asnt.org/index.html>

# **Anexos**

## **Anexo A**

# **PARAMETROS DE SOLDADURA**

## ANEXO A1

### CARACTERISTICAS DEL ELECTRODO AWS: E-6011

<b>INDURA 230</b>	<i>Clasificación AWS: E-6011</i>
Y Electrodo para acero al carbono Y Toda posición Y Corriente continua. Electrodo positivo	Y Corriente Alterna Y Revestimiento: Blanco Y Punto: Azul

#### Descripción

El electrodo tiene un revestimiento de tipo celulósico, con características similares al tipo E-6010 y formulado especialmente para obtener soldaduras de óptima calidad con corriente alterna, aunque su fórmula fue desarrollada especialmente para uso con corriente alterna, también se le puede usar con corriente continua, electrodo positivo. Su revestimiento celulósico produce una atmósfera gaseosa neutra, que protege el metal durante su fusión y al mismo tiempo produce escoria suficiente para eliminar las impurezas. Los cordones depositados por estos electrodos son de calidad radiográfica.

#### Usos

En general las aplicaciones de los electrodos 230 son similares a las de el electrodo E-6010.

#### Aplicaciones típicas

- Estructuras
- Cascos de barcos
- Relleno de piezas
- Cañerías de oleoductos
- Estanques

#### Procedimiento para soldar

La fuerte penetración de estos electrodos permite que el cordón de la soldadura tome los elementos de aleación de metal base, obteniéndose así un cordón de propiedades mecánicas superiores a las del metal base. Son electrodos especialmente apropiados para soldaduras verticales y sobrecabeza. En general las recomendaciones para su uso son similares a las del tipo E-6010.

En soldaduras verticales el movimiento de vaivén no necesita ser muy pronunciado, usando una longitud de arco y amperaje apropiado.

<b>Composición química (típica) del metal depositado:</b>						
C 0,10%; Mn 0,55%; P 0,01%; S 0,02%; Si 0,24%						
<b>Características típicas del metal depositado:</b>						
Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte (según norma AWS: A5.1-91):				Requerimientos según norma AWS: A5.1-91:		
Resistencia a la tracción : 66.800 lb/pulg <sup>2</sup> (461 MPa)				60.000 lb/pulg <sup>2</sup> (414 MPa)		
Límite de fluencia : 59.700 lb/pulg <sup>2</sup> (412 MPa)				48.000 lb/pulg <sup>2</sup> (331 MPa)		
Alargamiento en 50 mm. : 28%				22%		
<b>Amperajes recomendados:</b>						
Diámetro pulg.	Electrodo mm.	Longitud pulg.	Electrodo mm.	Amperaje		Electrodos x kg. aprox.
				min.	máx.	
3/32	2,4	12	300	50	90	81
1/8	3,2	14	350	80	120	37
5/32	4,0	14	350	120	160	26
3/16	4,8	14	350	140	220	18

FUENTE: MANUAL DE INDURA

## ANEXO A2

### CARACTERISTICAS DEL ELECTRODO AWS: E-7018

<b>INDURA 7018-RH</b>	<i>Clasificación AWS: E-7018</i>
Y Electrodo para acero al carbono Y Con hierro en polvo Y Toda posición Y Corriente continua. Electrodo positivo Y Revestimiento: Gris	Y Aprobado anualmente por el Lloyd's Register of Shipping, American Bureau of Shipping, Bureau Veritas, Germanischer Lloyd y Norske Veritas

#### Descripción

El electrodo 7018-RH es de bajo contenido de hidrógeno y resistente a la humedad. Está especialmente diseñado para soldaduras que requieren severos controles radiográficos en toda posición. Su arco es suave y la pérdida por salpicadura es baja.

#### Usos

El 7018-RH es recomendado para trabajos donde se requiere alta calidad radiográfica, particularmente en calderas y cañerías. Sus buenas propiedades físicas son ideales para ser usado en Astilleros.

#### Aplicaciones típicas

- Aceros Cor-Ten, Mayari-R
- Lukens 45 y 50
- Yolo y otros aceros estructurales de baja aleación

#### Procedimiento para soldar

Para soldaduras de filetes horizontales y trabajo de soldadura en sentido vertical descendente, debe usarse un arco corto. No se recomienda la técnica de arrastre.

En la soldadura en posición de sobrecabeza debe usarse un arco corto con ligero movimiento oscilatorio en la dirección de avance. Debe evitarse la oscilación brusca del electrodo. Para mayores detalles ver página 43. Observe las recomendaciones para almacenaje de los electrodos, pág. 16.

<b>Composición química (típica) del metal depositado:</b>						
C 0,06%; Mn 1,00%; P 0,012%; S 0,015%; Si 0,48%						
<b>Características típicas del metal depositado:</b>						
Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte (según norma AWS: A5.1-91):				Requerimientos según norma AWS: A5.1-91:		
Resistencia a la tracción : 73.000 lb/pulg <sup>2</sup> (505 MPa)				70.000 lb/pulg <sup>2</sup> (480 MPa)		
Límite de fluencia : 63.300 lb/pulg <sup>2</sup> (437 MPa)				58.000 lb/pulg <sup>2</sup> (390 MPa)		
Alargamiento en 50 mm. : 30%				22%		
<b>Amperajes recomendados:</b>						
Diámetro pulg.	Electrodo mm.	Longitud pulg.	Electrodo mm.	Amperaje min.	Amperaje máx.	Electrodos x kg. aprox.
3/32	2,4	12	300	70	120	65
1/8	3,2	14	350	120	150	32
5/32	4,0	14	350	140	200	19
3/16	4,8	14	350	200	275	14
1/4	6,4	18	450	275	400	7

FUENTE: MANUAL DE INDURA.

ANEXO A3

PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO ASTM A36

**TABLE 3 Tensile Requirements<sup>A</sup>**

Plates, Shapes, <sup>B</sup> and Bars:	
Tensile strength, ksi [MPa]	58–80 [400–550]
Yield point, min, ksi [MPa]	36 [250] <sup>C</sup>
Plates and Bars <sup>D,E</sup> :	
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	23
Shapes:	
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	21 <sup>B</sup>

<sup>A</sup> See the Orientation subsection in the Tension Tests section of Specification A 6/A 6M.

<sup>B</sup> For wide flange shapes over 426 lb/ft [634 kg/m], the 80 ksi [550 MPa] maximum tensile strength does not apply and a minimum elongation in 2 in. [50 mm] of 19 % applies.

<sup>C</sup> Yield point 32 ksi [220 MPa] for plates over 8 in. [200 mm] in thickness.

<sup>D</sup> Elongation not required to be determined for floor plate.

<sup>E</sup> For plates wider than 24 in. [600 mm], the elongation requirement is reduced two percentage points. See the Elongation Requirement Adjustments subsection under the Tension Tests section of Specification A 6/A 6M.

FUENTE: NORMA ASTM designation: A 36/A 36M

ANEXO A4

PROPIEDADES MECANICAS DEL ASTM ACERO A 53 Gr. B

**TABLE 2 Tensile Requirements**

	Type F	Types E and S	
	Open-Hearth, Basic Oxygen, or Electric- Furnace, Grade A	Grade A	Grade B
Tensile strength, min, psi [MPa]	48 000 [330]	48 000 [330]	60 000 [415]
Yield strength, min, psi, [MPa]	30 000 [205]	30 000 [205]	35 000 [240]
Elongation in 2 in. [50 mm]	<i>A,B</i>	<i>A,B</i>	<i>A,B</i>

<sup>A</sup> The minimum elongation in 2 in. [50 mm] shall be that determined by the following equation:

$$e = 625\ 000 [1940] A^{0.2}/U^{0.9}$$

where:

- e* = minimum elongation in 2 in. [50 mm] in percent rounded to the nearest percent,
- A* = cross-sectional area of the tension specimen, rounded to the nearest 0.01 in.<sup>2</sup> [1 mm<sup>2</sup>], based on the specified outside diameter or the nominal specimen width and specified wall thickness. If the area calculated is equal to or greater than 0.75 in.<sup>2</sup> [500 mm<sup>2</sup>], then the value 0.75 in.<sup>2</sup> [500 mm<sup>2</sup>] shall be used, and
- U* = specified tensile strength, psi [MPa].

<sup>B</sup> See Table X4.1 or Table X4.2, whichever is applicable, for minimum elongation values for various size tension specimens and grades.

FUENTE: NORMA ASTM designation: A 53/A 53M

## ANEXO A5

### DISEÑO DE LA JUNTA SOLDADA

Single-V-groove weld (2)  
Butt joint (B)

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	Root Opening Root Face Groove Angle	Tolerances				
					As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)			
SMAW	B-U2	U	—	R = 0 to 1/8 f = 0 to 1/8 $\alpha = 60^\circ$	+1/16, -0 +1/16, -0 +10°, -0°	+1/16, -1/8 Not limited +10°, -5°	All	—	4, 5, 10
GMAW FCAW	B-U2-GF	U	—	R = 0 to 1/8 f = 0 to 1/8 $\alpha = 60^\circ$	+1/16, -0 +1/16, -0 +10°, -0°	+1/16, -1/8 Not limited +10°, -5°	All	Not required	1, 4, 10
SAW	B-L2c-S	Over 1/2 to 1	—	R = 0 f = 1/4 max $\alpha = 60^\circ$	R = $\pm 0$ f = +0, -f $\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+1/16, -0 $\pm 1/16$ +10°, -5°	F	—	4, 10
		Over 1 to 1-1/2	—	R = 0 f = 1/2 max $\alpha = 60^\circ$					
		Over 1-1/2 to 2	—	R = 0 f = 5/8 max $\alpha = 60^\circ$					

FUENTE: NORMA AWS D1.1 Structural Welding Code-Steel.

**Anexo B**

**NORMA AWS**

## ANEXO B1

### NORMA AWS D1.1 (CÓDIGO DE SOLDADURA)

SOLO CONSTAN LAS PAGINAS DE LAS CUALES SE TOMO LA INFORMACION PARA REALIZAR LA PRESENTE INVESTIGACION.

Menu

SECTION 5. FABRICATION

AWS D1.1/D1.1M:2002

and shall have at least 75% of the stiffener bearing cross-sectional area in contact with the inner surface of the flanges. The outer surface of the flanges when bearing against a steel base or seat shall fit within 0.010 in. [0.25 mm] for 75% of the projected area of web and stiffeners and not more than 1/32 in. [1 mm] for the remaining 25% of the projected area. Girders without stiffeners shall bear on the projected area of the web on the outer flange surface within 0.010 in. [0.25 mm] and the included angle between web and flange shall not exceed 90° in the bearing length (see Commentary).

#### 5.23.11 Tolerance on Stiffeners

**5.23.11.1 Fit of Intermediate Stiffeners.** Where tight fit of intermediate stiffeners is specified, it shall be defined as allowing a gap of up to 1/16 in. [2 mm] between stiffener and flange.

**5.23.11.2 Straightness of Intermediate Stiffeners.** The out-of-straightness variation of intermediate stiffeners shall not exceed 1/2 in. [12 mm] for girders up to 6 ft [1.8 m] deep, and 3/4 in. [20 mm] for girders over 6 ft [1.8 m] deep, with due regard for members which frame into them.

**5.23.11.3 Straightness and Location of Bearing Stiffeners.** The out-of-straightness variation of bearing stiffeners shall not exceed 1/4 in. [6 mm] up to 6 ft [1.8 m] deep or 1/2 in. [12 mm] over 6 ft deep. The actual centerline of the stiffener shall lie within the thickness of the stiffener as measured from the theoretical centerline location.

**5.23.11.4 Other Dimensional Tolerances.** Twist of box members and other dimensional tolerances of members not covered by 5.23 shall be individually determined and mutually agreed upon by the Contractor and the Owner with proper regard for erection requirements.

#### 5.24 Weld Profiles

All welds, except as otherwise allowed below, shall be free from cracks, overlaps, and the unacceptable profile discontinuities exhibited in Figure 5.4.

**5.24.1 Fillet Welds.** The faces of fillet welds may be slightly convex, flat, or slightly concave as shown in Figure 5.4. Figure 5.4(C) shows typically unacceptable fillet weld profiles.

**5.24.2 Exception for Intermittent Fillet Welds.** Except for undercut, as allowed by the code, the profile requirements of Figure 5.4 shall not apply to the ends of intermittent fillet welds outside their effective length.

**5.24.3 Convexity.** Except at outside welds in corner joints, the convexity *C* of a weld or individual surface bead shall not exceed the values given in Figure 5.4.

**5.24.4 Groove or Butt Welds.** Groove welds shall be made with minimum face reinforcement unless otherwise specified. In the case of butt and corner joints, face reinforcement shall not exceed 1/8 in. [3 mm] in height. All welds shall have a gradual transition to the plane of the base-metal surfaces with transition areas free from undercut except as allowed by this code. Figure 5.4(D) shows typically acceptable groove weld profiles in butt joints. Figure 5.4(E) shows typically unacceptable weld profiles for groove weld butt joints.

**5.24.4.1 Flush Surfaces.** Butt welds required to be flush shall be finished so as to not reduce the thicknesses of the thinner base metal or weld metal by more than 1/32 in. [1 mm], or 5% of the material thickness, whichever is less. Remaining reinforcement shall not exceed 1/32 in. [1 mm] in height. However, all reinforcement shall be removed where the weld forms part of a faying or contact surface. All reinforcement shall blend smoothly into the plate surfaces with transition areas free from undercut.

**5.24.4.2 Finish Methods and Values.** Chipping and gouging may be used provided these are followed by grinding. Where surface finishing is required, roughness values (see ASME B46.1) shall not exceed 250 microinches [6.3 micrometers]. Surfaces finished to values of over 125 microinches [3.2 micrometers] through 250 microinches shall be finished parallel to the direction of primary stress. Surfaces finished to values of 125 microinches or less may be finished in any direction.

#### 5.25 Technique for Plug and Slot Welds

**5.25.1 Plug Welds.** The technique used to make plug welds when using SMAW, GMAW, (except GMAW-S), and FCAW processes shall be as follows:

**5.25.1.1 Flat Position.** For welds to be made in the flat position, each pass shall be deposited around the root of the joint and then deposited along a spiral path to the center of the hole, fusing and depositing a layer of weld metal in the root and bottom of the joint. The arc is then carried to the periphery of the hole and the procedure repeated, fusing and depositing successive layers to fill the hole to the required depth. The slag covering the weld metal should be kept molten until the weld is finished. If the arc is broken or the slag is allowed to cool, the slag must be completely removed before restarting the weld.

be measured with suitable gages. Visual inspection for cracks in welds and base metal and other discontinuities should be aided by a strong light, magnifiers, or such other devices as may be found helpful.

**6.5.6 Inspector Identification of Inspections Performed.** Inspectors shall identify with a distinguishing mark or other recording methods all parts or joints that they have inspected and accepted. Any recording method which is mutually agreeable may be used. Die stamping of cyclically loaded members without the approval of the Engineer shall be prohibited.

**6.5.7 Maintenance of Records.** The Inspector shall keep a record of qualifications of all welders, welding operators, and tack welders; all WPS qualifications or other tests that are made; and such other information as may be required.

## *Part B*

### *Contractor Responsibilities*

#### 6.6 Obligations of the Contractor

**6.6.1 Contractor Responsibilities.** The Contractor shall be responsible for visual inspection and necessary correction of all deficiencies in materials and workmanship in conformance with the requirements of this code.

**6.6.2 Inspector Requests.** The Contractor shall comply with all requests of the Inspector(s) to correct deficiencies in materials and workmanship as provided in the contract documents.

**6.6.3 Engineering Judgment.** In the event that faulty welding, or its removal for rewelding, damages the base metal so that in the judgment of the Engineer its retention is not in conformance with the intent of the contract documents, the Contractor shall remove and replace the damaged base metal or shall compensate for the deficiency in a manner approved by the Engineer.

**6.6.4 Specified NDT Other than Visual.** When NDT other than visual inspection is specified in the information furnished to bidders, it shall be the Contractor's responsibility to ensure that all specified welds shall meet the quality requirements of Section 6, Part C, whichever is applicable.

**6.6.5 Nonspecified NDT Other than Visual.** If NDT other than visual inspection is not specified in the original contract agreement but is subsequently requested by the Owner, the Contractor shall perform any requested testing or shall allow any testing to be performed in conformance

with 6.14. The Owner shall be responsible for all associated costs including handling, surface preparation, NDT, and repair of discontinuities other than those described in 6.9, whichever is applicable, at rates mutually agreeable between Owner and Contractor. However, if such testing should disclose an attempt to defraud or gross nonconformance to this code, repair work shall be done at the Contractor's expense.

## *Part C*

### *Acceptance Criteria*

#### 6.7 Scope

Acceptance criteria for visual and NDT inspection of tubular connections and statically and cyclically loaded nontubular connections are described in Part C. The extent of examination and the acceptance criteria shall be specified in the contract documents on information furnished to the bidder.

#### 6.8 Engineer's Approval for Alternate Acceptance Criteria

The fundamental premise of the code is to provide general stipulations applicable to most situations. Acceptance criteria for production welds different from those described in the code may be used for a particular application, provided they are suitably documented by the proposer and approved by the Engineer. These alternate acceptance criteria may be based upon evaluation of suitability for service using past experience, experimental evidence or engineering analysis considering material type, service load effects, and environmental factors.

#### 6.9 Visual Inspection

All welds shall be visually inspected and shall be acceptable if the criteria of Table 6.1 are satisfied.

#### 6.10 PT and MT

Welds that are subject to MT and PT, in addition to visual inspection, shall be evaluated on the basis of the applicable requirements for visual inspection. The testing shall be performed in conformance with 6.14.4 or 6.14.5, whichever is applicable.

## 6.11 NDT

Except as provided for in 6.18, all NDT methods including equipment requirements and qualifications, personnel qualifications, and operating methods shall be in conformance with Section 6, Inspection. Acceptance criteria shall be as described in this section. Welds subject to NDT shall have been found acceptable by visual inspection in conformance with 6.9.

For welds subject to NDT in conformance with 6.10, 6.11, 6.12.3, and 6.13.3, the testing may begin immediately after the completed welds have cooled to ambient temperature. Acceptance criteria for ASTM A 514, A 517, and A 709 Grade 100 and 100W steels shall be based on NDT performed not less than 48 hours after completion of the welds.

**6.11.1 Tubular Connection Requirements.** For CJP groove butt welds welded from one side without backing, the entire length of all completed tubular production welds shall be examined by either RT or UT. The acceptance criteria shall conform to 6.12.3 or 6.13.3 as applicable.

## 6.12 RT

Welds shown by RT that do not meet the requirements of Part C, or alternate acceptance criteria per 6.8, shall be repaired in conformance with 5.26. Discontinuities other than cracks shall be evaluated on the basis of being either elongated or rounded. Regardless of the type of discontinuity, an elongated discontinuity shall be defined as one in which its length exceeds three times its width. A rounded discontinuity shall be defined as one in which its length is three times its width or less and may be round or irregular and may have tails.

### 6.12.1 Acceptance Criteria for Statically Loaded Nontubular Connections

**6.12.1.1 Discontinuities.** Welds that are subject to RT in addition to visual inspection shall have no cracks and shall be unacceptable if the RT shows any discontinuities exceeding the following limitations (E = weld size).

- (1) Elongated discontinuities exceeding the maximum size of Figure 6.1.
- (2) Discontinuities closer than the minimum clearance allowance of Figure 6.1.
- (3) Rounded discontinuities greater than a maximum of size of E/3, not to exceed 1/4 in. [6 mm]. However, when the thickness is greater than 2 in. [50 mm], the maximum rounded indication may be 3/8 in. [10 mm]. The minimum clearance of this type of discontinuity greater than or equal to 3/32 in. [2.5 mm] to an acceptable elongated or rounded discontinuity or to an edge or end of an

intersecting weld shall be three times the greatest dimension of the larger of the discontinuities being considered.

(4) Isolated discontinuities such as a cluster of rounded indications, having a sum of their greatest dimensions exceeding the maximum size single discontinuity allowed in Figure 6.1. The minimum clearance to another cluster or an elongated or rounded discontinuity or to an edge or end of an intersecting weld shall be three times the greatest dimension of the larger of the discontinuities being considered.

(5) The sum of individual discontinuities each having a greater dimension of less than 3/32 in. [2.5 mm] shall not exceed 2E/3 or 3/8 in. [10 mm], whichever is less, in any linear 1 in. [25 mm] of weld. This requirement is independent of (1), (2), and (3) above.

(6) In-line discontinuities, where the sum of the greatest dimensions exceeds E in any length of 6E. When the length of the weld being examined is less than 6E, the allowable sum of the greatest dimensions shall be proportionally less.

**6.12.1.2 Illustration of Requirements.** Figure 6.2 and Figure 6.3 illustrate the application of the requirements given in 6.12.1.1.

**6.12.2 Acceptance Criteria for Cyclically Loaded Nontubular Connections.** Welds that are subject to RT in addition to visual inspection shall have no cracks and shall be unacceptable if the RT shows any of the types of discontinuities described in 6.12.2.1, 6.12.2.2, 6.12.2.3, or 6.12.2.4.

**6.12.2.1 Tensile Stress Welds.** For welds subject to tensile stress under any condition of loading, the greatest dimension of any porosity or fusion-type discontinuity that is 1/16 in. [2 mm] or larger in greatest dimension shall not exceed the size, B, indicated in Figure 6.4, for the weld size involved.

The distance from any porosity or fusion-type discontinuity described above to another such discontinuity, to an edge, or to the toe or root of any intersecting flange-to-web weld shall be not less than the minimum clearance allowed, C, indicated in Figure 6.4, for the size of discontinuity under examination.

**6.12.2.2 Compressive Stress Welds.** For welds subject to compressive stress only and specifically indicated as such on the design drawings, the greatest dimension of porosity or a fusion-type discontinuity that is 1/8 in. [3 mm] or larger in greatest dimension shall not exceed the size, B, nor shall the space between adjacent discontinuities be less than the minimum clearance allowed, C, indicated by Figure 6.5 for the size of discontinuity under examination.

**6.12.2.3 Discontinuities Less than 1/16 in. [2 mm].** Independent of the requirements of 6.12.2.1 and

6.12.2.2, discontinuities having a greatest dimension of less than 1/16 in. [2 mm] shall be unacceptable if the sum of their greatest dimensions exceeds 3/8 in. [10 mm] in any linear inch of weld.

**6.12.2.4 Limitations.** The limitations given by Figures 6.4 and 6.5 for 1-1/2 in. [38 mm] weld size shall apply to all weld sizes greater than 1-1/2 in. [38 mm] thickness.

**6.12.2.5 Annex V Illustration.** Annex V illustrates the application of the requirements given in 6.12.2.1.

### 6.12.3 Acceptance Criteria for Tubular Connections

**6.12.3.1 Discontinuities.** Welds that are subject to RT in addition to visual inspection shall have no cracks and shall be unacceptable if the RT shows any discontinuities exceeding the following limitations (E = weld size).

(1) Elongated discontinuities exceeding the maximum size of Figure 6.6.

(2) Discontinuities closer than the minimum clearance allowance of Figure 6.6.

(3) At the intersection of a weld with another weld or a free edge (i.e., an edge beyond which no material extension exists), acceptable discontinuities shall:

(a) Conform to the limitations of Figure 6.6 for each individual weld

(b) Conform to the intersecting weld limitations of Figure 6.6, Case I or II, as applicable

(4) Isolated discontinuities such as a cluster of rounded indications, having a sum of their greatest dimensions exceeding the maximum size single discontinuity allowed in Figure 6.6. The minimum clearance to another cluster or an elongated or rounded discontinuity or to an edge or end of an intersecting weld shall be three times the greatest dimension of the larger of the discontinuities being considered.

(5) The sum of individual discontinuities each having a greater dimension of less than 3/32 in. [2.5 mm] shall not exceed 2E/3 or 3/8 in. [10 mm], whichever is less, in any linear 1 in. [25 mm] of weld. This requirement is independent of (1), (2), and (3) above.

(6) In-line discontinuities, where the sum of the greatest dimensions exceeds E in any length of 6E. When the length of the weld being examined is less than 6E, the allowable sum of the greatest dimensions shall be proportionally less.

**6.12.3.2 Illustration.** Figures 6.2 and 6.3 illustrate the application of the requirements given in 6.12.3.1.

## 6.13 UT

**6.13.1 Acceptance Criteria for Statically Loaded Nontubular Connections.** The acceptance criteria for

welds subject to UT in addition to visual inspection shall meet the requirements of Table 6.2. For CJP web-to-flange welds, acceptance of discontinuities detected by scanning movements other than scanning pattern 'E' (see 6.32.2.2) may be based on weld thickness equal to the actual web thickness plus 1 in. [25 mm]. Discontinuities detected by scanning pattern 'E' shall be evaluated to the criteria of Table 6.2 for the actual web thickness. When CJP web-to-flange welds are subject to calculated tensile stress normal to the weld, they should be so designated on the design drawing and shall conform to the requirements of Table 6.2. Ultrasonically tested welds are evaluated on the basis of a discontinuity reflecting ultrasound in proportion to its effect on the integrity of the weld. Indications of discontinuities that remain on the display as the search unit is moved towards and away from the discontinuity (scanning movement "b") may be indicative of planar discontinuities with significant through-throat dimension.

Since the major reflecting surface of the most critical discontinuities is oriented a minimum of 20° (for a 70° search unit) to 45° (for a 45° search unit) from perpendicular to the sound beam, amplitude evaluation (dB rating) does not allow reliable disposition. When indications exhibiting these planar characteristics are present at scanning sensitivity, a more detailed evaluation of the discontinuity by other means shall be required (e.g., alternate UT techniques, RT, grinding or gouging for visual inspection, etc.).

**6.13.2 Acceptance Criteria for Cyclically Loaded Nontubular Connections.** The acceptance criteria for welds subject to UT in addition to visual inspection shall meet the following requirements:

(1) Welds subject to tensile stress under any condition of loading shall conform to the requirements of Table 6.3.

(2) Welds subject to compressive stress shall conform to the requirements of Table 6.2.

**6.13.2.1 Indications.** Ultrasonically tested welds are evaluated on the basis of a discontinuity reflecting ultrasound in proportion to its effect on the integrity of the weld. Indications of discontinuities that remain on the display as the search unit is moved towards and away from the discontinuity (scanning movement "b") may be indicative of planar discontinuities with significant through throat dimension. As the orientation of such discontinuities, relative to the sound beam, deviates from the perpendicular, dB ratings which do not allow direct, reliable evaluation of the welded joint integrity may result. When indications that exhibit these planar characteristics are present at scanning sensitivity, a more detailed evaluation of the discontinuity by other means

may be required (e.g., alternate UT techniques, RT, grinding, or gouging for visual inspection, etc.).

**6.13.2.2 Scanning.** CJP web-to-flange welds shall conform to the requirements of Table 6.2, and acceptance for discontinuities detected by scanning movements other than scanning pattern 'E' (see 6.32.2.2) may be based on a weld thickness equal to the actual web thickness plus 1 in. [25 mm]. Discontinuities detected by scanning pattern 'E' shall be evaluated to the criteria of 6.13.2 for the actual web thickness. When such web-to-flange welds are subject to calculated tensile stress normal to the weld, they shall be so designated on design drawings and shall conform to the requirements of Table 6.3.

**6.13.3 Acceptance Criteria for Tubular Connections.** Acceptance criteria for UT shall be as provided in contract documents. Class R or Class X, or both, may be incorporated by reference. Amplitude based acceptance criteria as given by 6.13.1 may also be used for groove welds in butt joints in tubing 24 in. [600 mm] in diameter and over, provided all relevant provisions of Section 6, Part F, are followed. However, these amplitude criteria shall not be applied to tubular T-, Y-, and K-connections.

