

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE

Previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico

Tema:

Estudio de procesos de pintura de alto desempeño y su incidencia en la calidad de los equipos petroleros de superficie de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.

Autor: Alex Jarrín Salán

Tutor de Tesis: Ing. Alejandro Moretta.

AMBATO - ECUADOR

2012

CERTIFICACION

En mi calidad de tutor del trabajo estructurado de manera independiente, previo la obtención del título de Ingeniero Mecánico. Sobre el tema “Estudio de procesos de pintura de alto desempeño y su incidencia en la calidad de los equipos petroleros de superficie de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.”, ejecutado por el Señor Alex Raúl Jarrín Salán, egresado de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, CERTIFICO que el presente trabajo estructurado fue elaborado en su totalidad por el autor y ha sido concluida en forma total, en apego al plan de tesis aprobado.

Ing. Alejandro Moretta M.

TUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

AUTORIA

Los criterios emitidos en el presente trabajo estructurado bajo el tema “Estudio de procesos de pintura de alto desempeño y su incidencia en la calidad de los equipos petroleros de superficie de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.”, como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y propuesta son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, 07 de Junio del 2012

EL AUTOR

Egdo. Alex Raúl Jarrín Salán

DEDICATORIA

A mi Padre por respetar y respaldar las decisiones que he tomado. A mis hermanas Sandra y Karola por siempre motivarme a seguir adelante y a mi familia por siempre ser un apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A todo el elemento humano de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato por todos los conocimientos que me han brindado para cumplir mi meta. A la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda. por abrirme sus puertas y sustentar económicamente este trabajo. A mi director de Tesis Ing. Alejandro Moretta por su ayuda y paciencia para guiarme en la elaboración del presente trabajo de investigación. A mis compañeros y amigos por haberme dado el privilegio de compartir tantas vivencias como estudiantes.

ÍNDICE DE PÁGINAS PRELIMINARES

| | |
|--------------------------------|------|
| Portada | I |
| Aprobación por el Tutor. | II |
| Autoría de la Tesis. | III |
| Dedicatoria | IV |
| Agradecimiento | V |
| Índice de Páginas Preliminares | VI |
| Índice de Contenidos | VI |
| Índice de Figuras | IX |
| Índice de Diagramas | XII |
| Índice de Gráficos | XIII |
| Índice de Tablas | XIII |
| Índice de Anexos | XIV |
| Resumen Ejecutivo | XVI |

INDICE DE CONTENIDOS

Capítulo I

| | |
|-----------------------------------|---|
| 1. El Problema | 1 |
| 1.2.1 Planteamiento del problema. | 1 |
| 1.2.2 Análisis Crítico | 3 |
| 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 |
| 1.3 Justificación | 4 |
| 1.4 Objetivos | 5 |
| | |
| Capítulo II | |
| 2. Marco Teórico | 6 |
| 2.1 Antecedentes Investigativos | 6 |
| 2.2 Fundamentación Filosófica | 6 |
| 2.3 Fundamentación Legal | 7 |
| 2.4 Categorías Fundamentales | 8 |
| 2.4.1 Ingeniería de Materiales | 8 |
| 2.4.2 Inhibidores de Corrosión | 9 |
| 2.4.3 Procesos de Aplicación de Recubrimientos | 17 |
| 2.4.4 La Industria Petrolera | 29 |
| 2.4.5 Proceso de Producción de Petróleo | 30 |
| 2.4.6 Equipos Petroleros de Superficie | 31 |
| 2.5 Hipótesis | 35 |
| | |
| Capítulo III | |
| 3. Metodología | 37 |
| 3.1 Enfoque Investigativo | 37 |

| | |
|---|-----|
| 3.2 Modalidad Básica de la Investigación | 37 |
| 3.3 Nivel o Tipo de Investigación | 38 |
| 3.3.1 Descriptivo | 38 |
| 3.3.2 Asociación de Palabras | 38 |
| 3.3.3 Explicativo | 38 |
| 3.4 Población y Muestra | 39 |
| 3.5 Operacionalización de Variables | 41 |
| 3.6 Técnicas de Recolección de la Información | 43 |
| 3.7 Plan de Recolección de la Información | 43 |
| 3.6 Plan de Procesamiento de la Información | 43 |
| | |
| Capítulo IV | |
| 4. Análisis e Interpretación de Resultados | 45 |
| 4.1 Análisis del Proceso de Pintura Actual | 45 |
| 4.2 Interpretación de Resultados | 156 |
| 4.3 Verificación de la Hipótesis | 157 |
| | |
| Capítulo V | |
| 5. Conclusiones y Recomendaciones | 158 |
| 5.1 Conclusiones | 158 |
| 5.2 Recomendaciones | 160 |

Capítulo VI

| | |
|--|-----|
| 6. Propuesta | 163 |
| 6.1 Datos Informativos | 163 |
| 6.2 Antecedentes de la Propuesta | 164 |
| 6.3 Justificación | 165 |
| 6.4 Objetivos | 165 |
| 6.5 Análisis de Factibilidad | 166 |
| 6.6 Fundamentación | 166 |
| 6.6.1 Limpieza Abrasiva | 166 |
| 6.6.2 Aplicación de Pintura por Atomización | 171 |
| 6.7 Metodología | 174 |
| 6.7.1 Especificación del procedimiento de pintura. | 174 |
| 6.8 Administración | 188 |
| 6.8.1 Análisis de Costo | 189 |
| 6.8.2 Planeación | 190 |
| 6.8.2 Organización | 191 |
| 6.9 Previsión de la evaluación | 191 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1 Celda de Corrosión | 11 |
| Figura 2.2 Componentes de los Recubrimiento | 13 |
| Figura 2.3 Recubrimientos de Barrera | 14 |

| | |
|--|----|
| Figura 2.4 Recubrimiento Inhibidor | 15 |
| Figura 2.5 Recubrimiento de Sacrificio | 15 |
| Figura 2.6 Kit de Prueba de Sales Solubles | 19 |
| Figura 2.7 Higrómetro Giratorio | 20 |
| Figura 2.8 Termómetro Infrarrojo | 21 |
| Figura 2.9 Anemómetro | 21 |
| Figura 2.10 Comparador Visual SSPC – VIS 1 | 22 |
| Figura 2.11 Cinta Réplica y Micrómetro | 23 |
| Figura 2.12 Medidor de Película Húmeda | 24 |
| Figura 2.13 Medidor de Película Seca | 25 |
| Figura 2.14 Kit Para Medir Adherencia Mediante Cinta Adhesiva | 26 |
| Figura 2.15 Equipo Hidráulico Para Adhesión | 27 |
| Figura 2.16 Detector de Discontinuidades | 29 |
| Figura 4.1 Resultados Obtenidos de Ensayos de Pull-Off en Tanque de 60000 BBL – Auca Central | 64 |
| Figura 4.2 Placa Testigo Para Ensayos de Pull-Off en Tanque de 42000 BBL – Estación MPF Tarapoa | 64 |
| Figura 4.3 Verificación de Presencia de Grasas o Aceites por Medio de Luz Negra | 79 |
| Figura 4.4 Verificación de Presencia de Grasas o Aceites por Medio de Luz Negra | 79 |
| Figura 4.5 Medición de Espesor de Película Húmeda del Sigmacover 280 | 87 |

| | |
|--|-----|
| Figura 4.19 Probetas del Sistema Monocapa Después de Haber Realizado los Respectivos Ensayos. | 152 |
| Figura 6.1 Limpieza Abrasiva Seca | 167 |
| Figura 6.2 Compresor Portátil de Tornillo | 168 |
| Figura 6.3 Tolva Para Granallado | 170 |
| Figura 6.4 Bomba de Pintura Airless | 172 |
| Figura 6.5 Pistola Para Pintura Airless | 173 |

INDICE DE DIAGRAMAS

| | |
|---|----|
| Diagrama 4.1 Diagrama de Flujo del Proceso Actual de Pintura con Sistema Tricapa para Exteriores de Tanques Nuevos de Almacenamiento de la Empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda. | 47 |
| Diagrama 4.2 Diagrama de Flujo del Proceso Actual de Pintura con Sistema bicapa para Exteriores de Tanques Nuevos de Almacenamiento de la Empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda. | 51 |
| Diagrama 4.3 Diagrama de Flujo del Proceso Actual de Pintura con Sistema monocapa para Interiores de Tanques Nuevos de Almacenamiento de la Empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda. | 56 |
| Diagrama 4.4 Diagrama de Flujo para el Proceso de Pintura con Sistema Bicapa para Exteriores de Tanques Nuevos de Almacenamiento de la Empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda. | 73 |
| Diagrama 4.5 Diagrama de Flujo para el Proceso de Pintura con | |

| | |
|--|-----|
| Sistema Tricapa para Exteriores de Tanques Nuevos de Almacenamiento de la Empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda. | 102 |
| Diagrama 4.6 Diagrama de Flujo para el Proceso de Pintura con Sistema Monocapa para Interiores de Tanques Nuevos de Almacenamiento de la Empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda. | 134 |
| Diagrama 6.1 Diagrama de flujo general para la correcta aplicación de diferentes sistemas de pintura | 185 |

INDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|-----|
| Gráfico 4.1 Inspección de Espesores en Seco | 62 |
| Gráfico 4.2 Tiempos y Costos Adicionales en Nivelación de Espesores | 63 |
| Gráfico 4.3 Resultados de Ensayos de Pull-Off | 65 |
| Gráfico 4.4 Localización de Puntos de Alfiler | 67 |
| Gráfico 4.5 Gráfico de Inspección de espesores en seco del nuevo proceso de pintura. | 153 |
| Gráfico 4.6 Gráfico de Resultados de Ensayos de Pull-Off obtenido del nuevo proceso de aplicación de pintura que se plantea. | 154 |
| Gráfico 4.7 Grafica de localización de puntos de alfiler del nuevo proceso. | 155 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 4.1 Sistema de Pintura para Probetas N° 1, 2 Y 3 | 70 |
| Tabla 4.2 Sistema de Pintura para Probetas N° 4, 5 Y 6 | 70 |
| Tabla 4.3 Sistema de Pintura para Probetas N° 7, 8 Y 9 | 71 |
| Tabla 4.4 Valores de Aceptación para la Prueba de Pull-Off | 71 |
| Tabla 6.6 Costo del Proceso de Pintura de Alto Desempeño | 188 |

INDICE DE ANEXOS

| | |
|--------------------------|-----|
| ANEXO A - ESTANDARES | 195 |
| Anexo A1 SSPC – VIS1 | 196 |
| Anexo A2 ASTM D4285 | 198 |
| Anexo A3 SSPC – GUIDE 15 | 199 |
| Anexo A4 SSPC – SP1 | 207 |
| Anexo A5 SSPC – SP5 | 208 |
| Anexo A6 SSPC – SP10 | 212 |
| Anexo A7 SSPC – SP6 | 215 |
| Anexo A8 ISO 8502 - 4 | 219 |
| Anexo A9 NACE SP0287 | 223 |
| Anexo A10 SSPC – PA2 | 226 |
| Anexo A11 ASTM D4145 | 231 |
| Anexo A12 ASTM D3359 | 240 |

| | |
|---|-----|
| Anexo A13 ASTM D4414 | 244 |
| Anexo A14 NACE SP0188 | 247 |
| ANEXO B - HOJAS TECNICAS | 251 |
| Anexo B1 Sigmacover 280 | 252 |
| Anexo B2 Sigmadur 550 | 257 |
| Anexo B3 Carbozinc 11 | 260 |
| Anexo B4 Carboguard 890 | 262 |
| Anexo B5 Carbothane 134 HG | 264 |
| Anexo B6 Novaguard 840 | 267 |
| ANEXO C –CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS | 270 |
| Anexo C1 Medidor Micrómetro | 271 |
| Anexo C2 Medidor de Espesor de Película Seca | 272 |
| Anexo C3 Holiday Detector | 273 |
| Anexo C4 Medidor de Condiciones Ambientales | 274 |
| Anexo C5 Equipo de Pull-Off | 275 |

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo implantar un proceso adecuado para la aplicación de pinturas de alto desempeño, mejorando la calidad del producto terminado en la empresa SAURUS ECUADOR CIA. LTDA., lo que aportara en la misma para la mejora continua del sistema de gestión de calidad.

Para establecer los procesos adecuados de supervisión y control de calidad, se ha acudido a estándares internacionales tales como NACE, ISO, ASTM, SSPC, entre otros, con el fin de tener un sustento legal con el cual se pueda ejecutar los ensayos de acuerdo a procedimientos estandarizados y con los equipos correctos, de tal forma que se garantice el control de calidad de los trabajos que se realicen por la empresa.

Se realizaron probetas a las cuales se les aplicó tres tipos de sistemas de recubrimientos, al menos los más comunes utilizados por la empresa, a las cuales se les aplico la pintura de acuerdo a los procesos actuales que se generaron en el presente estudio, obteniendo resultados completamente satisfactorios, sirviéndonos como indicador que el estudio si aportó en la mejora de la calidad de los equipos petroleros de superficie recubiertos por la empresa.

La supervisión de los trabajos y el control de la calidad del proceso, no debe ser simplemente durante la aplicación de la pintura o la limpieza superficial. Antes del proceso de limpieza superficial, se deben inspeccionar los equipos con los que se va a trabajar y a la vez asegurarnos de que el sustrato que vamos a recubrir esté libre de contaminantes que suelen ser perjudiciales para los recubrimientos. Es sumamente importante conocer de lleno la especificación de pintura suministrada por el cliente para tomar en cuenta cada uno de los detalles con los que deberá cumplir el proceso antes, durante y después de la aplicación, como a la vez estar empapados de las normas respectivas que brindan información sobre los ensayos y evaluaciones que se deben realizar en el proceso de aplicación de pintura de alto desempeño.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA:

1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN:

Estudio de procesos de pintura de alto desempeño y su incidencia en la calidad de los equipos petroleros de superficie de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

1.2.1. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA:

En Ecuador, la aplicación de recubrimientos industriales no ha sido tomada muy en serio y no se le ha dado la importancia que este se merece. Es común encontrar equipos deteriorados ya después de varios años por efectos de la corrosión. Una de las principales causas es la aplicación incorrecta aplicación del recubrimiento. Hasta la actualidad esto se está tratando de mejorar en forma continua, para lo cual las empresas que solicitan un producto aplicado un recubrimiento, envían una persona que fiscalice que posea conocimientos técnicos sobre la aplicación de recubrimientos industriales. Este es un aspecto positivo por parte del cliente, lo que les ha costado mucho a los proveedores de estos servicios, que estaban acostumbrados a prestar un servicio mediocre con un gran margen de ganancia, estos ahora deben y están mejorando sus controles de calidad para brindar un mejor servicio.

Durante esta etapa de transición se han visto varios casos en que los clientes han exigido reparaciones sumamente costosas a los proveedores, no con el fin de perjudicarlos, sino con el fin de exigir un producto de calidad por el que han cancelado cierta suma de dinero.

En la ciudad de Quito, el problema se ha manejado dentro del mismo contexto, ya que es aquí en donde se producen y pintan la mayoría de los equipos petroleros de superficie debido a que los principales clientes han establecido aquí sus oficinas principales. Es difícil establecer un número o porcentaje de equipos que han sido rechazados o reparados por las empresas en Quito, ya que esa es información que las empresas no exponen para no perjudicar su imagen, pese a esto no es difícil escuchar comentarios que se han escapado de antiguos trabajadores o de amistades que comentan a cerca de los problemas que se les han presentado en dichas empresas. Las medidas de corrección que están tomando las empresas es certificar como inspectores de recubrimientos a al menos uno de sus elementos para poder brindar al cliente una persona capacitada técnicamente. Este suceso se lo pudo notar claramente en el pasado curso emitido por NACE el mes de Septiembre del 2011, en donde, cuatro meses antes de que el curso se dicte los cupos se terminaron, quedando muchas personas fuera de la posibilidad aspirar a esta certificación. El hecho de que se incremente el número de personas con el conocimiento adecuado para realizar este proceso promete en gran parte que la calidad de los equipos pintados obtenga una mejoría considerable.

En la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda. se han palpado algunos problemas respecto a la reparación de equipos pintados que no han sido aceptado por el cliente debido a ciertas inconformidades. A fines de año 2010 fue rechazada la aplicación de pintura en el exterior medio tanque para almacenamiento de crudo de capacidad sesenta mil barriles, llegando a obtener una pérdida de alrededor de veinte mil dólares por motivo de reparaciones. Este problema se presentó debido a la mala supervisión durante el proceso, a procesos de pintura que no fueron monitoreados por personal suficientemente capacitado. Durante el año 2011 se han presentado de igual manera ciertos problemas aunque de menor magnitud, lo que inquieta a los propietarios de la mencionada empresa. La primera decisión que se planteo la empresa fue certificar a un elemento como inspector, pero como ya se mencionó anteriormente, la demanda de esta certificación fue alta y no se encontraron cupos disponibles, por lo que desistieron de esta decisión. Como alternativa se ha planteado realizar un estudio de procesos de pintura para mejorar la calidad de los productos pintados por la empresa.

1.2.2. ANÁLISIS CRÍTICO:

El estudio de procesos de pintura de alto desempeño y su incidencia en la calidad de equipos petroleros de superficie de la empresa Saurus Ecuador aportará en la mejora de la calidad de pintura que realiza mencionada empresa, brindando un considerable aporte en el sistema de mejora continua y en el crecimiento de la misma.

Procurara disminuir los índices de pérdida económica por reparaciones que se presentan eventualmente dentro de la empresa.

Servirá como soporte bibliográfico para la comunidad de la Universidad Técnica de Ambato al ser una guía que detalle los procesos y los ensayos que se realizan a durante y después de la aplicación del recubrimiento.

1.2.3. PRÓGNOSIS:

Si no se realiza este estudio los problemas dentro de la empresa persistirán, los índices de reparación de equipos no disminuirán, lo que generaría una pérdida económica considerable dentro de la empresa que podría desembocar en un desequilibrio financiero de la misma. La continuidad en el rechazo de equipos pintados, generaría en los clientes una considerable desconfianza, lo que les impulsara a buscar nuevos proveedores, así la empresa estaría en la posibilidad de perder clientes. Este es un severo problema ya que un proveedor sin clientes no genera y esto puede llegar inclusive al cierre de una empresa.

Los futuros profesionales de la carrera de ingeniería mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, carecerían de un estudio que les sirva como una guía y un respaldo técnico para la aplicación de las pinturas de alto desempeño.

1.2.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

¿Cuáles serán los procesos para la aplicación de pintura de alto desempeño en los equipos petroleros de superficie de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.?

1.2.5. PREGUNTAS DIRECTRICES:

- ¿Cuáles serán los procedimientos que se deben seguir para una correcta aplicación de pintura de alto desempeño?
- ¿Qué ensayos destructivos y no destructivos se deberán realizar en los procesos de pintura de alto desempeño para equipos petroleros de superficie?
- ¿Cuáles serán los parámetros de aceptación para la aprobación de un proceso de aplicación de pintura de alto desempeño?

1.2.6. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA:

1.2.6.1. DELIMITACIÓN DEL CONTENIDO:

Estudio de procesos de pintura de alto desempeño y su incidencia en la calidad de los equipos petroleros de superficie de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda., será indispensable tener conocimientos en las áreas de: ensayos no destructivos, gestión de calidad, ingeniería de materiales y termodinámica.

1.2.6.2. DELIMITACIÓN ESPACIAL:

El estudio se lo llevará a cabo en la planta de producción de la empresa Saurus Ecuador, en la ciudad de Quito-Ecuador, ya que es aquí en donde se realiza la aplicación de las pinturas de alto desempeño a los equipos petroleros de superficie.

1.2.6.3. DELIMITACIÓN TEMPORAL:

El estudio se lo realizará en el transcurso entre los meses de Junio del 2012 a Noviembre del 2012.

1.3. JUSTIFICACIÓN:

La importancia de este estudio, es disminuir la cantidad de reparaciones que se deban realizar a los equipos petroleros de superficie que presenten defectos de aplicación de pintura de alto desempeño realizados por la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda., para reducir considerablemente o eliminar por completo las pérdidas

económicas de la empresa por este motivo. Disminuir estos índices realizando una supervisión más rigurosa, acorde con las normas internacionales establecidas, dando como resultado un incremento en la calidad del producto final. La mejora se verá reflejada directamente en el grado de confianza por parte de los clientes, ya que estos podrán notar un trabajo bien realizado y con altos estándares de calidad.

Si nos enmarcamos en los futuros profesionales de nuestra distinguida carrera, aportara para que estos tengan un respaldo bibliográfico fundamentado en normas para el proceso de aplicación de pinturas de alto desempeño en equipos petroleros de superficie.

1.4.OBJETIVOS:

1.4.1. OBJETIVO GENERAL:

Determinar los procesos para la aplicación de pintura de alto desempeño para alcanzar calidad en los equipos petroleros de superficie de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Definir el proceso que se deben seguir para una correcta aplicación de pintura de alto desempeño.
- Determinar los ensayos destructivos y no destructivos que se realizan en los procesos de pintura de alto desempeño para equipos petroleros de superficie (Tanques de almacenamiento) de la empresa Saurus Ecuador.
- Determinar los parámetros de aceptación para la aprobación de un proceso de aplicación de pintura de alto desempeño.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1.ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS:

En la empresa Saurus Ecuador, no se ha realizado ningún estudio acerca de los procesos de pintura que se utilizan frecuentemente para su aplicación en equipos petroleros de superficie, los procesos que se los ha estado realizando, han sido fundamentados en experiencias laborales que se han acumulado dentro de la misma, es por esto que varias veces se han detectado deficiencias como por ejemplo en los formatos de inspección, los cuales poco a poco se los han estado complementando de acuerdo a las necesidades que se ido presentado en el transcurso de los proyectos y se los ha empezado a relacionar conjuntamente con las normas. La carencia de este estudio también se ha notado en los problemas que se han presentado durante los procesos de aplicación, como por ejemplo, los ensayos mal realizados. Esto ha afectado varias veces a la empresa de tal forma que algunos recubrimientos han sido rechazados y se ha visto la necesidad de repararlos, lo que conlleva tiempo y dinero para la empresa.

2.2.FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA:

El estudio que se ha planteado, pretende dar a conocer a las personas implicadas en el proceso una guía práctica de cómo aplicar un recubrimiento de la manera correcta, a la vez que se pretende determinar todos los ensayos que deben ser realizados para evaluar de la manera correcta un recubrimiento con su respectivo respaldo de las normas. También se pretende establecer las pautas para la realización de cada uno de estos ensayos para que de esta manera los

profesionales que se dedican a este campo, puedan tener todo el conocimiento necesario para avaluar un recubrimiento de la manera más adecuada.

2.3.FUNDAMENTACIÓN LEGAL.

El presente trabajo se lo realiza para ofrecer al mercado un producto en buen estado, tal cual lo menciona los artículos 18 y 22 de la ley orgánica en defensa del consumidor

Art. 18.- Entrega del Bien o Prestación del Servicio.