**6.13.3.1 Class R (Applicable When UT is Used as an Alternate to RT).** All indications having one-half (6 dB) or less amplitude than the standard sensitivity level (with due regard for 6.27.6) shall be disregarded. Indications exceeding the disregard level shall be evaluated as follows:

- (1) Isolated random spherical reflectors, with 1 in. [25 mm] minimum separation up to the standard sensitivity level shall be accepted. Larger reflectors shall be evaluated as linear reflectors.
- (2) Aligned spherical reflectors shall be evaluated as linear reflectors.
- (3) Clustered spherical reflectors having a density of more than one per square inch [645 square millimeters] with indications above the disregard levels (projected area normal to the direction of applied stress, averaged over a 6 in. [150 mm] length of weld) shall be rejected.
- (4) Linear or planar reflectors whose lengths (extent) exceed the limits of Figure 6.7 shall be rejected. Additionally, root reflectors shall not exceed the limits of Class X.

**6.13.3.2 Class X (Experience-Based, Fitness-for-Purpose Criteria Applicable to T-, Y-, and K-Connections in Redundant Structures with Notch-Tough Weldments).** All indications having half (6 dB) or less amplitude than the standard sensitivity level (with due regard for 6.27.6) shall be disregarded. Indications exceeding the disregard level shall be evaluated as follows:

(1) Spherical reflectors shall be as described in Class R, except that any indications within the following limits for linear or planar shall be acceptable.

(2) Linear or planar reflectors shall be evaluated by means of beam boundary techniques, and those whose dimensions exceeded the limits of Figure 6.8 shall be rejected. The root area shall be defined as that lying within 1/4 in. [6 mm] or  $t_w/4$ , whichever is greater, of the root of the theoretical weld, as shown in Figure 3.8.

## Part D NDT Procedures

### 6.14 Procedures

The NDT procedures as described in this code have been in use for many years and provide reasonable assurance of weld integrity; however, it appears that some users of the code incorrectly consider each method capable of detecting all unacceptable discontinuities. Users of the code should become familiar with all the limitations of NDT methods to be used, particularly the inability to detect and characterize planar discontinuities with specific orientations. (The limitations and complementary use of each method are explained in the latest edition of AWS B1.10, *Guide for Nondestructive Inspection of Welds*.)

**6.14.1 RT.** When RT is used, the procedure and technique shall be in conformance with Part E of this section.

**6.14.2 Radiation Imaging Systems.** When examination is performed using radiation imaging systems, the procedures and techniques shall be in conformance with Part G of this section.

**6.14.3 UT.** When UT is used, the procedure and technique shall be in conformance with Part F of this section.

**6.14.4 MT.** When MT is used, the procedure and technique shall be in conformance with ASTM E 709, and the standard of acceptance shall be in conformance with Section 6, Part C, of this code, whichever is applicable.

**6.14.5 PT.** For detecting discontinuities that are open to the surface, PT may be used. The standard methods set forth in ASTM E 165 shall be used for PT inspection, and the standards of acceptance shall be in conformance with Section 6, Part C, of this code, whichever is applicable.

#### 6.14.6 Personnel Qualification

**6.14.6.1 ASNT Requirements.** Personnel performing NDT other than visual shall be qualified in conformance with the current edition of the American Society for Nondestructive Testing Recommended Practice No.

**Table 6.1**  
**Visual Inspection Acceptance Criteria (see 6.9)**

Discontinuity Category and Inspection Criteria	Statically Loaded Nontubular Connections	Cyclically Loaded Nontubular Connections	Tubular Connections (All Loads)										
<b>(1) Crack Prohibition</b> Any crack shall be unacceptable, regardless of size or location.	X	X	X										
<b>(2) Weld/Base-Metal Fusion</b> Thorough fusion shall exist between adjacent layers of weld metal and between weld metal and base metal.	X	X	X										
<b>(3) Crater Cross Section</b> All craters shall be filled to provide the specified weld size, except for the ends of intermittent fillet welds outside of their effective length.	X	X	X										
<b>(4) Weld Profiles</b> Weld profiles shall be in conformance with 5.24.	X	X	X										
<b>(5) Time of Inspection</b> Visual inspection of welds in all steels may begin immediately after the completed welds have cooled to ambient temperature. Acceptance criteria for ASTM A 514, A 517, and A 709 Grade 100 and 100 W steels shall be based on visual inspection performed not less than 48 hours after completion of the weld.	X	X	X										
<b>(6) Undersized Welds</b> The size of a fillet weld in any continuous weld may be less than the specified nominal size (L) without correction by the following amounts (U):  <table border="0" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">L,</td> <td style="text-align: center;">U,</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><u>specified nominal weld size, in. [mm]</u></td> <td style="text-align: center;"><u>allowable decrease from L, in. [mm]</u></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">≤ 3/16 [5]</td> <td style="text-align: center;">≤ 1/16 [2]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1/4 [6]</td> <td style="text-align: center;">≤ 3/32 [2.5]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">≥ 5/16 [8]</td> <td style="text-align: center;">≤ 1/8 [3]</td> </tr> </table> In all cases, the undersize portion of the weld shall not exceed 10% of the weld length. On web-to-flange welds on girders, underrun shall be prohibited at the ends for a length equal to twice the width of the flange.	L,	U,	<u>specified nominal weld size, in. [mm]</u>	<u>allowable decrease from L, in. [mm]</u>	≤ 3/16 [5]	≤ 1/16 [2]	1/4 [6]	≤ 3/32 [2.5]	≥ 5/16 [8]	≤ 1/8 [3]	X	X	X
L,	U,												
<u>specified nominal weld size, in. [mm]</u>	<u>allowable decrease from L, in. [mm]</u>												
≤ 3/16 [5]	≤ 1/16 [2]												
1/4 [6]	≤ 3/32 [2.5]												
≥ 5/16 [8]	≤ 1/8 [3]												
<b>(7) Undercut</b> (A) For material less than 1 in. [25 mm] thick, undercut shall not exceed 1/32 in. [1 mm], with the following exception: undercut shall not exceed 1/16 in. [2 mm] for any accumulated length up to 2 in. [50 mm] in any 12 in. [300 mm]. For material equal to or greater than 1 in. thick, undercut shall not exceed 1/16 in. [2 mm] for any length of weld. (B) In primary members, undercut shall be no more than 0.01 in. [0.25 mm] deep when the weld is transverse to tensile stress under any design loading condition. Undercut shall be no more than 1/32 in. [1 mm] deep for all other cases.	X												
<b>(8) Porosity</b> (A) CJP groove welds in butt joints transverse to the direction of computed tensile stress shall have no visible piping porosity. For all other groove welds and for fillet welds, the sum of the visible piping porosity 1/32 in. [1 mm] or greater in diameter shall not exceed 3/8 in. [10 mm] in any linear inch of weld and shall not exceed 3/4 in. [20 mm] in any 12 in. [300 mm] length of weld. (B) The frequency of piping porosity in fillet welds shall not exceed one in each 4 in. [100 mm] of weld length and the maximum diameter shall not exceed 3/32 in. [2.5 mm]. Exception: for fillet welds connecting stiffeners to web, the sum of the diameters of piping porosity shall not exceed 3/8 in. [10 mm] in any linear inch of weld and shall not exceed 3/4 in. [20 mm] in any 12 in. [300 mm] length of weld. (C) CJP groove welds in butt joints transverse to the direction of computed tensile stress shall have no piping porosity. For all other groove welds, the frequency of piping porosity shall not exceed one in 4 in. [100 mm] of length and the maximum diameter shall not exceed 3/32 in. [2.5 mm].	X												
		X	X										
		X	X										

General Note: An "X" indicates applicability for the connection type; a shaded area indicates non-applicability.

tinuities not reasonably expected to be discovered during visual inspection. Since there is a limit to the defects that might reasonably be expected to be found in welds, welds that contain defects which are considered beyond reasonable weld quality standards and which appear to result from gross nonconformance to this code shall be repaired or replaced at the Contractor's expense in conformance with 5.26.1.

### *Part C* *Acceptance Criteria*

#### **C6.7 Scope**

Visual and RT weld quality requirements for tubular structures are essentially the same as for statically loaded structures (see Section 6, Part C, and the Commentary). RT can generally not be applied successfully to inspection of tubular T-, Y-, and K-connections.

#### **C6.8 Engineer's Approval for Alternate Acceptance Criteria**

The criteria provided in Section 5, Fabrication, are based upon knowledgeable judgment of what is achievable by a qualified welder. The criteria in Section 5 should not be considered as a boundary of suitability for service. Suitability for service analysis would lead to widely varying workmanship criteria unsuitable for a standard code. Furthermore, in some cases, the criteria would be more liberal than what is desirable and producible by a qualified welder. In general, the appropriate quality acceptance criteria and whether a deviation produces a harmful product should be the Engineer's decision. When modifications are approved, evaluation of suitability for service using modern fracture mechanics techniques, a history of satisfactory service in similar structures, or experimental evidence is recognized as a suitable basis for alternate acceptance criteria for welds.

**C Table 6.1 Item 8—Piping Porosity.** Table 6.1 contains visual acceptance criteria for surface-breaking piping porosity, since this is visually detectable, and may significantly reduce the cross sectional areas of the weld available to resist applied loads. Other forms of surface-breaking porosity do not reduce the cross sectional area as significantly (see Annex B for a definition of piping porosity).

#### **C6.9 Visual Inspection**

This article makes visual inspection of welds mandatory and contains the acceptance criteria for it. The workmanship requirements of Section 5, are also subject to visual inspection. Allowable depth of undercut was revised in the 1980 edition of the code to more accurately reflect an acceptable percentage reduction of cross-sectional area for three categories of stress. The undercut values are for structures and individual members that are essentially statically loaded.

Undercut values for cyclically loaded structures or tubular structures (6.9) have not been changed and should be specified for structures and individual members subject to cyclic loading.

#### **C6.10 PT and MT**

The MT acceptance criteria included in the code are based on the size of the actual discontinuity, and not the size of the discontinuity as indicated by the MT indicating medium. When surface discontinuities are revealed by MT means, acceptance shall be based on a direct visual measurement of the actual discontinuity. Where the discontinuity cannot be visually seen (with magnification if required) after removal of the indicating medium, evaluation shall be based on the size and nature of the MT indication. For subsurface discontinuities, the evaluation shall be based on the size of the discontinuity indication because the discontinuity is not accessible.

The code does not include acceptance criteria for liquid penetrant testing based on bleedout of the dye. When PT is used, the acceptance of any discontinuity shall be based on a visual evaluation of the discontinuity after the removal of the indicating medium. Where the discontinuity cannot be seen (with magnification if required) after removal of the indicating medium, evaluation shall be based on the size and nature of the PT indication. Observation of the penetrant as it bleeds out will provide useful information concerning the nature of the discontinuity.

#### **C6.11 NDT**

The weld quality requirements for NDT are not a part of the contract unless NDT is specified in information furnished to the bidders or is subsequently made a part of the contract. Both the Owner and Contractor should give careful attention to the provisions of 6.6.5 and 6.14.1. When, in addition to the requirement for visual inspection, NDT is specified, the acceptance criteria of 6.11, 6.12, or 6.13 apply. The acceptance criteria for ASTM

and curvature), and discontinuity orientation (e.g., a surface discontinuity may produce a larger echo than an interior discontinuity of the same size). Transfer correction is described in subsection 3.6.5 of Reference 10 of C2.

Amplitude calibration becomes increasingly difficult for small diameter (under 12 in. (300 mm)) or with thin wall (under 1/2 in. [12 mm]), or both. In the root area of tubular T-, Y-, and K-connections, prominent corner reflectors are often present which cannot be evaluated solely on the basis of amplitude; in this case, beam boundary techniques are useful for determining the size of the larger discontinuities of real concern. Beam boundary techniques are described in subsection 3.8.3.2 of Reference 10 of C2.

The UT acceptance criteria should be applied with the judgment of the Engineer, considering the following factors:

(1) For tubular T-, Y-, and K-connections having CJP groove welds made from the outside only (see Figures 3.6 and Figures 3.8–3.10), root discontinuities are less detrimental and more difficult to repair than those elsewhere in the weld.

(2) It should be recognized that both false alarms (UT discontinuities that are not subsequently verified during the repair) and occasionally missed discontinuities may occur. The former is a part of the cost of the inspection, while the latter emphasize the need for structural redundancy and notch-tough steel.

## **Part D** ***Nondestructive Testing***

### **C6.14 Procedures**

In addition to visual inspection, which is always necessary to achieve compliance with code requirements, four NDT methods are provided for in the code: (1) RT, (2) UT, (3) MT, and (4) PT.

RT and UT are used to detect both surface and internal discontinuities. MT is used to detect surface and near surface discontinuities. PT is used to detect discontinuities open to the surface. Other NDT methods may be used upon agreement between Owner and Contractor.

**C6.14.6 Personnel Qualification.** Only individuals that qualify to SNT-TC-1A NDT Level II may perform NDT without supervision. Level III individuals may also perform NDT tests provided they meet the requirements of NDT Level II. NDT Level III engineers and technicians are generally supervisors and may not be actively engaged in the actual work of testing. Since there is no performance qualification test for individuals qualified to NDT Level III, all individuals providing testing services

under the code shall be qualified to Level II, which has specific performance qualification requirements.

### **C6.15 Extent of Testing**

It is important that joints to be nondestructively examined be clearly described in the information furnished to bidders as explained in Part A of this Commentary.

**C6.15.3 Spot Testing.** It is assumed that if rejectable discontinuities are found in one spot and again in either of the additional required spot radiographs, the remainder of the weld shall be tested to determine the extent of remaining defects, if any. This subsection has been added for clarification of partial testing coverage. Prior to the 1980 edition of the code, no specific procedure was outlined for follow through of procedure requirements for additional testing requirements due to discontinuity detection in the first spot tested.

## **Part E** ***Radiographic Testing***

**C6.16.1 Procedures and Standards (RT).** The procedures and standards set forth in this section are primarily designed for the RT of CJP groove welds in cyclically loaded structures and statically loaded structures. Typical geometries for structural connections and design requirements for these structures were taken into account in the preparation of the specification. An effort was made to incorporate the methodology of ASTM and to utilize procedures described in the ASME *Boiler and Pressure Vessel Code* whenever possible.

**C6.16.2 Variations.** Since this section does not provide for the RT of welds in tubular structures, variations may be accepted based upon agreement between the Contractor and the Owner. The provisions of 6.12.3, shall apply when welds are subject to RT in tubular structures.

### **C6.17 RT Procedure**

The single source of inspecting radiation is specified to avoid confusion or blurring of the radiographic image. Elsewhere in the code, limits are placed on the size of the source to limit geometric unsharpness. RT sensitivity is judged solely on the quality of the IQI image(s), as in both ASTM and ASME.

**C6.17.2 Safety Requirements.** Ionizing radiation and chemicals used in RT can present serious health hazards. All safety regulations shall be complied with.

ANEXO B2

NORMA AWS A5.11 (SPECIFICATION FOR COVERED CARBON STEEL  
ARC WELDING ELECTRODOS)

Table 10  
Requirements for preparation of fillet weld test assemblies

AWS Classification	Electrode size		Plate size <sup>a</sup>						Position of welding	Size of fillet weld	
			Thickness (T)		Width, min		Length <sup>b</sup> , min (L)				
	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm		in.	mm
E6010 and E6011	3/32 & 1/8	2.4 & 3.2	Not required	-	-	-	-	-	-	-	-
	5/32	4.0	3/8 9.5	3	75	12	300	V and OH	1/4 max	6.4	
	3/16	4.8	3/8 9.5	3	75	12	300	V and OH	5/16 max	8.0	
	7/32	5.6	Not required	-	-	-	-	-	-	-	
	1/4	6.4	1/2 12.7	3	75	18	450	H	1/4 min	6.4	
	5/16	8.0	Not required	-	-	-	-	-	-	-	
E6012 and E6013	1/16 to 1/8 (incl.)	1.6 to 3.2 (incl.)	Not required	-	-	-	-	-	-	-	
	5/32	4.0	3/8 9.5	3	75	12	300	V and OH	1/4 max	6.4	
	3/16	4.8	1/2 12.7	3	75	12	300	V and OH	3/8 max	9.5	
	7/32	5.6	Not required	-	-	-	-	-	-	-	
	1/4	6.4	1/2 12.7	3	75	18	450	H	5/16 min	8.0	
	5/16	8.0	1/2 12.7	3	75	18	450	H	5/16 min	8.0	
E7014	3/32 & 1/8	2.4 & 3.2	Not required	-	-	-	-	-	-	-	
	5/32	4.0	3/8 9.5	3	75	12	300	V and OH	5/16 max	8.0	
	3/16	4.8	3/8 9.5	3	75	12	300	H	1/4 min	6.4	
	7/32	5.6	Not required	-	-	-	-	-	-	-	
	1/4	6.4	1/2 12.7	3	75	18	450	H	5/16 min	8.0	
	5/16	8.0	1/2 12.7	3	75	18	450	H	5/16 min	8.0	
E7015 and E7016	3/32 & 1/8	2.4 & 3.2	Not required	-	-	-	-	-	-	-	
	5/32	4.0	3/8 9.5	3	75	12	300	V and OH	5/16 max	8.0	
	3/16	4.8	3/8 9.5	3	75	12	300	H	3/16 min	4.8	
	7/32	5.6	Not required	-	-	-	-	-	-	-	
	1/4	6.4	1/2 12.7	3	75	18	450	H	5/16 min	8.0	
	5/16	8.0	Not required	-	-	-	-	-	-	-	
E7018	3/32 & 1/8	2.4 & 3.2	Not required	-	-	-	-	-	-	-	
	5/32	4.0	3/8 9.5	3	75	12	300	V and OH	5/16 max	8.0	
	3/16	4.8	3/8 9.5	3	75	12	300	H	1/4 min	6.4	
	7/32	5.6	Not required	-	-	-	-	-	-	-	
	1/4	6.4	1/2 12.7	3	75	18	450	H	5/16 min	8.0	
	5/16	8.0	Not required	-	-	-	-	-	-	-	

## **Anexo C**

# **NORMAS ASTM**

# ANEXO C1

## NORMA ASTM E165



Designation: E 165 – 95

An American National Standard

### Standard Test Method for Liquid Penetrant Examination<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation E 165; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

#### 1. Scope

1.1 This test method<sup>2</sup> covers procedures for penetrant examination of materials. They are nondestructive testing methods for detecting discontinuities that are open to the surface such as cracks, seams, laps, cold shuts, laminations, through leaks, or lack of fusion and are applicable to in-process, final, and maintenance examination. They can be effectively used in the examination of nonporous, metallic materials, both ferrous and nonferrous, and of nonmetallic materials such as glazed or fully densified ceramics, certain nonporous plastics, and glass.

1.2 This test method also provides a reference:

1.2.1 By which a liquid penetrant examination process recommended or required by individual organizations can be reviewed to ascertain its applicability and completeness.

1.2.2 For use in the preparation of process specifications dealing with the liquid penetrant examination of materials and parts. Agreement by the user and the supplier regarding specific techniques is strongly recommended.

1.2.3 For use in the organization of the facilities and personnel concerned with the liquid penetrant examination.

1.3 This test method does not indicate or suggest criteria for evaluation of the indications obtained. It should be pointed out, however, that after indications have been produced, they must be interpreted or classified and then evaluated. For this purpose there must be a separate code or specification or a specific agreement to define the type, size, location, and direction of indications considered acceptable, and those considered unacceptable.

1.4 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard. SI units are provided for information only.

1.5 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.* For specific hazard statements, see Note 5, Note 12, and Note 20.

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee E-7 on Nondestructive Testing and is the direct responsibility of Subcommittee E07.03 on Liquid Penetrant and Magnetic Particle Methods.

Current edition approved Jan. 15, 1995. Published March 1995. Originally published as E 165 – 60 T. Last previous edition E 165 – 94.

<sup>2</sup> For ASME Boiler and Pressure Vessel Code applications see related Recommended Test Method SE-165 in the Code.

#### 2. Referenced Documents

##### 2.1 ASTM Standards:

D 129 Test Method for Sulfur in Petroleum Products (General Bomb Method)<sup>3</sup>

D 516 Test Method for Sulfate Ion in Water<sup>4</sup>

D 808 Test Method for Chlorine in New and Used Petroleum Products (Bomb Method)<sup>3</sup>

D 1193 Specification for Reagent Water<sup>4</sup>

D 1552 Test Method for Sulfur in Petroleum Products (High-Temperature Method)<sup>3</sup>

D 4327 Test Method for Anions in Water by Chemically Suppressed Ion Chromatography<sup>4</sup>

E 433 Reference Photographs for Liquid Penetrant Inspection<sup>5</sup>

E 543 Practice for Evaluating Agencies that Perform Nondestructive Testing<sup>5</sup>

E 1208 Test Method for Fluorescent Liquid Penetrant Examination Using the Lipophilic Post-Emulsification Process<sup>5</sup>

E 1209 Test Method for Fluorescent Liquid Penetrant Examination Using the Water-Washable Process<sup>5</sup>

E 1210 Test Method for Fluorescent Liquid Penetrant Examination Using the Hydrophilic Post-Emulsification Process<sup>5</sup>

E 1219 Test Method for Fluorescent Liquid Penetrant Examination Using the Solvent-Removable Process<sup>5</sup>

E 1220 Test Method for Visible Penetrant Examination Using the Solvent-Removable Process<sup>5</sup>

E 1316 Terminology for Nondestructive Examinations<sup>5</sup>

E 1418 Test Method for Visible Penetrant Examination Using the Water-Washable Process<sup>5</sup>

##### 2.2 ASNT Document:

Recommended Practice SNT-TC-1A for Nondestructive Testing Personnel Qualification and Certification<sup>6</sup>

##### 2.3 Military Standard:

MIL-STD-410 Nondestructive Testing Personnel Qualification and Certification<sup>7</sup>

<sup>3</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 05.01.

<sup>4</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 11.01.

<sup>5</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 03.03.

<sup>6</sup> Available from the American Society for Nondestructive Testing, 1711 Arlington Lane, Columbus, OH 43228-0518.

<sup>7</sup> Available from Standardization Documents Order Desk, Bldg. 4 Section D, 700 Robbins Ave., Philadelphia, PA 19111-5094, Attn: NPODS.

## 2.4 APHA Standard:

429 Method for the Examination of Water and Wastewater<sup>8</sup>

## 3. Terminology

3.1 The definitions relating to liquid penetrant examination, which appear in Terminology E 1316, shall apply to the terms used in this standard.

## 4. Summary of Test Method

4.1 A liquid penetrant which may be a visible or a fluorescent material is applied evenly over the surface being examined and allowed to enter open discontinuities. After a suitable dwell time, the excess surface penetrant is removed. A developer is applied to draw the entrapped penetrant out of the discontinuity and stain the developer. The test surface is then examined to determine the presence or absence of indications.

NOTE 1—The developer may be omitted by agreement between purchaser and supplier.

NOTE 2—**Caution:** Fluorescent penetrant examination shall not follow a visible penetrant examination unless the procedure has been qualified in accordance with 10.2, because visible dyes may cause deterioration or quenching of fluorescent dyes.

4.2 Processing parameters, such as surface precleaning, penetration time and excess penetrant removal methods, are determined by the specific materials used, the nature of the part under examination, (that is, size, shape, surface condition, alloy) and type of discontinuities expected.

## 5. Significance and Use

5.1 Liquid penetrant examination methods indicate the presence, location and, to a limited extent, the nature and magnitude of the detected discontinuities. Each of the various methods has been designed for specific uses such as critical service items, volume of parts, portability or localized areas of examination. The method selected will depend accordingly on the service requirements.

## 6. Classification of Penetrations and Methods

6.1 Liquid penetrant examination methods and types are classified as shown in Table 1.

6.2 *Fluorescent penetrant examination* utilizes penetrants that fluoresce brilliantly when excited by black light (see 8.9.1.2). The sensitivity of fluorescent penetrants depends on their ability to be retained in the various size discontinuities during processing, then to bleed out into the developer coating and produce indications that will fluoresce. Fluorescent indications are many times brighter than their surroundings when viewed under black light illumination.

6.3 *Visible penetrant examination* uses a penetrant that can be seen in visible light. The penetrant is usually red, so that the indications produce a definite contrast with the white background of the developer. The visible penetrant process does not require the use of black light. However, visible penetrant indications must be viewed under adequate white light (see 8.9.2.1).

<sup>8</sup> Available from American Public Health Association, Publication Office, 1015 Fifteenth Street, NW, Washington, DC 20005.

TABLE 1 Classification of Penetrant Examination Types and Methods

Type I—Fluorescent Penetrant Examination
Method A—Water-washable (see Test Method E 1209)
Method B—Post-emulsifiable, lipophilic (see Test Method E 1208)
Method C—Solvent removable (see Test Method E 1219)
Method D—Post-emulsifiable, hydrophilic (see Test Method E 1210)
Type II—Visible Penetrant Examination
Method A—Water-washable (see Test Method E 1418)
Method C—Solvent removable (see Test Method E 1220)

## 7. Types of Materials

7.1 *Liquid penetrant examination materials* (see Notes 3-5) consist of fluorescent and visible penetrants, emulsifiers (oil-base and water-base; fast and slow acting), solvent removers and developers. A family of liquid penetrant examination materials consists of the applicable penetrant and emulsifier or remover, as recommended by the manufacturer. Intermixing of materials from various manufacturers is not recommended.

NOTE 3—Refer to 9.1 for special requirements for sulfur, halogen and alkali metal content.

NOTE 4—**Caution:** While approved penetrant materials will not adversely affect common metallic materials, some plastics or rubbers may be swollen or stained by certain penetrants.

NOTE 5—**Warning:** These materials may be flammable or emit hazardous and toxic vapors. Observe all manufacturer's instructions and precautionary statements.

## 7.2 Penetrants

7.2.1 *Post-Emulsifiable Penetrants* are designed to be insoluble in water and cannot be removed with water rinsing alone. They are designed to be selectively removed from the surface using a separate emulsifier. The emulsifier, properly applied and given a proper emulsification time, combines with the excess surface penetrant to form a water-washable mixture, which can be rinsed from the surface, leaving the surface free of fluorescent background. Proper emulsification time must be experimentally established and maintained to ensure that over-emulsification does not occur, resulting in loss of indications.

7.2.2 *Water-Washable Penetrants* are designed to be directly water-washable from the surface of the test part, after a suitable penetrant dwell time. Because the emulsifier is "built-in" to the water-washable penetrant, it is extremely important to exercise proper process control in removal of excess surface penetrant to ensure against overwashing. Water-washable penetrants can be washed out of discontinuities if the rinsing step is too long or too vigorous. Some penetrants are less resistant to overwashing than others.

7.2.3 *Solvent-Removable Penetrants* are designed so that excess surface penetrant can be removed by wiping until most of the penetrant has been removed. The remaining traces should be removed with the solvent remover (see 8.6.4.1). To minimize removal of penetrant from discontinuities, care should be taken to avoid the use of excess solvent. Flushing the surface with solvent to remove the excess penetrant is prohibited.

## 7.3 Emulsifiers

7.3.1 *Lipophilic Emulsifiers* are oil-miscible liquids used to emulsify the excess oily penetrant on the surface of the part,

rendering it water-washable. The rate of diffusion establishes the emulsification time. They are either slow- or fast-acting, depending on their viscosity and chemical composition, and also the surface roughness of the area being examined (see 8.6.2).

7.3.2 *Hydrophilic Emulsifiers* are water-miscible liquids used to emulsify the excess oily fluorescent penetrant on the surface of the part, rendering it water-washable (see 8.6.3). These water-base emulsifiers (detergent-type removers) are supplied as concentrates to be diluted with water and used as a dip or spray. The concentration, use and maintenance shall be in accordance with manufacturer's recommendations.

7.3.2.1 Hydrophilic emulsifiers function by displacing the excess penetrant film from the surface of the part through detergent action. The force of the water spray or air/mechanical agitation in an open dip tank provides the scrubbing action while the detergent displaces the film of penetrant from the part surface. The emulsification time will vary, depending on its concentration, which can be monitored by the use of a suitable refractometer.

7.4 *Solvent Removers* function by dissolving the penetrant, making it possible to wipe the surface clean and free of excess penetrant as described in .

7.5 *Developers*—Development of penetrant indications is the process of bringing the penetrant out of open discontinuities through blotting action of the applied developer, thus increasing the visibility of the indications.

7.5.1 *Dry Powder Developers* are used as supplied (that is, free-flowing, non-caking powder) in accordance with 8.8.2. Care should be taken not to contaminate the developer with fluorescent penetrant, as the penetrant specks can appear as indications.

7.5.2 *Aqueous Developers* are normally supplied as dry powder particles to be either suspended or dissolved (soluble) in water. The concentration, use and maintenance shall be in accordance with manufacturer's recommendations (see 8.8.3).

NOTE 6—**Caution:** Aqueous developers may cause stripping of indications if not properly applied and controlled. The procedure should be qualified in accordance with 10.2.

7.5.3 *Nonaqueous Wet Developers* are supplied as suspensions of developer particles in a nonaqueous solvent carrier ready for use as supplied. Nonaqueous, wet developers form a coating on the surface of the part when dried, which serves as the developing medium (see 8.8.4).

NOTE 7—**Caution:** This type of developer is intended for application by spray only.

7.5.4 *Liquid Film Developers* are solutions or colloidal suspensions of resins/polymer in a suitable carrier. These developers will form a transparent or translucent coating on the surface of the part. Certain types of film developer may be stripped from the part and retained for record purposes (see 8.8.5).

## 8. Procedure

8.1 The following general processing guidelines apply (see Figs. 1-3) to both fluorescent and visible penetrant examination methods (see Fig. 4).

8.2 *Temperature Limits*—The temperature of the penetrant

materials and the surface of the part to be processed should be between 50 and 100°F (10 and 38°C). Where it is not practical to comply with these temperature limitations, qualify the procedure as described in 10.2 at the temperature of intended use and as agreed to by the contracting parties.

8.3 *Surface Conditioning Prior to Penetrant Examination*—Satisfactory results usually may be obtained on surfaces in the as-welded, as-rolled, as-cast, or as-forged conditions (or for ceramics in the densified conditions). Sensitive penetrants are generally less easily rinsed away and are therefore less suitable for rough surfaces. When only loose surface residuals are present, these may be removed by wiping with clean lint-free cloths. However, precleaning of metals to remove processing residuals such as oil, graphite, scale, insulating materials, coatings, and so forth, should be done using cleaning solvents, vapor degreasing or chemical removing processes. Surface conditioning by grinding, machining, polishing or etching shall follow shot, sand, grit or vapor blasting to remove the peened skin and when penetrant entrapment in surface irregularities might mask the indications of unacceptable discontinuities or otherwise interfere with the effectiveness of the examination. For metals, unless otherwise specified, etching shall be performed when evidence exists that previous cleaning, surface treatments or service usage have produced a surface condition that degrades the effectiveness of penetrant examination. (See A1.1.1.8 for precautions.)

NOTE 8—When agreed between purchaser and supplier, grit blasting without subsequent etching may be an acceptable cleaning method.

NOTE 9—**Caution:** Sand or shot blasting may possibly close discontinuities and extreme care should be used with grinding and machining operations to avoid masking discontinuities.

NOTE 10—For structural or electronic ceramics, surface preparation by grinding, sand blasting and etching for penetrant examination is not recommended because of the potential for damage.

### 8.4 Removal of Surface Contaminants:

8.4.1 *Precleaning*—The success of any penetrant examination procedure is greatly dependent upon the surrounding surface and discontinuity being free of any contaminant (solid or liquid) that might interfere with the penetrant process. All parts or areas of parts to be examined must be clean and dry before the penetrant is applied. If only a section of a part, such as a weld, including the heat affected zone is to be examined, all contaminants shall be removed from the area being examined as defined by the contracting parties. "Clean" is intended to mean that the surface must be free of rust, scale, welding flux, weld spatter, grease, paint, oily films, dirt, and so forth, that might interfere with the penetrant process. All of these contaminants can prevent the penetrant from entering discontinuities (see Annex on Cleaning of Parts and Materials).

NOTE 11—**Caution:** Residues from cleaning processes such as strong alkalis, pickling solutions and chromates, in particular, may adversely react with the penetrant and reduce its sensitivity and performance.

8.4.2 *Drying after Cleaning*—It is essential that the surface of parts be thoroughly dry after cleaning, since any liquid residue will hinder the entrance of the penetrant. Drying may be accomplished by warming the parts in drying ovens, with infrared lamps, forced hot air, or exposure to ambient temperature.

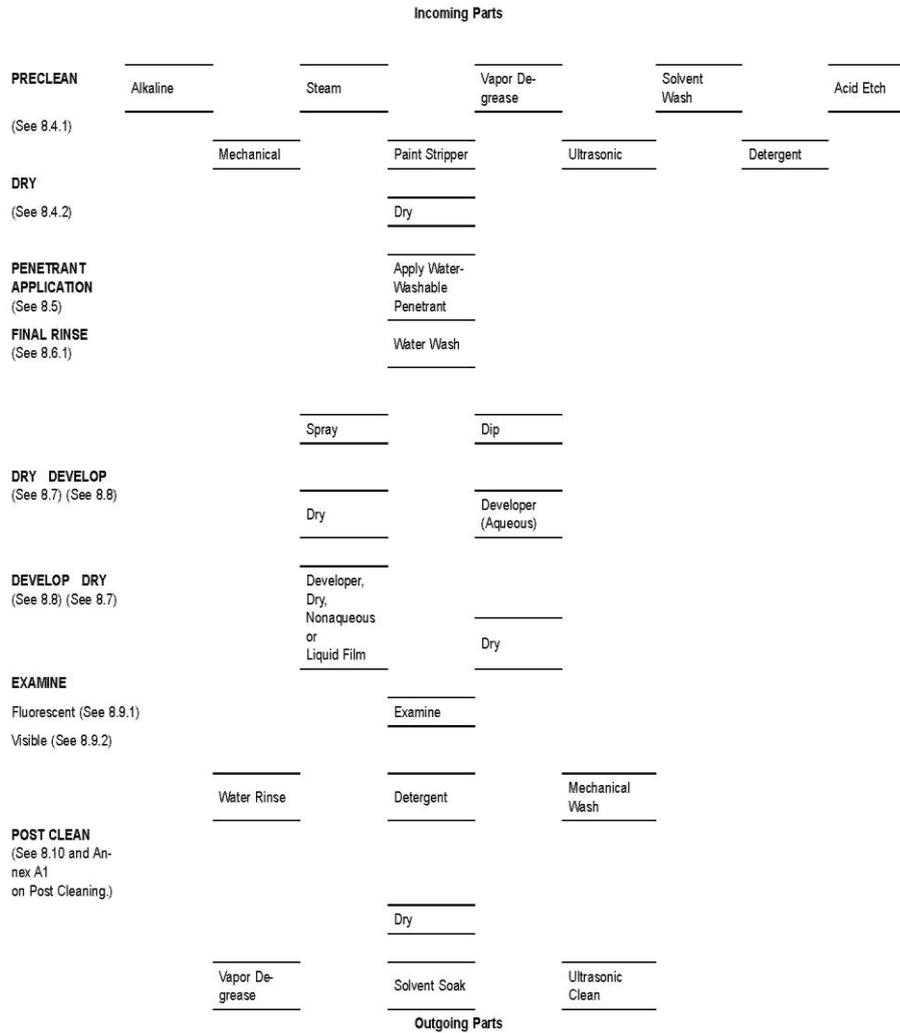


FIG. 1 General Procedure Flowsheet for Penetrant Examination Using the Water-Washable Process (Test Method E 1209 for Fluorescent and Test Method E 1220 for Visible Light)

8.5 *Penetrant Application*—After the part has been cleaned, dried, and is within the specified temperature range, the penetrant is applied to the surface to be examined so that the entire part or area under examination is completely covered with penetrant.

8.5.1 *Modes of Application*—There are various modes of effective application of penetrant such as dipping, brushing, flooding, or spraying. Small parts are quite often placed in suitable baskets and dipped into a tank of penetrant. On larger parts, and those with complex geometries, penetrant can be applied effectively by brushing or spraying. Both conventional and electrostatic spray guns are effective means of applying liquid penetrants to the part surfaces. Electrostatic spray application can eliminate excess liquid build-up of penetrant on

the part, minimize overspray, and minimize the amount of penetrant entering hollow-cored passages which might serve as penetrant reservoirs, causing severe bleedout problems during examination. Aerosol sprays are conveniently portable and suitable for local application.

NOTE 12—**Caution:** Not all penetrant materials are suitable for electrostatic spray applications, so tests should be conducted prior to use.

NOTE 13—**Warning:** With spray applications, it is important that there be proper ventilation. This is generally accomplished through the use of a properly designed spray booth and exhaust system.

8.5.2 *Penetrant Dwell Time*—After application, allow excess penetrant to drain from the part (care should be taken to prevent pools of penetrant from forming on the part), while

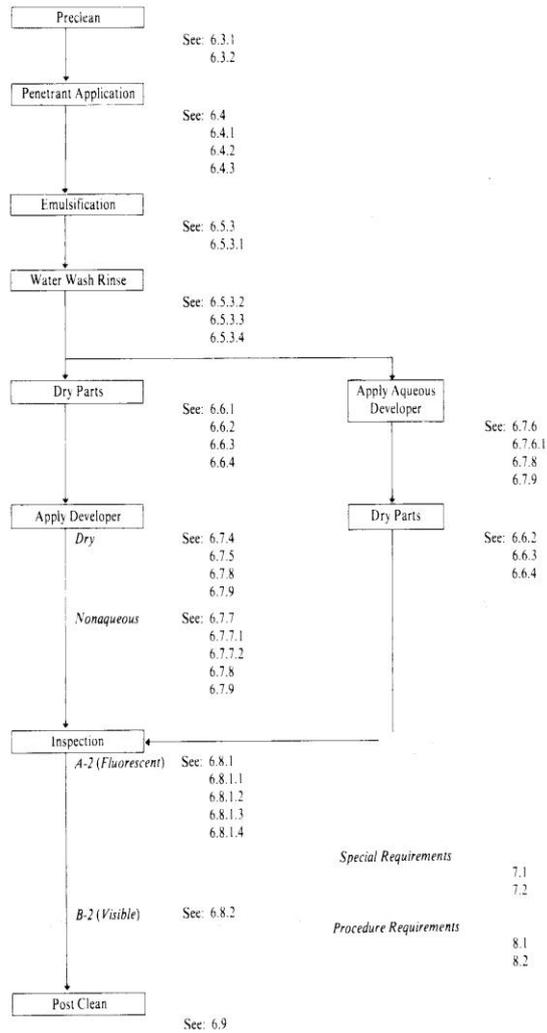


FIG. 2 Type 2—Post Emulsifiable Procedures A-2 (Fluorescent) and B-2 (Visible)

allowing for proper penetrant dwell time (see Table 2). The length of time the penetrant must remain on the part to allow proper penetration should be as recommended by the penetrant manufacturer. Table 2, however, provides a guide for selection of penetrant dwell times for a variety of materials, forms, and types of discontinuity. Unless otherwise specified, the dwell time shall not exceed the maximum recommended by the manufacturer.

NOTE 14—For some specific applications in structural ceramics (for example, detecting parting lines in slip-cast material), the required penetrant dwell time should be determined experimentally and may be longer than that shown in Table 1 and its notes.

8.6 Penetrant Removal

8.6.1 Water Washable:

8.6.1.1 Removal of Excess Penetrant—After the required penetration time, the excess penetrant on the surface being

examined must be removed with water, usually a washing operation. It can be washed off manually, by the use of automatic or semi-automatic water-spray equipment or by immersion. For immersion rinsing, parts are completely immersed in the water bath with air or mechanical agitation. Accumulation of water in pockets or recesses of the surface must be avoided. If the final rinse step is not effective, as evidenced by excessive residual surface penetrant after rinsing, dry (see 8.7) and reclean the part, then reapply the penetrant for the prescribed dwell time.

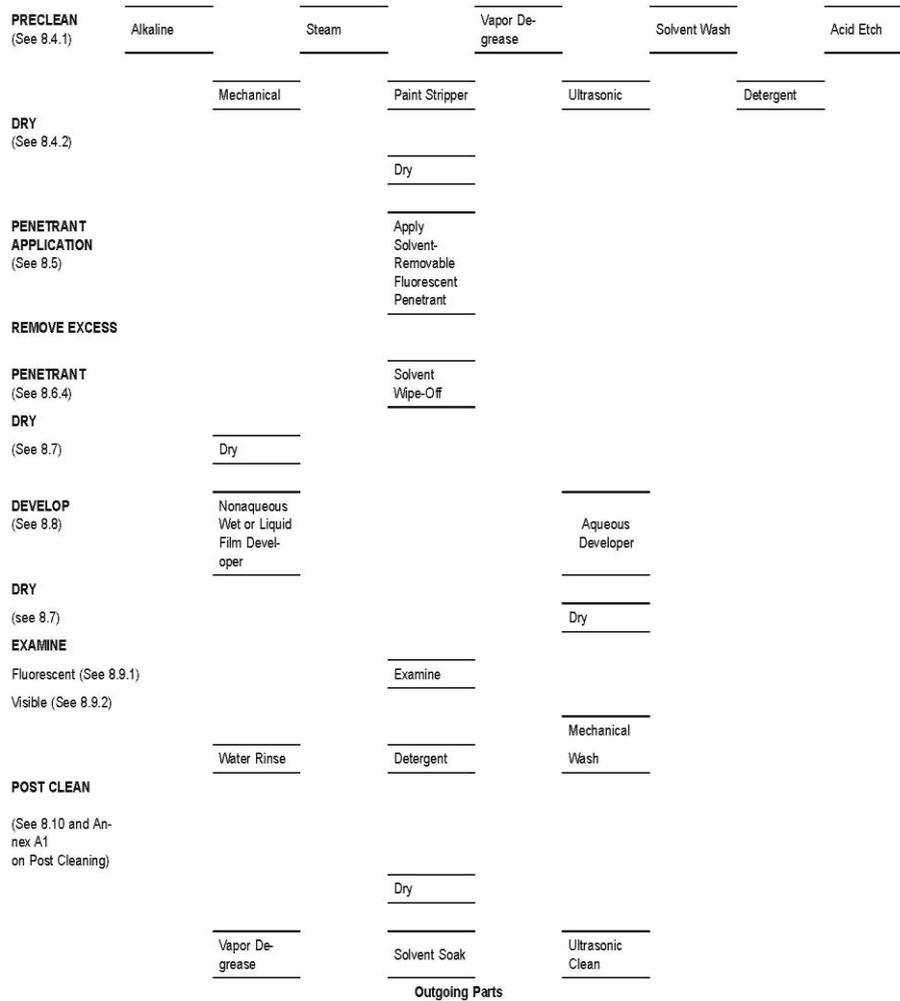
(a) The temperature of the water should be relatively constant and should be maintained within the range of 50 to 100°F (10 to 38°C).

(b) Spray-rinse water pressure should not be greater than 40 psi (280 kPa).

(c) Rinse time should not exceed 120 s unless otherwise

E 165

Incoming Parts



**FIG. 3 Solvent-Removable Penetrant Examination General Procedure Flowsheet**  
(Test Method E 1219 for Fluorescent and Test Method E 1220 for Visible Light)

specified by part of material specification.

**NOTE 15—Caution:** Avoid overwashing. Excessive washing can cause penetrant to be washed out of discontinuities. With fluorescent penetrant methods perform the rinsing operation under black light so that it can be determined when the surface penetrant has been adequately removed.

**8.6.1.2 Removal by Wiping—**In special applications, penetrant removal may be performed by wiping the surface with a clean, absorbent material dampened with water until the excess surface penetrant is removed, as determined by examination under black light for fluorescent methods and white light for visible methods.

**8.6.2 Lipophilic Emulsification:**

**8.6.2.1 Application of Emulsifier—**After the required penetration time, the excess penetrant on the part must be emulsified by immersing or flooding the parts with the required emulsifier (the emulsifier combines with the excess surface penetrant and makes the mixture removable with water rinsing). After application of the emulsifier, the parts are drained in a manner that prevents the emulsifier from pooling on the part(s).

**8.6.2.2 Emulsification Dwell Time** begins as soon as the emulsifier has been applied. The length of time that the emulsifier is allowed to remain on a part and in contact with the penetrant is dependent on the type of emulsifier employed and

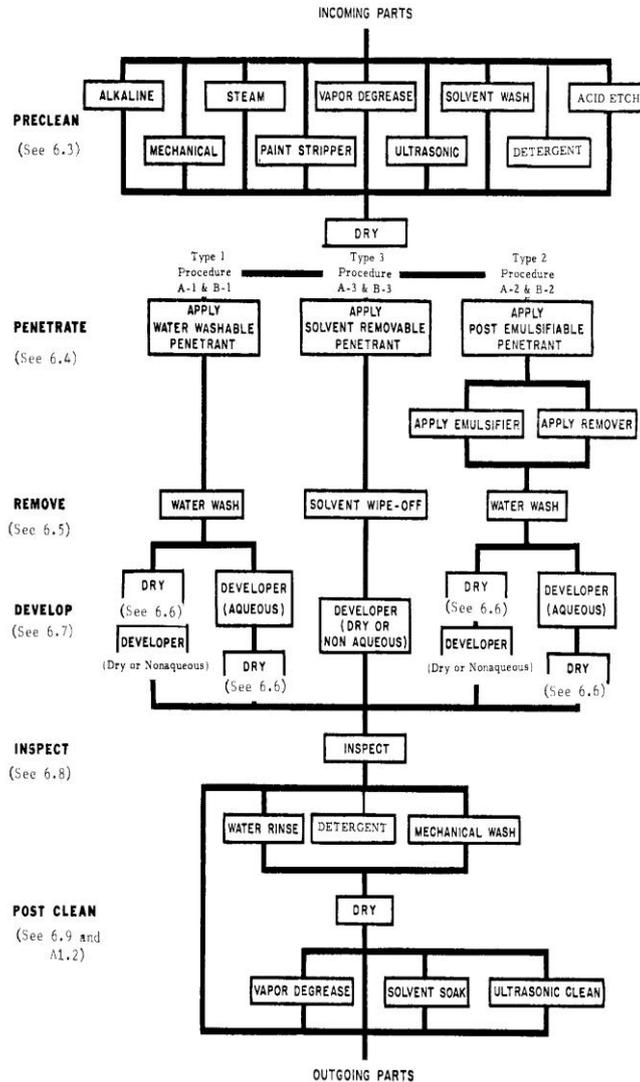


FIG. 4 Fluorescent and Visible Penetrant Inspection General Processing Procedures Flowsheet

the surface condition (smooth or rough). Nominal emulsification time should be as recommended by the manufacturer. The actual emulsification time must be determined experimentally for each specific application. The surface finish (roughness) of the part is a significant factor in the selection of and in the emulsification time of an emulsifier. Contact time should be kept to the least possible time consistent with an acceptable background and should not exceed the maximum time specified for the part or material.

8.6.2.3 *Post Rinsing*—Effective post rinsing of the emulsified penetrant from the surface can be accomplished using either manual, semi-automated, or automated water immersion or spray equipment or combinations thereof.

8.6.2.4 *Immersion*—For immersion post rinsing, parts are completely immersed in the water bath with air or mechanical agitation. The time and temperature should be kept constant.

(a) The maximum dip-rinse time should not exceed 120 s unless otherwise specified by part or material specification.

(b) The temperature of the water should be relatively constant and should be maintained within the range of 50 to 100°F (10 to 38°C). **Caution:** A touch-up rinse may be necessary after immersion.

8.6.2.5 *Spray Post Rinsing*—Effective post rinsing following emulsification can also be accomplished by either manual or automatic water spray rinsing of the parts as follows:

(a) Control rinse water temperature within the range of 50 to 100°F (10 to 38°C).

(b) Spray rinse water pressure should be in accordance with manufacturers' recommendations.

(c) The maximum spray rinse time should not exceed 120 s unless otherwise specified by part or materials specification.

8.6.2.6 *Rinse Effectiveness*—If the emulsification and final

TABLE 2 Recommended Minimum Dwell Times

Material	Form	Type of Discontinuity	Dwell Times <sup>a</sup> (minutes)	
			Penetrant <sup>b</sup>	Developer <sup>c</sup>
Aluminum, magnesium, steel, brass and bronze, titanium and high-temperature alloys	castings and welds	cold shuts, porosity, lack of fusion, cracks (all forms)	5	10
	wrought materials—extrusions, forgings, plate	laps, cracks (all forms)	10	10
Carbide-tipped tools		lack of fusion, porosity, cracks	5	10
Plastic	all forms	cracks	5	10
Glass	all forms	cracks	5	10
Ceramic	all forms	cracks, porosity	5	10

<sup>a</sup> For temperature range from 50 to 100°F (10 to 38°C) for fluorescent penetrants and 50 to 125°F (10 to 52°C) for visible penetrant.

<sup>b</sup> Maximum penetrant dwell time in accordance with 8.5.2.

<sup>c</sup> Development time begins as soon as wet developer coating has dried on surface of parts (recommended minimum). Maximum development time in accordance with 8.8.6.

rinse step is not effective, as evidenced by excessive residual surface penetrant after emulsification and rinsing, dry (see 8.7) and reclean the part and reapply the penetrant for the prescribed dwell time.

#### 8.6.3 Hydrophilic Emulsification.

8.6.3.1 *Prerinsing*—Directly after the required penetration time, it is recommended that the parts be prerinsed with water prior to emulsification (8.6.3.3). This step allows for the removal of excess surface penetrant from the parts prior to emulsification so as to minimize the degree of penetrant contamination in the hydrophilic emulsifier bath, thereby extending its life. In addition, prerinsing of penetrated parts minimizes possible oily penetrant pollution in the final rinse step of this process. This is accomplished by collecting the prerinsings in a holding tank, separating the penetrant from water.

8.6.3.2 *Prerinsing Controls*—Effective prerinsing is accomplished by either manual or automated water spray rinsing of the parts as follows:

- Water should be free of contaminants that could clog spray nozzles or leave a residue on parts.
- Control water temperature within the range of 50 to 100°F (10 to 38°C).
- Spray rinse at a water pressure of 25 to 40 psi (175 to 275 kPa).
- Prerinsing time should be the least possible time (nominally 60 s maximum) to provide a consistent residue of penetrant on parts. Wash time is to be as specified by the part or material specification.
- Remove water trapped in cavities using filtered shop air at a nominal pressure of 25 psi (175 kPa) or a suction device to remove water from pooled areas.

8.6.3.3 *Application of Emulsifier*—After the required penetration time and following the prerinsing, the residual surface penetrant on part(s) must be emulsified by immersing the part(s) in a hydrophilic emulsifier bath (8.6.3.4) or by spraying the part(s) with the emulsifier (8.6.3.5) thereby rendering the remaining residual surface penetrant water-washable in the final rinse station (8.6.3.6).

8.6.3.4 *Immersion*—For immersion application, parts are completely immersed in the emulsifier bath. The hydrophilic emulsifier should be gently agitated throughout the contact cycle.

(a) Bath concentration should be as recommended by the manufacturer. Most hydrophilic emulsifiers are used within the range of 20 to 33% in water. Nominal use concentration for immersion applications is 20%.

(b) Bath temperatures should be maintained between 50 and 100°F (10 to 38°C).

(c) Immersion contact time should be kept to the minimum time consistent with an acceptable background and should not exceed 120 s or the maximum time stipulated by the part or material specification.

(d) Emulsifier drain time begins immediately after parts have been withdrawn from the emulsifier tank and continues until the parts are washed in the final rinse station (8.6.3.6). This drain time should be kept to a minimum to avoid over emulsification and should not exceed 90 s.

8.6.3.5 *Spray Application*—For spray application following the prerinsing step, parts are emulsified by the spray application of an emulsifier. All part surfaces should be evenly and uniformly sprayed to effectively emulsify the residual penetrant on part surfaces to render it water-washable.

(a) The concentration of the emulsifier for spray application should be in accordance with the manufacturer's recommendations, but should not exceed 5%.

(b) Temperature to be maintained at 50 to 100°F (10 to 38°C).

(c) The spray pressure should be 25 psi (175 kPa) max for air and 40 psi (280 kPa) max for water.

(d) Contact time should be kept to the minimum consistent with an acceptable background and should not exceed 120 s or the maximum time stipulated by the part or material specification.

8.6.3.6 *Post-Rinsing of Hydrophilic Emulsified Parts*—Effective post-rinsing of emulsified penetrant from the surface can be accomplished using either manual, semi-automated, or automated water immersion or spray equipment or combinations thereof.

8.6.3.7 *Immersion Post-Rinsing*—Parts are to be completely immersed in the water bath with air or mechanical agitation.

(a) The temperature of the water should be relatively constant and should be maintained within the range of 50 to 100°F (10 to 38°C).

(b) The maximum dip rinse time should not exceed 120 s unless otherwise specified by part or material specification.

**Caution:** A touch-up rinse may be necessary after immersion.

8.6.3.8 *Spray Post-Rinsing*—Following emulsification parts can be post-rinsed by water spray rinsing as follows:

(a) Control rinse water temperature within the range of 50 to 100°F (10 to 38°C).

(b) Spray rinse water pressure should be in accordance with manufacturer's instructions.

(c) The maximum spray rinse time should not exceed 120 s unless otherwise specified by part or materials specification.

8.6.3.9 If the emulsification and final rinse steps are not effective, as evidenced by excessive residual surface penetrant after emulsification and rinsing, dry (see 8.7) and reclean the part and reapply the penetrant for the prescribed dwell time.

#### 8.6.4 *Solvent-Removable Penetrants:*

8.6.4.1 *Removal of Excess Penetrant*—After the required penetration time, the excess penetrant is removed insofar as possible, by using wipers of a dry, clean, lint-free material and repeating the operation until most traces of penetrant have been removed. Then using a lint-free material lightly moistened with solvent remove the remaining traces are gently wiped to avoid removing penetrant from discontinuities. Avoid the use of excess solvent. If the wiping step is not effective, as evidenced by difficulty in removing the excess penetrant, dry the part (see 8.7), and reapply the penetrant for the prescribed dwell time. Flushing the surface with solvent following the application of the penetrant and prior to developing is prohibited.

8.7 *Drying*—Drying the surface of the part(s) is necessary prior to applying dry or nonaqueous developers or following the application of the aqueous developer. Drying time will vary with the size, nature, and number of parts under examination.

8.7.1 *Drying Modes*—Parts can be dried by using a hot-air recirculating oven, a hot or cold air blast, or by exposure to ambient temperature, particularly when the excess surface penetrant was removed with a solvent. Drying is best done in a thermostatically controlled recirculating hot-air dryer. Local heating or cooling is permitted provided the temperature of the part remains in the range of 50 to 100°F (10 to 38°C) for fluorescent methods and in the range of 50 to 125°F (10 to 52°C) for visible methods unless otherwise agreed by the contracting parties.