Art. 22.- Reparación Defectuosa.

Dentro de la fundamentación técnica podemos citar las siguientes normas las cuales serán las que estandaricen los ensayos que se va a realizar durante y después del proceso:

ASTM D4285 - Método de prueba estándar para indicar aceite o agua en el aire comprimido.

ASTM E337 - Método de prueba estándar para medir la humedad con un psicrómetro.

NACE RP 0287. Medición de rugosidad mediante cinta replica.

SSPC-VIS 1-89 - Estándar Visual de chorro abrasivo acero limpiado.

ISO 8501-1 -Preparación de sustratos de acero antes de la aplicación de pinturas y productos relacionados.

ISO 8502-4 – Guía para la estimación de la probabilidad de condensación previa a la aplicación de pinturas

SSPC - PA 2 - La medición del espesor de pintura seca con indicadores magnéticos.

ASTM D3359 - Métodos de prueba estándar para medir el Adhesión por Prueba de Cinta.

ASTM D4541- Método de Prueba Estándar Pull-Off - fuerza de recubrimientos utilizando verificadores portátiles de adhesión.

ASTM D3363 - Método de prueba estándar para la dureza de la película con la prueba de lápiz.

ASTM D5162 - Práctica estándar para la verificación de discontinuidad (Holiday).
Ensayo de recubrimiento protector no conductivo sobre sustratos metálicos

2.4.CATEGORÍAS FUNDAMENTALES:

2.4.1. INGENIERÍA DE MATERIALES¹:

La Ingeniería de Materiales es una rama de la ingeniería que se fundamenta en las relaciones propiedades-estructura y diseña o proyecta la estructura de un material para conseguir un conjunto predeterminado de propiedades. Esta ingeniería está muy relacionada con la mecánica y la fabricación.

Los objetivos del Ingeniero de Materiales son dominar al máximo nivel las técnicas avanzadas de producción y transformación de los materiales y ser capaz de contribuir al desarrollo de materiales nuevos y de nuevos procesos de producción. En el mundo cambiante de las nuevas tecnologías del siglo XXI, el Ingeniero de Materiales va a ser un agente imprescindible en la selección de materiales para todas las áreas de la ingeniería y en particular en el mundo del diseño.

La Ingeniería de Materiales es un título reconocido en todo el mundo y que está dedicado al diseño, fabricación y comportamiento de todo tipo de componentes y estructuras, utilizando tanto materiales tradicionales como de nuevo diseño.

Mediante la ingeniería de materiales, se han podido establecer ciertos procesos que se pueden emplear en sustratos metálicos, con el fin de disminuir su deterioro por motivos de corrosión. Es así que a estos procesos se los denomina inhibidores de corrosión, los cuales han sido de mucha ayuda para extender la vida útil de ciertos elementos que se encuentran expuestos a ambientes corrosivos.

¹Smith.(2004) "*Ciencia e ingeniería de materiales*"

2.4.2. INHIBIDORES DE CORROSIÓN².

Aditivo que protege las superficies metálicas contra el ataque químico por agua y otros contaminantes. Hay varios tipos de inhibidores de corrosión. Compuestos polares que cubren las superficies de metal preferencialmente, protegiéndolas con una película de aceite. Otros compuestos pueden absorber el agua incorporándose a ella como una emulsión del tipo agua en aceite, para que sólo el aceite toque las superficies del metal. Otros tipos de inhibidores de corrosión se combinan químicamente con el metal, para formar una superficie no reactiva.

Compuesto químico orgánico o inorgánico que al fijarse en el cuerpo del equipo forma una película entre este y el medio corrosivo, disminuyendo la velocidad de corrosión.

Existen varios tipos de sistemas inhibidores, pero nosotros trataremos sobre la protección de sustratos metálicos con pinturas de alto desempeño.

Este método considera la formación de una barrera que impida en lo posible el acceso de los agentes corrosivos a la superficie metálica; no obstante, la barrera es formada a partir de la aplicación de una dispersión líquida de una resina y un pigmento, con eliminación posterior del solvente, obteniéndose una película sólida adherida a la superficie metálica. Su durabilidad está condicionada a la resistencia que presente esta película al medio agresivo. Su uso está muy generalizado en la protección de estructuras e instalaciones aéreas o sumergidas.

2.4.2.1. RECUBRIMIENTOS INDUSTRIALES³.

La aplicación de un recubrimiento está basada en el principio de las celdas de corrosión. Sabemos que para que exista la corrosión deben existir cuatro elementos principales: ánodo, cátodo, ruta de retorno y electrolito; en el momento en que alteramos uno de estos cuatro elementos, el proceso de corrosión se verá interrumpido parcial o totalmente.

²Mongonon (2001) "Ciencia de Materiales"

³Nace International (2010) "CIP1"

El recubrimiento al ser aplicado sobre un sustrato metálico, el cual por naturaleza posee: ánodo, cátodo y ruta de retorno, vendría a ser nuestro electrolito, el cual debe ser en menos conductor que el medio ambiente de la mejor manera posible, logrando así detener el flujo de los iones anódicos hacia los catódicos. Mientras menos conductor sea nuestro electrolito, más lento será el proceso de corrosión.

Desde este punto el panorama no se ve complicado, pero el problema radica en que los ambientes corrosivos en los que se estarán desarrollando muchos de estos equipos, son altamente corrosivos, y es aquí en donde se requiere de recubrimientos denominados de alto desempeño, los cuales son capaces de proteger al metal de estos ambientes con una vida útil considerable (depende del sistema de pintura) a diferencia de las pinturas convencionales que se las puede encontrar en cualquier ferretería o almacén de pinturas.

a) **CORROSIÓN:**

El proceso de corrosión implica el deterioro de una sustancia, generalmente un metal, o de sus propiedades debido a una reacción con su ambiente.

Esta definición es muy amplia y reconoce que los materiales diferentes al acero, como el concreto (hormigón), la madera y los plásticos también están sujetos a la corrosión. Dado que los procesos implícitos de la corrosión de materiales no metálicos son fundamentalmente diferentes a la corrosión en metales, no serán tratados en este curso por fines de claridad.

Para que la corrosión puede ocurrir, ciertas condiciones y elementos son esenciales. Éstos se conocen colectivamente como la celda de corrosión e incluyen:

- **Ánodo:** es esa parte del metal que se corroe, es decir, que se disuelve en el electrolito.⁴
- **Cátodo:** es la región más noble en el electrodo (superficie metálica, o en el caso de la analogía con la batería, la varilla de carbono) donde se consumen los electrones.⁴

⁴ *Nace International (2010) "CIP1"*

- **Ruta metálica (o conductor externo):** conecta el ánodo y el cátodo y permite el paso de electrones, generados en el ánodo, hacia el cátodo.⁵
- **Electrolito:** es un medio que conduce la corriente iónica (en lugar de eléctrica).⁵

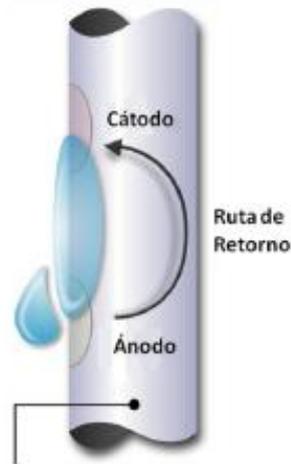


Figura N° 2.1 Celda de corrosión.

Fuente: CIP 1 Agosto 2010, pág. 66

b) PROPIEDADES DE LOS RECUBRIMIENTOS:

Un recubrimiento debe exhibir una variedad de propiedades con el fin de cumplir con su papel en el control de la corrosión. Las propiedades deseables incluyen:

- **Resistencia química:** El recubrimiento debe resistir la degradación de los químicos a los cuales está expuesto. La resistencia química es principalmente una función de la resina utilizada.⁵
- **Resistencia al agua:** El agua afecta prácticamente todos los recubrimientos. Mayor resistencia al agua es igual a mayor control efectivo contra la corrosión.⁵
- **Facilidad de aplicación:** La facilidad de aplicación es una característica vital, especialmente con estructuras complejas. Cuanto más difícil la aplicación, mayor será la oportunidad para que se creen defectos que conducirán a fallas prematuras.⁵

⁵ *Nace International (2010) "CIP1"*

- **Adhesión al sustrato:** La adhesión se basa en las interacciones físicas y químicas entre el recubrimiento y el sustrato. Una adherencia deficiente equivale a un desempeño deficiente.⁶
- **Fuerza Cohesiva:** Los recubrimientos deben poder aguantar las tensiones del proceso de curado, así como los cambios de temperatura y humedad. ⁶
- **Flexibilidad y Elongación:** La capacidad de expandirse y contraerse con el sustrato es crítica para algunas aplicaciones de recubrimientos. ⁶
- **Resistencia al Impacto:** El recubrimiento puede tener que resistir cargas de impacto. ⁶
- **Resistencia a la Abrasión:** Los recubrimientos en algunas áreas pueden tener que resistir esfuerzos abrasivos. ⁶
- **Resistencia a la Temperatura:** El medio ambiente al que está expuesto el recubrimiento puede generar temperaturas extremas, por lo general elevadas. ⁶
- **Resistencia Dieléctrica:** Una variable clave en los recubrimientos de barrera y en el uso de recubrimientos en conjunto con la protección catódica. ⁶

c) **CLASIFICACIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS:**

Los recubrimientos se clasifican de forma general como orgánicos o inorgánicos. La mayoría de los recubrimientos industriales y marinos son orgánicos.

Los aglutinantes de los recubrimientos orgánicos están hechos de cosas vivas o que alguna vez tuvieron vida. Hasta el año 1900 la mayoría de los recubrimientos fueron hechos con aceites vegetales o animales. Ahora, la mayoría de los recubrimientos provienen de productos derivados del petróleo, que son refinados y modificados, para impartir las propiedades del recubrimiento deseadas. Todos los recubrimientos orgánicos contienen carbono.

Los recubrimientos inorgánicos usan aglutinantes inorgánicos, los más comunes son a base de silicona o de zinc. Los recubrimientos metálicos (metalizados y recubrimientos galvanizados) también son inorgánicos.

En términos generales, la diferencia de desempeño entre los recubrimientos orgánicos e inorgánicos es la resistencia al calor. Los recubrimientos orgánicos

⁶ *Nace International (2010) "CIP1"*

tienen menor resistencia debido a la debilidad relativa de los enlaces carbono-carbono.

d) **COMPOSICIÓN:**⁷

Los componentes de los recubrimientos de aplicación líquida se caracterizan por los siguientes términos:

- **Pigmento:** es un sólido de partículas discretas utilizado para impartir propiedades específicas al recubrimiento en estado líquido y sólido
- **Aditivo:** son componentes líquidos de un recubrimiento típicamente agregados en pequeñas cantidades para realizar una función específica.
- **Aglutinante:** es la columna vertebral del recubrimiento y suministra la mayor parte de las características duraderas y las funciones del material.
- **Solvente:** se agregan solventes para licuar el aglutinante (solvente) y permitir la aplicación de una manera productiva.

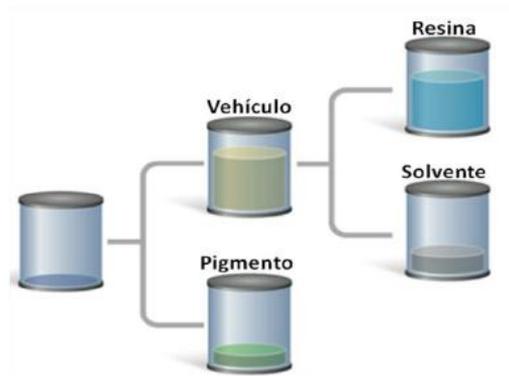


Figura N° 2.2 Componentes de los recubrimientos.

Fuente CIP 1 Agosto 2010, pág. 139

e) **MODOS DE PROTECCIÓN:**

e.1) **RECUBRIMIENTOS DE BARRERA**⁷

La figura del concepto de barrera ilustra, de manera simplificada, el concepto de este tipo de recubrimiento. El recubrimiento de barrera impide la entrada de oxígeno, el agua y las sales solubles (ejemplificado por la sal más común en el

⁷ *Nace International (2010) "CIP1"*

agua del mar, cloruro de sodio). El recubrimiento de barrera evita la formación de un electrolito eficaz en la interface pintura/metal (agua y sales solubles) y restringe el acceso de la molécula de oxígeno altamente despolarizante.

Si no hay iones presentes en el sustrato, el agua y el oxígeno que penetran a la superficie no son un problema importante. Si los iones están presentes, se iniciará la corrosión.

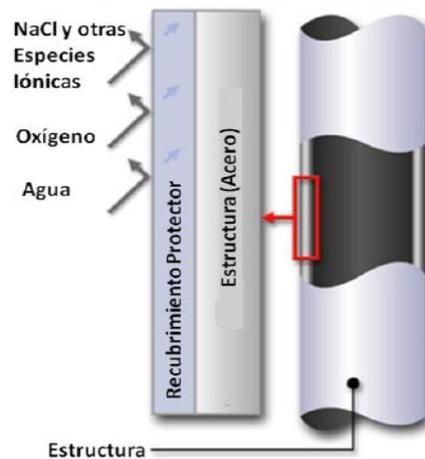


Figura N° 2.3 Recubrimiento tipo barrera.

Fuente CIP 1 Agosto 2010, pág. 143

e.2) RECUBRIMIENTOS INHIBIDORES⁸

La figura del concepto de inhibición ilustra, de manera simplificada, el concepto del recubrimiento inhibidor. Los recubrimientos inhibidores, además de servir como una barrera, disminuyen de forma activa la reacción que ocurre en el ánodo, el cátodo, o ambos. Para ser eficaces, los recubrimientos inhibidores deben estar en contacto con el sustrato (i.e., deben ser la capa de imprimación [fondo, imprimante, primer]). En general, los recubrimientos inhibidores:

- Tienen productos químicos agregados al recubrimiento para impedir reacciones que ocurren en el sustrato.
- Necesitan una pequeña cantidad de humedad para activarse.
- Muchos de los pigmentos inhibidores comunes han sido regulados hasta prácticamente eliminarlos del mercado. Estos incluyen pigmentos inhibidores como el plomo y el cromato.

⁸ Nace International (2010) "CIP1"

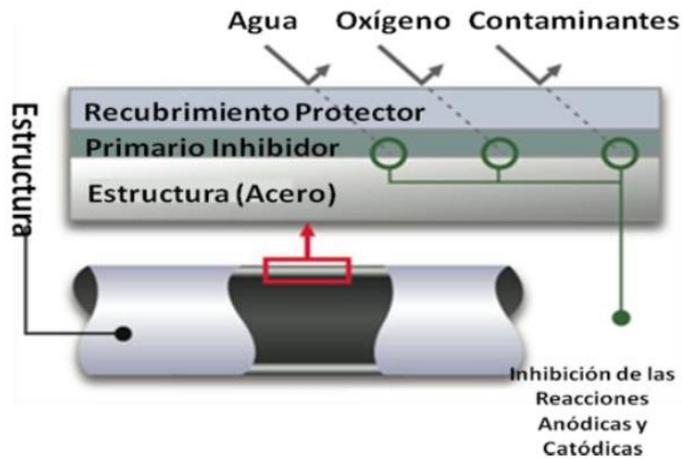


Figura N° 2.4 Recubrimiento inhibitorio.

Fuente CIP 1 Agosto 2010, pág. 145

e.3) RECUBRIMIENTOS DE SACRIFICIO⁹

El concepto de sacrificio ilustra de manera sencilla el concepto de la protección catódica. Los recubrimientos de sacrificio usan un metal que es anódico al acero y que se corroe preferencialmente.

Esencialmente, los recubrimientos de sacrificio proporcionan protección catódica, sobre todo cerca de los defectos en la película. Los recubrimientos de sacrificio:

- Suelen contener polvo de zinc como pigmento predominante
- Deben tener una carga mínima de polvo de zinc para ser eficaces

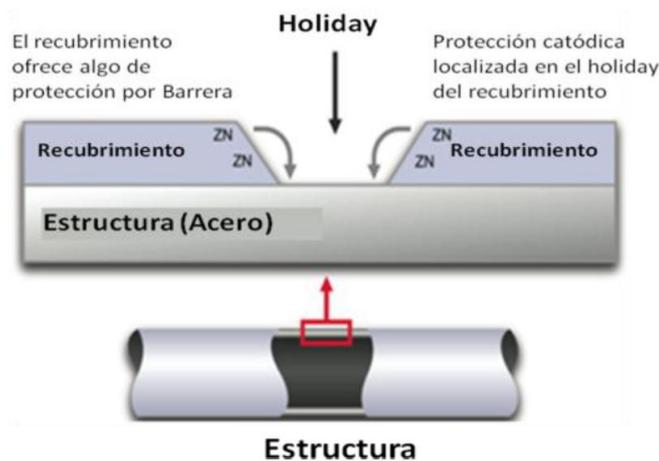


Figura N° 2.5 Recubrimiento de sacrificio.

Fuente CIP 1 Agosto 2010, pág. 145

⁹ Nace International (2010) "CIP1"

e.4) DEFINICIONES

- **ADHESIÓN:** El proceso donde las moléculas disímiles se adhieren entre sí debido a fuerzas de atracción. Puede ser química, mecánica, polar o una combinación de las tres. ¹⁰
- **ADITIVOS:** Componentes líquidos de un recubrimiento, típicamente añadidos en pequeñas cantidades para brindar funciones específicas. ¹⁰
- **AGLUTINANTE:** La parte no volátil del vehículo de un recubrimiento formulado. ¹⁰
- **PIGMENTO:** Las partículas sólidas finas añadidas durante la fabricación de un recubrimiento que son sustancialmente insolubles en el vehículo; empleado para dar color, propiedades decorativas o controlar la corrosión. ¹⁰
- **RECUBRIMIENTOS DE BARRERA:** Una capa que tiene una alta resistencia a la permeación de líquidos y/o gases. ¹⁰
- **RECUBRIMIENTO DE SACRIFICIO:** Esencialmente, los recubrimientos de sacrificio proporcionan una protección catódica, sobre todo cerca de los defectos en la película. ¹⁰
- **RECUBRIMIENTOS INORGÁNICOS:** Aglutinantes hechos de cosas inanimadas, principalmente a base de silicona o zinc ¹⁰.
- **RECUBRIMIENTOS ORGÁNICOS:** Aglutinantes hechos de cosas vivas o que en algún momento estuvieron con vida. ¹⁰
- **SOLVENTES:** Se añaden para diluir el aglutinante y permitir una aplicación de manera productiva. ¹⁰

¹⁰ *Nace International (2010) "CIP1"*

2.4.3. PROCESO DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS¹¹

La aplicación de pintura, es proceso sumamente exigente, ya que no es tan solo una aplicación convencional, debido a que son pinturas de alto desempeño y por ende sus exigencias de aplicación son bastante rigurosas.

Para empezar se debe elaborar una placa testigo, en la cual se va a realizar los mismos procedimientos exactamente tal cual se la realiza al equipo, para posteriormente en esta evaluar el recubrimiento mediante los ensayos destructivos y no destructivos, edemas que esta placa será propiedad del cliente para cuando necesite verificar los resultados de las inspecciones en el testigo.

Previa la limpieza de la superficie, es sumamente importante verificar que las condiciones ambientales sean la idóneas para evitar condensado en la superficie y por ende evitar que la superficie sea corroída. Para esto es necesario hacer medidas de la temperatura ambiente, temperatura del sustrato que se va a trabajar, la humedad relativa del medio en el que se encuentra la superficie y el punto de rocío.

Una vez que se ha obtenido luz verde respecto a las condiciones ambientales. Se procede a verificar que todos los materiales, equipos y personal estén listos para la tarea.

Cada una de las diferentes pinturas exige una limpieza superficial diferente, pero en el caso de pinturas de alto desempeño, las indicaciones de una limpieza adecuada es mediante la limpieza por chorro abrasivo o comúnmente conocido como granallado. Es aquí en donde mediante a patrones normalizados, se puede determinar si la limpieza superficial es la adecuada respecto a las exigencias del fabricante. Simultáneamente se debe cumplir con otro requisito dentro de la limpieza superficial, que es el perfil de anclaje, que es el que determina el tamaño de grano que se va a emplear para el proceso de granallado, dando como resultado una superficie más o menos rugosa dependiendo de las especificaciones de la hoja técnica del fabricante.

¹¹Antonio Madrid. (2010). "Pinturas y revestimientos"

De igual manera, depende de las indicaciones del fabricante los tipos de aplicación del recubrimiento, por ejemplo, existen pinturas para las cuales la aplicación se la puede realizar mediante un rodillo, brocha, equipo de pintura convencional o específicamente con el equipo airless, lo que permite que nosotros preparemos el equipo adecuado para la aplicación. Durante este proceso es también primordial verificar constantemente las condiciones ambientales, ya que no es adecuado aplicar un recubrimiento sobre una superficie que tenga una alta probabilidad de retener condensado. Durante la aplicación es importante también medir el espesor de película húmeda, ya que mediante este vamos a obtener un promedio del espesor de película seco requerida tomando en cuenta la cantidad de sólidos por volumen.

Después de que haya transcurrido el tiempo de curado se procede a verificar el espesor de película seca de la capa de pintura, dependiendo de los resultados, se procede a realizar las medidas de corrección del caso para proceder a la recapa si el sistema de recubrimiento así lo indica, o se procede a dar por terminada la aplicación.

Si se ha dado por terminada la aplicación del recubrimiento, se procede realizar los ensayos destructivos en las probetas correspondientes a cada equipo o los ensayos no destructivos en el sustrato de los equipos. No hay que olvidar que los testigos debieron haber sido aplicados en el mismo tiempo y en las mismas condiciones que el equipo o equipos que se están pintando, en este deben intervenir la misma persona que intervino en el equipo para aplicar el recubrimiento tal cual si fuese el equipo para obtener los resultados sin alteraciones o cambios significativos de la inspección.

Depende de todos estos resultados para que se pueda determinar si el recubrimiento fue aplicado de la manera correcta o no, en el caso de que el recubrimiento no sea aprobado, se deben determinar las causas del fallo, para poder analizar las posibles soluciones que se pueden emplear. En el peor de los casos se deberá volver a realizar la limpieza superficial hasta llegar al sustrato y realizar nuevamente la aplicación de las pinturas.

A continuación se describen algunos instrumentos de inspección que se emplean durante y después de la aplicación de una pintura de alto desempeño:

Para verificar la presencia de sales solubles utilizamos kits de inspección denominados Chlor-Test. Un método sencillo es la utilización de la manga y el tubo Kitagawa que consiste en depositar una cantidad de solución pre-medida en una manga del kit de prueba. Adhiera la manga a la superficie a ser analizada. La manga se levanta y se mantiene hacia arriba para obligar a la solución a entrar en contacto con la superficie. El operador frota el líquido sobre la superficie durante 2 minutos y luego retira la manga. Finalmente se introduce el tubo Kitagawa sobre la solución y se toma la lectura de la salinidad presente en la muestra.



Fotografía 2.6 Kit de prueba de Sales Solubles.