NOTE 16—**Caution:** Drying oven temperature should not exceed 160°F (71°C).

8.7.2 *Drying Time Limits*—Do not allow parts to remain in the drying oven any longer than is necessary to dry the surface. Times over 30 min in the dryer may impair the sensitivity of the examination.

#### 8.8 *Developer Application*

8.8.1 *Modes of Application*—There are various modes of effective application of the various types of developers such as dusting, immersing, flooding or spraying. The size, configuration, surface condition, number of parts to be processed, and so forth, will influence the choice of developer application.

8.8.2 *Dry Powder Developer*—Dry powder developers should be applied immediately after drying in such a manner as to ensure complete part coverage. Parts can be immersed in a container of dry developer or in a fluid bed of dry developer. They can also be dusted with the powder developer through a hand powder bulb or a conventional or electrostatic powder

gun. It is common and effective to apply dry powder in an enclosed dust chamber, which creates an effective and controlled dust cloud. Other means suited to the size and geometry of the specimen may be used, provided the powder is dusted evenly over the entire surface being examined. Excess powder may be removed by shaking or tapping the part, or by blowing with low-pressure (5 to 10 psi) (34 to 70 kPa) dry, clean, compressed air.

NOTE 17—**Caution:** The air stream intensity should be established experimentally for each application.

8.8.3 *Aqueous Developers*—Aqueous developers should be applied to the part immediately after the excess penetrant has been removed and prior to drying. Aqueous developers should be prepared and maintained in accordance with the manufacturer's instructions and applied in such a manner as to ensure complete, even, part coverage. Caution should be exercised when using an aqueous developer with water-washable penetrants to avoid possible stripping of indications. Aqueous developers may be applied by spraying (see Note 17), flowing, or immersing the part. It is common to immerse the parts in a prepared developer bath. Immerse parts only long enough to coat all of the part surfaces with the developer (see Note 18). Then remove parts from the developer bath and allow to drain. Drain all excess developer from recesses and trapped sections to eliminate pooling of developer, which can obscure discontinuities. Dry the parts in accordance with 8.7. The dried developer coating appears as a translucent or white coating on the part.

NOTE 18—**Caution:** Atomized spraying is not recommended since a spotty film may result.

NOTE 19—**Caution:** If parts are left in the bath too long, indications may leach out.

8.8.4 *Nonaqueous Wet Developers*—After the excess penetrant has been removed and the surface has been dried, apply developer by spraying in such a manner as to ensure complete part coverage with a thin, even film of developer. These types of developer carrier evaporate very rapidly at normal room temperature and do not, therefore, require the use of a dryer (see Note 20). Dipping or flooding parts with nonaqueous developers is prohibited, since they may flush or dissolve the penetrant from within the discontinuities because of the solvent action of these types of developers.

NOTE 20—**Warning:** The vapors from the evaporating, volatile solvent developer carrier may be hazardous. Proper ventilation should be provided in all cases, but especially when the surface to be examined is inside a closed volume, such as a process drum or a small storage tank.

8.8.5 *Liquid Film Developers*—Apply by spraying as recommended by the manufacturer. Spray parts in such a manner as to ensure complete part coverage of the area being examined with a thin, even film of developer.

8.8.6 *Developing Time*—The length of time the developer is to remain on the part prior to examination should be not less than 10 min. Developing time begins immediately after the application of dry powder developer and as soon as the wet (aqueous and nonaqueous) developer coating is dry (that is, the solvent carrier has evaporated to dryness). The maximum permitted developing times are 2 h for aqueous developers and 1 h for nonaqueous developers.

8.9 *Examination*—Perform examination of parts after the applicable development time as specified in 8.8.6 to allow for bleedout of penetrant from discontinuities into the developer coating. It is good practice to observe the bleedout while applying the developer as an aid in interpreting and evaluating indications.

8.9.1 *Fluorescent Light Examination:*

8.9.1.1 *Visible Ambient Light Level*—Examine fluorescent penetrant indications under black light in a darkened area. Visible ambient light should not exceed 2 ft candles (20 Lx). The measurement should be made with a suitable photographic-type visible light meter on the surface being examined.

8.9.1.2 *Black Light Level Control*—Black light intensity, minimum of 1000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , should be measured on the surface being examined, with a suitable black light meter. The black light wavelength shall be in the range of 320 to 380 nm. The intensity should be checked weekly to ensure the required output. Reflectors and filters should be checked daily for cleanliness and integrity. Cracked or broken ultraviolet (UV) filters should be replaced immediately. Defective bulbs, which radiate UV energy, must be replaced before further use. Since a drop in line voltage can cause decreased black light output with consequent inconsistent performance, a constant-voltage transformer should be used when there is evidence of voltage fluctuation.

**Caution:** Certain high-intensity black light may emit unacceptable amounts of visible light, which will cause fluorescent indications to disappear. Care should be taken to use only bulbs certified by the supplier to be suitable for such examination purposes.

NOTE 21—The recommended minimum light intensity in 8.9.1.2 is intended for general usage. For critical examinations, higher intensity levels may be required.

8.9.1.3 *Black Light Warm-Up*—Allow the black light to warm up for a minimum of 10 min prior to its use or measurement of the intensity of the ultraviolet light emitted.

8.9.1.4 *Visual Adaptation*—The examiner should be in the darkened area for at least 1 min before examining parts. Longer times may be necessary under some circumstances.

NOTE 22—**Caution:** Photochromic lenses shall not be worn during examination.

8.9.2 *Visible Light Examination:*

8.9.2.1 *Visible Light Level*—Visible penetrant indications can be examined in either natural or artificial light. Adequate illumination is required to ensure no loss in the sensitivity of the examination. A minimum light intensity at the examination site of 100 fc (1000 Lx) is recommended.

8.9.3 *Housekeeping*—Keep the examination area free of interfering debris, including fluorescent objects. Practice good housekeeping at all times.

8.9.4 *Evaluation*—Unless otherwise agreed, it is normal practice to interpret and evaluate the discontinuity based on the size of the indication (see Reference Photographs E 433).

8.10 *Post Cleaning*—Post cleaning is necessary in those cases where residual penetrant or developer could interfere with subsequent processing or with service requirements. It is particularly important where residual penetrant examination

materials might combine with other factors in service to produce corrosion. A suitable technique, such as a simple water rinse, waterspray, machine wash, vapor degreasing, solvent soak, or ultrasonic cleaning may be employed (see Annex on Post Cleaning). It is recommended that if developer removal is necessary, it should be carried out as promptly as possible after examination so that it does not “fix” on the part.

NOTE 23—**Caution:** Developers should be removed prior to vapor degreasing. Vapor degreasing can bake the developer on parts.

## 9. Special Requirements

### 9.1 *Impurities:*

9.1.1 When using penetrant materials on austenitic stainless steels, titanium, nickel-base or other high-temperature alloys, the need to restrict impurities such as sulfur, halogens and alkali metals must be considered. These impurities may cause embrittlement or corrosion, particularly at elevated temperatures. Any such evaluation should also include consideration of the form in which the impurities are present. Some penetrant materials contain significant amounts of these impurities in the form of volatile organic solvents. These normally evaporate quickly and usually do not cause problems. Other materials may contain impurities which are not volatile and may react with the part, particularly in the presence of moisture or elevated temperatures.

9.1.2 Because volatile solvents leave the surface quickly without reaction under normal examination procedures, penetrant materials are normally subjected to an evaporation procedure to remove the solvents before the materials are analyzed for impurities. The residue from this procedure is then analyzed in accordance with Test Method D 129, Test Method D 1552, or Test Method D 129 decomposition followed by Test Method D 516, Method B (Turbidimetric Method) for sulfur. The residue may also be analyzed by Test Method D 808 or Annex A2 on Methods for Measuring Total Chlorine Content in Combustible Liquid Penetrant Materials (for halogens other than fluorine) and Annex A3 on Method for Measuring Total Fluorine Content in Combustible Liquid Penetration Materials (for fluorine). An alternative procedure, Annex A4 on Determination of Anions by Ion Chromatography, provides a single instrumental technique for rapid sequential measurement of common anions such as chloride, fluoride, and sulfate. Alkali metals in the residue are determined by flame photometry or atomic absorption spectrophotometry.

NOTE 24—Some current standards indicate that impurity levels of sulfur and halogens exceeding 1 % of any one suspect element may be considered excessive. However, this high a level may be unacceptable for some applications, so the actual maximum acceptable impurity level must be decided between supplier and user on a case by case basis.

9.2 *Evaluated-Temperature Examination*—Where penetrant examination is performed on parts that must be maintained at elevated temperature during examination, special materials and processing techniques may be required. Such examination requires qualification in accordance with 10.2. Manufacturer's recommendations should be observed.

## 10. Qualification and Requalification

10.1 *Personnel Qualification*—When required by user/supplier agreement, all examination personnel shall be

qualified/certified in accordance with a written procedure conforming to the applicable edition of recommended Practice SNT-TC-1A or MIL-STD-410.

10.2 *Procedure Qualification*—Qualification of procedures using times or conditions differing from those specified or for new materials may be performed by any of several methods and should be agreed by the contracting parties. A test piece containing one or more discontinuities of the smallest relevant size is used. The test piece may contain real or simulated discontinuities, providing it displays the characteristics of the discontinuities encountered in product examination.

10.3 *Nondestructive Testing Agency Qualification*—If a nondestructive testing agency as described in Practice E 543 is

used to perform the examination, the agency shall meet the requirements of Practice E 543.

10.4 *Requalification* may be required when a change or substitution is made in the type of penetrant materials or in the procedure (see 10.2).

## 11. Keywords

11.1 fluorescent liquid penetrant testing; hydrophilic emulsification; lipophilic emulsification; liquid penetrant testing; nondestructive testing; solvent removable; visible liquid penetrant testing; water-washable methods

## ANNEXES

### (Mandatory Information)

#### A1. CLEANING OF PARTS AND MATERIALS

##### A1.1 Choice of Cleaning Method

A1.1.1 The choice of a suitable cleaning method is based on such factors as: (1) type of contaminant to be removed since no one method removes all contaminants equally well; (2) effect of the cleaning method on the parts; (3) practicality of the cleaning method for the part (for example, a large part cannot be put into a small degreaser or ultrasonic cleaner); and (4) specific cleaning requirements of the purchaser. The following cleaning methods are recommended:

A1.1.1.1 *Detergent Cleaning*—Detergent cleaners are non-flammable water-soluble compounds containing specially selected surfactants for wetting, penetrating, emulsifying, and saponifying various types of soils, such as grease and oily films, cutting and machining fluids, and unpigmented drawing compounds, etc. Detergent cleaners may be alkaline, neutral, or acidic in nature, but must be noncorrosive to the item being inspected. The cleaning properties of detergent solutions facilitate complete removal of soils and contamination from the surface and void areas, thus preparing them to absorb the penetrant. Cleaning time should average 10 to 15 min at 170 to 200°F (77 to 93°C) with moderate agitation, using concentrations (generally 6 to 8 oz/gal or 45 to 60 kg/m<sup>3</sup>) recommended by the manufacturer of the cleaning compound.

A1.1.1.2 *Solvent Cleaning*—There are a variety of solvent cleaners that can be effectively utilized to dissolve such soils as grease and oily films, waxes and sealants, paints, and in general, organic matter. These solvents should be residue-free, especially when used as a hand-wipe solvent or as a dip-tank degreasing solvent. Solvent cleaners are not recommended for the removal of rust and scale, welding flux and spatter, and in general, inorganic soils. **Caution:** Some cleaning solvents are flammable and can be toxic. Observe all manufacturers' instructions and precautionary notes.

A1.1.1.3 *Vapor Degreasing*—Vapor degreasing is a preferred method of removing oil or grease-type soils from the surface of parts and from open discontinuities. It will not remove inorganic-type soils (dirt, corrosion, salts, etc.), and

may not remove resinous soils (plastic coatings, varnish, paint, etc.). Because of the short contact time, degreasing may not completely clean out deep discontinuities and a subsequent solvent soak is recommended.

##### A1.1.1.4 *Alkaline Cleaning:*

(a) Alkaline cleaners are nonflammable water solutions containing specially selected detergents for wetting, penetrating, emulsifying, and saponifying various types of soils. Hot alkaline solutions are also used for rust removal and descaling to remove oxide scale which can mask surface discontinuities. Alkaline cleaner compounds must be used in accordance with the manufacturers' recommendations. **Caution:** Parts cleaned by the alkaline cleaning process must be rinsed completely free of cleaner and thoroughly dried by heat prior to the penetrant inspection process (part temperature at the time of penetrant application shall not exceed 125°F (52°C)).

(b) Steam cleaning is a modification of the hot-tank alkaline cleaning method, which can be used for preparation of large, unwieldy parts. It will remove inorganic soils and many organic soils from the surface of parts, but may not reach to the bottom of deep discontinuities, and a subsequent solvent soak is recommended.

A1.1.1.5 *Ultrasonic Cleaning*—This method adds ultrasonic agitation to solvent or detergent cleaning to improve cleaning efficiency and decrease cleaning time. It should be used with water and detergent if the soil to be removed is inorganic (rust, dirt, salts, corrosion products, etc.), and with organic solvent if the soil to be removed is organic (grease and oily films, etc.). After ultrasonic cleaning, parts should be heated to remove the cleaning fluid, then cooled to at least 125°F (52°C), before application of penetrant.

A1.1.1.6 *Paint Removal*—Paint films can be effectively removed by bond release solvent paint remover or disintegrating-type hot-tank alkaline paint strippers. In most cases, the paint film must be completely removed to expose the surface of the metal. Solvent-type paint removers can be of the high-viscosity thickened type for spray or brush application or

height, and 5-mL capacity.

NOTE A2.1—Fused silica crucibles are much more economical and longer-lasting than platinum. After each use, they should be scrubbed out with fine, wet emery cloth, heated to dull red heat over a burner, soaked in hot water for 1 h, then dried and stored in a desiccator before reuse.

A2.3.3 *Firing Wire*, platinum, approximately No. 26 B & S gage.

A2.3.4 *Ignition Circuit* (Note A2.2), capable of supplying sufficient current to ignite the nylon thread or cotton wicking without melting the wire.

NOTE A2.2—**Caution:** The switch in the ignition circuit shall be of a type that remains open, except when held in closed position by the operator.

A2.3.5 *Nylon Sewing Thread*, or *Cotton Wicking*, white.

## A2.4 Purity of Reagents

A2.4.1 Reagent grade chemicals shall be used in all tests. Unless otherwise indicated, it is intended that all reagents shall conform to the specifications of the Committee on Analytical Reagents of the American Chemical Society, where such specifications are available.<sup>9</sup> Other grades may be used provided it is first ascertained that the reagent is of sufficiently high purity to permit its use without lessening the accuracy of the determination.

A2.4.2 Unless otherwise indicated, references to water shall be understood to mean referee grade reagent water conforming to Specification D 1193.

## A2.5 Decomposition

### A2.5.1 Reagents and Materials:

A2.5.1.1 *Oxygen*, free of combustible material and halogen compounds, available at a pressure of 40 atm (4.05 MPa).

A2.5.1.2 *Sodium Carbonate Solution (50 g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/L)*—Dissolve 50 g of anhydrous Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> or 58.5 g of Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> · 2H<sub>2</sub>O or 135 g of Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> · 10H<sub>2</sub>O in water and dilute to 1 L.

A2.5.1.3 *White Oil*, refined.

### A2.5.2 Procedure:

A2.5.2.1 *Preparation of Bomb and Sample*—Cut a piece of firing wire approximately 100 mm in length. Coil the middle section (about 20 mm) and attach the free ends to the terminals. Arrange the coil so that it will be above and to one side of the sample cup. Place 5 mL of Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> solution in the bomb (Note A2.3), place the cover on the bomb and vigorously shake for 15 s to distribute the solution over the inside of the bomb. Open the bomb, place the sample-filled sample cup in the terminal holder, and insert a short length of thread between the firing wire and the sample. Use of a sample weight containing over 20 mg of chlorine may cause corrosion of the bomb. The sample weight should not exceed 0.4 g if the expected chlorine content is 2.5 % or above. If the sample is solid, not more than 0.2 g should be used. Use 0.8 g of white oil with solid samples.

<sup>9</sup> *Reagent Chemicals, American Chemical Society Specifications*, American Chemical Society, Washington, DC. For suggestions on the testing of reagents not listed by the American Chemical Society, see *Analar Standards for Laboratory Chemicals* BDH Ltd., Poole, Dorset, U.K., and the *United States Pharmacopoeia and National Formulary*, U.S. Pharmaceutical Convention, Inc. (USPC), Rockville, MD.

If white oil will be used (Note A2.4), add it to the sample cup by means of a dropper at this time (**Caution**, see Note A2.5 and Note A2.6).

NOTE A2.3—After repeated use of the bomb for chlorine determination, a film may be noticed on the inner surface. This dullness should be removed by periodic polishing of the bomb. A satisfactory method for doing this is to rotate the bomb in a lathe at about 300 rpm and polish the inside surface with Grit No. 2/0 or equivalent paper coated with a light machine oil to prevent cutting, and then with a paste of grit-free chromic oxide and water. This procedure will remove all but very deep pits and put a high polish on the surface. Before using the bomb, it should be washed with soap and water to remove oil or paste left from the polishing operation. Bombs with porous or pitted surfaces should never be used because of the tendency to retain chlorine from sample to sample. **Caution:** Do not use more than 1 g total of sample and white oil or other chlorine-free combustible material.

NOTE A2.4—If the sample is not readily miscible with white oil, some other nonvolatile, chlorine-free combustible diluent may be employed in place of white oil. However, the combined weight of sample and nonvolatile diluent shall not exceed 1 g. Some solid additives are relatively insoluble, but may be satisfactorily burned when covered with a layer of white oil.

NOTE A2.5—The practice of running alternately samples high and low in chlorine content should be avoided whenever possible. It is difficult to rinse the last traces of chlorine from the walls of the bomb and the tendency for residual chlorine to carry over from sample to sample has been observed in a number of laboratories. When a sample high in chlorine has preceded one low in chlorine content, the test on the low-chlorine sample should be repeated and one or both of the low values thus obtained should be considered suspect if they do not agree within the limits of repeatability of this method.

A2.5.2.2 *Addition of Oxygen*—Place the sample cup in position and arrange the nylon thread, or wisp of cotton so that the end dips into the sample. Assemble the bomb and tighten the cover securely. Admit oxygen (**Caution**, Note A2.6) slowly (to avoid blowing the sample from the cup) until a pressure is reached as indicated in Table A2.1.

NOTE A2.6—**Caution:** Do not add oxygen or ignite the sample if the bomb has been jarred, dropped, or tilted.

A2.5.2.3 *Combustion*—Immerse the bomb in a cold-water bath. Connect the terminals to the open electrical circuit. Close the circuit to ignite the sample. Remove the bomb from the bath after immersion for at least ten minutes. Release the pressure at a slow, uniform rate such that the operation requires not less than 1 min. Open the bomb and examine the contents. If traces of unburned oil or sooty deposits are found, discard the determination, and thoroughly clean the bomb before again putting it in use (Note A2.3).

## A2.6 Analysis, Method A, Potentiometric Titration Procedure

### A2.6.1 Apparatus:

TABLE A2.1 Gage Pressures

Capacity of Bomb, mL	Gage Pressure, atm (MPa)	
	min <sup>a</sup>	max
300 to 350	38 (3.85)	40 (4.05)
350 to 400	35 (3.55)	37 (3.75)
400 to 450	30 (3.04)	32 (3.24)
450 to 500	27 (2.74)	29 (2.94)

<sup>a</sup> The minimum pressures are specified to provide sufficient oxygen for complete combustion and the maximum pressures present a safety requirement.

A2.6.1.1 *Silver Billet Electrode.*

A2.6.1.2 *Glass Electrode,* pH measurement type.

A2.6.1.3 *Buret,* 25-mL capacity, 0.05-mL graduations.

A2.6.1.4 *Millivolt Meter,* or expanded scale pH meter capable of measuring 0 to 220 mV.

NOTE A2.7—An automatic titrator is highly recommended in place of items A2.6.1.3 and A2.6.1.4. Repeatability and sensitivity of the method are much enhanced by the automatic equipment while much tedious effort is avoided.

A2.6.2 *Reagents and Materials:*

A2.6.2.1 *Acetone,* chlorine-free.

A2.6.2.2 *Methanol,* chlorine-free.

A2.6.2.3 *Silver Nitrate Solution (0.0282 N)*—Dissolve 4.7910 ± 0.0005 g of silver nitrate (AgNO<sub>3</sub>) in water and dilute to 1 L.

A2.6.2.4 *Sodium Chloride Solution (0.0282 N)*—Dry a few grams of sodium chloride (NaCl) for 2 h at 130 to 150°C, weigh out 1.6480 ± 0.0005 g of the dried NaCl, dissolve in water, and dilute to 1 L.

A2.6.2.5 *Sulfuric Acid (1 + 2)*—Mix 1 volume of concentrated sulfuric acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, sp. gr 1.84) with 2 volumes of water.

A2.6.3 *Collection of Chlorine Solution*—Remove the sample cup with clean forceps and place in a 400-mL beaker. Wash down the walls of the bomb shell with a fine stream of methanol from a wash bottle, and pour the washings into the beaker. Rinse any residue into the beaker. Next, rinse the bomb cover and terminals into the beaker. Finally, rinse both inside and outside of the sample crucible into the beaker. Washings should equal but not exceed 100 mL. Add methanol to make 100 mL.

A2.6.4 *Determination of Chlorine*—Add 5 mL of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1:2) to acidify the solution (solution should be acid to litmus and clear of white Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> precipitate). Add 100 mL of acetone. Place the electrodes in the solution, start the stirrer (if mechanical stirrer is to be used), and begin titration. If titration is manual, set the pH meter on the expanded millivolt scale and note the reading. Add exactly 0.1 mL of AgNO<sub>3</sub> solution from the buret. Allow a few seconds stirring; then record the new millivolt reading. Subtract the second reading from the first. Continue the titration, noting each amount of AgNO<sub>3</sub> solution and the amount of difference between the present reading and the last reading. Continue adding 0.1-mL increments, making readings and determining differences between readings until a maximum difference between readings is obtained. The total amount of AgNO<sub>3</sub> solution required to produce this maximum differential is the end point. Automatic titrators continuously stir the sample, add titrant, measure the potential difference, calculate the differential, and plot the differential on a chart. The maximum differential is taken as the end point.

NOTE A2.8—For maximum sensitivity, 0.00282 N AgNO<sub>3</sub> solution may be used with the automatic titrator. This dilute reagent should not be used with large samples or where chlorine content may be over 0.1 % since these tests will cause end points of 10 mL or higher. The large amount of water used in such titrations reduces the differential between readings, making the end point very difficult to detect. For chlorine contents over 1 % in samples of 0.8 g or larger, 0.282 N AgNO<sub>3</sub> solution will be required to avoid exceeding the 10-mL water dilution limit.

A2.6.5 *Blank*—Make blank determinations with the amount

of white oil used but omitting the sample. (Liquid samples normally require only 0.15 to 0.25 g of white oil while solids require 0.7 to 0.8 g.) Follow normal procedure, making two or three test runs to be sure the results are within the limits of repeatability for the test. Repeat this blank procedure whenever new batches of reagents or white oil are used. The purpose of the blank run is to measure the chlorine in the white oil, the reagents, and that introduced by contamination.

A2.6.6 *Standardization*—Silver nitrate solutions are not permanently stable, so the true activity should be checked when the solution is first made up and then periodically during the life of the solution. This is done by titration of a known NaCl solution as follows: Prepare a mixture of the amounts of the chemicals (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> solution, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution, acetone, and methanol) specified for the test. Pipet in 5.0 mL of 0.0282-N NaCl solution and titrate to the end point. Prepare and titrate a similar mixture of all the chemicals except the NaCl solution, thus obtaining a reagent blank reading. Calculate the normality of the AgNO<sub>3</sub> solution as follows:

$$N_{\text{AgNO}_3} = \frac{5.0 \times N_{\text{NaCl}}}{V_A - V_B} \quad (\text{A2.1})$$

where:

$N_{\text{AgNO}_3}$  = normality of the AgNO<sub>3</sub> solution,  
 $N_{\text{NaCl}}$  = normality of the NaCl solution,  
 $V_A$  = millilitres of AgNO<sub>3</sub> solution used for the titration including the NaCl solution, and  
 $V_B$  = millilitres of AgNO<sub>3</sub> solution used for the titration of the reagents only.

A2.6.7 *Calculation*—Calculate the chlorine content of the sample as follows:

$$\text{Chlorine, weight \%} = \frac{(V_S - V_B) \times N \times 3.545}{W} \quad (\text{A2.2})$$

where:

$V_S$  = millilitres of AgNO<sub>3</sub> solution used by the sample,  
 $V_B$  = millilitres of AgNO<sub>3</sub> solution used by the blank,  
 $N$  = normality of the AgNO<sub>3</sub> solution, and  
 $W$  = grams of sample used.

A2.6.8 *Precision and Accuracy:*

A2.6.8.1 The following criteria should be used for judging the acceptability of results:

A2.6.8.1.1 *Repeatability*—Results by the same analyst should not be considered suspect unless they differ by more than 0.006 % or 10.5 % of the value determined, whichever is higher.

A2.6.8.1.2 *Reproducibility*—Results by different laboratories should not be considered suspect unless they differ by more than 0.013 % or 21.3 % of the value detected, whichever is higher.

A2.6.8.1.3 *Accuracy*—The average recovery of the method is 86 % to 89 % of the actual amount present.

## A2.7 Analysis, Method B, Coulometric Titration

A2.7.1 *Apparatus:*

A2.7.1.1 *Coulometric Chloride Titrator.*

A2.7.1.2 *Beakers,* two, 100-mL, or glazed crucibles (preferably with 1½ in.-outside diameter bottom).

A2.7.1.3 *Refrigerator.*

### A2.7.2 Reagents

#### A2.7.2.1 Acetic Acid, Glacial.

#### A2.7.2.2 Dry Gelatin Mixture.<sup>10</sup>

#### A2.7.2.3 Nitric Acid.

A2.7.2.4 *Sodium Chloride Solution*—100 meq C/l. Dry a quantity of NaCl for 2 h at 130 to 150°C. Weigh out 5.8440 ± 0.0005 g of dried NaCl in a closed container, dissolve in water, and dilute to 1 L.

#### A2.7.3 Reagent Preparation:

NOTE A2.9—The normal reagent preparation process has been slightly changed, due to the interference from the 50 mL of water required to wash the bomb. This modified process eliminates the interference and does not alter the quality of the titration.

A2.7.3.1 *Gelatin Solution*—A typical preparation is: Add approximately 1 L of hot distilled or deionized water to the 6.2 g of dry gelatin mixture contained in one vial supplied by the equipment manufacturer. Gently heat with continuous mixing until the gelatin is completely dissolved.

A2.7.3.2 Divide into aliquots each sufficient for one day's analyses. (Thirty millilitres is enough for approximately eleven titrations.) Keep the remainder in a refrigerator, but do not freeze. The solution will keep for about 6 months in the refrigerator. When ready to use, immerse the day's aliquot in hot water to liquefy the gelatin.

A2.7.3.3 *Glacial Acetic Acid-Nitric Acid Solution*—A typical ratio is 12.5 to 1 (12.5 parts CH<sub>3</sub>COOH to 1 part HNO<sub>3</sub>).

A2.7.3.4 Mix enough gelatin solution and of acetic acid-nitric acid mixture for one titration. (A typical mixture is 2.5 mL of gelatin solution and 5.4 mL of acetic-nitric acid mixture.)

NOTE A2.10—The solution may be premixed in a larger quantity for convenience, but may not be useable after 24 h.

A2.7.3.5 Run at least three blank values and take an average according to the operating manual of the titrator. Determine separate blanks for both 5 drops of mineral oil and 20 drops of mineral oil.

#### A2.7.4 Titration:

A2.7.4.1 Weigh to the nearest 0.1 g and record the weight of the 100-mL beaker.

A2.7.4.2 Remove the sample crucible from the cover assembly support ring using a clean forceps, and, using a wash bottle, rinse both the inside and the outside with water into the 100-mL beaker.

A2.7.4.3 Empty the bomb shell into the 100-mL beaker. Wash down the sides of the bomb shell with water, using a wash bottle.

A2.7.4.4 Remove the cover assembly from the cover assembly support, and, using the wash bottle, rinse the under side, the platinum wire, and the terminals into the same 100-mL beaker. The total amount of washings should be 50 ± 1 g.

A2.7.4.5 Add specified amounts of gelatin mixture and acetic acid-nitric acid mixture, or gelatin mix-acetic acid-nitric acid mixture, if this was premixed, into the 100-mL beaker that contains the 50 g of washings including the decomposed sample.

A2.7.4.6 Titrate using a coulometric titrimer, according to operating manual procedure.

A2.7.5 *Calculations*—Calculate the chloride ion concentration in the sample as follows:

$$\text{Chlorine, weight \%} = \frac{(P - B) \times M}{W} \quad (\text{A2.3})$$

where:

*P* = counter reading obtained with the sample,

*B* = average counter reading obtained with average of the three blank readings,

*M* = standardization constant. This is dependent on the instrument range setting in use and the reading obtained with a known amount of the 100 meq of Cl per litre of solution, and

*W* = weight of sample used, g.

#### A2.7.6 Precision and Accuracy:

A2.7.6.1 Duplicate results by the same operator can be expected to exhibit the following relative standard deviations:

Approximate % Chlorine	RSD, %
1.0 and above	0.10
0.1	2.5
0.003	5.9

A2.7.6.2 The method can be expected to report values that vary from the true value by the following amounts:

0.1 % chlorine and above	±2%
0.001 to 0.01 % chlorine	±9%

A2.7.6.3 If bromine is present, 36.5 % of the true amount will be reported. If iodine is present, 20.7 % of the true amount will be reported. Fluorine will not be detected.

<sup>10</sup> May be purchased from the equipment supplier. A typical mixture consists of 6 g of gelatin powder, 0.1 g of thymol blue, water-soluble, and 0.1 g of thymol, reagent grade, crystal.

## A3. METHOD FOR MEASURING TOTAL FLUORINE CONTENT IN COMBUSTIBLE LIQUID PENETRANT MATERIALS

### A3.1 Scope and Application

A3.1.1 This method covers the determination of fluorine in combustible liquid penetrant materials, liquid or solid, that do not contain appreciable amounts of interfering elements, or have any insoluble residue after combustion. Its range of applicability is 1 to 200 000 ppm.

A3.1.2 The measure of the fluorine content employs the fluoride selective ion electrode.

### A3.2 Summary of Method

A3.2.1 The sample is oxidized by combustion in a bomb containing oxygen under pressure (**Caution**, see A3.2.1.1). The

fluorine compounds thus liberated are absorbed in a sodium citrate solution and the amount of fluorine present is determined potentiometrically through the use of a fluoride selective ion electrode.

A3.2.1.1 *Safety*—Strict adherence to all of the provisions prescribed hereinafter ensures against explosive rupture of the bomb, or a blow-out, provided the bomb is of proper design and construction and in good mechanical condition. It is desirable, however, that the bomb be enclosed in a shield of steel plate at least 1/2 in. (12.7 mm) thick, or equivalent protection be provided against unforeseeable contingencies.

### A3.3 Interferences

A3.3.1 Silicon, calcium, aluminum, magnesium, and other metals forming precipitates with fluoride ion will interfere if they are present in sufficient concentration to exceed the solubility of their respective fluorides. Insoluble residue after combustion will entrain fluorine even if otherwise soluble.

### A3.4 Apparatus

A3.4.1 *Bomb*, having a capacity of not less than 300 mL, so constructed that it will not leak during the test, and that quantitative recovery of the liquids from the bomb may be readily achieved. The inner surface of the bomb may be made of stainless steel or any other material that will not be affected by the combustion process or products. Materials used in the bomb assembly, such as the head gasket and leadwire insulation, shall be resistant to heat and chemical action, and shall not undergo any reaction that will affect the fluorine content of the liquid in the bomb.

A3.4.2 *Sample Cup*, nickel, 20 mm in outside diameter at the bottom, 28 mm in outside diameter at the top, and 16 mm in height; or platinum, 24 mm in outside diameter at the bottom, 27 mm in outside diameter at the top, 12 mm in height, and weighing 10 to 11 g.

A3.4.3 *Firing Wire*, platinum, approximately No. 26 B & S gage.

A3.4.4 *Ignition Circuit* (Note A3.1), capable of supplying sufficient current to ignite the nylon thread or cotton wicking without melting the wire.

NOTE A3.1—**Caution:** The switch in the ignition circuit shall be of a type that remains open, except when held in closed position by the operator.

A3.4.5 *Nylon Sewing Thread*, or *Cotton Wicking*, white.

A3.4.6 *Funnel*, polypropylene (Note A3.2).

A3.4.7 *Volumetric Flask*, polypropylene, 100-mL (Note A3.2).

A3.4.8 *Beaker*, polypropylene, 150-mL (Note A3.2).

A3.4.9 *Pipet*, 100- $\mu$ L, Eppendorf-type (Note A3.2).

A3.4.10 *Magnetic Stirrer* and TFE-coated magnetic stirring bar.

A3.4.11 *Fluoride Specific Ion Electrode* and suitable reference electrode.

A3.4.12 *Millivolt Meter* capable of measuring to 0.1 mV.

NOTE A3.2—Glassware should never be used to handle a fluoride solution as it will remove fluoride ions from solution or on subsequent use carry fluoride ion from a concentrated solution to one more dilute.

### A3.5 Reagents

A3.5.1 *Purity of Reagents*—Reagent grade chemicals shall be used in all tests. Unless otherwise indicated, it is intended that all reagents shall conform to the specifications of the Committee on Analytical Reagents of the American Chemical Society, where such specifications are available.<sup>9</sup> Other grades may be used, provided it is first ascertained that the reagent is of sufficiently high purity to permit its use without lessening the accuracy of the determination.

A3.5.2 *Purity of Water*—Unless otherwise indicated, all references to water shall be understood to mean Type I reagent water conforming to Specification D 1193.

A3.5.3 *Fluoride Solution, Stock (2000 ppm)*—Dissolve  $4.4200 \pm 0.0005$  g of predried (at 130 to 150°C for 1 h, then cooled in a desiccator) sodium fluoride in distilled water and dilute to 1 L.

A3.5.4 *Oxygen*, free of combustible material and halogen compounds, available at a pressure of 40 atm (4.05 MPa).

A3.5.5 *Sodium Citrate Solution*—Dissolve 27 g of sodium citrate dihydrate in water and dilute to 1 L.

A3.5.6 *Sodium Hydroxide Solution (5 N)*—Dissolve 200 g of sodium hydroxide (NaOH) pellets in water and dilute to 1 L; store in a polyethylene container.

A3.5.7 *Wash Solution (Modified TISAB, Total Ionic Strength Adjustment Buffer)*—To 300 mL of distilled water, add 32 mL of glacial acetic acid, 6.6 g of sodium citrate dihydrate, and 32.15 g of sodium chloride. Stir to dissolve and then adjust the pH to 5.3 using 5 N NaOH solution. Cool and dilute to 1 L.

A3.5.8 *White Oil*, refined.

### A3.6 Decomposition Procedure

A3.6.1 *Preparation of Bomb and Sample*—Cut a piece of firing wire approximately 100 mm in length. Coil the middle section (about 20 mm) and attach the free ends to the terminals. Arrange the coil so that it will be above and to one side of the sample cup. Place 10 mL of sodium citrate solution in the bomb, place the cover on the bomb, and vigorously shake for 15 s to distribute the solution over the inside of the bomb. Open the bomb, place the sample-filled sample cup in the terminal holder, and insert a short length of thread between the firing wire and the sample. The sample weight used should not exceed 1 g. If the sample is a solid, add a few drops of white oil at this time to ensure ignition of the sample.

NOTE A3.3—Use of sample weights containing over 20 mg of chlorine may cause corrosion of the bomb. To avoid this it is recommended that for samples containing over 2 % chlorine, the sample weight be based on the following table:

Chlorine Content, %	Sample weight, g	White Oil weight, g
2 to 5	0.4	0.4
5 to 10	0.2	0.6
10 to 20	0.1	0.7
20 to 50	0.05	0.7

**Caution:** Do not use more than 1 g total of sample and white oil or other fluorine-free combustible material.

A3.6.2 *Addition of Oxygen*—Place the sample cup in position and arrange the nylon thread, or wisp of cotton so that the end dips into the sample. Assemble the bomb and tighten the cover securely. Admit oxygen (**Caution**, Note A3.4) slowly (to

avoid blowing the sample from the cup) until a pressure is reached as indicated in Table A3.1.

NOTE A3.4—**Caution:** Do not add oxygen or ignite the sample if the bomb has been jarred, dropped, or tilted.

A3.6.3 *Combustion*—Immerse the bomb in a cold-water bath. Connect the terminals to the open electrical circuit. Close the circuit to ignite the sample. Remove the bomb from the bath after immersion for at least 10 min. Release the pressure at a slow, uniform rate such that the operation requires not less than 1 min. Open the bomb and examine the contents. If traces of unburned oil or sooty deposits are found, discard the determination, and thoroughly clean the bomb before again putting it in use.

A3.6.4 *Collection of Fluorine Solution*—Remove the sample cup with clean forceps and rinse with wash solution into a 100-mL volumetric flask. Rinse the walls of the bomb shell with a fine stream of wash solution from a wash bottle, and add the washings to the flask. Next, rinse the bomb cover and terminals into the volumetric flask. Finally, add wash solution to bring the contents of the flask to the line.

### A3.7 Procedure

A3.7.1 Ascertain the slope (millivolts per ten-fold change in concentration) of the electrode as described by the manufacturer.

TABLE A3.1 Gage Pressures

Capacity of Bomb, mL	Gage Pressure atm (MPa)	
	min <sup>a</sup>	max
300 to 350	38	40
350 to 400	35	37
400 to 450	30	32
450 to 500	27	29

<sup>a</sup> The minimum pressures are specified to provide sufficient oxygen for complete combustion and the maximum pressures present a safety requirement.

A3.7.2 Obtain a blank solution by performing the procedure without a sample.

A3.7.3 Immerse the fluoride and reference electrodes in solutions and obtain the equilibrium reading to 0.1 mV. (The condition of the electrode determines the length of time necessary to reach equilibrium. This may be as little as 5 min or as much as 20 min.)

A3.7.4 Add 100  $\mu$ L of stock fluoride solution and obtain the reading after the same length of time necessary for A3.7.3.

### A3.8 Calculation

A3.8.1 Calculate the fluorine content of the sample as follows:

$$\text{Fluorine, ppm} = \frac{\left[ \frac{2 \times 10^{-4}}{10\Delta E_1/S - 1} - \frac{2 \times 10^{-4}}{10\Delta E_2/S - 1} \right]}{W} \times 10^6 \quad (\text{A3.1})$$

where:

$\Delta E_1$  = millivolt change in sample solution on addition of 100  $\mu$ L of stock fluoride solution,

$\Delta E_2$  = millivolt change in blank solution on addition of 100  $\mu$ L of the stock fluoride solution,

$S$  = slope of fluoride electrode as determined in A3.7.1, and

$W$  = grams of sample.

### A3.9 Precision and Bias

A3.9.1 *Repeatability*—The results of two determinations by the same analyst should not be considered suspect unless they differ by more than 1.1 ppm (0.00011 %) or 8.0 % of the amount detected, whichever is greater.

A3.9.2 *Reproducibility*—The results of two determinations by different laboratories should not be considered suspect unless they differ by 6.7 ppm or 129.0 % of the amount detected, whichever is greater.

A3.9.3 *Bias*—The average recovery of the method is 62 to 64 % of the amount actually present although 83 to 85 % recoveries can be expected with proper technique.

## A4. DETERMINATION OF ANIONS BY ION CHROMATOGRAPHY WITH CONDUCTIVITY MEASUREMENT

### A4.1 Scope and Application

A4.1.1 This method is condensed from ASTM procedures and APHA Method 429 and optimized for the analysis of detrimental substances in organic based materials. It provides a single instrumental technique for rapid, sequential measurement of common anions such as bromide, chloride, fluoride, nitrate, nitrite, phosphate, and sulfate.

### A4.2 Summary of Method

A4.2.1 The material must be put in the form of an aqueous solution before analysis can be attempted. The sample is oxidized by combustion in a bomb containing oxygen under pressure. The products liberated are absorbed in the eluant present in the bomb at the time of ignition. This solution is washed from the bomb, filtered, and diluted to a known volume.

A4.2.1.1 A filtered aliquot of sample is injected into a stream of carbonate-bicarbonate eluant and passed through a series of ion exchangers. The anions of interest are separated on the basis of their relative affinities for a low capacity, strongly basic anion exchanger (guard and separator column). The separated anions are directed onto a strongly acidic cation exchanger (suppressor column) where they are converted to their highly conductive acid form and the carbonate-bicarbonate eluant is converted to weakly conductive carbonic acid. The separated anions in their acid form are measured by conductivity. They are identified on the basis of retention time as compared to standards. Quantitation is by measurement of peak area or peak height. Blanks are prepared and analyzed in a similar fashion.

A4.2.2 *Interferences*—Any substance that has a retention time coinciding with that of any anion to be determined will

interfere. For example, relatively high concentrations of low-molecular-weight organic acids interfere with the determination of chloride and fluoride. A high concentration of any one ion also interferes with the resolution of others. Sample dilution overcomes many interferences. To resolve uncertainties of identification or quantitation use the method of known additions. Spurious peaks may result from contaminants in reagent water, glassware, or sample processing apparatus. Because small sample volumes are used, scrupulously avoid contamination.

**A4.2.3 Minimum Detectable Concentration**—The minimum detectable concentration of an anion is a function of sample size and conductivity scale used. Generally, minimum detectable concentrations are in the range of 0.05 mg/L for  $F^-$  and 0.1 mg/L for  $Br^-$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $PO_4^{3-}$ , and  $SO_4^{2-}$  with a 100- $\mu$ L sample loop and a 10- $\mu$ mho full-scale setting on the conductivity detector. Similar values may be achieved by using a higher scale setting and an electronic integrator.

### A4.3 Apparatus

**A4.3.1 Bomb**, having a capacity of not less than 300 mL, so constructed that it will not leak during the test, and that quantitative recovery of the liquids from the bomb may be readily achieved. The inner surface of the bomb may be made of stainless steel or any other material that will not be affected by the combustion process or products. Materials used in the bomb assembly, such as the head gasket and leadwire insulation, shall be resistant to heat and chemical action, and shall not undergo any reaction that will affect the chlorine content of the liquid in the bomb.

**A4.3.2 Sample Cup**, platinum, 24 mm in outside diameter at the bottom, 27 mm in outside diameter at the top, 12 mm in height outside, and weighing 10 to 11 g; opaque fused silica, wide-form with an outside diameter of 29 mm at the top, a height of 19 mm, and a 5-mL capacity (Note A4.1), or nickel (Kawin capsule form), top diameter of 28 mm, 15 mm in height, and 5-mL capacity.

**NOTE A4.1**—Fused silica crucibles are much more economical and longer lasting than platinum. After each use, they should be scrubbed out with fine, wet emery cloth, heated to dull red heat over a burner, soaked in hot water for 1 h then dried and stored in a desiccator before reuse.

**A4.3.3 Firing Wire**, platinum, approximately No. 26 B and S gage.

**A4.3.4 Ignition Circuit** (Note A4.2), capable of supplying sufficient current to ignite the nylon thread or cotton wicking without melting the wire.

**NOTE A4.2—Caution:** The switch in the ignition circuit shall be of a type that remains open, except when held in closed position by the operator.

**A4.3.5 Nylon Sewing Thread, or Cotton Wicking**, white.

**A4.3.6 Ion Chromatograph**, including an injection valve, a sample loop, guard, separator, and suppressor columns, a temperature-compensated small-volume conductivity cell (6  $\mu$ L or less), and a strip chart recorder capable of full-scale response of 2 s or less. An electronic peak integrator is optional. The ion chromatograph shall be capable of delivering 2 to 5 mL eluant/min at a pressure of 1400 to 6900 kPa.

**A4.3.7 Anion Separator Column**, with styrene

divinylbenzene-based low-capacity pellicular anion-exchange resin capable of resolving  $Br^-$ ,  $Cl^-$ ,  $F^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $PO_4^{3-}$ , and  $SO_4^{2-}$ ; 4  $\times$  250 mm.

**A4.3.8 Guard Column**, identical to separator column except 4  $\times$  50 mm, to protect separator column from fouling by particulates or organics.

**A4.3.9 Suppressor Column**, high-capacity cation-exchange resin capable of converting eluant and separated anions to their acid forms.

**A4.3.10 Syringe**, minimum capacity of 2 mL and equipped with a male pressure fitting.

### A4.4 Reagents

**A4.4.1 Purity of Reagents**—Reagent grade chemicals shall be used in all tests. Unless otherwise indicated, it is intended that all reagents shall conform to the specifications of the Committee on Analytical Reagents of the American Chemical Society, where such specifications are available.<sup>9</sup> Other grades may be used provided it is first ascertained that the reagent has sufficiently high purity to permit its use without lessening the accuracy of the determination.

**A4.4.2 Deionized or Distilled Water**, free from interferences at the minimum detection limit of each constituent and filtered through a 0.2- $\mu$ m membrane filter to avoid plugging columns.

**A4.4.3 Eluant Solution**, sodium bicarbonate-sodium carbonate, 0.003M  $NaHCO_3$ , 0.0024M  $Na_2CO_3$ ; dissolve 1.008 g  $NaHCO_3$  and 1.0176 g  $Na_2CO_3$  in water and dilute to 4 L.

**A4.4.4 Regenerant Solution 1**,  $H_2SO_4$ , 1 N, use this regenerant when suppressor is not a continuously regenerated one.

**A4.4.5 Regenerant Solution 2**,  $H_2SO_4$ , 0.025 N, dilute 2.8 mL conc  $H_2SO_4$  to 4 L or 100 mL regenerant solution 1 to 4 L. Use this regenerant with continuous regeneration fiber suppressor system.

**A4.4.6 Standard Anion Solutions**, 1000 mg/L, prepare a series of standard anion solutions by weighing the indicated amount of salt, dried to a constant weight at 105°C, to 1000 mL. Store in plastic bottles in a refrigerator; these solutions are stable for at least one month.

Anion	Salt	Amount, g/L
$Cl^-$	NaCl	1.6485
$F^-$	NaF	2.2100
$Br^-$	NaBr	1.2876
$NO_3^-$	NaNO <sub>3</sub>	1.3707
$NO_2^-$	NaNO <sub>2</sub>	1.4998
$PO_4^{3-}$	$KH_2PO_4$	1.4330
$SO_4^{2-}$	$K_2SO_4$	1.8141

**A4.4.7 Combined Working Standard Solution, High Range**—Combine 10 mL of the  $Cl^-$ ,  $F^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ , and  $PO_4^{3-}$  standard anion solutions, 1 mL of the  $Br^-$ , and 100 mL of the  $SO_4^{2-}$  standard solutions, dilute to 1000 mL, and store in a plastic bottle protected from light; contains 10 mg/L each of  $Cl^-$ ,  $F^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ , and  $PO_4^{3-}$ , 1 mg  $Br^-$ /L, and 100 mg  $SO_4^{2-}$ /L. Prepare fresh daily.

**A4.4.8 Combined Working Standard Solution, Low Range**—Dilute 100 mL combined working standard solution, high range, to 1000 mL and store in a plastic bottle protected from light; contains 1.0 mg/L each  $Cl^-$ ,  $F^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ , and  $PO_4^{3-}$ , 0.1 mg  $Br^-$ /L, and 10 mg  $SO_4^{2-}$ /L. Prepare fresh daily.

**A4.4.9 Alternative Combined Working Standard**

**Solutions**—Prepare appropriate combinations according to anion concentration to be determined. If  $\text{NO}_2^-$  and  $\text{PO}_4^{3-}$  are not included, the combined working standard is stable for one month.

#### A4.5 Decomposition Procedure

**A4.5.1 Preparation of Bomb and Sample**—Cut a piece of firing wire approximately 100 mm in length. Coil the middle section (about 20 mm) and attach the free ends to the terminals. Arrange the coil so that it will be above and to one side of the sample cup. Place 5 mL of  $\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{NaHCO}_3$  solution in the bomb, place the cover on the bomb, and vigorously shake for 15 s to distribute the solution over the inside of the bomb. Open the bomb, place the sample-filled sample cup in the terminal holder, and insert a short length of thread between the firing wire and the sample. The sample weight used should not exceed 1 g. If the sample is a solid, add a few drops of white oil at this time to ensure ignition of the sample.

**NOTE A4.3**—Use of sample weights containing over 20 mg of chlorine may cause corrosion of the bomb. To avoid this it is recommended that for samples containing over 2 % chlorine, the sample weight be based on the following:

Chlorine content, %	Sample weight, g	White Oil weight, g
2 to 5	0.4	0.4
5 to 10	0.2	0.6
10 to 20	0.1	0.7
20 to 50	0.05	0.7

**CAUTION:** Do not use more than 1 g total of sample and white oil or other fluorine-free combustible material.

**A4.5.2 Addition of Oxygen**—Place the sample cup in position and arrange the nylon thread, or wisp of cotton so that the end dips into the sample. Assemble the bomb and tighten the cover securely. Admit oxygen (**Caution**, Note A4.4) slowly (to avoid blowing the sample from the cup) until a pressure is reached as indicated in Table A4.1.

**NOTE A4.4—Caution:** Do not add oxygen or ignite the sample if the bomb has been jarred, dropped, or tilted.

**A4.5.3 Combustion**—Immerse the bomb in a cold-water bath. Connect the terminals to the open electrical circuit. Close the circuit to ignite the sample. Remove the bomb from the bath after immersion for at least 10 min. Release the pressure at a slow, uniform rate such that the operation requires not less than 1 min. Open the bomb and examine the contents. If traces of unburned oil or sooty deposits are found, discard the determination, and thoroughly clean the bomb before again putting it in use.

**A4.5.4 Collection of Solution**—Remove the sample cup with clean forceps and rinse with deionized water and filter the

washings into a 100-mL volumetric flask. Rinse the walls of the bomb shell with a fine stream of deionized water from a wash bottle, and add the washings through the filter paper to the flask. Next, rinse the bomb cover and terminals and add the washings through the filter into the volumetric flask. Finally, add deionized water to bring the contents of the flask to the line. Use aliquots of this solution for the ion chromatography (IC) analysis.

#### A4.6 Procedure

**A4.6.1 System Equilibration**—Turn on ion chromatograph and adjust eluant flow rate to approximate the separation achieved in Fig. A4.1 (2 to 3 mL/min). Adjust detector to desired setting (usually 10  $\mu\text{mho}$ ) and let system come to equilibrium (15 to 20 min). A stable base line indicates equilibrium conditions. Adjust detector offset to zero-out eluant conductivity; with the fiber suppressor adjust the regeneration flow rate to maintain stability, usually 2.5 to 3 mL/min.

**A4.6.1.1** Set up the ion chromatograph in accordance with the manufacturer's instructions.

**A4.6.2 Calibration**—Inject standards containing a single anion or a mixture and determine approximate retention times. Observed times vary with conditions but if standard eluant and anion separator column are used, retention always is in the order  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , and  $\text{SO}_4^{2-}$ . Inject at least three different concentrations for each anion to be measured and construct a calibration curve by plotting peak height or area against concentration on linear graph paper. Recalibrate whenever the detector setting is changed. With a system requiring suppressor regeneration,  $\text{NO}_2^-$  interaction with the suppressor may lead to erroneous  $\text{NO}_2^-$  results; make this determination only when the suppressor is at the same stage of exhaustion as during standardization or recalibrate frequently. In this type of system the water dip (see Note A4.4) may shift slightly during suppressor exhaustion and with a fast run column this may lead to slight interference for  $\text{F}^-$  or  $\text{Cl}^-$ . To eliminate this interference, analyze standards that bracket the expected result or eliminate the water dip by diluting the sample with eluant or by adding concentrated eluant to the sample to give the same  $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$  concentration as in the eluant. If sample adjustments are made, adjust standards and blanks identically.

**NOTE A4.5**—Water dip occurs because water conductivity in sample is

TABLE A4.1 Gage Pressures

Capacity of Bomb, mL	Gage Pressures, atm	
	mm <sup>A</sup>	max
300 to 350	38	40
350 to 400	35	37
400 to 450	30	32
450 to 500	27	29

<sup>A</sup> The minimum pressures are specified to provide sufficient oxygen for complete combustion and the maximum pressures present a safety requirement.

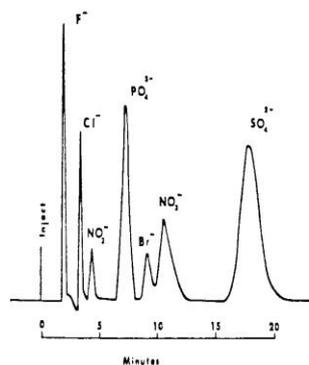


FIG. A4.1 Typical Anion Profile

less than eluant conductivity (eluant is diluted by water).

A4.6.2.1 If linearity is established for a given detector setting, it is acceptable to calibrate with a single standard. Record the peak height or area and retention time to permit calculation of the calibration factor,  $F$ .

A4.6.3 *Sample Analysis*—Remove sample particulates, if necessary, by filtering through a prewashed 0.2- $\mu\text{m}$ -pore-diam membrane filter. Using a prewashed syringe of 1 to 10 mL capacity equipped with a male luer fitting inject sample or standard. Inject enough sample to flush sample loop several times: for 0.1 mL sample loop inject at least 1 mL. Switch ion chromatograph from load to inject mode and record peak heights and retention times on strip chart recorder. After the last peak ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) has appeared and the conductivity signal has returned to base line, another sample can be injected.

A4.6.4 *Regeneration*—For systems without fiber suppressor regenerate with 1 N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  in accordance with the manufacturer's instructions when the conductivity base line exceeds 300  $\mu\text{mho}$  when the suppressor column is on line.

#### A4.7 Calculation

A4.7.1 Calculate concentration of each anion, in mg/L, by referring to the appropriate calibration curve. Alternatively, when the response is shown to be linear, use the following equation:

$$C = H \times F \times D \quad (\text{A4.1})$$

where:

$C$  = mg anion/L,

$H$  = peak height or area,

$F$  = response factor – concentration of standard/height (or area) of standard, and

$D$  = dilution factor for those samples requiring dilution.

#### A4.8 Precision and Bias

A4.8.1 Samples of reagent water to which were added the common anions were analyzed in 15 laboratories with the results shown in Table A4.2.