Fuente: <http://www.elcometer.com/en/component/productmanager/productmanager?prod=29>

Uno de los ensayos que se debe hacer con frecuencia y muchas veces no es considerado, es la verificación de la pureza del aire comprimido. ASTM D 4285, *Método de Ensayo Estándar por Indicar Aceite o Agua en el Aire Comprimido*, requiere el uso de un recolector absorbente, como papel absorbente blanco o tela en un bastidor rígido o, alternativamente, un recolector no absorbente, como un plástico transparente de 6 mm. (1/4 in.). El recolector se centra en la corriente de aire de descarga a 61 cm. (24 pulg.) desde el punto de la descarga, por un periodo de un minuto. La prueba debería realizarse tan cerca del punto de uso como sea posible y después de los separadores de agua y aceite en la línea.

Una vez registrados estos parámetros, procedemos a verificar las condiciones ambientales, ya que como se menciona en la especificación, es importante que la temperatura del sustrato esté 3°C por encima del punto de rocío y además que la humedad relativa debe ser de máximo un 85%. Es importante recordar que se debe estar verificando periódicamente las condiciones ambientales desde que empieza el granallado hasta un par de horas después de haber aplicado el recubrimiento, con el fin de garantizar una buena aplicación.

ASTM E337-02, *del Método Estándar para Medir la Humedad con un Psicrómetro – Método B (la medición de Temperaturas de Bulbo Húmedo y Bulbo Seco)*. Este método determina la humedad del aire ambiental por medio de lecturas de la temperatura de bulbo húmedo y seco, incorporando el psicrómetro ventilado mediante movimiento giratorio (psicrómetro giratorio). El psicrómetro giratorio es el tipo de instrumento que se usa con más frecuencia en la inspección de recubrimientos, sobre todo en ambientes peligrosos. Se emplea para medir la temperatura ambiente (temperatura de bulbo seco y de bulbo húmedo) tan cerca del sitio de trabajo como sea posible. Esta información se usa entonces para calcular el punto de rocío y la humedad relativa.



Fotografía 2.7 Higrómetro giratorio.

Fuente: <http://www.twilight.mx/Termohigrometros-Digiales/Psicrometro-Tipo-Matraca.html>

La superficie y temperatura del aire son los primeros parámetros necesarios para determinar el riesgo de la formación de humedad sobre un sustrato. La temperatura de la superficie que será preparada o pintada, y la temperatura del aire

cercana a esta superficie, pueden tener un gran efecto en la aplicación de los recubrimientos. Se han desarrollado los estándares, ASTM WK21204, *Guía para la Selección y Uso de Termómetros Infrarrojos de Banda Ancha, Baja Temperatura*, para guiar a los usuarios en la selección del instrumento apropiado de acuerdo al uso específico.



Figura 2.8 Termómetro infrarrojo.

Fuente: <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-temperatura/termometro-infrarrojo-60.htm>

El viento puede afectar el trabajo de recubrimientos de varias maneras:

- Sopla abrasivos más allá de los límites del área de trabajo de limpieza abrasiva hacia donde se están aplicando los recubrimientos.
- Causa desplazamiento o sobre rociado (“overspray”) de los recubrimientos aplicados.
- Acelera la evaporación de solvente después de la aplicación.
- Contribuye a la formación de spray seco.



Figura 2.9 Anemómetro.

Fuente: <http://www.landfallnavigation.com/windmate350.html>

Una vez que se compruebe las condiciones ambientales, las cuales deben estar dentro de los parámetros operacionales, procedemos a realizar la limpieza de la superficie, de lo que se encarga el granallador.

Después de haber granallado la superficie, debemos comprobar que alcanzamos el grado de limpieza especificado, para lo cual utilizamos los comparadores visuales SSPC-VIS 1.

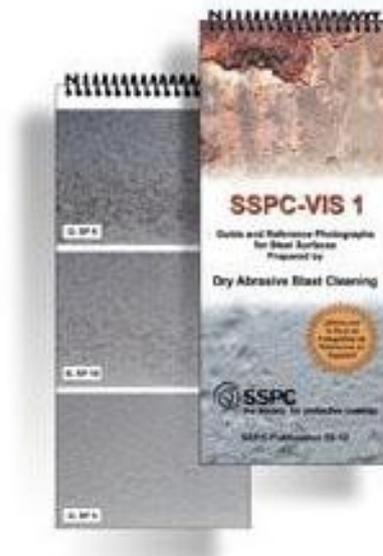


Figura 2.10 Comparador visual SSPC-VIS 1.

Fuente: <http://www.tqc.eu/en/products/article/616/SSPC-VIS-1-PICTORIAL-SURFACE-STANDARD-DRY-BLAST-CLEANING>

Si se alcanzó el grado de limpieza establecido, procedemos a realizar la medición del perfil de anclaje. Esto podemos realizar de dos maneras, la una es utilizando un perfilómetro y la segunda es utilizando cintas réplicas que serán medidas con un micrómetro.

El perfil de anclaje puede medirse con cintas réplica ASTM D 4417 Método C – NACE SP0287, un producto patentado producido por Testex Corporation. Normalmente se usan dos tipos de cinta:

- Gruesa – para perfiles de anclaje de 20 a 50 μm (0,8 a 2,0 mils)
- Extra gruesa – para perfiles de anclaje de 37,5 a 112,5 μm (1,5 a 4,5 mils).

Un pedazo de cinta con un cuadrado pequeño de espuma comprimible fijado a una película de plástico no comprimible (Mylar) se coloca sobre la superficie

preparada abrasivamente, con el lado mate hacia abajo. Se usa entonces un objeto duro y redondo (herramienta plástica), como un agitador de bebidas, para aplastar la espuma sobre la superficie preparada, causando que la espuma forme una impresión inversa exacta (réplica) del perfil de anclaje real.

La cinta se desprende de la superficie y se usa un micrómetro (Figura 10.74) para medir el espesor de la espuma y del plástico. El espesor de la película de Mylar (50 μm [2 mils]) se resta de la lectura del micrómetro, y el resultado es la profundidad del perfil de anclaje.

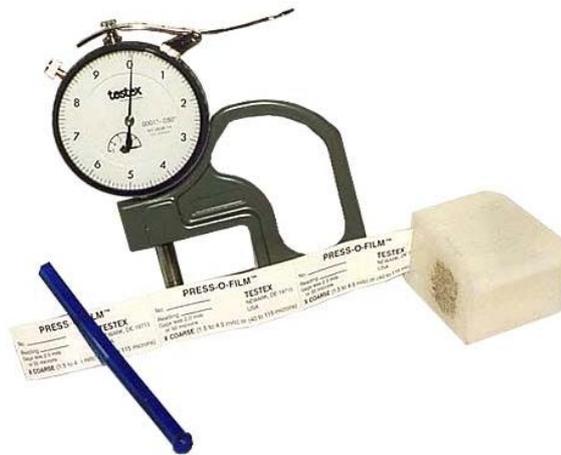


Figura 2.11 Cinta réplica y micrómetro.

Fuente: CIP, pag.302

El siguiente paso es la aplicación del recubrimiento sobre la superficie granallada, durante este proceso de deben estar tomando mediciones de espesor de película húmeda.

Un compañero esencial de cualquier instrumento usado para medir el espesor de película seca es el medidor de espesor de película húmeda (EPH). Con el conocimiento del contenido de sólidos por volumen del recubrimiento, los aplicadores pueden calcular el EPH requerido para obtener el EPS deseado.

El medidor se empuja firmemente en la película húmeda de la pintura para que los dientes más pronunciados hagan contacto con el sustrato o superficie previamente recubierta. El medidor debe estar en ángulo recto a la superficie. Se retira el equipo de la superficie y se examinan los dientes. Algunas de las cabezas de los dientes estarán cubiertas con pintura mientras que las restantes permanecerán limpias. El verdadero espesor de película húmeda se encuentra entre el último

diente que se cubre y el diente próximo (más alto) que no se cubrió. El EPH reportado es el del último diente húmedo o cubierto con pintura en el medidor. El medidor de película húmeda tipo peine puede usarse de acuerdo con los siguientes estándares nacionales e internacionales (dependiendo del modelo): ASTM D 4414-A, ISO 2808-1A, ASTM D 1212-A, ISO 2808-1B.



Figura 2.12 Medidor de película húmeda.

Fuente CIP, pág. 385

Debemos familiarizarnos completamente con las hojas técnicas del producto, ya que es ahí en donde constan los tiempos de secado y repinte de cada pintura y en base a esto saber cuánto tiempo tomará el curado de nuestro recubrimiento. Cuando la temperatura haya curado completamente debemos proceder a realizar las lecturas de película seca, para esto utilizamos un medidor tipo 2.

Los medidores electrónicos están descritos como medidores Tipo II, tanto por SSPC-PA 2 como por ASTM D7091. Estos emplean una sonda de medición y los principios de inducción magnética, efecto Hall y/o de corriente de Eddy, en conjunto con microprocesadores electrónicos, para producir lecturas de espesores del recubrimiento. La sonda del medidor debe ser colocada directamente (en una posición perpendicular) sobre la superficie pintada para obtener una lectura. Existen diferentes fabricantes de medidores de EPS electrónicos. El procedimiento básico para realizar una medición es el mismo. La sonda se coloca y se sostiene contra la superficie recubierta mientras se toma una lectura. La sonda se levanta y se mueve para hacer otra medición.

Los requisitos de la SSPC-PA 2 son los siguientes: Un mínimo de cinco mediciones puntuales (promedio de al menos tres lecturas) por cada 10 m² (100 pies²) medidos. Tenga en cuenta que las lecturas individuales no están sujetas a las reglas sino que se incluyen en el promedio para una medición en un punto.

El promedio de cinco mediciones puntuales (es decir, al menos 15 mediciones individuales) no puede ser mayor que el espesor máximo especificado y no menor que el espesor mínimo especificado. Ningún promedio de las mediciones en un punto puede ser menor del 80% del espesor mínimo especificado ni mayor del 120% del máximo espesor especificado.

Algunos de los instrumentos pueden tener sondas fijas integradas o sondas separadas.

Algunos permiten el uso de sondas intercambiables integrales o separadas. En cada caso el procedimiento es el mismo. El espesor del recubrimiento se muestra en la pantalla del medidor.



Figura 2.13 Medidor de película seca.

Fuente: CIP 1, pág. 392

Si los espesores no están dentro de los rangos permisibles, se deben reparar las áreas en las que existan inconvenientes de acuerdo a lo estipulado en la especificación.

Para la aplicación de las capas subsiguientes, el proceso es algo repetitivo, se debe verificar las condiciones ambientales y se aplica la siguiente capa, tomando en cuenta la medición de película húmeda y posteriormente la medición de película seca.

Existen dos ensayos para la verificación de la adherencia en el recubrimiento, el uno es un método cualitativo ASTM D3359, *Método de Ensayo Estándar para Medir la Adherencia Mediante Cinta Adhesiva*, describe dos métodos para medir la adhesión.



Figura 2.14 Kit para medir adherencia mediante cinta adhesiva.

Fuente: <http://www.elcometer.com/es/component/productmanager/productmanager?prod=182>

El segundo ensayo es cuantitativo y a parte de la verificación de la adhesión del recubrimiento, nos muestra también los problemas de cohesión que puede haber en el mismo. Este método está descrito en la Norma ASTM D4541, *Método de Ensayo Estándar para la Resistencia al Desprendimiento por Tensión de Recubrimientos Usando Medidores Portátiles de Adherencia*.

Este método de prueba cubre los equipos y procedimientos para evaluar la resistencia al desprendimiento (adherencia) de un recubrimiento, determinando:

- Ya sea la mayor fuerza perpendicular (en tensión) que una superficie pueda soportar antes de que una parte del recubrimiento se desprenda, o

- Si la superficie permanece intacta a una tensión predeterminada (aceptación/rechazo)

La falla ocurrirá a lo largo del plano más débil en el sistema, el cual comprende:

- Testigo (dolly)
- Sistema adhesivo-recubrimiento
- Sustrato

En general, la prueba de adhesión por “pull-off” se realiza colocando un adhesivo, un testigo de aluminio (“dolly”) colocado perpendicularmente a la superficie del recubrimiento. Después del curado del adhesivo, el medidor portátil se acopla al testigo de prueba y se alinea para aplicar una tensión perpendicular a la superficie evaluada.

La fuerza aplicada al testigo se incrementa periódicamente hasta que un pedazo de recubrimiento se desprende o hasta que se alcanza un valor específico.

Cuando se obtiene un desprendimiento, la superficie expuesta representa el plano de la fuerza limitante dentro del sistema. La naturaleza de la falla se califica en base al porcentaje de falla adhesiva y cohesiva en la interface y capas involucradas. La resistencia al desprendimiento (adherencia) de un recubrimiento se mide en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm²) o en libras por pulgada cuadrada (psi).



Figura 2.15 Equipo hidráulico para adhesión.

Fuente: <http://www.elcometer.com/es/component/productmanager/productmanager?prod=185>

En los recubrimientos para interiores es indispensable realizar el ensayo de holiday, con el fin de identificar los lugares en los cuales existan discontinuidades en el recubrimiento y tratando de evitar el generar algún foco de corrosión.

Se puede especificar una inspección visual de los pinholes. En algunos casos, un detector de discontinuidades también se puede especificar.

Un detector de bajo voltaje del tipo esponja húmeda y/o de alto voltaje DC pueden ser utilizados para localizar los potenciales focos de corrosión.

Los detectores de discontinuidades pueden detectar puntos de alfiler en los recubrimientos sobre superficies de concreto y de cemento debido a que el concreto normalmente contiene suficiente humedad para ser un material conductor.

Cuando se usa un detector de discontinuidades en un recubrimiento sobre concreto, el inspector deberá tener en mente que el concreto no es una sustancia uniforme y homogénea y que la conductividad del sustrato puede variar entre cada punto de medición.

También es muy importante el mantener una conexión a tierra adecuada. Esto se puede conseguir, cuando se usa un bajo voltaje, conectando el cable de tierra del detector a una varilla de la estructura a ser medida, o colocando una bolsa de arena mojada sobre el cable de tierra puesto sobre la superficie de concreto. El concreto en contacto con el cable de tierra deberá también humedecerse.

Una serie de detectores de esponja húmeda de bajo voltaje están disponibles comercialmente; básicamente encajan en dos categorías de diseño. La primera se basa en el principio eléctrico de un relé electromagnéticamente sensible. El segundo tipo se basa en el principio de un oscilador de relajación electrónico que reacciona de manera significativa en una caída brusca en la resistencia eléctrica entre el alto valor dieléctrico del recubrimiento y el sustrato conductor.

En general, esta unidad no se puede calibrar en el campo.

Los estándares que pueden ser consultados dependen de los requerimientos de la especificación, así como del tipo recubrimiento y de sustrato; estos incluyen: AS3894.2-2002 (Prueba de Esponja Húmeda), ASTM G62-A, NACE RP0274-98, NACE SP0188-2006 y ASTM G6.



Figura 2.16 Detector de discontinuidades.

Fuente: http://www.prabhaenterprises.com/inspection_instruments.html

Estos detectores de holidays de bajo voltaje (esponja húmeda) pueden ser utilizados para encontrar pin-holes en recubrimientos no conductores aplicados sobre sustratos conductores.

Los detectores de holidays de bajo voltaje son portátiles y fáciles de operar. Pueden usarse con confiabilidad en recubrimientos de hasta 500 μm (20 mils) de espesor. El instrumento encontrará defectos en recubrimientos más gruesos de 500 μm (20 mils), pero requiere pasar la esponja más despacio ya que la humedad tiene que viajar más lejos para llegar hasta el sustrato.

El método de bajo voltaje es preferido por algunos usuarios ya que no daña fácilmente la película del recubrimiento evaluado, sin embargo, su uso se limita a detectar puntos de alfiler y discontinuidades donde el sustrato está descubierto. Las unidades por lo general no son intrínsecamente seguras y, por consiguiente, no pueden usarse en ambientes peligrosos.

En los lugares en los que el equipo de holiday haya detectado una discontinuidad, se deberá reparar de acuerdo a lo establecido en la especificación.

2.4.4. LA INDUSTRIA PETROLERA¹².

La industria petrolera incluye procesos globales de exploración, extracción, refino, transporte (frecuentemente a través de buques petroleros y oleoductos) y mercadotecnia de productos del petróleo. Los productos de mayor volumen en la

¹²Sinclair, Upton. (2008) "Petróleo".

industria son combustibles (*fueloil*) y gasolina. El petróleo es la materia prima de muchos productos químicos incluyendo productos farmacéuticos, disolventes, fertilizantes, pesticidas y plásticos.

La industria del petróleo se divide normalmente en tres fases:

1. "*Upstream*": Exploración y producción.
2. "*Midstream*": Transporte, procesos y almacenamiento.
3. "*Downstream*": Refino, venta y distribución.

Las operaciones medias generalmente se incluyen en la categoría final.

El Ecuador es uno de los países más importantes en la producción de petróleo en América Latina, pero en relación a los grandes productores tal como es el caso de Arabia Saudita, nuestra producción es muy modesta. El petróleo no es un recurso permanente, es decir se va agotando poco a poco. Nuestro país tiene, según se calcula más de seis mil millones de barriles. Este dato es provisional ya que continuamente se están encontrando nuevos pozos para explotar lo que aumentará nuestra reserva.

2.4.5. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PETROLEO¹³.

Luego de haber realizado la perforación, el pozo está en condiciones de producir. En este momento puede ocurrir que el pozo sea puesto en funcionamiento por surgencia natural, lo que no ocurre en la mayoría de las perforaciones. Dependiendo de varias circunstancias, tales como la profundidad del yacimiento, su presión, la permeabilidad de la roca reservorio, etc., el fluido llegará a la superficie con caudales satisfactorios o no satisfactorios. Los fluidos de un yacimiento –petróleo, gas, agua- entran a los pozos impulsados por la presión a los que están confinados en el mismo. Si la presión es suficiente, el pozo resultará "surgente": produce sin necesidad de ayuda. Pero en la mayoría de los casos esta surgencia natural decrece y el pozo deja de producir: el pozo está ahogado. Para proseguir con la extracción se procede a la utilización de métodos artificiales de

¹³*Sinclair, Upton. (2008) "Petróleo"*

bombeo.

Los yacimientos tienen tres tipos principales de "empujes naturales", a saber:

- a. Empuje por gas disuelto (dissolved-gas drive). La fuerza propulsora es el gas disuelto en el petróleo que tiende a escapar y expandirse por la disminución de presión. La recuperación final suele ser inferior al 20%.
- b. Empuje de una capa de gas (gas-cap drive). Cuando el gas acumulado sobre el petróleo e inmediatamente debajo del techo de la trampa genera un empuje sobre el petróleo hacia los pozos. La recuperación de un campo con capa de gas es del 40/50%.
- c. Empuje hidrostático (water drive). La fuerza impulsora más eficiente para provocar la expulsión del petróleo del yacimiento es el empuje del agua acumulada debajo del petróleo. La recuperación en un yacimiento con este tipo de empuje explotado racionalmente puede llegar al 60%.

Las estaciones de producción también son llamadas de flujo y descarga, faltándole solamente las facilidades de almacenamiento de petróleo. En los cabezales del manifold el flujo se divide en limpio, húmedo y de prueba.

Posteriormente pasan a los separadores, estos trabajan a diferentes presiones y ayudan separando el agua y el gas del petróleo. Si el fluido es demasiado denso, debe pasar a un horno calentador, para de esta manera elevar su temperatura e incrementar su fluidez. Luego de este proceso el petróleo es transportado a los tanques de lavado para eliminar el restante posible de agua. En varias estaciones de producción, también se puede encontrar con tanques de almacenamiento de crudo.

2.4.6. EQUIPOS PETROLEROS DE SUPERFICIE.¹⁴

Generalmente, las estaciones de flujo están diseñadas para cumplir un mismo fin o propósito, por tal razón, los equipos que la conforman son muy similares en cuanto a forma, tamaño y funcionamiento operacional. Sin embargo, las estructuras de éstas y la disposición de los equipos varían entre una filial y otra.

¹⁴Rafael Torres Robles, Javier Castro Arellano (1998). "Procesos de refinación del petróleo"

A. LÍNEAS DE FLUJO.

Se denomina línea de flujo a la tubería que se conecta desde el cabezal de un pozo hasta el múltiple de producción de su correspondiente estación de flujo. Las líneas de flujo son aquellos sistemas de manejo que transportan el flujo en forma bifásica, desde los pozos hasta un punto de convergencia denominado múltiple. Cada múltiple está conformado por secciones tubulares, cuya capacidad y tamaño dependen del número de secciones tubulares. Son fabricados en diferentes diámetros, series y rangos de trabajo y se seleccionan según el potencial de producción y presiones de flujo del sistema.

En el diseño de las líneas de flujo se calculan principalmente lo siguiente:

- La caída de presión a lo largo de la línea de flujo, la cual se calcula usando modelos multifásicos.
- Los espesores óptimos del tipo de material a usar considerando las presiones de trabajo.
- Los sistemas de limpieza y de mantenimiento.
- Los sistemas de protección.
- Los sistemas de anclaje.

B. MÚLTIPLES O MANIFOLD.

Son arreglos mecánicos de tuberías y válvulas que consisten generalmente en varios tubos colocados en posición horizontal, paralelos uno con respecto al otro y conectados a cada una de las líneas de flujo. Su función es recolectar la producción de los pozos que llegan a las estaciones de flujo y distribuirla hacia los diferentes procesos del sistema. Sin embargo, los arreglos de válvulas, conexiones y tuberías deben ser de manera tal que, cuando sea requerido, el flujo de cada pozo individual pueda ser aislado para propósitos de prueba de pozos. Esto es que el flujo de cada pozo pueda ser llevado a un separador de prueba, para segregar y medir petróleo o productos de destilación, producción de gas y en algunos casos producción de agua.

C. SEPARADORES.

Una vez recolectado, el petróleo crudo o mezcla de fases (líquida y gas) se somete a una separación líquido–gas dentro del separador. La separación ocurre a distintos niveles de presión y temperatura establecidas por las condiciones del pozo de donde provenga el fluido de trabajo. Después de la separación, el gas sale por la parte superior del recipiente y el líquido por la inferior para posteriormente pasar a las siguientes etapas. Es importante señalar que las presiones de trabajo son mantenidas por los instrumentos de control del separador.

El término "separador de petróleo y gas" en la terminología del argot petrolero es designado a un recipiente presurizado que es utilizado para separar los fluidos producidos de pozos de petróleo y gas en componentes líquidos y gaseosos.

D. CALENTADORES:

Después de pasar el crudo por el separador, la emulsión agua-petróleo va al calentador u horno, este proceso de calentamiento de la emulsión tiene como finalidad ocasionar un choque de moléculas acelerando la separación de la emulsión. Este proceso es llevado a cabo únicamente en las estaciones en tierra debido a las limitaciones de espacio que existe en las estaciones que están costa afuera (mar, lago, etc.), y para petróleos que requieran de calentamiento para su manejo y despacho.