TABLE A4.2 Precision and Accuracy Observed for Anions at Various Concentration Levels in Reagent Water

Anion	Amount Added, mg/L	Amount Found, mg/L	Overall Precision, mg/L	Single-Operator Precision, mg/L	Significant Bias 95 % Level
F <sup>-</sup>	0.48	0.49	0.05	0.03	No
F <sup>-</sup>	4.84	4.64	0.52	0.46	No
Cl	0.76	0.86	0.38	0.11	No
Cl <sup>-</sup>	17	17.2	0.82	0.43	No
Cl	455	471	46	13	No
NO <sub>2</sub>	0.45	0.09	0.09	0.04	Yes, neg
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	21.8	19.4	1.9	1.3	Yes, neg
Br <sup>-</sup>	0.25	0.25	0.04	0.02	No
Br <sup>-</sup>	13.7	12.9	1.0	0.6	No
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0.18	0.10	0.06	0.03	Yes, neg
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0.49	0.34	0.15	0.17	Yes, neg
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.50	0.33	0.16	0.03	No
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	15.1	14.8	1.15	0.9	No
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.51	0.52	0.07	0.03	No
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	43.7	43.5	2.5	2.2	No

*The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.*

*This standard is copyrighted by ASTM, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (<http://www.astm.org>).*

# ANEXO C2

## NORMA ASTM E1219



Designation: E 1219 – 99

An American National Standard

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS  
100 Barr Harbor Dr., West Conshohocken, PA 19428  
Reprinted from the Annual Book of ASTM Standards. Copyright ASTM

### Standard Test Method for Fluorescent Liquid Penetrant Examination Using the Solvent-Removable Process<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation E 1219; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

#### 1. Scope

1.1 This test method<sup>2</sup> covers procedures for fluorescent penetrant examination utilizing the solvent-removable process. It is a nondestructive testing method for detecting discontinuities that are open to the surface, such as cracks, seams, laps, cold shuts, laminations, isolated porosity, through leaks, or lack of fusion and is applicable to in-process, final, and maintenance examination. It can be effectively used in the examination of nonporous, metallic materials, both ferrous and nonferrous, and of nonmetallic materials such as glazed or fully densified ceramics and certain nonporous plastics and glass.

1.2 This test method also provides a reference:

1.2.1 By which a fluorescent penetrant examination solvent-removable process recommended or required by individual organizations can be reviewed to ascertain its applicability and completeness.

1.2.2 For use in the preparation of process specifications dealing with the fluorescent solvent-removable liquid penetrant examination of materials and parts. Agreement by the purchaser and the manufacturer regarding specific techniques is strongly recommended.

1.2.3 For use in the organization of the facilities and personnel concerned with the liquid penetrant examination.

1.3 This test method does not indicate or suggest standards for evaluation of the indications obtained. It should be pointed out, however, that indications must be interpreted or classified and then evaluated. For this purpose there must be a separate code or specification or a specific agreement to define the type, size, location, and direction of indications considered acceptable, and those considered unacceptable.

1.4 All areas of this document may be open to agreement between the cognizant engineering organization and the supplier, or specific direction from the cognizant engineering organization.

1.5 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appro-*

*prate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. For specific hazard statements, see Notes 11 and 15.*

#### 2. Referenced Documents

##### 2.1 ASTM Standards:

D 129 Test Method for Sulfur in Petroleum Products (General Bomb Method)<sup>3</sup>

D 516 Test Methods for Sulfate Ion in Water<sup>4</sup>

D 808 Test Method for Chlorine in New and Used Petroleum Products (Bomb Method)<sup>3</sup>

D 1552 Test Method for Sulfur in Petroleum Products (High-Temperature Method)<sup>3</sup>

E 165 Test Method for Liquid Penetrant Examination<sup>5</sup>

E 433 Reference Photographs for Liquid Penetrant Inspection<sup>5</sup>

E 543 Practice for Evaluating Agencies that Perform Nondestructive Testing<sup>5</sup>

E 1316 Terminology for Nondestructive Examinations<sup>5</sup>

##### 2.2 ASNT Documents:

Recommended Practice SNT-TC-1A Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing<sup>5</sup>

ANSI/ASNT-CP-189 Qualification and Certification of NDT Personnel<sup>6</sup>

##### 2.3 Military Standard:<sup>7</sup>

MIL-STD-410 Nondestructive Testing Personnel Qualification and Certification

##### 2.4 AIA Standard:

NAS 410 Certification and Qualification of Nondestructive Test Personnel<sup>8</sup>

2.5 *Department of Defense (DoD) Contracts*—Unless otherwise specified, the issue of the documents that are DoD adopted are those listed in the issue of the DoDISS (Department of Defense Index of Specifications and Standards) cited in the solicitation.

<sup>3</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 05.01.

<sup>4</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 11.01.

<sup>5</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.03.

<sup>6</sup> Available from the American Society for Nondestructive Testing, 1711 Arlington Plaza, Columbus, OH 43228-0518.

<sup>7</sup> Available from Standardization Documents Order Desk, Bldg. 4 Section D, 700 Robbins Ave., Philadelphia, PA 19111-5094, Attn: NPODS.

<sup>8</sup> Available from the Aerospace Industries Association of America, Inc., 1250 Eye Street, N.W., Washington, DC 20005.

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee E-7 on Nondestructive Testing and is the direct responsibility of Subcommittee E07.03 on Liquid Penetrant and Magnetic Particle Methods.

Current edition approved Feb. 10, 1999. Published April 1999. Originally published as E 1219 – 87. Last previous edition E 1219 – 94.

<sup>2</sup> For ASME Boiler and Pressure Vessel Code applications see related Test Method SE-1219 in Section II of that Code.

2.6 *Order of Precedence*—In the event of conflict between the text of this test method and the references cited herein, the text of this test method takes precedence.

### 3. Terminology

3.1 *Definitions*—definitions relating to liquid penetrant examination, which appear in Terminology E 1316, shall apply to the terms used in this test method.

### 4. Summary of Test Method

4.1 A liquid, fluorescent penetrant is applied evenly over the surface being tested and allowed to enter open discontinuities. After a suitable dwell time, the excess surface penetrant is removed and the surface is dried prior to the application of a nonaqueous, wet, or liquid film developer. If an aqueous developer is to be employed, the developer is applied prior to the drying step. The developer draws the entrapped penetrant out of the discontinuity, staining the developer. The surface is then examined visually under black light to determine presence or absence of indications.

NOTE 1—The developer may be omitted by agreement between purchaser and supplier.

NOTE 2—**Caution:** Fluorescent penetrant examination shall not follow a visible penetrant examination unless the procedure has been qualified in accordance with 9.2, because visible dyes may cause deterioration or quenching of fluorescent dyes.

4.2 Processing parameters, such as precleaning, penetration time, etc., are determined by the specific materials used, the nature of the part under examination (that is, size, shape, surface condition, alloy), type of discontinuities expected, etc.

### 5. Significance and Use

5.1 Liquid penetrant examination methods indicate the presence, location, and, to a limited extent, the nature and magnitude of the detected discontinuities. This test method is intended primarily for portability and for localized areas of examination, utilizing minimal equipment, when a higher level of sensitivity than can be achieved using visible process is required. Surface roughness may be a limiting factor. If so, an alternative process such as post-emulsified penetrant should be considered, when grinding or machining is not practical.

### 6. Reagents and Materials

6.1 *Fluorescent Solvent-Removable Liquid Penetrant Examination Materials*, (see Note 3) consist of a family of applicable fluorescent penetrants, solvent removers, as recommended by the manufacturer, and are classified as Type I Fluorescent, Method C—Solvent-Removable. Intermixing of materials from various manufacturers is not recommended.

NOTE 3—Refer to 8.1 for special requirements for sulfur, halogen, and alkali metal content.

NOTE 4—**Caution:** While approved penetrant materials will not adversely affect common metallic materials, some plastics or rubbers may be swollen or stained by certain penetrants.

6.2 *Fluorescent Solvent-Removable Penetrants*, are designed so that excess surface penetrant can be removed by

wiping with clean, lint-free material, and repeating the operation until most traces of penetrant have been removed. The remaining traces shall be removed by wiping the surface with clean, lint-free material lightly moistened with the solvent remover. To minimize removal of penetrant from discontinuities, care shall be taken to avoid the use of excess solvent. Flushing the surface with solvent to remove the excess penetrant is prohibited.

6.3 *Solvent Removers* function by dissolving the penetrant, making it possible to wipe the surface clean and free of residual fluorescent penetrant as described in 7.1.5.

6.4 *Developers*—Development of penetrant indications is the process of bringing the penetrant out of discontinuities through blotting action of the applied developer, thus increasing the visibility of the penetrant indications. Nonaqueous, wet developers, and aqueous developers are most commonly used in solvent-removable processes. Liquid film developers also are used for special applications.

6.4.1 *Aqueous Developers* are normally supplied as dry powder particles to be either suspended or dissolved (soluble) in water. The concentration, use, and maintenance shall be in accordance with manufacturer's recommendations (see 7.1.7.2).

6.4.2 *Nonaqueous, Wet Developers* are supplied as suspensions of developer particles in a nonaqueous solvent carrier and are ready for use as supplied. They are applied to the surface by spraying after the excess penetrant has been removed and the surface has dried. Nonaqueous, wet developers form a translucent or white coating on the surface when dried, and serve as a contrasting background for fluorescent penetrants (see 7.1.7.3).

NOTE 5—**Caution:** This type of developer is intended for application by spray only.

6.4.3 *Liquid Film Developers* are solutions or colloidal suspensions of resins/polymer in a suitable carrier. These developers will form a transparent or translucent coating on the surface of the part. Certain types of film developer may be stripped from the part and retained for record purposes (see 7.1.7.4).

6.4.4 *Dry Developer*—Dry developer shall be applied in such a manner as to allow contact of all surfaces to be inspected. Excess dry developer may be removed after the development time by light tapping or light air blow off not exceeding 5 psig. Minimum and maximum developer dwell times shall be 10 min to 4 h respectively.

### 7. Procedure

7.1 The following general procedure (see Fig. 1) applies to the solvent-removable fluorescent penetrant examination method.

7.1.1 *Temperature Limits*—The temperature of the penetrant materials and the surface of the part to be processed should be from 40 and 120°F (4 and 49°C). Where it is not practical to comply with these temperature limitations, the procedure must be qualified at the temperature of intended use as described in 9.2.

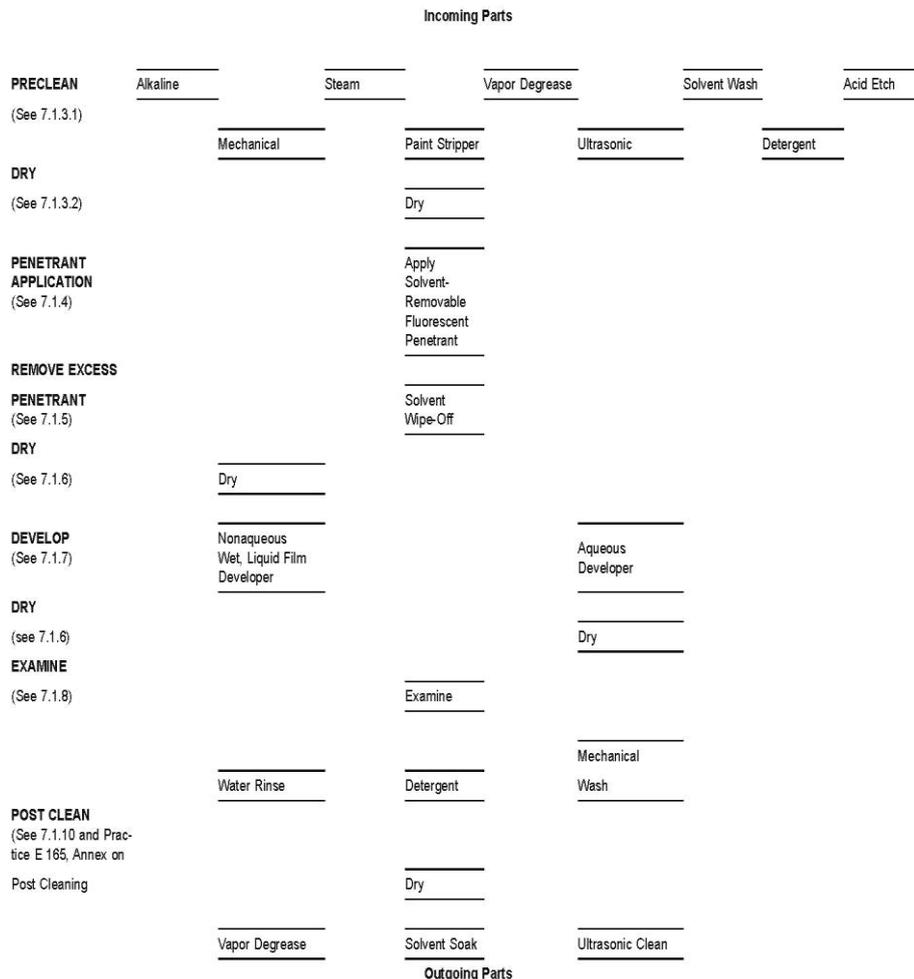


FIG. 1 Solvent-Removable Fluorescent Penetrant Examination General Procedure Flowsheet

7.1.2 *Surface Conditioning Prior to Penetrant Inspection*—Satisfactory results can usually be obtained on surfaces in the as-welded, as-rolled, as-cast, or as-forged conditions or for ceramics in the densified condition. When only loose surface residuals are present, these may be removed by wiping the surface with clean lint-free cloths. However, precleaning of metals to remove processing residuals such as oil, graphite, scale, insulating materials, coatings, and so forth, should be done using cleaning solvents, vapor degreasing or chemical removing processes. Surface conditioning by grinding, machining, polishing or etching shall follow shot, sand, grit and vapor blasting to remove the peened skin and when penetrant entrapment in surface irregularities might mask the indications of unacceptable discontinuities or otherwise interfere with the effectiveness of the examination. For metals, unless otherwise specified, etching shall be performed when evidence exists that previous cleaning, surface treatments or service usage have produced a surface condition that degrades the effectiveness of the examination. (See Annex on Mechanical Cleaning and

Surface Conditioning and Annex on Acid Etching in Test Method E 165 for general precautions relative to surface preparation.)

NOTE 6—When agreed between purchaser and supplier, grit blasting without subsequent etching may be an acceptable cleaning method.

NOTE 7—**Caution:** Sand or shot blasting may possibly close indications and extreme care should be used with grinding and machining operations.

NOTE 8—For structural or electronic ceramics, surface preparation by grinding, sand blasting and etching for penetrant examination is not recommended because of the potential for damage.

7.1.3 *Removal of Surface Contamination:*

7.1.3.1 *Precleaning*—The success of any penetrant examination procedure is greatly dependent upon the surface and discontinuity being free of any contaminant (solid or liquid) that might interfere with the penetrant process. All parts or areas of parts to be inspected must be clean and dry before the penetrant is applied. If only a section of a part, such as a weld including the heat-affected zone, is to be examined, remove all

contaminants from the area being examined as defined by the contracting parties. "Clean" is intended to mean that the surface must be free of any rust, scale, welding flux, spatter, grease, paint, oily films, dirt, etc., that might interfere with penetration. All of these contaminants can prevent the penetrant from entering discontinuities.

NOTE 9—**Caution:** Residues from cleaning processes, such as strong alkalis, pickling solutions and chromates in particular, may adversely react with the penetrant and reduce its sensitivity and performance.

7.1.3.2 *Drying After Cleaning*—It is essential that the surfaces be thoroughly dry after cleaning, since any liquid residue will hinder the entrance of the penetrant. Drying may be accomplished by warming the parts in drying ovens, with infrared lamps, forced hot or cold air, or exposure to ambient temperature.

7.1.4 *Penetrant Application*—After the part has been cleaned, dried, and is within the specified temperature range, apply the penetrant to the surface to be inspected so that the entire part or area under examination is completely covered with penetrant.

7.1.4.1 *Modes of Application*—There are various modes of effective application of penetrant such as dipping, brushing, flooding, or spraying. Small parts are quite often placed in suitable baskets and dipped into a tank of penetrant. On larger parts, and those with complex geometries, penetrant can be applied effectively by brushing or spraying. Both conventional and electrostatic spray guns are effective means of applying liquid penetrants to the part surfaces. Electrostatic spray application can eliminate excess liquid buildup of penetrant on the part, minimize overspray, and minimize the amount of penetrant entering hollow-cored passages that might serve as penetrant reservoirs and can cause severe bleedout problems during examination. Aerosol sprays are also very effective and a convenient portable means of application.

NOTE 10—**Caution:** Not all penetrant materials are suitable for electrostatic spray applications.

NOTE 11—**Warning:** With spray applications, it is important that there be proper ventilation. This is generally accomplished through the use of a properly designed spray booth and exhaust system.

7.1.4.2 *Penetrant Dwell Time*—After application, allow excess penetrant to drain from the part (care should be taken to prevent pools of penetrant on the part), while allowing for proper penetrant dwell time (see Table 1). The length of time

the penetrant must remain on the part to allow proper penetration should be as recommended by the penetrant manufacturer. Table 1, however, provides a guide for selection of penetrant dwell times for a variety of materials, forms, and types of discontinuity. Unless otherwise specified, however, the dwell time shall not exceed the maximum recommended by the manufacturer.

NOTE 12—For some specific applications in structural ceramics (for example, detecting parting lines in slip-cast material), the required penetrant dwell time should be determined experimentally and may be longer than that shown in Table 1 and its notes.

7.1.5 *Removal of Excess Penetrant*—After the required penetration time, remove the excess penetrant insofar as possible, by using wipers of a dry, clean, lint-free material, repeating the operation until most traces of penetrant have been removed. Then lightly moisten a lint-free material with solvent remover and wipe the remaining traces gently to avoid the removal of penetrant from discontinuities, taking care to avoid the use of excess solvent. If over-removal is suspected, dry (see 7.1.6) and reclean the part, and reapply the penetrant for the prescribed dwell time. Flushing the surface with solvent following the application of the penetrant and prior to developing is prohibited.

7.1.6 *Drying*—Following the removal of excess surface penetrant by solvent wipe-off techniques, the part surface will dry quickly by normal evaporation.

NOTE 13—Local heating or cooling is permitted provided the temperature of the part remains in the range from 50 to 100°F (10 to 38°C), unless otherwise agreed to by the contracting parties.

7.1.7 *Developer Application.*

7.1.7.1 *Dry Developer*—Immediately after the excess penetrant has been removed from the part, and the surface has dried, the developer is applied in accordance with the manufacturer's instructions to assure complete coverage with a thin, even film of developer. The application of excessive developer should be avoided, since it is possible for a thick coating of developer to mask indications.

7.1.7.2 *Aqueous Developers*—Apply by spraying, flowing, or immersing the area being examined prior to drying. Drain excess developer from the area to eliminate pooling of developer that can mask indications. Dry the developer using hot air blast, hot air recirculating oven, infrared heater, or by exposure to ambient temperature. The dried developer appears as a

TABLE 1 Recommended Minimum Dwell Times

Material	Form	Type of Discontinuity	Dwell Times <sup>A</sup> (minutes)	
			Penetrant <sup>B</sup>	Developer <sup>C</sup>
Aluminum, magnesium, steel, brass and bronze, titanium and high-temperature alloys	castings and welds	cold shuts, porosity, lack of fusion, cracks (all forms)	5	10
	wrought materials—extrusions, forgings, plate	laps, cracks (all forms)	10	10
Carbide-tipped tools		lack of fusion, porosity, cracks	5	10
Plastic	all forms	cracks	5	10
Glass	all forms	cracks	5	10
Ceramic	all forms	cracks, porosity	5	10

<sup>A</sup> For temperature range from 40 to 120°F (4 to 49°C).

<sup>B</sup> Maximum penetrant dwell time 60 min in accordance with 7.1.4.2.

<sup>C</sup> Development time begins as soon as wet developer coating has dried on surface of parts (recommended minimum). Maximum development time in accordance with 7.1.7.6.

translucent or white coating on the part. Prepare and maintain aqueous developer in accordance with the manufacturer's instructions and apply in such a manner as to assure complete, even coverage.

**NOTE 14—Caution:** Atomized spraying of aqueous developers is not recommended, since a spotty film may result.

**7.1.7.3 Nonaqueous, Wet Developers—**Apply to the area being examined by spraying after the excess penetrant has been removed and the part has been dried. Spray areas so as to assure complete coverage with a thin, even film of developer. This type of developer carrier fluid evaporates very rapidly at normal room temperature and does not require the use of a dryer. It should be used, however, with proper ventilation.

**NOTE 15—Warning:** Proper ventilation should be provided in all cases, but especially when the surface to be examined is inside a closed volume, such as a process drum or a small storage tank.

**NOTE 16—Caution:** Dipping or flooding parts being examined with nonaqueous developers is prohibited, since it can flush (dissolve) the penetrant from within the discontinuities through its solvent action.

**7.1.7.4 Liquid Film Developers—**Apply by spraying as recommended by the manufacturer. Spray parts in such a manner as to ensure complete part coverage with a thin, even film of developer.

**7.1.7.5 No Developer—**For certain applications, it is permissible, and may be appropriate, to conduct this examination without the use of a developer.

**7.1.7.6 Developing Time—**The minimum and maximum penetrant bleedout time with no developer shall be 10 min and 2 h respectively. Developing time for dry developer begins immediately after the application of the dry developer and begins when the developer coating has dried for wet developers (aqueous and nonaqueous). The minimum developer dwell time shall be 10 min for all types of developer. The maximum developer dwell time shall be 1 h for nonaqueous developer, 2 h for aqueous developer and 4 h for dry developers.

**7.1.8 Examination—**Perform examination of parts after the applicable development time as specified in 7.1.7.6 to allow for bleedout of penetrant from discontinuities onto the developer coating. It is good practice to observe the surface while applying the developer as an aid in evaluating indications.

**7.1.8.1 Visible Ambient Light Level—**Examine fluorescent penetrant indications under black light in a darkened area. Visible ambient light should not exceed 2 fc (20 lux). The measurement should be made with a suitable photographic-type visible-light meter on the surface being examined.

**7.1.8.2 Black Light Level—**Black light intensity, (recommended minimum of 1000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) should be measured on the surface being examined with a suitable black light meter. The black light shall have a wavelength in the range from 320 to 380 nm. The intensity should be checked daily to assure the required output. Since a drop in line voltage can cause decreased black light output with consequent inconsistent performance, a constant voltage transformer should be used when there is evidence of voltage fluctuation.

**Caution—**Certain high-intensity black lights may emit unacceptable amounts of visible light, which will cause fluorescent indications to disappear. Care should be taken to use only

bulbs certified by the supplier to be suitable for such examination purposes.

**7.1.8.3 Black Light Warm-Up—**Allow the black light to warm up for a minimum of 10 min prior to its use or measurement of the intensity of the ultraviolet light emitted.

**7.1.8.4 Visual Adaption—**The examiner should be in the darkened area for at least 1 min before examining parts. Longer times may be necessary for more complete adaptation under some circumstances.

**NOTE 17—Caution:** Photochromic or darkened lenses shall not be worn during examination.

**7.1.8.5 Housekeeping—**Keep the examination area free of interfering debris or fluorescent objects. Practice good housekeeping at all times.

**7.1.9 Evaluation—**Unless otherwise agreed upon, it is normal practice to interpret and evaluate the discontinuity indication based on the size of the penetrant indication created by the developer's absorption of the penetrant (see Reference Photographs E 433).

**7.1.10 Post Cleaning—**Post cleaning is necessary in those cases where residual penetrant or developer could interfere with subsequent processing or with service requirements. It is particularly important where residual penetrant examination materials might combine with other factors in service to produce corrosion. A suitable technique, such as a simple water rinse, water spray, machine wash, vapor degreasing, solvent soak, or ultrasonic cleaning may be employed (see Test Method E 165, Annex on Post Cleaning). It is recommended that if developer removal is necessary, it shall be carried out as promptly as possible after examination so that it does not fix on the part. Water spray rinsing is generally adequate.

**NOTE 18—Caution:** Developers should be removed prior to vapor degreasing. Vapor degreasing can bake developer on parts.

## 8. Special Requirements

### 8.1 Impurities

**8.1.1** When using penetrant materials on austenitic stainless steels, titanium, nickel-base, or other high-temperature alloys, the need to restrict impurities such as sulfur, halogens, and alkali metals must be considered. These impurities may cause embrittlement or corrosion, particularly at elevated temperatures. Any such evaluation should also include consideration of the form in which the impurities are present. Some penetrant materials contain significant amounts of these impurities in the form of volatile organic solvents. These normally evaporate quickly and usually do not cause problems. Other materials may contain impurities that are not volatile and may react with the part, particularly in the presence of moisture or elevated temperatures.

**8.1.2** Because volatile solvents leave the tested surface quickly without reaction under normal inspection procedures, penetrant materials are normally subjected to an evaporation procedure to remove the solvents before the materials are analyzed for impurities. The residue from this procedure is then analyzed in accordance with Test Method D 129, Test Method D 1552, or Test Method D 129 decomposition followed by Test Methods D 516, Method B (Turbidimetric Method) for sulfur. The residue may also be analyzed in

accordance with Test Methods D 808 or E 165, Annex on Methods for Measuring Total Chlorine Content in Combustible Liquid Penetrant (for halogens other than fluorine) and Test Method E 165, Annex on Method for Measuring Total Fluorine Content in Combustible Liquid Penetrant Materials (for fluorine). The Annex on Determination of Anions and Cations by Ion Chromatography in Test Method E 165 can be used as an alternate procedure. Alkali metals in the residue are determined by flame photometry or atomic absorption spectrophotometry.

**NOTE 19**—Some current standards indicate that impurity levels of sulfur and halogens exceeding 1 % of any one suspect element may be considered excessive. However, this high a level may be unacceptable in some cases, so the actual maximum acceptable impurity level must be decided between the supplier and the user on a case by case basis.

**8.2 Elevated Temperature Examination**—Where penetrant examination is performed on parts that must be maintained at elevated temperature during examination, special materials and processing techniques may be required. Such examination requires qualification in accordance with 9.2. Manufacturer's recommendations should be observed.

## 9. Qualification and Requalification

**9.1 Personnel Qualification**—Unless otherwise specified by client/supplier agreement, all examination personnel shall be

qualified/certified in accordance with a written procedure conforming to the applicable edition of Recommended Practice SNT-TC-1A, ANSI/ASNT-CP-189, NAS-410 or MIL-STD-410.

**9.2 Procedure Qualification**—Qualification of procedure using conditions or times differing from those specified or for new materials may be performed by any of several methods and should be agreed upon by the contracting parties. A test piece containing one or more discontinuities of the smallest relevant size is used. The test piece may contain real or simulated discontinuities, providing it displays the characteristics of the discontinuities encountered in production examinations.

**9.3 Nondestructive Testing Agency Qualification**—If a non-destructive testing agency as described in Practice E 543 is used to perform the examination, the agency shall meet the requirements of Practice E 543.

**9.4 Requalification**—may be required when a change or substitution is made in the type of penetrant materials or in the procedure (see 9.2).

## 10. Keywords

10.1 fluorescent liquid penetrant testing; nondestructive testing; solvent-removable process

*The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.*

# ANEXO C3

## NORMA ASTM E1417



Designation: E 1417 – 99

An American National Standard

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS  
100 Barr Harbor Dr., West Conshohocken, PA 19428  
Reprinted from the Annual Book of ASTM Standards. Copyright ASTM

### Standard Practice for Liquid Penetrant Examination<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation E 1417; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

#### 1. Scope

1.1 This practice establishes the minimum requirements for conducting liquid penetrant examination of nonporous metal, and nonmetal components.

1.2 The penetrant examination processes described in this practice are applicable to in-process, final, and maintenance (in-service) inspections. These processes are applicable for the detection of discontinuities, such as lack of fusion, corrosion, cracks, laps, cold shuts, and porosity, that are open or connected to the surface of the component under examination.

1.3 Caution must be exercised in the usage of elevated temperature with components manufactured from thermoplastic materials. Also, some cleaners, penetrants, and developers can have a deleterious effect on nonmetallic materials such as plastics. Prior to examination, tests should be conducted to ensure that none of the cleaning or inspection materials are harmful to the components to be examined.

1.4 The values stated in inch-pound units are regarded as standard. The SI units given in parentheses are for information only.

1.5 All areas of this practice may be open to agreement between the cognizant engineering organization and the supplier, or specific direction from the cognizant engineering organization.

1.6 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.* Specific precautionary statements are given in Notes 2 and 3.

#### 2. Referenced Documents

2.1 The following documents form a part of this practice to the extent specified herein:

##### 2.2 ASTM Standards:

- D 95 Test Method for Water in Petroleum Products and Bituminous Materials by Distillation<sup>2</sup>
- D 2512 Test Method for Compatibility of Materials with

Liquid Oxygen (Impact Sensitivity Threshold and Pass-Fail Technique)<sup>3</sup>

E 165 Test Method for Liquid Penetrant Examination<sup>4</sup>

E 543 Practice for Evaluating Agencies that Perform Non-destructive Testing<sup>4</sup>

E 1135 Test Method for Comparing the Brightness of Fluorescent Penetrants<sup>4</sup>

E 1316 Terminology for Nondestructive Examinations<sup>4</sup>

##### 2.3 ASNT Document

ANSI/ASNT-CP-189 Standard for Qualification and Certification of Nondestructive Testing Personnel<sup>5</sup>

SNT-TC-1A Recommended Practice for Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing<sup>5</sup>

##### 2.4 Military Standards:<sup>6</sup>

MIL-I-25135 Inspection Materials, Penetrant<sup>7</sup>

QPL 25135 Qualified Products of, Inspection Materials, Penetrant<sup>7</sup>

MIL-STD-410 Nondestructive Testing Personnel Qualification and Certification<sup>7</sup>

MIL-STD-792 Identification Marking Requirements for Special Purpose Components<sup>7</sup>

MIL-STD-1907 Liquid Penetrant and Magnetic Particle, Soundness Requirements for Materials, Parts, and Weldments<sup>7</sup>

MIL-STD-2175 Castings Classification and Inspection of<sup>7</sup>

QPL-AMS-2644 Qualified Products List, Inspection Material, Penetrant<sup>7</sup>

MIL-STD-6866 Inspection, Penetrant Method of<sup>7</sup>

MIL-STD-45662 Calibration System Requirements<sup>7</sup>

##### 2.5 ANSI/ISO/AIA Standards:<sup>8</sup>

ANSI/NCSL Z540-1 General Requirement for Calibration Laboratories and Measuring Test Equipment

ISO 10012-1 Quality Assurance Requirements for Measuring Test Equipment

NAS 410 Certification and Qualification of Nondestructive Test Personnel

<sup>3</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.03.

<sup>4</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.03.

<sup>5</sup> Available from American Society for Nondestructive Testing, 1711 Arlington Plaza, P.O. Box 28518, Columbus, OH 43228-0518.

<sup>6</sup> Copies of specifications, standards, drawings, and publications required by manufacturers in connection with specific acquisition functions should be obtained from the contracting activity or as directed by the contracting officer.

<sup>7</sup> Available from Standardization Documents Order Desk, Bldg. 4 Section D, 700 Robbins Ave., Philadelphia, PA 19111-5094, Attn: NPODS.

<sup>8</sup> Available from American National Standards Institute, 11 West 42<sup>nd</sup> Street, 13<sup>th</sup> Floor, New York, NY 10036.

<sup>1</sup> This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee E-7 on Nondestructive Testing and is the direct responsibility of Subcommittee E07.03 on Liquid Penetrant and Magnetic Particle Methods.

Current edition approved Feb. 10, 1999. Published April 1999. Originally published as E 1417 – 91. Last previous edition E 1417 – 95a.

<sup>2</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 05.01.

## 2.6 SAE Standard.<sup>9</sup>

AMS 2644 Inspection Material, Penetrant

2.7 *DoD Contracts*—Unless otherwise specified, the issues of the documents that are DoD adopted are those listed in the issue of the DoDISS (Department of Defense Index of Specifications and Standards) cited in the solicitation.

2.8 *Order of Precedence*—In the event of conflict between the text of this practice and the references cited herein, the text of this practice takes precedence.

## 3. Terminology

### 3.1 Definitions:

3.1.1 The terminology relating to liquid penetrant examination that appears in Terminology E 1316 shall apply to the terms used in this practice.

### 3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.2.1 *aerospace*—any component that will be installed on a system that flies.

3.2.2 *cognizant engineering organization*—the company, agency, or other authority responsible for the design or after delivery, end use of the system or component for which liquid penetrant examination is required; in addition to design personnel, this may include personnel from material, and process engineering, stress analysis, NDT or quality groups and others, as appropriate.

3.2.3 *component*—the part(s) or element(s) of a system described, assembled, or processed to the extent specified by the drawing.

3.2.4 *final examination*—the final examination performed for the acceptance of the item. Any change to the item's surface such as machining, grinding, welding, heat treatment, or etching by subsequent manufacturing operation, may render the previous examination invalid, requiring reexamination of all affected surfaces, unless otherwise approved in the contract.

3.2.5 *in-process*—that which occurs during manufacturing before a component is in final form.

3.2.6 *in-service*—refers to components that are in use or storage for their intended function.

3.2.7 *linear indication*—penetrant indications with at least a three to one length to width ratio.

3.2.8 *reprocess*—repeat, after cleaning, the application and appropriate processing of penetrant, emulsifier (as required), and developer (as required).

3.2.9 *rounded indication*—penetrant indication whose length to width ratio is less than three-to-one.

3.2.10 *supplier*—the organization contracted to supply the material, parts, or assembly.

3.2.11 *turbine engine critical components*—any component on turbine engine designated by the manufacturer as "critical."

## 4. Significance and Use

4.1 This practice establishes the basic parameters for controlling the application of the liquid penetrant method. This

practice is written so it can be specified on the engineering drawing, specification, or contract. It is not a detailed how-to procedure to be used by the inspector and, therefore, must be supplemented by a detailed procedure that conforms to the requirements of this practice. Test Method E 165 contains information to help develop detailed how-to requirements.

## 5. Classification

5.1 Penetrant examination processes and materials are classified in accordance with the material classification contained in MIL-I-25135 or AMS 2644. Penetrant systems covered by this practice shall be of the following types, methods, and sensitivity levels:

### 5.1.1 Type:

5.1.1.1 *Type I*—Fluorescent dye.

5.1.1.2 *Type II*—Visible dye.

### 5.1.2 Method:

5.1.2.1 *Method A*—Water washable.

5.1.2.2 *Method B*—Post-emulsifiable, lipophilic.

5.1.2.3 *Method C*—Solvent-removable.

5.1.2.4 *Method D*—Post-emulsifiable, hydrophilic.

5.1.3 *Sensitivity*—(These levels apply to Type I penetrant systems only. Type II penetrant systems have only a single sensitivity and it is not represented by any of the levels listed as follows):

5.1.3.1 *Sensitivity Level 1/2*—Very low.

5.1.3.2 *Sensitivity Level 1*—Low.

5.1.3.3 *Sensitivity Level 2*—Medium.

5.1.3.4 *Sensitivity Level 3*—High.

5.1.3.5 *Sensitivity Level 4*—Ultrahigh.

5.2 Developers shall be of the following forms:

5.2.1 *Form a*—Dry powder.

5.2.2 *Form b*—Water-soluble.

5.2.3 *Form c*—Water-suspendable.

5.2.4 *Form d*—Nonaqueous for Type I fluorescent penetrant.

5.2.5 *Form e*—Nonaqueous for Type II visible dye.

5.2.6 *Form f*—Specific application.

5.3 Solvent removers shall be of the following classes:

5.3.1 *Class 1*—Halogenated.

5.3.2 *Class 2*—Nonhalogenated.

5.3.3 *Class 3*—Specific application.

## 6. General Practices

6.1 *Responsibility for Examination*—Unless otherwise specified in the contract or purchase order, the cognizant engineering organization is responsible for the performance of all examination requirements as specified herein. The cognizant engineering organization shall specify more stringent requirements than the minimum specified in this practice when necessary to ensure that a component meets its functional and reliability requirements. Except as otherwise specified, the supplier may utilize his own facilities or any other facilities suitable for the performance of the examination requirements specified herein. The purchaser reserves the right to perform any of the examinations set forth in this practice where such examinations are deemed necessary to ensure that supplies and services conform to prescribed requirements.

<sup>9</sup> Available from Society of Automotive Engineers, 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096.

6.2 *Specifying*—When examination is required in accordance with this practice the orders, contracts, or other appropriate documents shall specify the criteria by which the acceptability of components is to be evaluated. An example of such criteria is in MIL-STD-1907; however, other criteria may be utilized. Engineering drawings or other applicable documents shall indicate the acceptance criteria for the entire component; zoning may be used. Examination on a sampling basis shall not be allowed unless specifically permitted by the contract.

6.3 *Personnel Qualification*—Personnel performing examinations to this practice shall be qualified and certified in accordance with ASNT Personnel Qualification SNT-TC-1A, ANSI/ASNT CP-189, NAS 410, or MIL-STD-410 for military purposes, or as specified in the contract or purchase order.

6.4 *Agency Qualification*—The agency performing this practice may be evaluated in accordance with Practice E 543.

#### 6.5 *Materials:*

6.5.1 *Qualified Materials*—Only materials listed or approved for listing on QPL-25135 or QPL-AMS 2644 (reference MIL-I-25135 or AMS 2644) shall be utilized for penetrant examination. Materials not conforming to the requirements of MIL-I-25135 or AMS 2644 may be used only when a waiver is obtained from the cognizant engineering organization.

6.5.2 *Liquid Oxygen (LOX) Compatible Materials*—Penetrant materials tested in accordance with Test Method D 2512 and passing at 70 ft-lbf (95 J) or higher, shall be used on LOX wetted surfaces that cannot be thoroughly post-cleaned. Use of these materials shall be in accordance with the material supplier instructions and shall require approval of the cognizant engineering organization when such materials do not meet the requirements of MIL-I-25135 or AMS-2644.

6.6 *Equipment and Facilities*—Processing equipment used in the penetrant examination process shall be constructed and arranged to permit a uniform and controlled operation. The equipment shall meet all applicable national and local safety requirements as well as the requirements specified herein.

6.6.1 *Viewing Areas*—Areas where parts are reviewed shall be kept clean at all times. For visible dye examination, Type II, the lighting system shall provide at least 100 fc (1000 lx) of visible light when measured at the examination surface. For stationary fluorescent dye examination, Type I, the ambient visible light background shall not exceed 2 fc (20 lx) at the examination surface. The black lights shall provide a minimum of 1000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  at the examination surface. Black lights shall meet the requirements of 7.8.5.1. Viewing areas for portable fluorescent dye examination shall utilize dark canvas, photographer's black cloth, or other methods to reduce the visible light background to the lowest possible level during examination and black light intensity shall meet the above requirements.

6.6.2 *Drying Oven*—When components are oven dried, the dryer must be a forced-air recirculating type. In automated systems, where parts are dried by radiant heat and forced air, the travel speed of the system shall be such as to preclude overdrying of parts. The forced air does not have to be recirculating but must preclude contamination of the parts. The temperature shall be controlled with a calibrated device ca-

pable of maintaining the oven temperature at  $\pm 15^\circ\text{F}$  of the temperature for which it is set. The oven shall not exceed  $160^\circ\text{F}$  ( $71^\circ\text{C}$ ). The temperature indicator shall be accurate to  $\pm 10^\circ\text{F}$  of the actual oven temperature.

6.7 *Written Procedures*—All liquid penetrant examination procedures are similar for many components, a master written procedure may be utilized that covers the details common to a variety of components. As a minimum, the following information is required either in individual procedures, or a master procedure, or a combination thereof:

6.7.1 Details of the precleaning and etching process, including the materials used and specification or other document controlling the examination process, the drying parameters and the processing times. If these operations are performed by other than examination personnel, details concerning the operations may be specified in other documents but must be referenced in the procedure(s). Reference Test Method E 165 for detailed cleaning methods and instructions.

6.7.2 Classification of the penetrant examination materials required in accordance with Section 5 and MIL-I-25135 or AMS-2644.

6.7.3 Complete processing parameters for the penetrant examination materials including concentrations, application methods, dwell times, drying times, temperatures, and controls to prevent excessive drying of penetrant or overheating of component, as appropriate. Reference Test Method E 165 for additional details.

6.7.4 Complete examination/evaluation requirements including light intensities (both examination and ambient), the accept/reject criteria and the method and location of marking. Reference Test Method E 165 for additional details.

6.7.5 Identification of the components or areas within a component to be examined in accordance with the procedure.

6.7.6 Complete postcleaning procedures. If postcleaning is performed by other than examination personnel, details concerning this operation may be specified in other documents, but must be referenced in the procedure. Reference Test Method E 165 for additional details.

6.8 *Examination Sequence*—Final penetrant examination shall be performed after completion of all operations that could cause surface-connected discontinuities or operations that could expose discontinuities not previously open to the surface. Such operations include, but are not limited to, grinding, welding, straightening, machining, and heat treating.

6.8.1 *Surface Treatment*—Final penetrant examination may be performed prior to treatments that can smear the surface but not by themselves cause surface discontinuities. Such treatments include, but are not limited to, vapor blasting, deburring, sanding, buffing, sandblasting, lapping, or peening. Performance of final penetrant examination after such surface treatments requires that etching be included in the precleaning operation unless otherwise agreed on between the cognizant engineering organization and the NDT facility.

NOTE 1—Final penetrant examination should always precede peening.

6.8.2 *Surface Coatings*—All coatings and other surface conditions, such as, paint, plating, corrosion, etc. shall be removed from the area to be examined prior to penetrant examination. The penetrant examination shall precede any

surface finish, such as anodize, except for inservice parts that may be examined without removing the anodize.

6.9 *Material and Process Limitations*—Not all penetrant sensitivity levels, materials, and process methods are applicable to all examination requirements. The sensitivity level shall be adequate for the intended purpose of the examination. Unless there is an approval for deviation given by the cognizant engineering organization, the following selections are mandatory or forbidden, as indicated:

6.9.1 Forms *a* and *b* (dry powder and water soluble) developers shall not be used with Type II (visible dye) penetrant systems. This is not intended to prohibit the use of a Form *f* developer that has been qualified with a particular Type II system in accordance with MIL-I-25135 or AMS-2644.

6.9.2 Type II penetrant examination shall not be used for final acceptance examination of aerospace products. In addition, Type II penetrant examination shall not be used prior to a Type I penetrant examination of the same surface. This is not intended to eliminate the use of in-process Type II inspections where subsequent fabrication/forming operations remove the surfaces inspected.

6.9.3 The maintenance or overhaul examination of turbine engine critical components shall be done only with Type I, Methods C or D (solvent removable or post emulsified, hydrophilic) processes and either sensitivity Levels 3 or 4 penetrant materials.

6.10 *Records*—The results of all penetrant examinations shall be recorded. All recorded results shall be identified, filed, and made available to the cognizant engineering organization upon request. Records shall provide for traceability to the specific part or lot inspected. As a minimum the records shall include: a reference to the specific procedures used; location, classification, and disposition of relevant indications; the inspector's inspection stamp, electronic ID or signature; and the date of examination. Records shall be kept for a minimum of three years or as otherwise specified in the purchase order or contract.

## 7. Specific Practices (Fig. 1)

7.1 *Surface Preparation*—All surfaces to be examined shall be clean, dry, and free of soils, oil, grease, paint and other coatings (except as allowed by 6.8.2), corrosion products, scale, smeared metal, welding flux, chemical residues, or any other material that could prevent the penetrant from entering discontinuities, suppress dye performance, or produce unacceptable background. Cleaning methods, including etching, selected for a particular component shall be consistent with the contaminants to be removed and shall not be detrimental to the component or its intended function.

7.1.1 Solvent cleaning, that includes vapor degreasing, solvent soak, ultrasonic cleaning, or aqueous-based cleaning solutions shall be used for the removal of oils, greases, waxes and as the final cleaning step prior to penetrant examination unless etching is required.

7.1.2 Chemical cleaning shall be used for the removal of paints, varnishes, scale, carbon, or other contaminants that are not removable by solvent cleaning methods.

NOTE 2—**Precaution:** Caution should be exercised when using chemi-

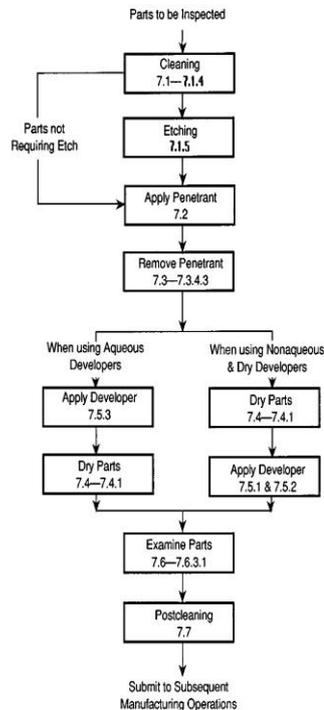


FIG. 1 Process Flow Chart

cals because they may irritate the eyes or skin.

7.1.3 Mechanical cleaning shall be used for the removal of soils and other contaminants that cannot be removed by solvent or chemical cleaning methods.

7.1.4 Grit blasting without etching may be an acceptable cleaning method if it can be demonstrated that a sufficiently fine abrasive (150 grit or finer) will not cause peening and can be removed by a detergent or alkaline cleaner.

7.1.5 Etching, unless otherwise specified, shall be performed when evidence exists that previous cleaning, surface treatments, or service usage has produced a surface condition that degrades the effectiveness of penetrant examination. Etching processes shall be developed and controlled to prevent damage to the component under test. Etching is not required for those features such as close tolerance holes, close tolerance surfaces, faying surfaces, etc., where the function of the component or assembly would be degraded. Etching is not required for intermediate examination when the surface(s) are not retained in the final part/component configuration or when the final penetrant examination is preceded by etching.

7.2 *Penetrant Application*—Unless otherwise specified, the entire surface of the component shall be covered with penetrant. Large components may be examined in sections. Penetrant shall be applied by spraying, dipping, brushing, or other method to provide coverage as required. The component, penetrant, and ambient temperatures shall all be in the range from 40 to 125°F (4 to 52°C) unless otherwise specified.

7.2.1 *Penetrant Dwell Time*—The dwell time, unless otherwise specified, shall be a minimum of 10 min. For temperatures

between 40 and 50°F (4.4 and 10°C), dwell time shall be a minimum of 20 min. Rotate or otherwise move components, if required, during dwell to prevent pooling of the penetrant. For dwell times greater than 2 h, the penetrant shall be reapplied as required to prevent drying. The component shall be immersed in penetrant, if that is the application method, for no longer than half the total dwell time.

### 7.3 Penetrant Removal

7.3.1 *Method A Process*—Water-washable penetrants shall be removed with a manual or automated water spray, or a manual wipe, or an air agitated immersion wash.

7.3.1.1 *Manual Spray*—Water pressure adequate to remove the penetrant shall be used but shall not exceed 40 psi (275 kPa). Water temperature shall be between 50 to 100°F (10 to 38°C). When hydro-air nozzles are used the air pressure shall not exceed 25 psi (172 kPa). A coarse spray shall be used with a minimum distance of 12 in. (30 cm), when possible between the spray nozzle and the part. Washing shall be conducted under appropriate illumination. Caution shall be exercised to ensure that over-washing does not occur. If over-washing occurs, the component(s) shall be thoroughly dried and reprocessed. After rinsing, drain water from the component and utilize repositioning, suction, blotting with clean absorbent materials, or filtered shop air at less than 25 psi (172 kPa) to prevent pooling in cavities, recesses, and pockets.

**NOTE 3—Caution:** Over-removal of the surface penetrant shall require that the component be cleaned and reprocessed. A good indicator of over-wash or over-removal of the surface penetrant is evidenced by the total lack of residue that may occur on all or a specific area of the part, see Test Method E 165.

7.3.1.2 *Automated Spray*—For automated spray systems, the wash parameters shall be such that the requirements of this practice are met. Water temperature shall be maintained between 50 to 100°F (10 to 38°C).

7.3.1.3 *Manual Wipe*—Excess penetrant shall be removed with a clean, dry, lint-free cloth or absorbent toweling. The remainder of the surface penetrant shall then be removed with a water-dampened cloth or towel. The surface shall not be flushed with water and the cloth or towel shall not be saturated with water. The component shall be examined under appropriate illumination to ensure adequate removal of the surface penetrant. The surface shall be dried by blotting with a clean, dry towel or cloth, or by evaporation.

7.3.1.4 *Immersion*—Immersion wash may be utilized if the water is air agitated and good circulation is maintained throughout the wash operation. Water temperature shall be maintained between 50 and 100°F (10 and 38°C).

7.3.2 *Method B Process*—Lipophilic post-emulsifiable penetrant shall be removed by air agitated water immersion or with a water spray or hydro-air spray rinse after application of an emulsifier and an appropriate emulsifier dwell time. Water pressure and temperature and air pressure shall meet the requirements specified for Method A.

7.3.2.1 Lipophilic emulsifiers shall be applied by immersion or flowing. Lipophilic emulsifiers shall not be applied by spray or brush and shall not be agitated while on the surface of the component. Maximum dwell times, unless otherwise specified, shall be 3 min for Type I systems and 30 s for Type II systems,

or as recommended by the manufacturer. Actual dwell times shall be the minimum necessary to produce an acceptable background on the component.

7.3.2.2 *Rinsing*—After the appropriate emulsifier dwell time, emulsification shall be stopped by immersion or water spray. For spray removal of the penetrant/emulsifier mixture, the parameters of 7.3.1 apply. Dwell time in an agitated immersion rinse, if used, shall be the minimum required to remove the emulsified penetrant. Examine the components under appropriate illumination after rinsing. Clean and reprocess those components with excessive background. After rinsing, drain water from the component and utilize repositioning, suction, blotting with clean absorbent materials or filtered shop air at less than 25 psi (172 kPa) to prevent pooling. Caution shall be exercised to ensure that the air nozzle is held at a sufficient distance from the part to ensure that the developing indication is not smeared by the air blast. If over-emulsification is observed, the component must be cleaned and reprocessed.

7.3.3 *Method C Process*—Solvent-removable penetrants are removed by first wiping the excess penetrant with a clean, lint-free, dry cloth or absorbent toweling. The remainder of the surface penetrant is then removed with a solvent-dampened lint-free cloth or towel. The surface of the component shall not be flushed with solvent and the cloth or towel shall not be saturated with solvent. The component and cloth or toweling shall be observed under appropriate illumination to ensure adequate removal of the surface penetrant. Over-removal of the surface penetrant shall require the component to be cleaned and reprocessed. The surface shall be dried by blotting with a lint-free, dry cloth or towel, or by evaporation. Method C can also be used for water-washable penetrants using water or solvent for removal of excess penetrant.

7.3.4 *Method D Process*—Hydrophilic post emulsifiable penetrant shall be removed with a water prerinse, application of the hydrophilic emulsifier and then a postrinse.

7.3.4.1 *Rinse*—The water prerinse shall be applied for the minimum amount of time required to achieve removal of the bulk surface penetrant. The rinse parameters of 7.3.1 shall apply.

7.3.4.2 Hydrophilic emulsifier shall be applied by immersion, flowing, foaming, or spray. For immersion applications, the concentration, percent volume, shall be no higher than specified by the penetrant system supplier and shall not exceed that for which the system was qualified. For immersion applications, the emulsifier or part may be mildly agitated. Dwell time shall be the minimum required for adequate surface penetrant removal, but unless otherwise approved by the cognizant engineering organization, shall not exceed 2 min. For spray applications, the concentration shall not exceed 5 %.

7.3.4.3 *Postrinse*—After the application and dwell of the hydrophilic emulsifier, the component being examined shall be rinsed with water. The spray rinse parameters of 7.3.1 shall apply for the hydrophilic emulsifier. Evidence of over-removal shall require the part to be cleaned and reprocessed. Excessive background may be removed by additional (touchup) application of the hydrophilic emulsifier provided its maximum allowable dwell time is not exceeded. Additional rinsing of the

touch-up area will be required after application and dwell of the hydrophilic emulsifier. If careful touch-up application of the hydrophilic emulsifier does not produce an acceptable background, the part shall be cleaned and reprocessed. Manual systems shall require the use of appropriate illumination to ensure adequate penetrant removal.

**7.4 Drying**—The components shall be dried prior to the application of dry developer, nonaqueous developer, or examination without developer. The components should be drained of excess water but not dried before the application of aqueous soluble or suspendable developers. The components shall be dried after the application of aqueous developers.

**7.4.1 Drying Parameters**—Components shall be air dried at room temperature or in a drying oven. Oven temperatures shall not exceed that specified in 6.6.2. Drying time shall only be that necessary to adequately dry the part. Components shall be removed from the oven immediately after drying. Components shall not be placed in the oven with pooled water or pooled aqueous solutions/suspensions.

**7.5 Developing**—Unless otherwise specified, developers shall be utilized for penetrant examination. Type I penetrants that are qualified to MIL-I-25135 or AMS-2644 may be used without developer under either one of the following conditions: manufacturing examination of aluminum and magnesium castings classified by MIL-STD-2175 as Class 3 or 4, or with the expressed approval of the cognizant engineering organization. Minimum and maximum penetrant bleedout times without developer shall be 10 min and 2 h respectively. When developer is used, components that are not inspected before the maximum bleedout time shall be cleaned and reprocessed. When developer is not used, components that are not inspected before the maximum bleedout time shall be reprocessed.

**7.5.1 Dry Developers**—Components shall be dry before the developer is applied. Dry developer shall be applied in such a manner as to contact all surfaces to be inspected. Excess dry developer may be removed after the development time by light tapping or light air blow-off not exceeding 5 psi. Minimum and maximum developer dwell times shall be 10 min and 4 h, respectively. Dry developers shall not be used with Type II penetrants.

**7.5.2 Nonaqueous Developers**—Components, or areas requiring examination, shall be dry before application of the developer. Nonaqueous developer shall be applied by spraying. For Type I penetrants, the developer shall be applied as a uniform thin coating over the entire surface to be inspected. For Type II penetrants, the developer shall be applied over the entire surface to form a uniform, white coating to provide suitable color contrast for the penetrant indications. The uniformity and thickness of the developer coating is important for both types of penetrant systems. If the developer coating thickness is too heavy for Type I systems such that the metallic surface is completely masked, the component shall be cleaned and reprocessed. Unless otherwise specified, the minimum and maximum development times for nonaqueous developers are 10 min and 1 h respectively. For nonaqueous suspendable developer, the developer container shall be frequently agitated during application.

**7.5.3 Aqueous Developer**—Aqueous soluble developers

shall not be used with Type II penetrants or Type I, Method A penetrants. Aqueous suspendable developers can be used with both Type I and Type II penetrants. Aqueous developers may be applied to the component after rinsing. Developers shall be applied by spray, flowing, or immersion. The applied developer shall not be allowed to puddle and shall completely cover all surfaces to be inspected. Components shall be air dried or oven dried to the requirements of 7.4.1. Minimum and maximum development times, after the component is dry, are 10 min and 2 h. Aqueous suspendable developers must be either constantly agitated to keep the particles from settling out of suspension or they must be thoroughly agitated prior to use to ensure that particles are in suspension.