E. TANQUES:

Diariamente en las Estaciones de Flujo es recibido el petróleo crudo producido por los pozos asociados a las estaciones, este es almacenado en los tanques de almacenamiento después de haber pasado por los procesos de separación y deshidratación y luego, en forma inmediata, es transferido a los patios de tanque para su tratamiento y/o despacho.

Son aquellos equipos mecánicos (recipientes), sometidos a una presión cercana a la atmosférica que reciben un fluido multifásico y son utilizados en la industria

petrolera para completar el proceso de deshidratación de crudo dinámicamente, es decir, en forma continua; para la separación del agua del crudo.

Dentro de la clasificación de los tanques, se centrará el estudio básicamente en los que son de almacenamiento de petróleo. Estos tanques están expuestos a ambientes corrosivos diferentes, los mismos que se categorizan tal cual se menciona a continuación:

CLASIFICACIÓN DE LOS AMBIENTES CORROSIVOS PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PETROLEO.

En la lucha contra la corrosión es muy importante determinar con exactitud las condiciones ambientales a las cuales estará expuesto el objeto que se quiere proteger. La localización geográfica proporciona información muy valiosa relacionada con la atmósfera, las aguas y los suelos. Técnicamente se han establecido cuatro categorías de ambientes según el grado de agresividad de los agentes corrosivos

CATEGORIA 1: Exposición permanente al ataque de productos químicos de agresividad alta, líquidos, sólidos, gases condensados, en solución o suspensión, por contacto directo, inmersión, salpique o rociado.¹⁵

CATEGORIA 2: Exposición intermitente al ataque de productos químicos de agresividad intermedia, líquidos, sólidos, gases condensados en solución o suspensión por contacto directo, inmersión, salpique o rociado.¹⁵

CATEGORIA 3: Exposición ocasional al ataque de productos químicos de agresividad baja, líquidos, sólidos, gases condensados, en solución o suspensión, por contacto directo, inmersión, salpique o rociado.¹⁵

CATEGORIA 4: Exposición al ataque de atmósferas normales libres de contaminación.¹⁵

Como se puede ver, las categorías se han establecido con base en cuatro factores:

¹⁵ *Sinclair, Upton. (2008) "Petróleo"*

- 1) La periodicidad del ataque (permanente, intermitente, ocasional).
- 2) La agresividad de los productos (alta, intermedia, baja).
- 3) El estado físico en que se encuentra el producto (líquido, sólido, gas u otros).
- 4) La forma de contacto entre el objeto y el agente destructor (directo, inmersión, salpique o rociado).

Aunque no están consideradas entre los factores básicos de clasificación, la temperatura y la humedad relativa son muy importantes. Las temperaturas elevadas incrementan la difusión de los agentes destructores haciéndolos más agresivos. En el objeto las temperaturas elevadas aumentan la susceptibilidad a los ataques y pueden afectar los sistemas de protección con pinturas. La humedad relativa tiene una influencia definitiva sobre cualquier sistema de protección. Algunos gases como el oxígeno, el hidrógeno y el bióxido de carbono, junto con el azufre y sus compuestos se vuelven altamente corrosivos en presencia de la humedad.

2.5 HIPÓTESIS:

¿El estudio de procesos de pintura de alto desempeño, mejorará los resultados de las evaluaciones en los equipos petroleros de superficie de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.?

2.5.1. UNIDADES DE OBSERVACIÓN O DE ANÁLISIS:

| | |
|---|---|
| Saurus Ecuador Cía. Ltda.: | 3 |
| <i>(Gerente general, coordinador general, supervisor de recubrimientos)</i> | |
| Universidad Técnica de Ambato: | 4 |
| <i>(Tutor de tesis, área asignada).</i> | |

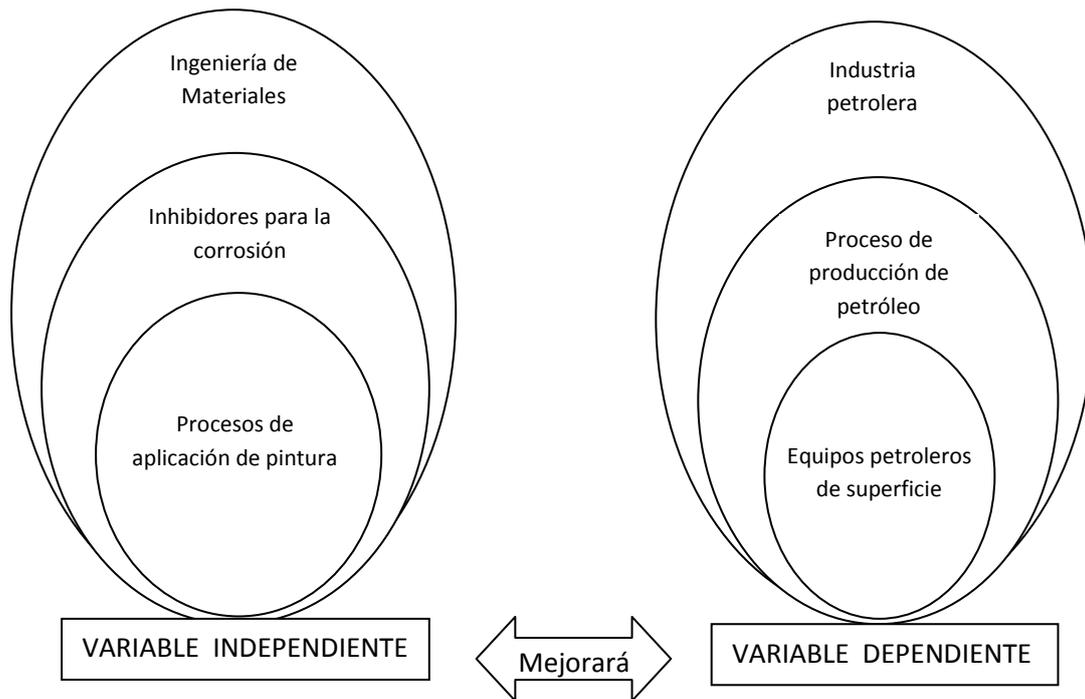
2.5.2. VARIABLES:

- Variable independiente: Estudio de procesos de pintura de alto desempeño.
- Variable dependiente: Los resultados de las evaluaciones en los equipos petroleros de superficie de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.

2.5.3. TERMINO DE RELACIÓN:

Mejorará.

2.6. RED DE INCLUSIONES CONCEPTUALES.



CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA:

3.1 ENFOQUE INVESTIGATIVO:

En el desarrollo de nuestra investigación predomina lo cualitativo por la preferente utilización de los siguientes datos que están relacionados con el proceso adecuado de ejecución:

- Investigar los parámetros que serán necesarios previa la aplicación de un recubrimiento y durante la misma
- Identificar las normas que se deben emplear para la correcta evaluación de un recubrimiento.
- Demostrar la correcta realización de los ensayos destructivos y no destructivos en los procesos de pintura de alto desempeño.
- Realizar una guía práctica sobre los procedimientos que se deben realizar para una correcta aplicación y evaluación de un recubrimiento industrial.

3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.2.1 MODALIDAD:

Para el presente estudio se involucran las modalidades de investigación documental-bibliográfica y la investigación experimental.

La documental bibliográfica, ya que estaremos basándonos en documentos, normas, hojas técnicas, procedimientos, reglamentos internos y más, que nos ayudaran a entender y determinar un proceso adecuado de ejecución y evaluación de un recubrimiento.

La modalidad de investigación experimental también es parte de nuestro estudio, ya que se realizarán distintas probetas, a las cuales se las evaluará para determinar si el proceso que se ejecutó, nos brinda resultados satisfactorios y así lograr obtener una investigación.

3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN:

3.3.1 DESCRIPTIVO

Nuestra investigación requiere de un conocimiento previo a cerca del comportamiento de los recubrimientos y sus características, ya que debe estar claro que se desea obtener de este estudio y para eso es necesario tener un poco de experiencia y conocimientos en recubrimientos.

Se van a comparar los procesos que se han estado realizando con los nuevos procesos que se espera plantear, para así obtener una mejoría del desempeño de los recubrimientos.

3.3.2 ASOCIACIÓN DE VARIABLES:

Las dos variables de nuestra hipótesis, están claramente correlacionadas entre sí, ya que el planteamiento de un proceso de aplicación de pintura de alto desempeño más adecuado nos brindará mejores resultados dentro de las evaluaciones que se le realiza a los recubrimientos aplicados a los equipos petroleros de superficie de la empresa Saurus Ecuador.

3.3.3 EXPLICATIVO:

Se ha planteado expandir los conocimientos en el proceso de aplicación de pinturas de alto desempeño, mediante la aplicación de normas y la verificación de parámetros dentro de una investigación experimental, para de esta manera brindar un desempeño óptimo de los recubrimientos y por ende cumplir con las expectativas planteadas en los equipos. Todos los ensayos a realizar serán técnicamente respaldados para fundamentar la aplicación de cada uno de estos y así buscar mejorar la calidad de los mismos.

Dentro de nuestro estudio es primordial el cumplimiento de ciertos factores en el proceso de aplicación, porque dependerán de estos para que un recubrimiento pueda brindar un desempeño adecuado y así prolongar el tiempo necesario la vida útil de un equipo de superficie.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.

El universo para este estudio está comprendido de los equipos petroleros de superficie, como el universo es bastante variado y extenso, se ha tomado la decisión de limitar nuestra población a tanques de almacenamiento de crudo. No se ha aplicado la fórmula de la obtención de la muestra, ya que los costos y el tiempo que llevaría realizar la aplicación y el control de calidad en campo de varios tanques nos llevarían a un estudio bastante extenso en tiempo y a la vez en costo. Es importante plantear que nuestro estudio sea de laboratorio para de esta manera lograr obtener resultados en un tiempo más corto y con una inversión sumamente menor.

Otro limitante es la variedad de recubrimientos que ofrece cada marca, lo que representaría para este estudio una fuerte suma económica, para lo cual se ha optado por delimitar nuestro estudio para los tres tipos más comunes de sistemas de recubrimientos que se aplican en el mercado para la protección ante la corrosión en tanques de almacenamiento de crudo.

Para evaluar la aplicación de un recubrimiento en un tanque, se realizan tanto ensayos destructivos, como no destructivos, razón por la cual se elaboran placas testigos que son unas pequeñas placas de acero al carbono a las cuales se les aplica el recubrimiento el mismo día, en las mismas condiciones y el mismo momento en el que se está aplicando al tanque. Con esto logramos obtener un área en donde podemos realizar los ensayos destructivos sin comprometer la superficie del tanque que ya está recubierta.

Para nuestro caso realizaremos nueve testigos, en los cuales serán aplicados los sistemas de recubrimientos más comunes y con las marcas más comerciales del mercado para poder obtener los procesos que se efectúan constantemente en la

empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda., así se estará obteniendo un estudio de laboratorio por así llamarlo, con el objetivo de disminuir los costos y los tiempos de la investigación, sin afectar los resultados de la misma, ya que las placas testigos nos brindaran los datos suficientes como para evaluar los resultados. Se ha planteado 3 testigos de pintura por cada sistema, debido a que en las especificaciones de pintura para tanques de almacenamiento de crudo para la mayoría de clientes, sugieren que se elaboren dos placas por el exterior del cuerpo y una por el exterior del techo del tanque, esto aplicaría para sistemas de pintura bicapa y tricapa que son los que corresponden para recubrimientos externos. Para el sistema monocapa para interiores de tanques es común elaborar una probeta por el piso interno del tanque, una por el interior del cuerpo y otra por el interior del techo de los tanques de almacenamiento de crudo.

La primera muestra serán tres placas testigos correspondientes a un sistema tricapa para exteriores de tanques de almacenamiento de crudo (Zinc inorgánico + Epóxico amínico + Poliuretano acrílico).

La segunda muestra serán tres placas testigos correspondientes a un sistema bicapa para exteriores de tanque de almacenamiento de crudo (Epóxico anticorrosivo + Poliuretano acrílico). Es un sistema de pintura alternativo para el anterior, su grado de protección es un poco inferior al igual que el costo.

La tercera muestra serán tres placas testigos correspondientes a un sistema monocapa para interiores de tanques de almacenamiento de crudo (Epóxico Novolac). Este es un sistema de pintura de alto espesor que siempre presenta grandes inconvenientes para su aplicación.

Se han elegido tres placas testigos de cada muestra para de esta manera comprobar que las aplicaciones fueron realizadas correctamente en cada ocasión, ya que solo una placa podría darnos resultados no tan reales, los cuales no se podrían comparar con otros valores, caso contrario lo que sucederá si hacemos tres para poder tener una comparativa y así unos resultados más efectivos en el presente estudio.

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

3.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE: ESTUDIO DE PROCESOS DE PINTURA DE ALTO DESEMPEÑO.

| Conceptualización | Dimensiones | Ítems | Indicadores | Técnicas e Instrumentos |
|--|--|---|---|---|
| Se le denomina a la aplicación de un sistema de pinturas, proceso que debe cumplir con varios parámetros y estándares establecidos internacionalmente, con el fin de contrarrestar o eliminar el proceso de corrosión de un sustrato expuesto a cierto tipo de ambiente corrosivo. | Sistemas de pintura de alto desempeño. | ¿Qué tipos de sistemas de pintura se aplican en sustratos nuevos de tanques de almacenamiento de petróleo? ¿Cuáles son los estándares que se deben seguir para cumplir un proceso adecuado de pintura de alto desempeño? | Sistemas mono capas Sistemas bi capas Sistemas tri capas NACE SSPC ASTM ISO | Observación directa. Ensayo visual. Bibliográfica. Fichas técnicas. Reportes. |
| | Estándares | ¿Bajo qué tipo de ambiente corrosivo se exponen los tanques de almacenamiento de petróleo? | Categoría 1 Categoría 2 Categoría 3 Categoría 4 | Observación directa. Bibliográfica. Fichas técnicas. |
| | Ambientes corrosivos | | | Observación directa. Bibliográfica. Diagrama de severidad. |

3.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE: LOS RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES EN LOS EQUIPOS PETROLEROS DE SUPERFICIE DE LA EMPRESA SAURUS ECUADOR CÍA. LTDA.

| Conceptualización | Dimensiones | Ítems | Indicadores | Técnicas e Instrumentos |
|---|--|--|--|---|
| Dentro de los ensayos destructivos y no destructivos que se ejecutan a un recubrimiento para evaluar su calidad están: Verificación de sales, grado de limpieza superficial, monitoreo de condiciones ambientales, medición de espesores de película, ensayo de pull - off, detección de discontinuidades (holliday). | Sales solubles | ¿Qué cantidad de sales es permisible en sustratos? | Permisible (0-40) ppm No permisible > 40 ppm | Observación directa. Bibliográfica. |
| | Limpieza superficial. | ¿Qué grados de limpieza superficial son recomendables? | SSPC - SP5 SSPC - SP10 SSPC - SP6 | Observación de laboratorio. Reportes y Fichas técnicas Estándares |
| | Condiciones ambientales | ¿Qué condiciones ambientales son favorables? | Humedad R. (30 - 85) % T° sustrato: > 5C° $\Delta(T^{\circ}\text{sustrato}-T^{\circ}\text{rocío}) >3C^{\circ}$ | Observación de Laboratorio. Observación de Campo. Bibliográfica. |
| | Espesores de película | ¿Bajo qué parámetros se mide el espesor de película? | SSPC - PA2 Hojas técnicas de pintura Especificación de Pintura | Estándares Reportes y Fichas técnicas |
| | Pull - off | ¿Qué resultados de presión son aceptables? | Sistema tricapa >300 Psi Sistema bicapa >400 Psi Sist. monocapa >800 Psi | Observación de Laboratorio. Observación de Campo. Bibliográfica. |
| Holliday | ¿Qué locaciones son las más afectadas? | Cordones de soldadura Aristas vivas Otros | Observación de Laboratorio. Observación de Campo. Reportes y Fichas técnicas. | |

3.6 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN:

La información recopilada para este proyecto, sin duda alguna, tiene que ir más allá de consultas biográficas, ya que es necesario indagar sobre algunas normas que deben estar implicadas en este proceso. También será necesario revisar algunas fichas técnicas existentes en la empresa Saurus Ecuador, para posteriormente complementarlas a estas con la información recopilada en esta investigación.

De igual forma, para poder comprobar que los ensayos de pintura sean los más adecuados, es necesario realizar algunas observaciones de laboratorio, cumpliendo con todas las especificaciones que las normas establecen.

Para nuestro estudio no es necesario realizar observaciones de campo, ya que las probetas que se realizan como testigos de aplicación de los equipos, se las lleva el cliente para tener de respaldo por si alguna vez se necesiten corroborar los resultados obtenidos.

3.7 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

La mayor parte de información se obtendrá de ensayos, procesos, registros, experimentaciones, controles etc. Toda esta información será útil para determinar un proceso correcto para la aplicación de cada tipo de sistema de recubrimiento.

Pues bien, está claro que se empezará el estudio con la aplicación de los recubrimientos en las probetas, hay que considerar que la información se deberá recopilar desde antes del inicio de la aplicación, hasta días después, dependiendo el tiempo que especifique la hoja técnica del producto, cuando el recubrimiento este apto a ser evaluado

3.8 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

Para procesar la información del presente estudio, se procederá de la siguiente manera:

- Revisión y análisis de la información de fichas técnicas almacenadas en la empresa.

- Revisar y analizar los ensayos realizados en equipos anteriores y procesar la información de los mismos.
- Análisis de los resultados de ensayos con ayuda de normas.
- Interpretación de los resultados, con el apoyo del marco teórico.
- Establecimiento de conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

4.1 ANÁLISIS DEL PROCESO DE PINTURA ACTUAL:

El proceso actual que lleva la empresa Saurus Ecuador, es un proceso que si bien es cierto nos lleva a tener un producto acabado estéticamente aceptable y con una evaluación del mismo regular, por lo que este asunto es bastante preocupante, ya actualmente las empresas que se dedican a la explotación de crudo, ya sean estatales o no, están elevando sus estándares de calidad, por lo que los resultados de las evaluaciones deben ser mucho mejores a las que se están obteniendo actualmente, tal cual lo están implementando otras empresas que se dedican a este tipo de procesos que cabe recalcar son pocas.

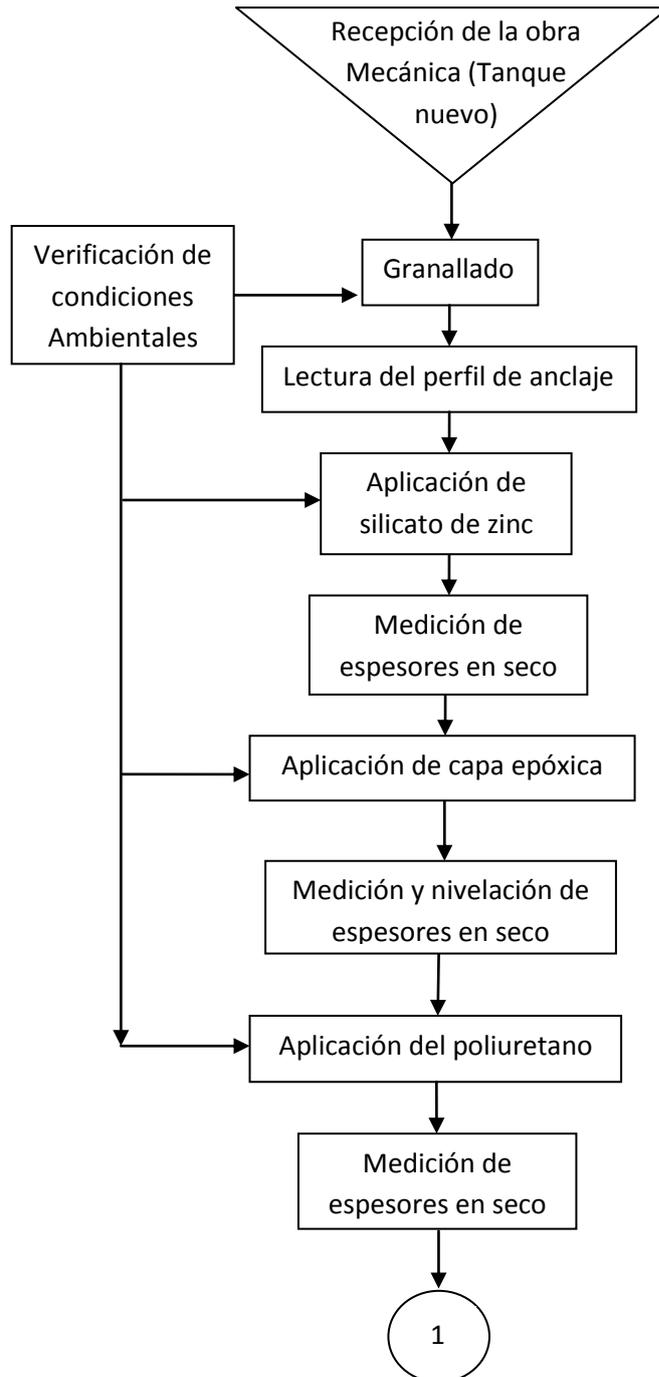
Estas deficiencias son notorias, debido a que no se lleva el control de la calidad a lo largo del proceso de limpieza y aplicación de pintura, además, porque este proceso no es muy conocido por la mayoría de los profesionales que están de una u otra forma relacionados con el tema por lo que se hace difícil encontrar una persona técnica que supervise y controle el proceso.

El punto de partida para que la empresa opte por realizar un estudio de sus procesos, es que las exigencias en el mercado cada vez son mayores, y para lograr continuar en el mercado hay que mantener un proceso con altos estándares de calidad, y además debe mantener una mejora continua en sus procesos.

Otro de los aspectos que la empresa ha considerado, es que las reparaciones que se deben realizar durante y después del proceso presentan contratiempos y elevan los costos de producción, ya que el personal se ve involucrado por un mayor tiempo dentro del mismo proceso y existe un desperdicio de materiales o una mayor utilización de consumibles.

Para poder visualizar el proceso que se está llevando a cabo actualmente, me es indispensable realizar un diagrama de flujo, el cual lo presento a continuación.

Diagrama de flujo del proceso de pintura con sistema tri capa para exterior de tanques nuevos de almacenamiento de crudo de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.



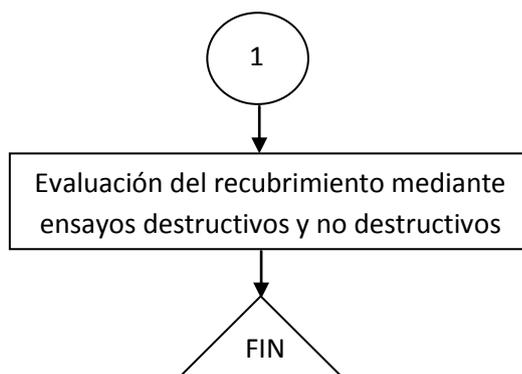


Diagrama 4.1 Diagrama de flujo del proceso actual de pintura con sistema tri capa para exterior de tanques nuevos de almacenamiento de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.

Autor: Alex Jarrín

El diagrama de flujo anterior, no muestra el proceso que se está llevando a cabo para sistemas tri-capa que comprenden de: Zinc Inorgánico + Epóxico Poliámida + Poliuretano acrílico. Este sistema es el más utilizado para pinturas externas de tanque de almacenamiento, por lo que la empresa está continuamente trabajando con este sistema de recubrimiento, no solo en tanques de almacenamiento, sino en muchos otros equipos petroleros de superficie en los que básicamente están realizando con la misma metodología, e incluso, están presentando la misma problemática.

Después de revisar los archivos digitales de la empresa, se puede notar que han estado llevando a cabo una cantidad considerable de reparaciones después de la aplicación de la capa epóxica, que es en la que el espesor de pintura debe tener una mayor carga para que pueda actuar como la barrera protectora entre el ambiente y el sustrato.

A continuación se presentan algunos de los datos obtenidos de los trabajos realizados anteriormente, mucha de esta información es difícil de interpretar, ya que se han estado implementando reportes que no cumplen con los datos y especificaciones requeridas por normas internacionales que se establecen para las mismas.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REGISTRO DE INSPECCIÓN DE PINTURA 1 de 2

DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|-----------------------|--|------------------------|---------------------------------|
| Equipo: | Tanque de almacenamiento de petróleo CAP: 60 000 BBL | | |
| Fecha del reg. | 20 de Junio del 2010 | Cliente: | IAA-PETROECUADOR |
| Ubicación: | Auca central – Coca - Orellana | Solicitado por: | UTA-FICM |
| Elaborado por | Alex Jarrín | Fuente: | Archivos digitales de SAURUS E. |

PARAMETROS DE APLICACIÓN

| | | | | | |
|-----------------------------|---|--------------------|--------------------------------------|------------------------------|---------------|
| Marca de la Pintura: | Devoe Coatings | Nº de Capa: | 2ª | Pintura: | Devran 224 HS |
| Espesor solicitado: | 7 – 10 mils | | Método de aplicación: | Airless | |
| Area : (m2) | Exterior del cuerpo del tanque 1281 m2 | | Sistema de Pintura a aplicar: | Zinc + Epóxico + Poliuretano | |

DATOS RECOLECTADOS

| Muestra 1 (mils) | | | | Muestra 2 (mils) | | | | PROMEDIO TOTAL. |
|------------------|------|------|-----------|------------------|------|------|-----------|------------------------|
| Prom. | | | | Prom. | | | | |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 11,4 | 10,7 | 10,5 | 10,9 | 11,4 | 13,1 | 12,0 | 12,2 | 11,6 mils |
| Muestra 3 (mils) | | | | Muestra 4 (mils) | | | | PROMEDIO TOTAL. |
| Prom. | | | | Prom. | | | | |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 7,5 | 8,3 | 6,4 | 7,4 | 9,3 | 8,8 | 7,9 | 8,7 | 8,1 |
| Muestra 5 (mils) | | | | Muestra 6 (mils) | | | | PROMEDIO TOTAL. |
| Prom. | | | | Prom. | | | | |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 5,6 | 6,6 | 7,4 | 6,5 | 9,1 | 10,0 | 8,7 | 9,3 | 7,9 mils |
| Muestra 7 (mils) | | | | Muestra 8 (mils) | | | | PROMEDIO TOTAL. |
| Prom. | | | | Prom. | | | | |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 6,4 | 7,2 | 6,6 | 6,7 | 5,9 | 7,3 | 6,8 | 6,7 | 6,7 mils |

OBSERVACIONES: **FOTOGRAFÍA**

En los promedios totales existen espesores muy altos en unas áreas y muy bajos en otras. Se ha recomendado señalar las superficies que se deban reparar para poder liberar la segunda capa aplicada y poder proceder a la aplicación de la capa de poliuretano.





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REGÍSTR0 DE INSPECCIÓN DE PINTURA 2 de 2

DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|-----------------------|--|------------------------|---------------------------------|
| Equipo: | Tanque de almacenamiento de petróleo CAP: 60 000 BBL | | |
| Fecha del reg. | 21 de Junio del 2010 | Cliente: | IAA-PETROECUADOR |
| Ubicación: | Auca central – Coca - Orellana | Solicitado por: | UTA-FICM |
| Elaborado por | Alex Jarrín | Fuente: | Archivos digitales de SAURUS E. |

PARÁMETROS DE APLICACIÓN

| | | | | | |
|-----------------------------|---|--------------------|--------------------------------------|------------------------------|---------------|
| Marca de la Pintura: | Devoe Coatings | Nº de Capa: | 2ª | Pintura: | Devran 224 HS |
| Espesor solicitado: | 7 – 10 mils | | Método de aplicación: | Airless | |
| Area : (m2) | Exterior del techo del tanque 907 m2 | | Sistema de Pintura a aplicar: | Zinc + Epóxico + Poliuretano | |

DATOS RECOLECTADOS

| Muestra 1 (mils) | | | Prom. | Muestra 2 (mils) | | | Prom. | PROMEDIO TOTAL. |
|------------------|------|------|-----------|------------------|------|------|-----------|------------------------|
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 9,4 | 10,6 | 8,5 | 9,5 | 7,9 | 8,2 | 7,6 | 7,9 | 8,7 mils |
| Muestra 3 (mils) | | | Prom. | Muestra 4 (mils) | | | Prom. | PROMEDIO TOTAL. |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 10,6 | 9,9 | 11,3 | 10,6 | 10,4 | 11,1 | 11,5 | 11,0 | 10,8 mils |
| Muestra 5 (mils) | | | Prom. | Muestra 6 (mils) | | | Prom. | PROMEDIO TOTAL. |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 9,9 | 9,4 | 8,9 | 9,4 | 8,6 | 8,4 | 9,1 | 8,7 | 9,1 mils |
| Muestra 7 (mils) | | | Prom. | Muestra 8 (mils) | | | Prom. | PROMEDIO TOTAL. |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 8,2 | 7,8 | 9,3 | 8,4 | 10,7 | 9,2 | 8,8 | 9,6 | 9,0 mils |

OBSERVACIONES: **FOTOGRAFÍA**

E los promedios totales, existen espesores muy altos en alunas de las áreas evaluadas. Se ha recomendado señalar las superficies que se deban reparar para poder liberar la segunda capa aplicada y poder proceder a la aplicación de la capa de poliuretano.





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REGÍSTR0 DE INSPECCIÓN DE PINTURA 1 de 1

DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|-----------------------|--|------------------------|---------------------------------|
| Equipo: | Tanque de almacenamiento de petróleo CAP: 20 000 BBL | | |
| Fecha del reg. | 09/Noviembre del 2011 | Cliente: | IAA / Petroproducción |
| Ubicación: | Shushufindi Agüarico | Solicitado por: | UTA-FICM |
| Elaborado por | Alex Jarrín | Fuente: | Archivos digitales de SAURUS E. |

PARÁMETROS DE APLICACIÓN

| | | | | | |
|----------------------------|--|--------------------|--------------------------------------|------------------------------|----------------|
| Marca de Pintura: | CARBOLINE | N° de Capa: | 2ª | Pintura: | Carboguard 890 |
| Espesor solicitado: | 7-9 mils | | Método de aplicación: | Airless | |
| Area : (m2) | Exterior del tanque y techo. (728 m2) | | Sistema de Pintura a aplicar: | Zinc + Epóxico + Poliuretano | |

DATOS RECOLECTADOS

| Muestra 1 (mils) | | | Prom. | Muestra 2 (mils) | | | Prom. | PROMEDIO TOTAL. |
|------------------|------|-----|-----------|------------------|-----|------|-----------|------------------------|
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 7,6 | 8,1 | 7,9 | 7,9 | 8,5 | 9,1 | 8,3 | 8,6 | 8,2 mils |
| Muestra 3 (mils) | | | Prom. | Muestra 4 (mils) | | | Prom. | PROMEDIO TOTAL. |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 7,8 | 7,5 | 7,9 | 7,6 | 8,2 | 8,4 | 7,7 | 8,1 | 7,9 mils |
| Muestra 5 (mils) | | | Prom. | Muestra 6 (mils) | | | Prom. | PROMEDIO TOTAL. |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 9,3 | 8,7 | 9,2 | 9,1 | 7,8 | 8,6 | 7,1 | 7,8 | 8,5 mils |
| Muestra 7 (mils) | | | Prom. | Muestra 8 (mils) | | | Prom. | PROMEDIO TOTAL. |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 8,3 | 10,6 | 9,9 | 9,6 | 10,5 | 9,7 | 10,2 | 10,1 | 9,9 mils |

OBSERVACIONES:

FOTOGRAFÍA

Se registran secciones en donde los espesores exceden el rango establecido, por ende se deben reparar estas superficies.



Diagrama de flujo del proceso de pintura con sistema bi capa para exterior de tanques nuevos de almacenamiento de crudo de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.

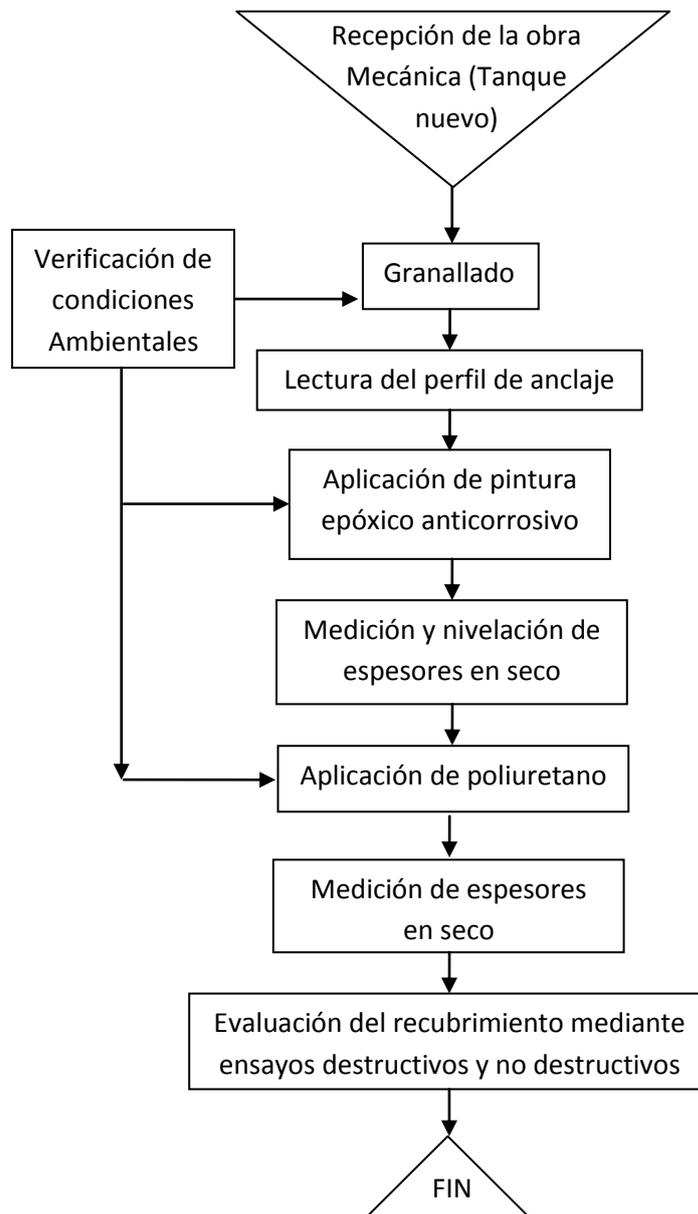


Diagrama 4.2 Diagrama de flujo del proceso actual de pintura con sistema bi capa para exterior de tanques nuevos de almacenamiento de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.

Autor: Alex Jarrín

Al igual que el sistema anterior, este es utilizado para exteriores, la diferencia con este sistema es que su costo de aplicación es mucho más económico.

En este sistema bi – capa, en el que se aplican dos capas de pintura: Epóxico anticorrosivo + Poliuretano acrílico. Al poseer tan solo dos capas de pintura se convierte en un sistema mucha más fácil de aplicar, pero el grado de protección a la corrosión disminuye debido a que los espesores de sus capas de pintura son inferiores al sistema tri – capa, llegando a ser alrededor de la mitad del mismo.

Por su grado más bajo de protección no es muy utilizado en regiones costeras, en donde la salinidad es mucho mayor a la de otros lugares del Ecuador, en donde si es aplicado en varias ocasiones es en el oriente, en donde el recubrimiento debe luchar constantemente con el alto grado de humedad relativa y en pocas ocasiones a salpiques de crudo u otras sustancias y a la exposición de la luz solar.

La empresa ha realizado varios proyectos con este sistema, en el que no solo se han incluido tanques de almacenamiento de petróleo, sino que también diferentes equipos petroleros de superficie, en particular las tuberías de interconexión de las redes de tubería hasta los mismos tanques de almacenamiento.

Al igual que en los tanques de debe cumplir el mismo proceso, el mismo que aun por ser menos exigente que el tri – capa, no se lo está llevando a cabo de la mejor manera, Ya que en los archivos digitales se logró encontrar algunos inconvenientes que se han presentado en el transcurso de la ejecución del proyecto y en la respectiva liberación del recubrimiento aplicado.

A continuación se presenta algunos de los resultados que la empresa tiene en sus registros:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REGÍSTR0 DE INSPECCIÓN DE PINTURA 1 de 2

DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|-----------------------|--|------------------------|---------------------------------|
| Equipo: | Tanque de almacenamiento de petróleo CAP: 42 000 BBL | | |
| Fecha del reg. | 25 de Febrero del 2011 | Cliente: | Tectotal / Andes-petro |
| Ubicación: | Estación MPF / Tarapoa | Solicitado por: | UTA-FICM |
| Elaborado por | Alex Jarrín | Fuente: | Archivos digitales de SAURUS E. |

PARÁMETROS DE APLICACIÓN

| | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------|
| Marca de Pintura: | International | Nº de Capa: | 1ª | Pintura: | Intergard 251 |
| Espesor solicitado: | 2-3 mils | | Método de aplicación: | Airless | |
| Area : (m2) | Techo del tanque. 560m2 | | Sistema de Pintura a aplicar: | Epóxico anticorr. + Poliuretano | |

DATOS RECOLECTADOS

| Muestra 1 (mils) | | | Prom. | Muestra 2 (mils) | | | Prom. | PROMEDIO TOTAL. |
|------------------|-----|-----|-----------|------------------|-----|-----|-----------|------------------------|
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 4,5 | 3,2 | 3,8 | 3,8 | 3,4 | 2,8 | 3,7 | 3,3 | 3,6 mils |
| Muestra 3 (mils) | | | Prom. | Muestra 4 (mils) | | | Prom. | PROMEDIO TOTAL. |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 2,8 | 2,6 | 2,2 | 2,5 | 1,9 | 2,8 | 2,5 | 2,4 | 2,5 mils |
| Muestra 5 (mils) | | | Prom. | Muestra 6 (mils) | | | Prom. | PROMEDIO TOTAL. |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 3,1 | 2,9 | 2,7 | 2,9 | 2,2 | 2,4 | 2,9 | 2,5 | 2,7 mils |
| Muestra 7 (mils) | | | Prom. | Muestra 8 (mils) | | | Prom. | PROMEDIO TOTAL. |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 2,5 | 3,2 | 2,6 | 2,8 | 1,9 | 1,8 | 2,5 | 2,1 | 2,5 mils |

OBSERVACIONES: **FOTOGRAFÍA**

| | |
|---|---|
| <p>Se registran secciones en donde los espesores exceden el rango establecido, por ende se deben reparar estas superficies.</p> |  |
|---|---|



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



| REGÍSTR0 DE INSPECCIÓN DE PINTURA | | | | | | | | 2 de 2 | | |
|--|--|-----|--------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-----------------|---------------|---|--|------------------------|
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | | | | | | |
| Equipo: | Tanque de almacenamiento de petróleo CAP: 42 000 BBL | | | | | | | | | |
| Fecha del reg. | 25 de Febrero del 2011 | | | Cliente: | Tectotal / Andes-petro | | | | | |
| Ubicación: | Estación MPF / Tarapoa | | | Solicitado por: | UTA-FICM | | | | | |
| Elaborado por | Alex Jarrín | | Fuente: | Archivos digitales de SAURUS E. | | | | | | |
| PARÁMETROS DE APLICACIÓN | | | | | | | | | | |
| Marca de Pintura: | International | | Nº de Capa: | 1ª | | Pintura: | Intergard 251 | | | |
| Espesor solicitado: | 2-3 mils | | | Método de aplicación: | Airless | | | | | |
| Area : (m2) | Cuerpo exterior del tanque. 979m2 | | | Sistema de Pintura a aplicar: | Epóxico anticorr. + Poliuretano | | | | | |
| DATOS RECOLECTADOS | | | | | | | | | | |
| Muestra 1 (mils) | | | Prom. | | Muestra 2 (mils) | | | Prom. | | PROMEDIO TOTAL. |
| X1 | X2 | X3 | Xm | | X1 | X2 | X3 | Xm | | |
| 2,4 | 2,6 | 2,6 | 2,5 | | 2,8 | 3,1 | 2,5 | 2,8 | | 2,7 mils |
| Muestra 3 (mils) | | | Prom. | | Muestra 4 (mils) | | | Prom. | | PROMEDIO TOTAL. |
| X1 | X2 | X3 | Xm | | X1 | X2 | X3 | Xm | | |
| 1,7 | 1,6 | 2,1 | 1,8 | | 2,0 | 1,8 | 1,4 | 1,7 | | 1,8 mils |
| Muestra 5 (mils) | | | Prom. | | Muestra 6 (mils) | | | Prom. | | PROMEDIO TOTAL. |
| X1 | X2 | X3 | Xm | | X1 | X2 | X3 | Xm | | |
| 2,2 | 2,3 | 2,6 | 2,4 | | 2,1 | 2,8 | 2,4 | 2,4 | | 2,4 mils |
| Muestra 7 (mils) | | | Prom. | | Muestra 8 (mils) | | | Prom. | | PROMEDIO TOTAL. |
| X1 | X2 | X3 | Xm | | X1 | X2 | X3 | Xm | | |
| 3,2 | 2,7 | 2,6 | 2,8 | | 2,5 | 2,5 | 2,9 | 2,6 | | 2,7 mils |
| OBSERVACIONES: | | | | | | | | FOTOGRAFÍA | | |
| <p>Se registran espesores por debajo de lo solicitado, es necesario compensar con una segunda aplicación en las zonas con este problema.</p> | | | | | | | |  | | |



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



| REGÍSTR0 DE INSPECCIÓN DE PINTURA | | | | | | | | 1 de 1 |
|---|--|-------|--------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---|-----------|------------------------|
| DATOS INFORMATIVOS | | | | | | | | |
| Equipo: | Tanque de almacenamiento de petróleo CAP: 10 000 BBL | | | | | | | |
| Fecha del reg. | 25 de Febrero del 2011 | | | Cliente: | I.A.A. / Petroamazonas | | | |
| Ubicación: | Estación SPF - Bloque 16 | | | Solicitado por: | UTA-FICM | | | |
| Elaborado por | Alex Jarrín | | Fuente: | Archivos digitales de SAURUS E. | | | | |
| PARÁMETROS DE APLICACIÓN | | | | | | | | |
| Marca de Pintura: | Sigma Coatings | | Nº de Capa: | 1ª | Pintura: | Sigmacover 280 | | |
| Espesor solicitado: | 2-3 mils | | | Método de aplicación: | Airless | | | |
| Area : (m2) | Exterior del tanque. 556m2 | | | Sistema de Pintura a aplicar: | Epóxico anticorr. + Poliuretano | | | |
| DATOS RECOLECTADOS | | | | | | | | |
| Muestra 1 (mils) | | Prom. | | Muestra 2 (mils) | | Prom. | | PROMEDIO TOTAL. |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 3,2 | 3,4 | 3,5 | 3,4 | 2,9 | 3,4 | 3,3 | 3,2 | 3,3 mils |
| Muestra 3 (mils) | | Prom. | | Muestra 4 (mils) | | Prom. | | PROMEDIO TOTAL. |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 2,2 | 2,2 | 2,5 | 2,3 | 3,1 | 2,8 | 2,7 | 2,8 | 2,6 mils |
| Muestra 5 (mils) | | Prom. | | Muestra 6 (mils) | | Prom. | | PROMEDIO TOTAL. |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 2,2 | 2,3 | 2,6 | 2,4 | 2,1 | 2,8 | 2,4 | 2,4 | 2,4 mils |
| Muestra 7 (mils) | | Prom. | | Muestra 8 (mils) | | Prom. | | PROMEDIO TOTAL. |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 3,2 | 2,7 | 2,6 | 2,8 | 2,5 | 2,5 | 2,9 | 2,6 | 2,7 mils |
| OBSERVACIONES: | | | | | | FOTOGRAFÍA | | |
| <p>Se registran secciones en donde los espesores exceden el rango establecido, por ende se deben reparar estas superficies.</p> | | | | | |  | | |

Diagrama de flujo del proceso de pintura con sistema mono capa para interior de tanques nuevos de almacenamiento de crudo de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.

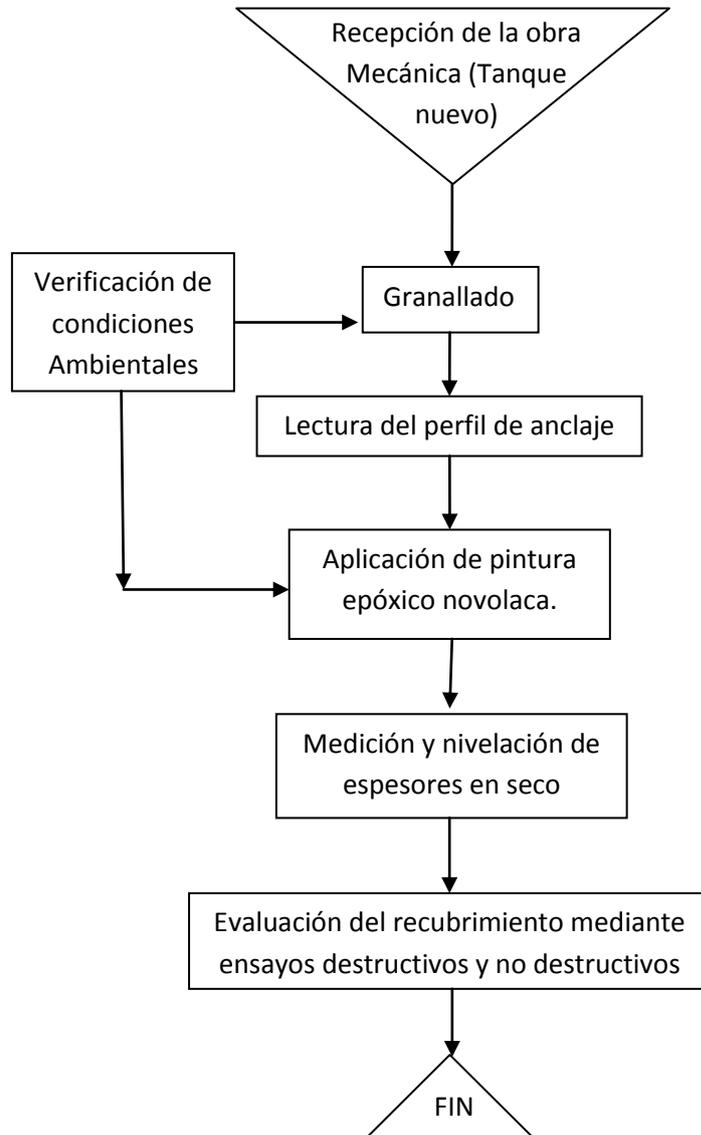


Diagrama 4.3 Diagrama de flujo del proceso actual de pintura con sistema mono capa para interior de tanques nuevos de almacenamiento de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.