**7.6 Inspection**—The inspection area shall meet the appropriate requirements of 7.8.5.3. Components shall be inspected before the maximum developing time, and if required by specific procedures, monitored periodically during the developing time. Components not inspected before the maximum developing time shall be cleaned and reprocessed.

**7.6.1 Type I Processes**—Inspector's vision shall be dark adapted for a minimum of 1 min prior to examining components. Longer times for more complete adaptation should be used if necessary. Inspectors shall not wear photochromic or permanently darkened lenses while processing or reviewing parts under black light. Black lights shall meet the requirements of 7.8.5.1. All areas of fluorescence shall be interpreted. Components with no indications or only nonrelevant indications shall be accepted. Components with relevant indications shall be evaluated with respect to the applicable acceptance criteria. Components with excessive background fluorescence shall be cleaned and reprocessed.

**7.6.2 Type II Processes**—All indications shall be interpreted. Components with no indications or only nonrelevant indications shall be accepted. Components with relevant indications shall be evaluated with respect to the applicable acceptance criteria. Components with excessive background shall be cleaned and reprocessed.

**7.6.3 Evaluation**—All indications found during inspection shall be evaluated in accordance with specified acceptance criteria.

**7.6.3.1 Indication Verification**—If allowed by the specific procedure, indications may be evaluated by wiping the indication with a solvent-dampened swab or brush, allowing the area to dry, and redeveloping. Redevelopment time shall be as long as the original development time, except nonaqueous redevelopment time shall be 3 min minimum. If no indication reappears, the original indication is considered false. This procedure may be performed twice for any given original indication.

**7.6.3.2 Discontinuity Removal**—When allowed by the specific examination procedure, discontinuity(ies) may be removed by an approved procedure such as sanding, either powered or manual, or grinding to determine the depth and extent of the discontinuity(ies). After the mechanical operation, the area shall be cleaned, etched (if permitted), and reexamined. The process used for reexamination shall be at least as sensitive as the original process.

7.6.4 *Sizing*—Either the indication or the discontinuity may be sized:

7.6.4.1 *Indication Sizing*—When sizing indications, the area shall be carefully evaluated under appropriate lighting after the required development time. Black and visible lights shall meet the requirements of 6.6.1.

7.6.4.2 *Discontinuity Sizing*—When sizing discontinuities, the area may be carefully wiped with solvent and the discontinuity measured using a scale and appropriate light that meets the requirements of 6.6.1. Discontinuities that are too small to be seen may be carefully wiped clean with solvent and the indication measured just as it is forming.

7.7 *Postcleaning*—Components shall be cleaned after examination to remove developers and other examination material residues if these are detrimental to subsequent operations or the components' intended function.

7.8 *Quality Control Provisions*—This section provides the controls necessary to ensure that the penetrant system materials and equipment provide an acceptable level of performance. The frequency of the required checks, as shown in Table 1 is based upon a facility operations in multi-shift operations daily. For facilities operating less frequently, the frequency of daily and weekly checks may be reduced, but must be performed prior to examinations. Other checks should be performed at the same frequency as for full-time operations. The NDT facility may perform these process control operations or contract for their performance with an independent laboratory.

7.8.1 *Material Conformance (New)*—Prior to being placed in use, the conformance of materials to the requirements of MIL-I-25135 or AMS-2644 shall be verified, normally by a certified report from the supplier. Use of materials not conforming to MIL-I-25135 or AMS-2644 shall be approved by the cognizant engineering organization prior to use and shall be allowed only when materials conforming to MIL-I-25135 or AMS-2644 are inadequate for the particular application. Op-

erators shall be alert to any changes in performance, color, odor, consistency, or appearance of all penetrant materials in use and shall conduct the appropriate checks and tests if they have reason to believe the quality may have deteriorated. Penetrant examination shall be conducted in accordance with this practice only after acceptable quality of materials has been established.

7.8.2 *Material Checks (In-Use)*—The tests identified in 7.8.2.1 through 7.8.4, whichever is applicable, shall be conducted on in-use materials at frequencies specified in Table 1 and recorded. Records shall be maintained in a specified location for audit by the cognizant engineering organization. Materials that are not recovered or reused, or both, such as materials packaged in aerosol containers, are not subject to the requirements of 7.8.2.

7.8.2.1 *Penetrant Contamination*—The in-use penetrant materials shall be viewed at intervals specified in Table 1 to determine if any of the following conditions are evident: precipitates, waxy deposits, white coloration, separation of constituents, surface scum, or any other evidence of contamination or breakdown. When any of the above conditions are detected the material shall be discarded or modified in accordance with the manufacturers' instructions.

7.8.2.2 *Water Content (Method A Penetrants Only)*—Water content of Method A penetrants shall be checked using the appropriate test method at the frequency specified in Table 1. The concentration of Method A, water-based penetrant shall be checked with a refractometer at the frequency specified in Table 1. The water content must be maintained according to manufacturer's recommendation. Water content of Method A, non-water-based penetrant shall be checked in accordance with Test Method D 95 or Karl Fischer Method as described in Annex A1. If the water content of the in-use penetrant exceeds 5 %, then either discard the penetrant or add sufficient unused penetrant to reduce the water content below 5 %.

7.8.2.3 *Water Content (Lipophilic Emulsifier)*—Water content shall be checked in accordance with Test Method D 95 or Karl Fischer method as described in Annex A1 at the frequency specified in Table 1. If the used emulsifier exceeds the water content of the original emulsifier by more than 5 % it shall be discarded or corrected, as appropriate.

7.8.2.4 *Developer Condition (Dry)*—Dry developer shall be checked at the frequency specified in Table 1 to ensure it is fluffy and not caked. Caked dry developer is unsatisfactory and shall be replaced. For dry developer that is recycled, ten or more fluorescent specks observed under black light in a 4-in. (10-cm) diameter circle when a sample is spread into a thin layer on a flat surface, is unsatisfactory.

7.8.2.5 *Developer Contamination (Aqueous: Soluble and Suspendable)*—Aqueous developers shall be checked for fluorescence, as appropriate, and coverage at the frequency specified in Table 1. Immerse a clean aluminum panel, about 3 by 10 in. (8 by 25 cm) and remove for drying and observation under a black light. Failure to uniformly wet the panel or observed fluorescence is unsatisfactory and the developer shall be replaced.

7.8.2.6 *Developer Concentration (Aqueous: Soluble and Suspendable)*—Aqueous developer concentration shall be

TABLE 1 Tests and Test Frequency

Tests	Frequency	Paragraph
System Performance	Daily	7.8.3
Penetrant Contamination	Daily	7.8.2.1
Developer Contamination (Aqueous: Soluble and Suspendable)	Daily	7.8.2.5
Developer Concentration (Aqueous: Soluble and Suspendable)	Weekly	7.8.2.6
Developer Condition (Dry)	Daily	7.8.2.4
Water Wash Pressure <sup>A</sup>	Each shift	7.8.5.4
Water Wash Temperature <sup>A</sup>	Each shift	7.8.5.4
Back Light Intensity	Daily	7.8.5.1
Inspection Area Cleanliness <sup>A</sup>	Daily	7.8.5.3
Water-Based Penetrant Water Concentration	Weekly	7.8.2.2
Non-Water-Based Penetrant (Method A) Water Content	Monthly	7.8.2.2
Emulsifier Concentration (Hydrophilic)	Weekly	7.8.2.7
Penetrant Sensitivity <sup>B</sup>	Weekly	7.8.4.3
Fluorescent Brightness (Test Method E 1135) <sup>B</sup>	Quarterly	7.8.4.1
Penetrant Removability <sup>B</sup>	Monthly	7.8.4.2
Emulsifier Removability <sup>B</sup>	Monthly	7.8.4.4
Emulsifier Water Content (lipophilic)	Monthly	7.8.2.3
Drying Oven Calibration <sup>C</sup>	Quarterly	7.8.5.5
Light Meter Calibration <sup>C</sup>	Semiannually	7.8.5.2

<sup>A</sup> Need not be recorded.

<sup>B</sup> These checks can be combined and performed during the system performance check in accordance with 7.8.4.

<sup>C</sup> The maximum time between verifications may be reduced or extended when substantiated by actual technical/reliability data.

checked with a hydrometer at the frequency specified in Table 1. Concentration shall be in accordance with the developer supplier's recommendation.

**7.8.2.7 Emulsifier Concentration (Hydrophilic)**—Concentration of emulsifier solutions shall be checked with a refractometer at the frequency specified in Table 1 for conformance to 7.3.4.2. A longer period may be used if a plan justifying this extension is prepared by the NDT facility and approved by the cognizant engineering organization.

**7.8.3 System Performance**—The penetrant system shall be checked at the frequency specified in Table 1 for performance. The check shall be made with known defect standards. The check shall be performed by processing the known defect standard through the system using appropriate processing parameters and comparing the indications thus obtained to those obtained with unused samples of the same materials. This comparison may be made with other records of previously obtained indications or with a similar known defect standard processed with the unused materials. When the performance of the in-use materials falls below the performance of the unused materials, the in-use material quality shall be checked in accordance with the appropriate sections in 7.8.4 prior to conducting any penetrant examination in accordance with this practice. The unacceptable used material shall be discarded.

**7.8.3.1 Known Defect Standards**—The selection and procedures for the maintenance of known defect standards shall be approved by the cognizant engineering organization. The defects in the standard shall be capable of demonstrating unsatisfactory system performance. The maintenance procedures shall ensure that cleaning of the standards between usages is adequate and that physical changes in the standard that make it unsuitable for use can be detected.

**7.8.4 System Checks**—The test specified in 7.8.4.1 through 7.8.4.4 shall be made at frequencies specified in Table 1. These periodic checks of penetrant materials may be waived if the known defect standard(s) selected for the system performance check adequately monitor the serviceability of the penetrant materials and the results of the daily performance checks are documented in sufficient detail to allow an audit to detect deterioration of performance below satisfactory levels.

**7.8.4.1 Penetrant Brightness**—Brightness tests of in-use fluorescent penetrants shall be conducted at the frequency specified in Table 1. Tests shall be in accordance with Test Method E 1135 with a sample of the unused penetrant serving as the reference. Brightness values less than 90 % of the unused penetrant brightness are unsatisfactory and the in-use penetrants shall be discarded or otherwise corrected, as appropriate.

**7.8.4.2 Penetrant Removability (Method A Only)**—The removability of Method A penetrants shall be tested at the frequency specified in Table 1. The test piece specified in MIL-I-25135 or AMS-2644 shall be used for this test. Tests shall be by normal wash parameters used when processing production parts with a sample of the unused penetrant serving as a reference or in accordance with MIL-I-25135 or AMS-2644. If the removability is noticeably less than the reference, the in-use penetrant shall be replaced.

**7.8.4.3 Penetrant Sensitivity**—The sensitivity of penetrants

shall be checked in accordance with the procedures of 7.8.3 when the in-use penetrant is used with the unused emulsifier, if applicable, and unused developer if applicable and compared to the results obtained using the unused penetrant, unused emulsifier, if applicable, and unused developer, if applicable. Sensitivity of the in-use penetrant noticeably less than the reference is unsatisfactory.

**7.8.4.4 Emulsifier Removability**—Removability of the in-use emulsifier shall be tested at the frequency specified in Table 1 by normal wash parameters used when processing production parts with a sample of the unused emulsifier serving as a reference or in accordance with MIL-I-25135 or AMS-2644. The test piece specified in MIL-I-25135 or AMS-2644 shall be used for this test. The in-use emulsifier will be used with the unused penetrant and compared to the reference system of unused emulsifier used with the unused penetrant. Removability less than that of the reference system is unsatisfactory.

**7.8.5 Equipment Checks**—The following equipment checks shall be made at frequencies specified in Table 1 and recorded. Records shall be maintained in a specified location and available for audit by the cognizant engineering organization. The calibration of equipment shall be traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST) or other recognized national standards, where applicable.

**7.8.5.1 Black Lights**—Blacklights, portable, hand-held, permanently mounted or fixed, which are used to inspect parts, shall be checked for output at the frequency specified in Table 1 and after bulb replacement. A longer period may be used if a plan justifying this extension is prepared by the NDT facility or its designated delegate. Minimum acceptable intensity is 1000  $\mu\text{w}/\text{cm}^2$  (10  $\text{W}/\text{m}^2$ ) at 15 in. (38.1 cm) from the front of the filter to the face of the sensor. Blacklights shall be checked periodically for cleanliness and integrity and shall be cleaned, repaired or replaced as appropriate.

**7.8.5.2 Light Meters**—Both the black and visible light meters shall be calibrated in accordance with MIL-STD-45662 or ANSI/NCSL Z540-1.

**7.8.5.3 Inspection Area**—The inspection area for stationary systems shall be clean and free from excessive fluorescent contamination and residual visible light background.

**7.8.5.4 Water Wash Operating Pressures/Temperatures**—Indicators and controls shall be checked at the start of each shift to ensure proper settings. Those indicators displaying out-of-control settings shall be adjusted to the proper settings. Indicators and controls shall be calibrated at intervals in accordance with MIL-STD-45662 or ANSI/NCSL Z540-1 or ISO 10012-1.

**7.8.5.5 Drying Oven Calibration**—The temperature controlling device and the temperature indicating device, if separate from the controller, on the drying oven shall be calibrated to the requirements of 6.6.2 at frequencies established in accordance with the requirements of MIL-STD-45662 or ANSI/NCSL Z540-1 or ISO 10012-1.

**7.9 Marking and Identification**—Components successfully passing the penetrant examination shall be identified and marked as follows:

**7.9.1 Marking**—Marking shall be applied in a manner and location that is harmless to the component, or its intended

function, and to preclude removal, smearing, or obliteration by subsequent handling. When subsequent processing would remove such identification, the records accompanying the component shall be marked or shall specify components to the applicable documents. The methods of marking are listed in 7.9.2. Marking shall conform to MIL-STD-792.

7.9.2 *Impression Stamping Ink Stamping, Dyeing, Laser Marking, Vibro Engraving, Peening or Etching*—The specific method to be used shall be specified in the contract document (purchase order, drawing, specification, etc.). If not specified, ink stamping shall be used. Marking shall be located in areas adjacent to the part number or an area specified by the contract documents.

7.9.3 *Other Identification*—Other means of identification, such as tagging, may be applied when the construction, finish, or functional requirements of the component preclude etching, dyeing, or stamping. Items such as bolts, nuts, or other small parts may be identified by conspicuously marking each package.

7.9.4 *Symbols*—Each component that has successfully passed examination shall be marked as follows:

7.9.4.1 When etching or stamping is applicable, symbols shall be used. The stamping may contain an identification symbol or supplier number of the facility and a unique number or symbol identifying the examiner. Except for specialized applications, use the symbol "P" to denote 100 % examination. All components, in the lot sampled, accepted on sampling basis shall be marked with the symbol "P" enclosed by an ellipse.

7.9.4.2 When dyeing is used, maroon dye shall be used to denote components accepted on a 100 % examination basis. Yellow dye shall be used to denote a sampling basis when sampling is permitted.

## 8. Keywords

8.1 dye liquid penetrant inspection; dye penetrant inspection; fluorescent liquid penetrant inspection; fluorescent penetrant inspection; liquid penetrant inspection; liquid penetrant examination; liquid penetrant testing; nondestructive; nondestructive evaluation; nondestructive examination; nondestructive inspection; nondestructive testing; penetrant examination; penetrant inspection; penetrant testing

## ANNEX

### (Mandatory Information)

#### A1. METHOD FOR MEASURING WATER CONTENT

A1.1 *Scope and Application*—This modified Karl Fischer volumetric procedure is a practical alternative to Test Method D 95 for undiluted hydrophilic emulsifiers and water contamination of in-use lipophilic emulsifiers and Method A penetrants. The amount of sample used is adjusted to meet the water equivalent capacity of the titration agent employed (1 ml = 5 mg H<sub>2</sub>O). For most materials required to meet the five percent (5 %) maximum allowable water content limit, 0.5 to 1.0 g sample size is sufficient.

#### A1.2 Apparatus:

A1.2.1 *Buret*, glass, 50-ml,

A1.2.2 *Flask*, wide-mouth Erlenmeyer type, 250-ml,

A1.2.3 *Pipets*, volumetric, two, 10-ml,

A1.2.4 *Weighing scale*, reads to at least two decimal places, and

A1.2.5 *White paper*.

#### A1.3 Reagents:

A1.3.1 *Buffer solution*,<sup>10</sup> Hydranal (Riedel de Haen) or Hydra-Point (J.T. Baker), 500 ml,

A1.3.2 *Titratant*,<sup>10</sup> Hydranal Composite 5 (Riedel de Haen) or Hydra-Point Titratant 5, 1 L, and

A1.3.3 *Methanol*, reagent grade, 500 mL.

#### A1.4 Analytical Procedure:

A1.4.1 Charge buret with Hydranal titrant.

A1.4.2 Pipet 10 mL of methanol into clean dry Erlenmeyer flask.

A1.4.3 Pipet 10 mL of Hydranal buffer into the same flask and gently swirl to mix.

A1.4.4 Place white paper below buret. Place the flask under the buret and slowly titrate, with gently swirling the Hydranal titrant into the flask until a light yellow-brown color persists (about 3 mL).

A1.4.5 Record titrant reading.

A1.4.6 Place the flask on balance and add about 0.5 g of test sample, and record weight. Gently swirl flask to mix sample.

A1.4.7 Place flask under buret and titrate back to the same yellow-brown color and record the reading.

A1.4.8 Repeat and average % H<sub>2</sub>O readings.

#### A1.5 Calculate Water Content as follows:

$$\% \text{H}_2\text{O} = \frac{[\text{consumption titrant} \times \text{titer value} \times 100]}{\text{sample weight}} \quad (\text{A1.1})$$

where:

consumption = second buret reading of Hydranal Composite 5 Titratant minus the first buret reading, mL,

titer value = 5 mg/ml H<sub>2</sub>O, mg/mL, and

sample weight = weight of sample added, mg.

A1.6 Repeat and average % H<sub>2</sub>O readings.

<sup>10</sup> The sole source of supply for the reagents known to the committee at this time is Crescent Chemical Company, Inc., 1324 Motor Parkway, Hauppauge, NY 11788. If you are aware of alternative suppliers, please provide this information to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee,<sup>1</sup> which you may attend.

 E 1417

*The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.*

## **Anexo D**

# **NORMAS ASME**

TABLE 1 Allowable Defects

Name	Definition	Visual Acceptance Levels		
		Level I	Level II	Level III
Chip	a small piece broken off an edge or surface	none	maximum dimension of break, 3.0 mm ( $\frac{1}{8}$ in.)	maximum dimension of break, 6.5 mm ( $\frac{1}{4}$ in.)
Crack	an actual separation of the laminate, visible on opposite surfaces, and extending through the thickness	none	none	none
Crack, surface	crack existing only on the surface of the laminate	none	maximum length, 3.0 mm ( $\frac{1}{8}$ in.)	maximum length 6.5 mm ( $\frac{1}{4}$ in.)
Crazing	fine cracks at or under the surface of a laminate	none	maximum dimension of crazing, 13 mm ( $\frac{1}{2}$ in.) frequency and location to be determined by customer	maximum dimension of crazing, 25 mm (1 in.)
Delamination, edge	separation of the layers of material at the edge of a laminate	none	maximum dimension, 3.0 mm ( $\frac{1}{8}$ in.)	maximum dimension, 6.5 mm ( $\frac{1}{4}$ in.)
Delamination, internal	separation of the layers of material in a laminate	none	none	none
Dry-spot	area of incomplete surface film where the reinforcement has not been wetted with resin	none	maximum diameter, 9.5 mm ( $\frac{3}{8}$ in.)	maximum diameter, 14 mm ( $\frac{9}{16}$ in.)
Foreign inclusion (metallic)	metallic particles included in a laminate which are foreign to its composition	none	none, if for electrical use; maximum dimension, 0.8 mm ( $\frac{1}{32}$ in.), 1/0.09 m <sup>2</sup> (1 ft <sup>2</sup> ), if for mechanical use	none, if for electrical use; maximum dimension, 1.5 mm ( $\frac{1}{16}$ in.), 1/0.09 m <sup>2</sup> (1 ft <sup>2</sup> ), if for mechanical use
Foreign inclusion (nonmetallic)	nonmetallic particles of substance included in a laminate which seem foreign to its composition	none	maximum dimension, 0.8 mm ( $\frac{1}{32}$ in.), 1/0.09 m <sup>2</sup> (1 ft <sup>2</sup> )	maximum dimension, 1.5 mm ( $\frac{1}{16}$ in.); 1/0.09 m <sup>2</sup> (1 ft <sup>2</sup> )
Fracture	rupture of laminate surface without complete penetration	none	maximum dimension, 21 mm ( $\frac{13}{16}$ in.)	maximum dimension, 29 mm (1 $\frac{1}{8}$ in.)
Air bubble (void)	air entrapment within and between the plies of reinforcement, usually spherical in shape	none	maximum diameter, 1.5 mm ( $\frac{1}{16}$ in.); 2/in. <sup>2</sup>	maximum diameter, 3.0 mm ( $\frac{1}{8}$ in.); 4/in. <sup>2</sup>
Blister	rounded elevation of the surface of a laminate, with boundaries that may be more or less sharply defined, somewhat resembling in shape a blister on the human skin	none	maximum diameter, 3.0 mm ( $\frac{1}{8}$ in.); height from surface not to be outside drawing tolerance	maximum diameter, 6.5 mm ( $\frac{1}{4}$ in.); height from surface not to be outside drawing tolerance
Burned	showing evidence of thermal decomposition through some discoloration, distortion, or destruction of the surface of the laminate	none	none	none
Fish-eye	small globular mass which has not blended completely into the surrounding material and is particularly evident in a transparent or translucent material	none	maximum diameter, 9.5 mm ( $\frac{3}{8}$ in.)	maximum diameter, 13 mm ( $\frac{1}{2}$ in.)
Lack of fillout	an area, occurring usually at the edge of a laminated plastic, where the reinforcement has not been wetted with resin	none	maximum diameter, 6.5 mm ( $\frac{1}{4}$ in.)	maximum diameter, 9.5 mm ( $\frac{3}{8}$ in.)

TABLE I Continued

Name	Definition	Visual Acceptance Levels		
		Level I	Level II	Level III
Orange-peel	uneven surface somewhat resembling an orange peel	none	maximum diameter, 14 mm ( $\frac{9}{16}$ in.)	maximum diameter, 29 mm ( $1\frac{1}{8}$ in.)
Pimple	small, sharp, or conical elevation on the surface of a laminate	none	none	maximum diameter, 3.0 mm ( $\frac{1}{8}$ in.)
Pit (pinhole)	small crater in the surface of a laminate, with its width approximately of the same order of magnitude as its depth	none	maximum diameter, 0.4 mm ( $\frac{1}{64}$ in.); depth less than 1 percent of wall thickness	maximum diameter, 0.8 mm ( $\frac{1}{32}$ in.); depth less than 20 percent of wall thickness
Porosity (pinhole)	presence of numerous visible pits (pinholes)	none	frequency and location to be determined by customer maximum of 25 pits (pinholes) in porous area of size listed in Level II	maximum of 50 pits (pinholes) in porous area of size listed in Level III
Pre-gel	an unintentional extra layer of cured resin on part of the surface of the laminate (This condition does not include gel coats.)	none	maximum dimension, 6.5 mm ( $\frac{1}{4}$ in.); height above surface not to be outside drawing tolerance	maximum dimension, 13 mm ( $\frac{1}{2}$ in.); height above surface not to be outside drawing tolerance
Resin-pocket	an apparent accumulation of excess resin in a small localized area within the laminate	none	maximum diameter, 3.0 mm ( $\frac{1}{8}$ in.)	maximum diameter, 6.5 mm ( $\frac{1}{4}$ in.)
Resin-rich edge	insufficient reinforcing material at the edge of molded laminate	none	maximum, 0.4 mm ( $\frac{1}{64}$ in.) from the edge	maximum, 0.8 mm ( $\frac{1}{32}$ in.) from the edge
Shrink-mark (sink)	depression in the surface of a molded laminate where it has retracted from the mold	none	maximum diameter, 9.5 mm ( $\frac{3}{8}$ in.); depth not greater than 25 percent of wall thickness	maximum diameter, 14 mm ( $\frac{9}{16}$ in.); depth not greater than 25 percent of wall thickness
Wash	area where the reinforcement of molded plastic has moved inadvertently during closure of the mold resulting in resin-rich areas	none	maximum dimension 21 mm ( $1\frac{3}{16}$ in.)	maximum dimension 29 mm ( $1\frac{1}{8}$ in.)
Wormhole	elongated air entrapment which is either in or near the surface of a laminate and may be covered by a thin film of cured resin	none	maximum diameter, 3.0 mm ( $\frac{1}{8}$ in.)	maximum diameter, 6.5 mm ( $\frac{1}{4}$ in.)
Wrinkles	in a laminate, an imperfection that has the appearance of a wave molded into one or more plies of fabric or other reinforcement material	none	maximum length surface side, 13 mm ( $\frac{1}{2}$ in.); maximum length opposite side, 13 mm ( $\frac{1}{2}$ in.); depth less than 10 percent of wall thickness	maximum length surface side, 25 mm (1 in.); maximum length opposite side, 25 mm (1 in.); depth less than 15 percent of wall thickness
Scratch	shallow mark, groove, furrow, or channel caused by improper handling or storage	none	maximum length, 25 mm (1.0 in.); maximum depth, 0.125 (0.005 in.)	maximum length, 25 mm (1.0 in.); maximum depth, 0.255 (0.010 in.)
Short	in a laminate, an incompletely filled out condition  NOTE—this may be evident either through an absence of surface film in some areas, or as lighter unfused particles of material showing through a covering surface film, possibly accompanied by thin-skinned blisters	none	none	none

## **Anexo E**

# **PARÁMETROS DE CANTIDAD DE LUMINICENCIA**

## ANEXO E1

### EJEMPLOS DE ILUMINANCIA

Iluminancia	Abr.	Ejemplo
0,00005 lux	50 $\mu$ lx	Luz de una estrella (Vista desde la tierra)
0,0001 lux	100 $\mu$ lx	Cielo nocturno nublado, <a href="#">luna nueva</a>
0,001 lux	1 mlx	Cielo nocturno despejado, luna nueva
0,01 lux	10 mlx	Cielo nocturno despejado, <a href="#">cuarto creciente o menguante</a>
0,25 lux	250 mlx	Luna llena en una noche despejada <sup>1</sup>
1 lux	1 lx	Luna llena a gran <a href="#">altitud</a> en <a href="#">latitudes</a> tropicales <sup>2</sup>
3 lux	3 lx	Límite oscuro del <a href="#">crepúsculo</a> bajo un cielo despejado <sup>3</sup>
50 lux	50 lx	Sala de una vivienda familiar <sup>4</sup>
80 lux	80 lx	Pasillo/cuarto de baño <sup>5</sup>
400 lux	4 hlx	Oficina bien iluminada

400 lux	4 hlx	Salida o puesta de sol en un día despejado.
1000 lux	1 klx	Iluminación habitual en un <a href="#">estudio de televisión</a>
32.000 lux	32 klx	Luz solar en un día medio (mín.)
100.000 lux	100 klx	Luz solar en un día medio (máx.)

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Lux>