Autor: Alex Jarrín

Este es uno de los más complejos sistemas de aplicación que se realizan dentro de la empresa. El sistema mono capa para interiores de tanques comprende en la aplicación de un Epóxico Novolaca, el cual se aplica a un espesor sumamente alto y en una sola aplicación. Esto quiere decir que nosotros después del granallado debemos aplicar el espesor completo de esta pintura, que en el mejor de los casos varía desde 12 mils y llegando hasta los 40 mils, dependiendo la marca de la pintura que se esté empleando.

Este sistema de pintura es sumamente costoso, ya que el recubrimiento mismo tiene un costo elevado por el alto desempeño ante agentes corrosivos de gran incidencia. Otra de las causantes para el costo es la aplicación, debido que las exigencias de preparación superficial y condiciones de aplicación son sumamente exigentes se debe tomar muchas precauciones antes, durante y después del proceso.

Una curiosidad de este tipo de recubrimientos es que en la hoja técnica de la pintura sugieren que el producto se precalentado a cierta temperatura para que su aplicación se mas manejable, pese a esto, las condiciones de aplicación se dificultan un poco más en otro aspecto importante como es la vida útil de la mezcla de la pintura preparada.

En las aplicaciones que ha realizado la empresa se han detectado zonas en las que el espesor no era el adecuado, ya sean sobre espesores o zonas en donde el espesor no fue el suficiente.

A continuación se presentan los datos registrados después de la aplicación de este sistema de pintura:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REGISTRO DE INSPECCIÓN DE PINTURA 1 de 2

DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|-----------------------|--|------------------------|---------------------------------|
| Equipo: | Tanque de almacenamiento de petróleo CAP: 60 000 BBL | | |
| Fecha del reg. | 12de Julio del 2010 | Cliente: | IAA-PETROECUADOR |
| Ubicación: | Auca central – Coca - Orellana | Solicitado por: | UTA-FICM |
| Elaborado por | Alex Jarrín | Fuente: | Archivos digitales de SAURUS E. |

PARÁMETROS DE APLICACIÓN

| | | | | | |
|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------|-----------------|-------------|
| Marca de la Pintura: | Devoe Coatings | Nº de Capa: | 1ª | Pintura: | Devchem 257 |
| Espesor solicitado: | 12 – 16 mils | Método de aplicación: | Airless | | |
| Area : (m2) | Piso en interior del tanque 908 m2 | Sistema de Pintura a aplicar: | Epóxico Novolaca | | |

DATOS RECOLECTADOS

| Muestra 1 (mils) | | | | Muestra 2 (mils) | | | | PROMEDIO TOTAL. |
|------------------|------|------|------|------------------|------|------|------|------------------------|
| Prom. | | | | Prom. | | | | |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 15,5 | 14,8 | 16,3 | 15,6 | 12,9 | 16,8 | 14,3 | 14,7 | 15,3 mils |
| Muestra 3 (mils) | | | | Muestra 4 (mils) | | | | PROMEDIO TOTAL. |
| Prom. | | | | Prom. | | | | |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 17,1 | 15,8 | 16,3 | 16,4 | 18,6 | 16,9 | 17,4 | 17,6 | 17 mils |
| Muestra 5 (mils) | | | | Muestra 6 (mils) | | | | PROMEDIO TOTAL. |
| Prom. | | | | Prom. | | | | |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 14,6 | 11,9 | 13,7 | 13,4 | 14,2 | 15,8 | 14,1 | 14,7 | 14,1 mils |
| Muestra 7 (mils) | | | | Muestra 8 (mils) | | | | PROMEDIO TOTAL. |
| Prom. | | | | Prom. | | | | |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 13,9 | 12,2 | 14,6 | 13,6 | 15,3 | 16,7 | 12,8 | 14,9 | 14,3 mils |

OBSERVACIONES: **FOTOGRAFÍA**

Se registran espesores más altos que el rango establecido, por lo que deberán ser corregidas las áreas en donde se presenta este problema.





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REGÍSTR0 DE INSPECCIÓN DE PINTURA

2 de 2

DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|-----------------------|--|------------------------|---------------------------------|
| Equipo: | Tanque de almacenamiento de petróleo CAP: 60 000 BBL | | |
| Fecha del reg. | 12de Julio del 2010 | Cliente: | IAA-PETROECUADOR |
| Ubicación: | Auca central – Coca - Orellana | Solicitado por: | UTA-FICM |
| Elaborado por | Alex Jarrín | Fuente: | Archivos digitales de SAURUS E. |

PARÁMETROS DE APLICACIÓN

| | | | | | |
|-----------------------------|--|--------------------|--------------------------------------|------------------|-------------|
| Marca de la Pintura: | Devoe Coatings | Nº de Capa: | 1ª | Pintura: | Devchem 257 |
| Espesor solicitado: | 12 – 16 mils | | Método de aplicación: | Airless | |
| Area : (m2) | Primer y último anillo en interior del tanque 908 m2 | | Sistema de Pintura a aplicar: | Epóxico Novolaca | |

DATOS RECOLECTADOS

| Muestra 1 (mils) | | | Prom. | Muestra 2 (mils) | | | Prom. | PROMEDIO TOTAL. |
|------------------|------|------|-----------|------------------|------|------|-----------|------------------------|
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 12,9 | 13,3 | 14,2 | 13,5 | 14,1 | 13,6 | 15,2 | 14,3 | 13,9 mils |
| Muestra 3 (mils) | | | Prom. | Muestra 4 (mils) | | | Prom. | PROMEDIO TOTAL. |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 17,2 | 14,3 | 15,2 | 15,6 | 14,3 | 16,1 | 12,8 | 14,4 | 15 mils |
| Muestra 5 (mils) | | | Prom. | Muestra 6 (mils) | | | Prom. | PROMEDIO TOTAL. |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 10,8 | 9,7 | 12,3 | 10,9 | 11,2 | 10,7 | 11,9 | 11,3 | 11,1 mils |
| Muestra 7 (mils) | | | Prom. | Muestra 8 (mils) | | | Prom. | PROMEDIO TOTAL. |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 18,1 | 16,6 | 16,6 | 17,1 | 15,8 | 17,5 | 16,9 | 16,7 | 16,9 mils |

OBSERVACIONES:

FOTOGRAFÍA

Se registran espesores fuera del rango establecido, por lo que deberán ser corregidas las áreas en donde se presenta este problema.





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REGÍSTR0 DE INSPECCIÓN DE PINTURA

1 de 1

DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|-----------------------|--|------------------------|---------------------------------|
| Equipo: | Tanque de almacenamiento de petróleo CAP: 10 000 BBL | | |
| Fecha del reg. | 28 de Febrero del 2011 | Cliente: | I.A.A. / Petroamazonas |
| Ubicación: | Estación SPF - Bloque 16 | Solicitado por: | UTA-FICM |
| Elaborado por | Alex Jarrín | Fuente: | Archivos digitales de SAURUS E. |

PARÁMETROS DE APLICACIÓN

| | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------------------------|------------------|---------------|
| Marca de la Pintura: | Sigma Coatings | N° de Capa: | 1 ^a | Pintura: | Novaguard 840 |
| Espesor solicitado: | 16 – 20 mils | | Método de aplicación: | Airless | |
| Area : (m2) | Interior del tanque 723 m2 | | Sistema de Pintura a aplicar: | Epóxico Novolaca | |

DATOS RECOLECTADOS

| Muestra 1 (mils) | | | Prom. | Muestra 2 (mils) | | | Prom. | PROMEDIO TOTAL. |
|------------------|------|------|-----------|------------------|------|------|-----------|------------------------|
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 18,9 | 18,0 | 19,1 | 18,7 | 20,3 | 17,9 | 18,1 | 18,8 | 18,8 mils |
| Muestra 3 (mils) | | | Prom. | Muestra 4 (mils) | | | Prom. | PROMEDIO TOTAL. |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 17,5 | 16,8 | 18,3 | 17,5 | 19,2 | 17,5 | 16,7 | 17,8 | 17,7 mils |
| Muestra 5 (mils) | | | Prom. | Muestra 6 (mils) | | | Prom. | PROMEDIO TOTAL. |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 21,8 | 20,7 | 21,1 | 21,2 | 23,0 | 20,6 | 21,4 | 21,7 | 21,5 mils |
| Muestra 7 (mils) | | | Prom. | Muestra 8 (mils) | | | Prom. | PROMEDIO TOTAL. |
| X1 | X2 | X3 | Xm | X1 | X2 | X3 | Xm | |
| 17,7 | 18,6 | 16,5 | 17,6 | 15,8 | 16,7 | 17,2 | 16,6 | 17,1 mils |

OBSERVACIONES:

FOTOGRAFÍA

Se registran espesores fuera del rango establecido, por lo que deberán ser corregidas las áreas en donde se presenta este problema.



**❖ DATOS RECOLECTADOS DEL PROCESO ACTUAL DE
APLICACIÓN DE PINTURA DE ALTO DESEMPEÑO PARA
TANQUES NUEVOS DE ALMACENAMIENTO.**

Se puede notar claramente que dentro del proceso que se está llevando a cabo actualmente, no realiza un control apropiado antes, durante y después de la aplicación, es por esto que en el momento de liberar la aplicación de cada capa pintura, los espesores promedio muchas veces no están dentro del rango, obteniendo como resultado contratiempos en la nivelación de espesores que al tratarse de tanques sumamente grandes que superan los 700 metros cuadrados, nos lleva más de un par de días nivelar los espesores.

Otro dato influyente para esto es el desconocimiento, ya que hasta el momento se han estado llevando registros en formatos que no están de acuerdo a las normas pertinentes para cada caso, dándonos como resultado datos poco interpretables.

Todos estos datos permanecen registrados en los archivos digitales de la empresa, ya que para cada trabajo se presenta un informe conocido como dossier de calidad, en el cual podemos encontrar mucha información técnica sobre el proceso que se llevó a cabo.

Este problema de sobre espesores o espesores bajo el rango normal, generalmente se ha presentado en la capa epóxica del interior y del exterior de los tanques, en las cuales los espesores deben ser regulados en la aplicación del epóxico, que generalmente es la capa un poco más compleja de manejar por sus características mismas.

De los datos registrados en la empresa de cada proyecto, se logra obtener suficientes datos para promediarlos y reflejar los siguientes resultados:

- Un 22 % del área recubierta presenta problemas de sobre espesor.
- El 8 % del área presenta problemas de espesores bajos
- El 70 % del área se encuentra dentro de los parámetros de observación.



Gráfico 4.1 Gráfico de Inspección de espesores en seco.

Autor: Alex Jarrín

Es importante darnos cuenta que cada uno de estos problemas con los espesores de pintura, nos llevan a retrasar en tiempo el proyecto, y sobre todo a variar los precios de las utilidades, ya que para estas reparaciones se ven involucrados materiales, equipos y personal.

Si traducimos estas cifras a tiempos y costos de reparación, respecto a un proceso estimado en los cronogramas a un 100%, obtenemos los siguientes resultados en porcentajes:

- El tiempo empleado en cubrir este tipo de reparaciones asciende un 15% del tiempo estimado.
- Los costos de las reparaciones llegan a representar un 5% del monto global del proyecto.

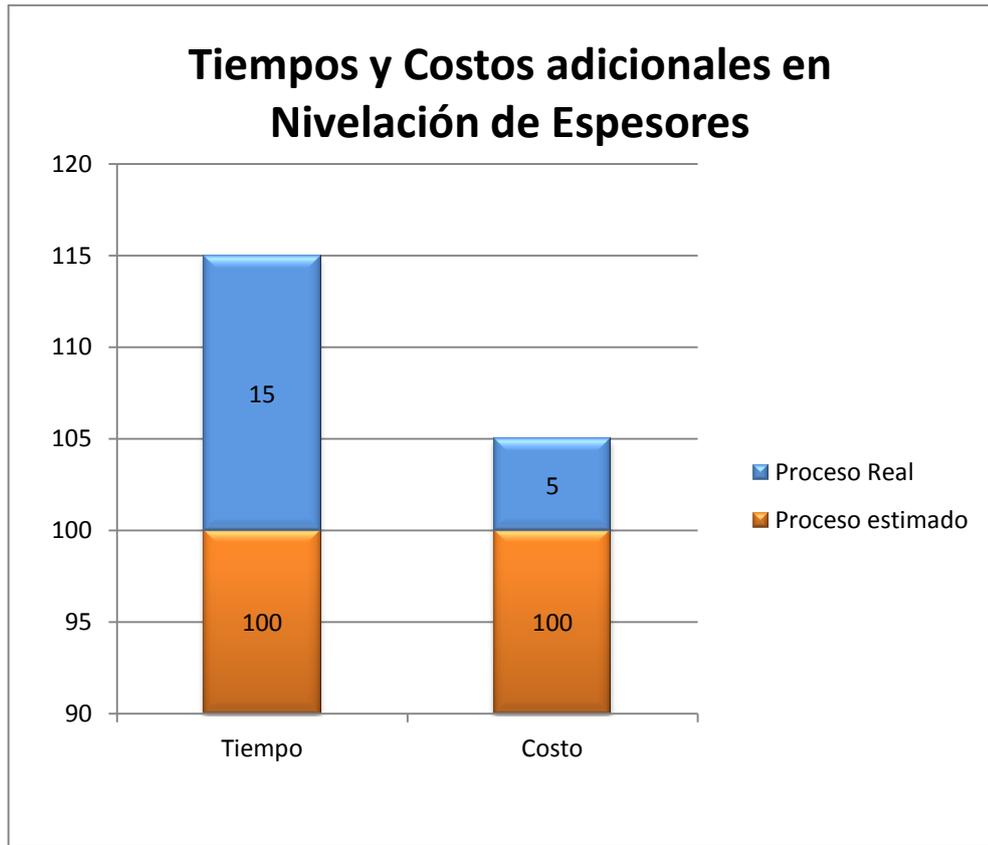


Gráfico 4.2 Gráfico de Tiempos y Costos adicionales en Nivelación de Espesores

Autor: Alex Jarrín

Otro aspecto preocupante es los resultados obtenidos en el ensayo de adherencia por tracción conocido como Pull-Off. Este ensayo se lo realiza de acuerdo al estándar ASTM D 4541, en el cual se están obteniendo valores sumamente bajos, pero a pesar de todo están cumpliendo con los estándares solicitados por los clientes, valores que están en un rango de 400 a 500 psi, que varían de acuerdo al sistema de pintura aplicado. No se han obtenido resultados que estén por debajo de los estándares mínimos solicitados, pero la empresa ve la necesidad de duplicar estos valores de ser posible. Los valores que se han estado obteniendo son los siguientes:

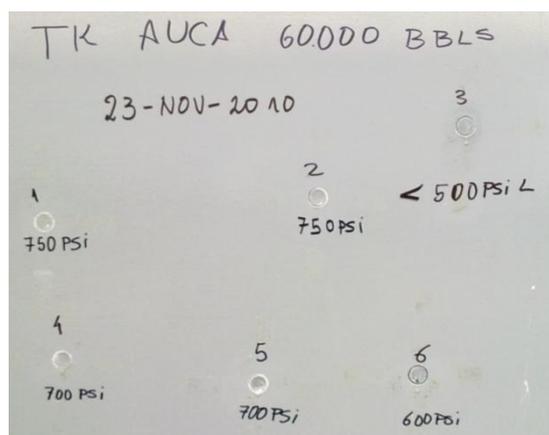


Figura 4.1 Resultados obtenidos de ensayos de Pull – off en Tanque de 60 000 BBL - Auca central

Fuente: Archivos de Saurus Ecuador Cía. Ltda.

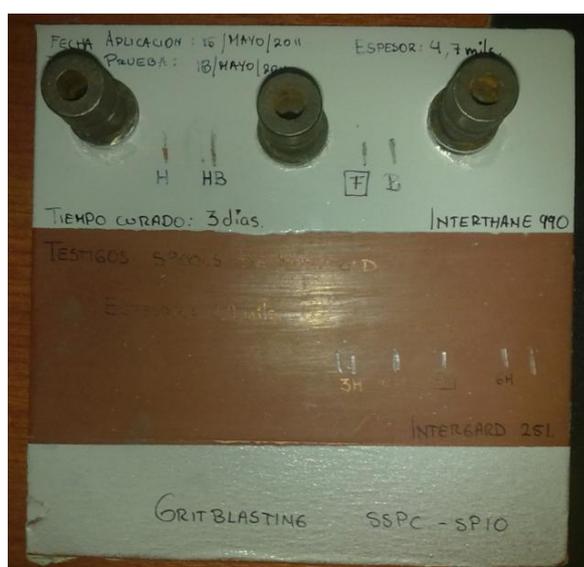


Figura 4.2 Placa testigo para ensayos de Pull – off en Tanque de 42000 BBL – Estación MPF Tarapoa

Fuente: Archivos de Saurus Ecuador Cía. Ltda.

Los resultados obtenidos en este ensayo se encuentran en los registros digitales de Saurus Ecuador Cía. Ltda. y fueron los siguientes:

Dado 1: 600 psi

Dado 2: 750 psi

Dado 3: 700 psi

Del tanque que fue recubierto en Agüarico Shushufindi, no se registran fotografías, pero se tiene como constancia los archivos digitales, en los que se registran los siguientes valores:

Dado 1: 1100 psi.

Dado 2: 600 psi.

Dado 3: 650 psi.

Dado 4: 900 psi

De estos valores antes presentados, logramos obtener los siguientes valores:

- El 31% de los ensayos realizados se encuentran dentro de un rango de 500 a 600 psi.
- Un 54% de los ensayos se ubica entre los valores de 601 a 800 psi.
- El 15% de los ensayos realizados, han superado los 801 psi.

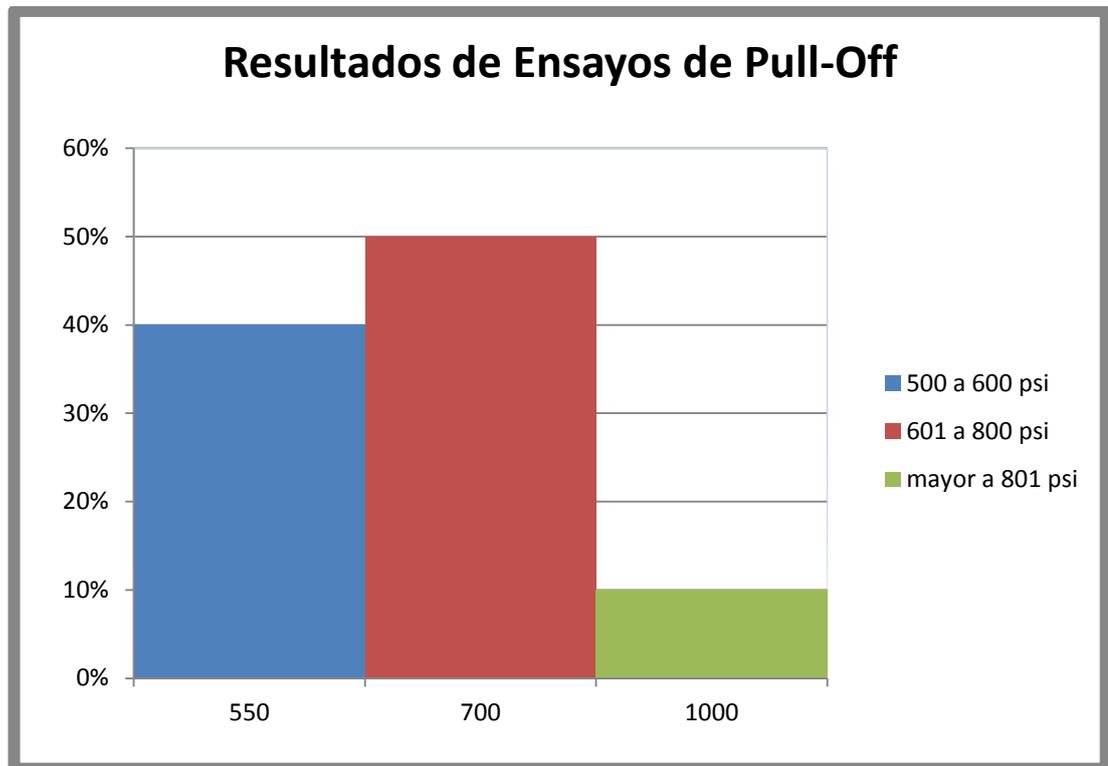


Gráfico 4.3 Gráfico de Resultados de Ensayos de Pull-Off.

Autor: Alex Jarrín

Una de las pruebas de mayor rigor que se emplea para la detección de fallas en el recubrimiento interno de un tanque es la del Holliday Detector o detección de discontinuidades (puntos de alfiler). Este ensayo se lo realiza de acuerdo al estándar NACE SP0188, que nos guía sobre cómo utilizar este equipo y como realizar el ensayo.

Después de haber verificado los espesores del recubrimiento, haber realizado los ensayos de pull-off, lo único que resta para liberar el recubrimiento es la detección de discontinuidades. Si se detectan discontinuidades, es indispensable realizar reparaciones en esas zonas, las mismas que resultan ser bastantes costosas, ya que para reparar estas fallas, se debe volver a granallar en el lugar detectado, hasta llegar al sustrato y posterior a esto aplicar nuevamente el recubrimiento en el área en cuestión. Por último, se debe pasar nuevamente el equipo de holliday de detector por toda la superficie, en búsqueda de puntos de alfiler que no se hayan detectado anteriormente y en los posibles que se pudieron haber provocado durante la reparación de los anteriores, ciclo que muchas veces se vuelve repetitivo hasta más de 5 veces, involucrando tiempos de entrega y costos.

Es normal encontrar puntos de alfiler, debido muchas veces a las configuraciones de accesorios dentro de tanques u otros aspectos que influyen para que se presenten estos defectos, pero mientras menor sea el número de puntos de alfileres detectados, mejor es la imagen que deja la empresa y menores son los costos de reparaciones.

No se posee un registro fotográfico de este ensayo dentro de la empresa, debido a que el número de puntos de alfiler encontrados muchas veces son de decenas, lo cual no es necesario registrar fotográficamente los mismos, pese a esto se realizan informes de inspección sumamente básicos, en los que se determina el número de discontinuidades encontradas y sus ubicaciones. En base a los registros almacenados en la empresa, se logran obtener los siguientes resultados:

- 35% de los puntos de alfiler fueron encontrados en los cordones de soldadura del interior de los tanques.
- 45% en aristas vivas de accesorios internos de los tanques
- 20% en las caras internas de las láminas, ocasionados por golpes, aplicaciones incorrectas, entre otros.



Gráfico 4.4 Gráfica de localización de puntos de alfiler.

Autor: Alex Jarrín

El rubro de las reparaciones de los puntos de alfiler redondea el 4% del global del monto del proyecto, ya que si tomamos el tiempo que implica realizar la inspección con este equipo de una superficie bastante extensa, se puede estar hablando hasta de más de una semana de standby de los trabajadores para corregir estos errores de aplicación.

Se debe considerar dentro de estos también los costos de la maquinaria y del material que se utiliza en estas reparaciones, ya que si bien no es mucha la cantidad que se emplea, para pinturas que van a estar bajo inmersión en la mayoría de las ocasiones no es permitido el fraccionamiento en la preparación de la mezcla para evitar problemas de curado adecuado.

4.2 PROPUESTA PARA EL NUEVO PROCESO DE PINTURA:

Para plantear un nuevo proceso, será indispensable la elaboración de placas testigo para poder evaluar la aplicación del recubrimiento sobre un sustrato. En cada proyecto que la empresa ejecuta en campo está en la obligación de elaborar placas testigo o de sacrificio como también se las conoce, para el interior de los tanque se elabora una placa por cada sección del tanque, es decir que al tanque se lo subdivide en: 1) piso, 2) cuerpo y 3) techo; por lo que es común elaborar tres placas para interiores de tanque. En caso del exterior de los tanques y considerando que los recubrimientos van a estar expuestos al ambiente sin que se haya concluido con la aplicación del sistema completo, es común elaborar dos placas testigos por el cuerpo del tanque y una por el techo, llegando a un total de tres placas por cada tanque y para cada sistema de pintura en particular.

En cuanto a las dimensiones de las placas, el espesor de las mismas no debe ser inferior al 1/8 de pulgada, ya que en el estándar ASTM D4541 referente al ensayo de Pull-off menciona este requerimiento mínimo de espesor de metal base. En cuanto al área, no hay ningún valor establecido para las mismas, ya que depende del acuerdo entre las partes contractuales sobre el número de ensayos que se realizarán al recubrimiento y los tipos de ensayos a ejecutar, por ende se debe seleccionar un dimensionamiento que nos sea lo suficientemente útil para cada evaluación. En nuestro caso cada placa será de 25 centímetros de ancho por 35 centímetros de alto.

Cada una de las placas se realizará y evaluará de acuerdo a las siguientes especificaciones:

a) NORMAS DE REFERENCIA PARA LA EJECUCIÓN DEL ESTUDIO.

- SSPC VIS 1 “Guide and Reference Photographs for Steel Surfaces-1” (*Anexo A1*).
- ASTM D4285 “Standard Test Method for Indicating Oil or Water in Compressed Air” (*Anexo A2*).
- SSPC Guide 15 “Métodos de Campo para la Extracción y Análisis de Sales Solubles en Sustratos de Acero y Otros Sustratos No Porosos” (*Anexo A3*).

- SSPC SP 1 “Surface Preparation Specification. Solvent Cleaning” (*Anexo A4*).
- SSPC SP 5 “Joint Surface Preparation Standard: White Metal Blast Cleaning” (*Anexo A5*).
- SSPC SP 10 “Joint Surface Preparation Standard: Near-White Blast Cleaning” (*Anexo A6*).
- SSPC SP 6 “Joint Surface Preparation Standard: Commercial Blasting.” (*Anexo A7*).
- ISO 8502-4 “Guidance on the Estimation of the Probability of the Condensation Prior to Paint Application” (*Anexo A8*).
- NACE SP0287 “Field Measurement of Surface Profile of Abrasive Blast-Cleaned Steel Surfaces Using a Replica Tape” (*Anexo A9*).
- ASTM D4414 “Standard Practice for Measurement of Wet Film Thickness by Notch Gages” (*Anexo A10*).
- SSPC PA2 “Measurement of Dry Coating Thickness With Magnetic Gages” (*Anexo A11*).
- ASTM D4541 “Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers” (*Anexo A12*).
- ASTM D3359 “Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test” (*Anexo A13*).
- NACE SP0188 “Discontinuity (Holiday) Testing of New Protective Coatings on Conductive Substrates” (*Anexo A14*).

b) ESPECIFICACIÓN PARA PREPARACIÓN DE SUPERFICIE.

Grado de preparación de la superficie para la probeta N° 1, 2 y 3: SSPC-SP 5 “Joint Surface Preparation Standard: White Metal Blast Cleaning”. (2,5 a 3,5 mils) de perfil de anclaje.

Grado de preparación de la superficie para la probeta N° 3, 4 y 5: SSPC-SP 10 “Joint Surface Preparation Standard: Near White Metal Blast Cleaning”. (2,5 a 3,5 mils) de perfil de anclaje.

Grado de preparación de la superficie para la probeta N° 6, 7 y 8: SSPC-SP6 “Joint Surface Preparation Comercial Blasting.” (2,5 a 3,5 mils) de perfil de anclaje.

c) ESPECIFICACIÓN DEL SISTEMA DE PINTURA

Los sistemas de pintura a aplicar en cada probeta son los siguientes:

Probeta N° 1, 2 y 3:

Recubrimiento a aplicar marca Sigma.

| Capa | Nombre Genérico | Espesor en Seco µm (mils) | Tonalidad |
|--------------|-------------------------------|------------------------------|--------------|
| Primera capa | Sigmacover 280 (Ver Anexo B1) | 50-100 (2-3) | Yellow-Green |
| Capa Final | Sigmadur 550 (Ver Anexo B2) | 75-125 (2-2,5) | Green |

Tabla N° 4.1 Sistema de pintura para probeta N° 1, 2 y 3

Autor: Alex Jarrín

Probeta N° 4, 5 y 6:

Recubrimiento a aplicar marca Carboline.

| Capa | Nombre Genérico | Espesor en Seco µm (mils) | Tonalidad |
|-----------------|----------------------------------|------------------------------|-----------|
| Primera capa | Carbozinc 11 (Ver Anexo B3) | 50-100 (2-3) | Gray |
| Capa Intermedia | Carboguard 890 (Ver Anexo B4) | 150-200 (4-6) | White |
| Tercera capa | Carbothane 134 HG (Ver Anexo B5) | 75-125 (2-2,5) | Green |

Tabla N° 4.2 Sistema de pintura para probeta N° 4, 5, y 6

Autor: Alex Jarrín

Probeta N° 7, 8, y 9:

Recubrimiento a aplicar marca Sigma.

| Capa | Nombre Genérico | Espesor en Seco µm (mils) | Tonalidad |
|------------|------------------------------|------------------------------|-----------|
| Capa única | Novaguard 840 (Ver Anexo B6) | 250-375 (12-24) | Cream |

Tabla N° 4.3 Sistema de pintura para probeta N° 7, 8 y 9

Autor: Alex Jarrín

**d) VALORES DE ACEPTACION PARA PRUEBA DE ADHERENCIA
PULL-OFF**

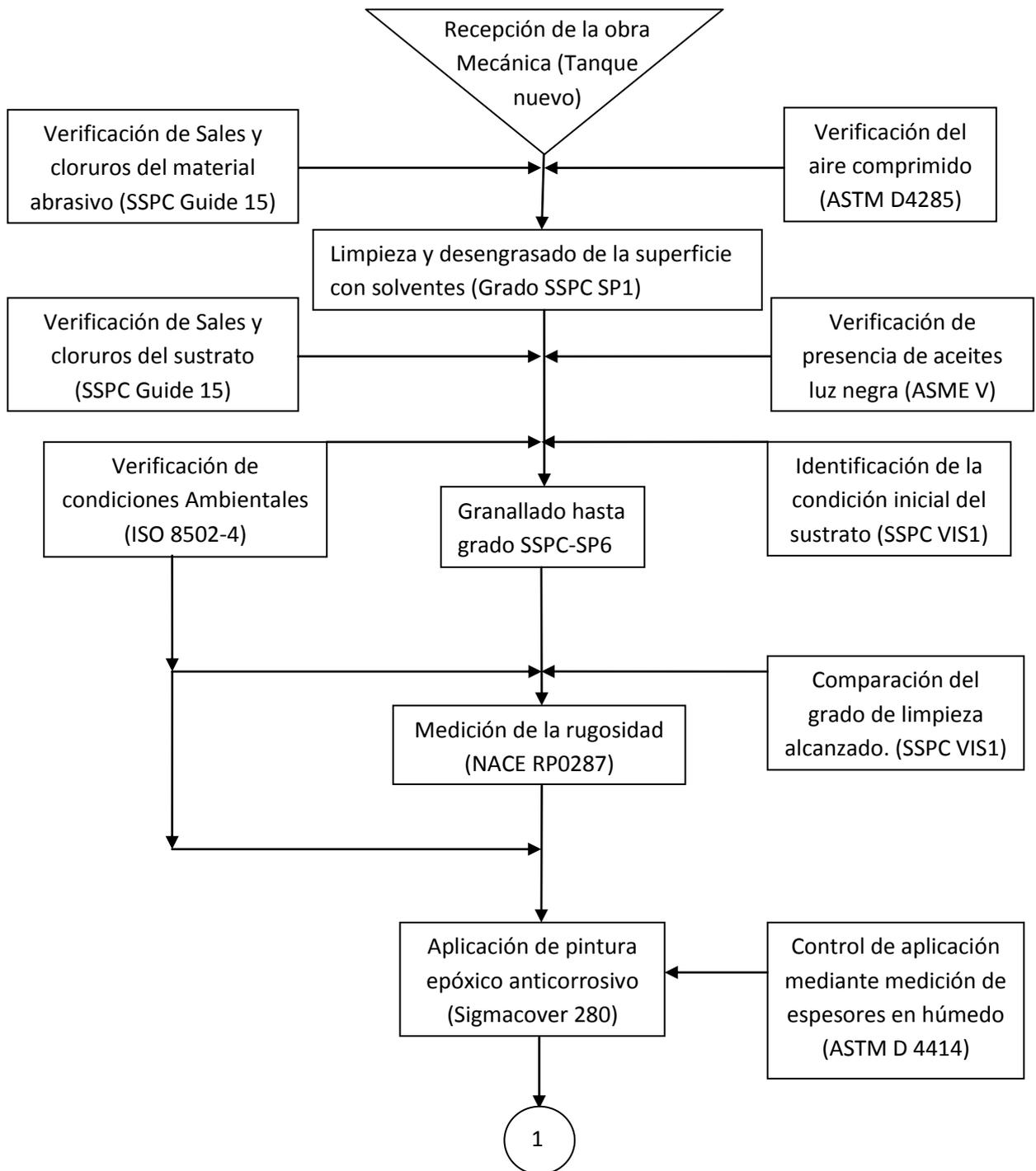
Estos valores que se presentan en la tabla a continuación, son las presiones que los fabricantes de las pinturas han establecido como aceptables para garantizar el buen desempeño de cada sistema de recubrimientos.

| VALORES DE ACEPTACION PARA PRUEBA DE ADHERENCIA PULL-OFF | | |
|--|--|-------------|
| MARCA | SISTEMA DE PINTURA | VALOR (psi) |
| Sigma | Bicapa (Epóxico anticorrosivo + Poliuretano acrílico) | 400 |
| Carboline | Tricapa (Zinc Inorgánico+Epóxico Amino+Poliuretano acrílico) | 300 |
| Sigma | Monocapa (Epóxico Novolac) | 800 |

Tabla N° 4.4 Valores de aceptación para prueba de Pull-Off

Autor: Alex Jarrín

Diagrama de flujo para el proceso de pintura con sistema bi capa para exterior de tanques nuevos de almacenamiento de crudo de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.



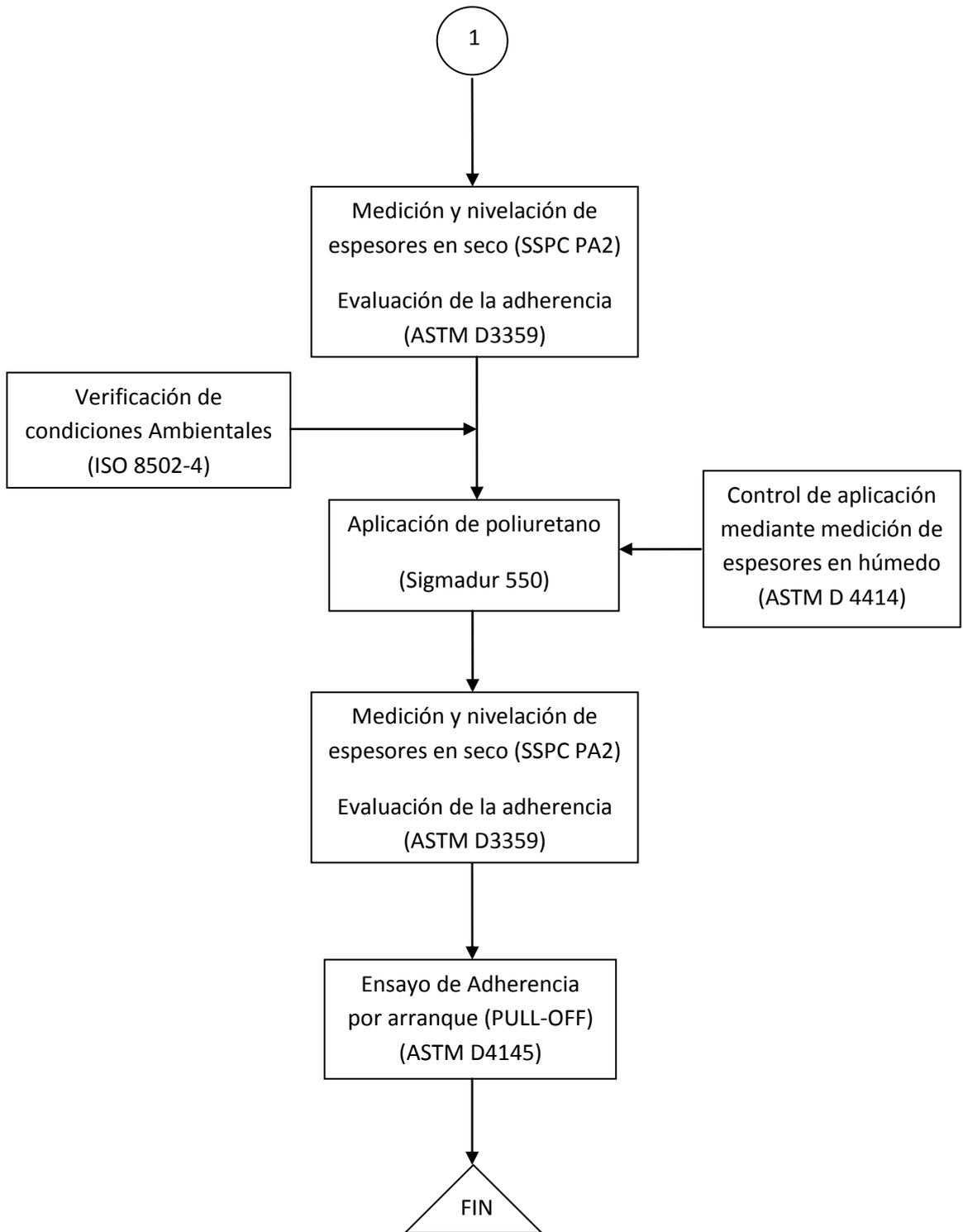


Diagrama 4.4 Diagrama de flujo para el proceso de pintura con sistema bi capa para exterior de tanques nuevos de almacenamiento de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.

Autor: Alex Jarrín

Pues bien, para iniciar con nuestro proceso, debemos regirnos al procedimiento de pintura para las placas testigo de nuestro estudio. El resumen de este proceso lo encontramos en el diagrama de flujo 4.4, anteriormente descrito, es importante también conocer a fondo todo el procedimiento ya que en este se encuentran ciertas recomendaciones que genera el cliente y se las deben cumplir a cabalidad.

Una vez entendido completamente el procedimiento, es clave para el arranque del trabajo verificar la limpieza del aire con el que vamos a trabajar, ya que si este contiene contaminantes como aceites o agua condensada, va a echar a perder nuestra limpieza de la superficie. Para esto es importante acudir a los estándares internacionales, para nuestro caso en donde vamos a encontrar el proceso a realizar para verificar el aire comprimido es la norma ASTM D4285.

En la misma nos menciona que debemos proyectar el aire con el que vamos a trabajar sobre una hoja absorbente o una hoja estándar, a una distancia de aproximadamente 60 centímetros por el lapso de 1 minuto, en donde se deberá revisar que el papel se encuentre completamente libre de aceite y grasa. Es necesario siempre reportar cada una de las inspecciones que se realicen, para esto entregar un dossier de calidad al cliente para que el mismo pueda constatar de que se realizaron las respectivas inspecciones en su producto final.

Otro de los aspectos importantes antes de empezar con los trabajos es asegurarnos de que nuestro material abrasivo esté libre de contaminantes y de humedad. La humedad se la verifica visualmente, para esto el material abrasivo no debe formar grumos y debe presentar un ligero polvo en el mismo. Otro contaminante que podría estar presente en nuestro material abrasivo son contaminantes salinos, dentro de los cuales pueden estar presentes ciertos tipos de cloruros, los mismos que se inspeccionan de acuerdo al estándar SSPC Guide 15, en donde nos indica cómo realizar este sencillo ensayo.

A continuación se presentan los reportes de inspección previos al proceso anteriormente descrito; Reporte N° UTA-FICM-AJ_01 y Reporte N° UTA-FICM-AJ_02 respectivamente.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE INSPECCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

REGÍSTRRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|---|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | Aire comprimido de Motocompresor N°03 Sullair 260 CFM | 1 de 1 | |
| Fecha de ejecución: | 29 de Octubre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_01 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

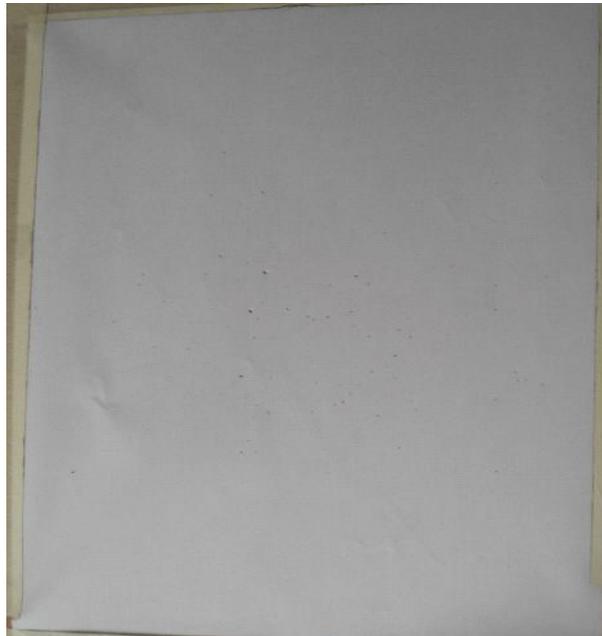
PARÁMETROS DE EJECUCIÓN

| | |
|------------------------|--|
| Equipo empleado: | Hoja de papel tamaño INEN A4 - blanca |
| Tiempo de Descarga: | 1 minutos |
| Distancia de Descarga: | 60 centímetros aproximadamente |
| Ensayos Realizados: | 1 solo ensayo realizado antes de la limpieza de las 9 probetas |
| Norma: | ASTM D4285 |

RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN

| | |
|---------------------------|--|
| Contaminantes encontrados | Aceite: no se encontraron residuos de aceite o grasa Agua: no se hallaron rasgos de condensado en la hoja |
|---------------------------|--|

REPORTE FOTOGRÁFICO



Observaciones: El aire comprimido del compresor N°3 Sullair 260 CFM no presenta ningún rastro de contaminantes.

Ejecutor: _____
Egdo. Alex Jarrín

Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE INSPECCIÓN DE SALES Y CLORUROS

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | | |
|----------------------|--|-----------------|------------------------|--------|
| Item a inspeccionar: | Mezcla de granalla metalica G50 Y S280 | | | 1 de 1 |
| Fecha de ejecución: | 29 de Octubre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_02 | |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM | |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta | |

PARÁMETROS DE EJECUCIÓN

| | | | | |
|----------------------|--|--|--|--|
| Equipo empleado: | Kit para detección de sales ELCOMETER 134s | | | |
| Tiempo en Reposo: | 2 minutos | | | |
| Tiempo en Medición: | 3 minutos | | | |
| Fecha de expiración: | 10 de Enero del 2013 | | | |
| Ensayos Realizados: | 3 Ensayos en diferentes muestras de abrasivo | | | |
| Norma: | SSPC - Guide 15 | | | |

RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN

| | | | | |
|----------------------|--------------------------------|--|--|--|
| Valores Encontrados: | Muestra 1: 0 partes por millón | | | |
| | Muestra 2: 0 partes por millón | | | |
| | Muestra 3: 0 partes por millón | | | |

REPORTE FOTOGRÁFICO



Observaciones: El material abrasivo se encuentra libre de contaminantes salinos, por lo que su utilización no presentará ningún inconveniente.

Ejecutor: _____
 Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
 Ing. Alejandro Moretta

Una vez que hemos verificado y nos hemos asegurado de que los equipos y materiales con los que vamos a trabajar se encuentran libres de aceite, grasas, sales solubles u otros contaminantes que pueden llegar a perjudicar gravemente el desempeño de nuestro recubrimiento, nos enfocamos en el sustrato que debemos trabajar.

En caso el caso de tanques, es indispensable verificar que la soldadura entre planchas, se encuentre libre de escorias y salpicaduras, ya que estas se consideran incrustaciones que con el pasar del tiempo se van a convertir en focos de corrosión.

Posterior a esto, la buena práctica para la aplicación de recubrimientos, nos recomienda que debemos asegurarnos de que nuestro sustrato también se encuentre libre de grasas, aceites y sales, por lo que no hay nada más seguro que lavar nuestra superficie con agua dulce (generalmente con agua potable) y con la ayuda de detergentes no salinos asegurarnos de la remoción de estos contaminantes en base al grado de limpieza mencionado en la norma SSPC SP1. Este proceso es sumamente importante para poder identificar el grado de corrosión que disponemos en nuestro sustrato, como se lo describe a continuación.

Como siguiente paso identificamos el tipo de sustrato que tenemos presente, de acuerdo como lo clasifica el estándar visual SSPC VIS 1, que en el cual dependiendo de la cantidad de óxido y calamina que posea nuestro sustrato lo clasifica en diferentes tipos de sustrato, que posteriormente con la limpieza abrasiva, deberemos llegar hasta un cierto punto en la limpieza del material.

Para documentar estos dos procesos anteriores, lo podemos llevar en un mismo registro, ya que los clientes es verdad que les agrada que se les presente toda la documentación, pero así mismo les agrada que la información sea resumida y concisa, por lo que a estos dos procesos los presentamos en el reporte N° UTA-FICM-AJ_03, en el mismo que podremos encontrar el registro por las 9 placas, ya que todas estas deben pasar por el mismo proceso.

Así como nos aseguramos que el material abrasivo esté libre de sales solubles, también debemos asegurarnos que después de haber lavado nuestra superficie, la misma se encuentre libre de sales.

En el reporte N° UTA-FICM-AJ_04, podremos encontrar el resultado de la prueba de sales en el sustrato. Cabe recalcar que para esta prueba es necesario realizar un muestreo, por lo que se ha seleccionado una probeta de cada sistema de pintura para la inspección.

Los valores aceptables de la cantidad en ppm de sales las impone el cliente, es común encontrar valores fijados de hasta de 20 ppm, pese a que otro cliente podría ser más flexible o mucho más riguroso, en este caso depende del costo que el cliente esté dispuesto a pagar versus la calidad del trabajo que el mismo requiera.

Una vez que hemos comprobado que nuestra superficie esté libre de sales, debemos asegurarnos que no exista presencia de grasa o aceite que no se haya eliminado cuando se realizó el lavado.

Para esto debemos pasar por sobre la superficie una lámpara fluorescente, conocida como luz negra, la cual tiene como fundamento el ensayo de líquidos penetrantes fluorescentes que se describe en las normas ASME en la sección 5 de las mismas.

Para esta prueba es necesario estar en un cuarto oscuro, en donde no se pueda interferir la luz proyectada por la lámpara hacia la superficie, si durante el proceso se encuentran puntos o manchas fluorescentes en el sustrato, este debe ser limpiado mediante un wipe limpio remojado con un solvente volátil, hasta que desaparezca dicha fluorescencia.

Este es un proceso muy simple que no necesita documentarse, ya que el ejecutor debe ser una persona lo bastante seria y saber la magnitud del problema que causaría si se realiza la limpieza abrasiva para posteriormente pintar sobre esa contaminación sin haberle removido.

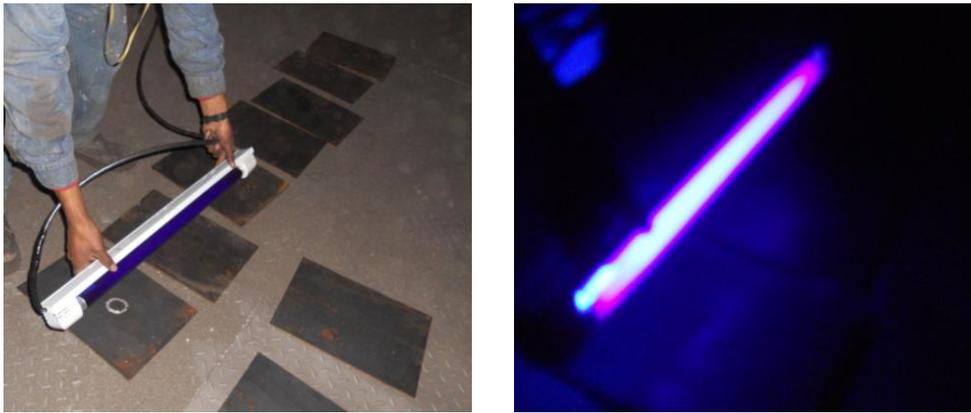


Figura 4.3 y 4.4 Verificación de presencia de grasas o aceites por medio de luz negra.

Autor: Alex Jarrín

Después de estar completamente seguros de que nuestro sustrato se encuentra libre de contaminantes, se puede proceder a realizar la limpieza superficial, para esto, es indispensable tener las condiciones de trabajo adecuadas, como son los equipos en buen estado y el personal con todo el equipo de seguridad necesario, y lo más importante, disponer de las condiciones ambientales correctas para garantizar un trabajo adecuado.

Las dos leyes de oro para todo trabajo de granallado y durante el proceso de pintura es que la diferencia entre la temperatura del sustrato y la temperatura del punto de rocío sea superior a 3°C, con lo que estamos cerciorándonos que no vayamos a tener presencia de condensado en nuestro sustrato.

La otra ley de oro es que la humedad relativa del ambiente en el que estamos trabajando no exceda el 85%. Para trabajos en espacios abiertos o al aire libre, se debe estar pendiente del clima, ya que si está próximo a llover o está lloviendo es necesario detenerse y no continuar con las actividades, ya que debemos garantizar que nuestra superficie este completamente seca.

Estas indicaciones las encontramos el programa N° 1 para inspectores de recubrimientos de NACE.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE LIMPIEZA PREVIA DE LA SUPERFICIE

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | 9 probetas. | 1 de 1 | |
| Fecha de ejecución: | 29 de Octubre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_03 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

LIMPIEZA PREVIA DE LA SUPERFICIE

| | |
|---------------------|----------|
| Grado de Limpieza: | SSPC SP1 |
| Solvente utilizado: | Detersol |
| Tipo de Fregador: | Waipe |

FOTOGRAFÍAS



CONDICIÓN INICIAL DEL SUSTRATO

| | |
|-------------------------|---------------------------|
| Estandar Utilizado: | Estándar visual SSPC VIS1 |
| Condición del Suatrato: | Rust Grade B |

FOTOGRAFÍAS



Observaciones: Después de lavar las 9 probetas, al comparar con el estandar Visual SSPC - VIS1, se obtiene un grado de Oxidación B para todas las probetas.

Ejecutor: _____
 Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
 Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA



REPORTE DE INSPECCIÓN DE SALES Y CLORUROS

REGÍSTRLO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | 9 Probetas | 1 de 1 | |
| Fecha de ejecución: | 29 de Octubre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_04 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

PARÁMETROS DE EJECUCIÓN

| | |
|----------------------|---|
| Equipo empleado: | Kit para detección de sales ELCOMETER 134s |
| Tiempo en Reposo: | 2 minutos |
| Tiempo en Medición: | 3 minutos |
| Fecha de expiración: | 10 de Enero del 2013 |
| Ensayos Realizados: | 3 Ensayos- una probeta por cada sistema de pintura. |
| Norma: | SSPC - Guide 15 |

RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN

| | |
|----------------------|--------------------------------|
| Valores Encontrados: | Muestra 1: 0 partes por millón |
| | Muestra 2: 0 partes por millón |
| | Muestra 3: 0 partes por millón |

REPORTE FOTOGRÁFICO



Observaciones: Las muestras del sustrato se encuentran libres de sales solubles.

Ejecutor: _____
 Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
 Ing. Alejandro Moretta

El registro de las condiciones ambientales, es uno de los principales documentos que debe ser presentado al cliente, ya que aquí se puede determinar si las aplicaciones fueron realizadas de acuerdo a las reglas de oro antes mencionadas.

En este registro se debe involucrar el número de serie del equipo con el que se realizó las mediciones para poder revisar si este está calibrado y así garantizar la veracidad en las mediciones.

La cantidad de mediciones y las frecuencias de las mismas pueden depender de varios factores, como por ejemplo: exigencias del cliente, cantidad de área a trabajar, inestabilidad del clima.

Generalmente las condiciones ambientales deben ser monitoreadas cada lapso de 45 minutos a 1 hora, pero muchas veces por la inestabilidad del clima es necesario medir cada 20 o 30 minutos las condiciones climáticas de trabajo para de esta manera asegurarnos de no tener inconvenientes de humedad o condensado.

Respecto a la documentación de las mismas, se puede llevar un registro diario en donde consten las actividades que se han realizado durante la jornada laboral, ya sean de limpieza superficial o de aplicación de pintura. Para este caso se presenta el reporte N° UTA-FICM-AJ_05.1, en el que constarán las condiciones ambientales de la limpieza superficial y aplicación de primera capa de pintura para las tres probetas del sistema de pintura bicapa en mención.

En lo que concierne a la limpieza superficial, en este registro se debe documentar fotográficamente el grado de limpieza alcanzado mediante el granallado y de igual manera el grado de rugosidad o perfil de anclaje, el mismo que se mide en milésimas de pulgada (mils). Se deberá de igual manera realizar un reporte por producción diaria, y en el mismo deberá constar la serie del equipo con el que se realizó la medición de la rugosidad, para de esta manera asegurarnos de que estemos cumpliendo con lo solicitado por la especificación de pintura emitida por el cliente. En esta ocasión presentaremos un reporte de limpieza por cada probeta (Reporte N° UTA-FICM-AJ_06.1, 06.2 y 06.3; correspondiente a cada número de probeta), ya que debemos considerar que cada probeta es un equipo diferente y que nos arrojará un resultado independiente cada una.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REGÍSTR0 DE CONDICIONES AMBIENTALES

REGÍSTR0 DE DATOS INFORMATIVOS

| | | |
|----------------------|---|--------------------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°01, 02 y 03 - Correspondientes al sistema bicapa. | 1 de 2 |
| Fecha de ejecución: | 29 de Octubre del 2012 | Reporte N°: UTA-FICM-AJ_05.1 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: Ing. Alejandro Moretta |

PARÁMETROS PRINCIPALES

| | | | |
|------------------------|---|----------|---------|
| Equipo utilizado: | Elcometer 416 | Serie N° | MG16245 |
| Estandar Aplicado: | ISO 8502-4 | | |
| Abreviaturas: | T.A. - Temperatura Ambiente; T.S. - Temperatura del sustrato H.R. - Humedad Relativa; T.R. - Temperatura de Punto de Rocío | | |
| Indicadores del Clima: | S - Sunny; C - Cloudy; O - Overcast; R - Rainy | | |

REGÍSTR0

| DESCRIPCIÓN | | CONDICIONES AMBIENTALES | | | | | | PINTURA APLICADA | | |
|-------------|--|-------------------------|-----------|----------|-----------|----------------|-------|------------------|------------|-----------|
| HORA | ACTIVIDADES | T.A. (°C) | T.S. (°C) | H.R. (%) | T.R. (°C) | T.S.-T.R. (°C) | CLIMA | COMPONENTE | LOTE | T.REPINTE |
| 14:15 | Granallado de probetas | 18.9 | 18 | 61.3 | 11.3 | 6.7 | C | Sigmacover 280 | | 2 meses |
| 15:05 | Aplicación de primera capa de Pintura. | 18.6 | 17.9 | 62.5 | 11.4 | 6.5 | C | Parte A | 5210296905 | |
| | | | | | | | | Parte B | 5210293726 | |
| 15:30 | Fin de la Aplicación | 19.2 | 18.1 | 61.5 | 11.2 | 6.9 | C | | | |

REPORTE FOTOGRÁFICO:



Observaciones Las Condiciones ambientales son favorables para la ejecución de trabajos de aplicación de pintura.

Ejecutor: _____
Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE LIMPIEZA SUPERFICIAL

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°01 | 1 de 3 | |
| Fecha de ejecución: | 29 de Octubre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_06.1 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

LIMPIEZA SUPERFICIAL

| | |
|-------------------------|---|
| Instrumentos utilizado: | Micrómetro - Marca Elcometer - Serie N°: LJ 02860 Press o film - Marca TESTEX- Rango de 1.5 a 4.5 mils |
| Norma Aplicada: | Estándar visual SSPC - VIS 1 |
| Tipo de Abrasivo: | Mezcla de granalla metálica G50 y S280 |
| Limpieza Alcanzada: | SSPC - SP6 - Grado B |
| Temperatura Sustrato | 18°C |
| Rugosidad Obtenida: | 3,2 mils de promedio |

REPORTE FOTOGRÁFICO



Observaciones: El grado de limpieza superficial fue alcanzado de acuerdo a lo solicitado en la especificación del procedimiento de pinrura.

Ejecutor: _____
Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE LIMPIEZA SUPERFICIAL

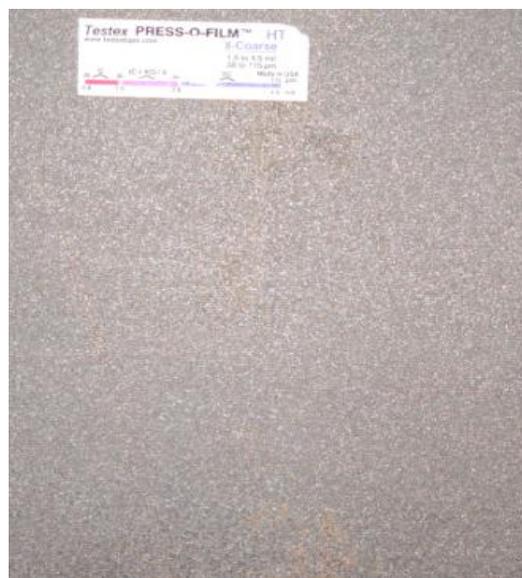
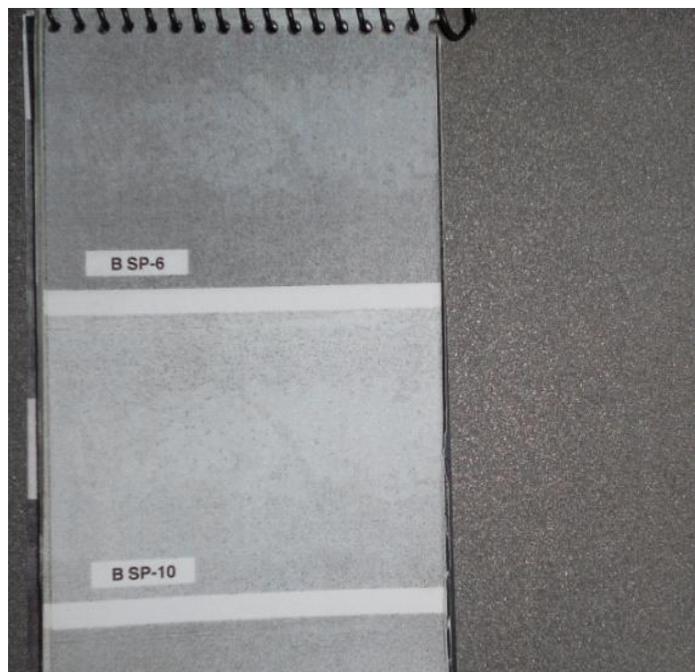
REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°02 | 2 de 3 | |
| Fecha de ejecución: | 29 de Octubre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_06.2 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

LIMPIEZA SUPEFICIAL

| | |
|-------------------------|--|
| Instrumentos utilizado: | Micrómetro - Marca Elcometer - Serie N°: LJ 02860 |
| | Press o film - Marca TESTEX- Rango de 1.5 a 4.5 mils |
| Norma Aplicada: | Estándar visual SSPC - VIS 1 |
| Tipo de Abrasivo: | Mezcla de granalla metálica G50 y S280 |
| Limpieza Alcanzada: | SSPC - SP6 - Grado B |
| Temperatura Sustrato | 18°C |
| Rugosidad Obtenida: | 2,8 mils de promedio |

REPORTE FOTOGRÁFICO



Observaciones: La limpieza superficial cumple con lo solicitado en la especificación de pintura de acuerdo al estandar visual

Ejecutor: _____
 Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
 Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE LIMPIEZA SUPERFICIAL

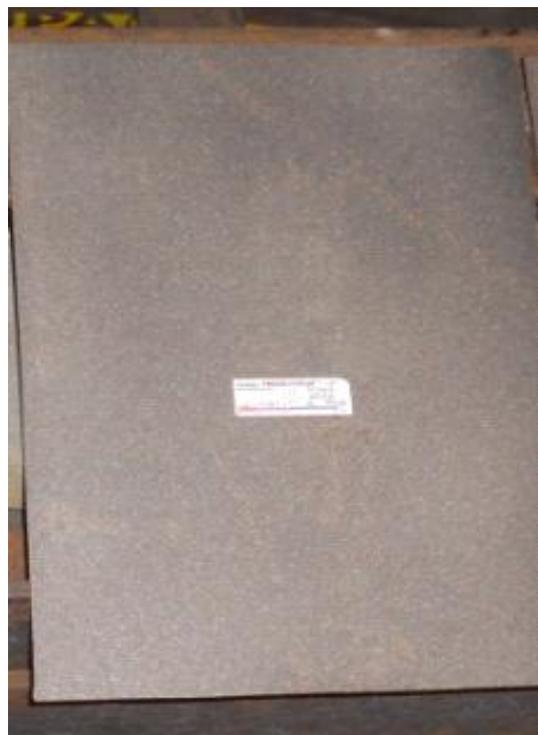
REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°03 | 3 de 3 | |
| Fecha de ejecución: | 29 de Octubre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_06.3 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

LIMPIEZA SUPEFICIAL

| | |
|-------------------------|--|
| Instrumentos utilizado: | Micrómetro - Marca Elcometer - Serie N°: LJ 02860 |
| | Press o film - Marca TESTEX- Rango de 1.5 a 4.5 mils |
| Norma Aplicada: | Estándar visual SSPC - VIS 1 |
| Tipo de Abrasivo: | Mezcla de granalla metálica G50 y S280 |
| Limpieza Alcanzada: | SSPC - SP6 - Grado B |
| Temperatura Sustrato | 18°C |
| Rugosidad Obtenida: | 2,9 mils de promedio |

REPORTE FOTOGRÁFICO



Observaciones: La superficie cumple con los requerimientos de acuerdo al estandar visual SSPC-VIS1

Ejecutor: _____
 Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
 Ing. Alejandro Moretta

Luego de haber alcanzado el grado de limpieza solicitado, el siguiente paso es la aplicación del recubrimiento, para lo cual previo a esto, el supervisor o inspector encargado debe verificar que las pinturas se mezclen en las porciones indicadas y con los diluyentes adecuados, tal cual lo manifiesta la hoja técnica de cada producto.

Otro de los aspectos necesarios es el monitoreo de las condiciones ambientales de aplicación, las mismas que deben ir registradas en el reporte de condiciones ambientales que en nuestro caso se encuentra en el Reporte N° UTA-FICM-AJ_05.1 (ya antes mencionado) para la aplicación de la primera capa de pintura de las 3 probetas del sistema bicapa.

Durante la aplicación del recubrimiento, se debe realizar arbitrariamente unas pocas mediciones de espesor de película húmeda, tal cual lo describe la norma ASTM D4414, con el fin de tener una referencia del espesor que se está aplicando, y así cuando se realicen las mediciones de espesor de película seca del recubrimiento no seamos sorprendidos con valores ubicados fuera del rango permisible.

La documentación de estas mediciones tampoco son necesarias, ya que es un control interno que debe llevar el pintor y el supervisor para poder garantizar un espesor adecuado en seco, muchas de las veces se presentan sólo fotografías anexadas para que el cliente se lleve la tranquilidad de que el trabajo realizado fue hecho de la mejor manera.



Figura 4.5 y 4.6 Medición de espesor de película húmeda del Sigmacover 280 – ASTM D4414.

Autor: Alex Jarrín

Antes de realizar la medición de espesor de película seca, debemos respetar los tiempos de curado de la pintura descritos en la hoja técnica, ya que hay pinturas que tardan más de 12 horas en secar y si realizamos mediciones antes de cumplirse este lapso, vamos a conseguir nada más que lecturas falsas las cuales pueden perjudicar la calidad del producto final.

La medición del espesor de película seca se realiza de acuerdo a la norma SSPC – PA2, en la misma que nos da las pautas sobre cómo obtener un promedio de lecturas más real y estandarizado.

Es importante verificar el espesor previo la aplicación de la capa de pintura siguiente, ya que si nuestra capa de pintura presenta un promedio de espesor fuera del rango especificado por el cliente, esta debe ser reparada mediante un lijado hasta llegar al espesor adecuado si el caso que tenga un sobre espesor, o se deberá realizar una segunda aplicación de la misma capa hasta llegar a completar solicitado en el caso de que la capa de pintura este por debajo del valor especificado.

El reporte de esta inspección es otro de los documentos que debe ser primordial para el cliente, ya que es aquí en donde se empieza a llevar el control del espesor de pintura. Para nuestro caso lo hemos documentado en los Reportes N° UTA-FICM-AJ_07.1, 07.2 y 07.3, que corresponden a la inspección de espesores para cada probeta.

Dentro de la inspección de cada capa de pintura, es necesario obtener una idea sobre la adherencia que presenta nuestro recubrimiento aplicado, por lo que se realiza la prueba de adhesión por cinta de acuerdo a la norma ASTM D3359, en la misma que nos explica en base al espesor que tenga presente en el recubrimiento el método de corte que se debe aplicar para la realización de la evaluación. Esta evaluación generalmente va incluida en el reporte de medición de pintura de película seca.

Cabe recalcar que este es un ensayo destructivo, por lo que debe ser ejecutado solamente en las placas testigo de los tanques, mas no es la superficie del mismo.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESOR DE PINTURA EN SECO

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°01 | 1 de 3 | |
| Fecha de ejecución: | 30 de Octubre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_07.1 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

PARÁMETROS PRINCIPALES

| | |
|-------------------------|---|
| Instrumento utilizado: | 456 Medidor de EPS - Marca: ELCOMETER - Serie N° MG13764 |
| Normas de Referencia: | SSPC - PA 2 / ASTM D3359 |
| Recubrimiento evaluado: | Primera capa - Sigmacover 280 |
| Espesor solicitado: | 2-3 mils. De acuerdo a la norma SSPC PA 2, puntos mínimos se aceptan de 1,6 mils, y máximos de 3,6 mils |

REGÍSTRO DE LAS MEDICIONES:

| SPOT | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PROMEDIO |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|-----------------|
| SPOT 1 | 2.8 mils | 2.4 mils | 2.8 mils | 2.7 mils |
| | | | | |
| SPOT 2 | 2.1 mils | 2.6 mils | 2.4 mils | 2.4 mils |
| | | | | |
| SPOT 3 | 2.7 mils | 2.2 mils | 2.5 mils | 2.5 mils |
| | | | | |
| SPOT 4 | 2.6 mils | 2.8 mils | 2.3 mils | 2.6 mils |
| | | | | |
| SPOT 5 | 2.4 mils | 1.9 mils | 2.2 mils | 2.2 mils |
| | | | | |
| PROMEDIO TOTAL DE LA MEDICIÓN | | | | 2.5 mils |

ENSAYO DE ADHERENCIA POR CINTA

ENSAYO REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMA
 ASTM D3359 - METODO B

RESULTADO:

| |
|---------------|
| CLASIFICACIÓN |
| 4B |



Observaciones: Los espesores están dentro de lo solicitado en la especificación del procedimiento de pintura de acuerdo a la norma SSPC-PA2

Ejecutor: _____
 Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
 Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESOR DE PINTURA EN SECO

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°02 | 2 de 3 | |
| Fecha de ejecución: | 30 de Octubre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_07.2 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

PARÁMETROS PRINCIPALES

| | |
|-------------------------|---|
| Instrumento utilizado: | 456 Medidor de EPS - Marca: ELCOMETER - Serie N° MG13764 |
| Normas de Referencia: | SSPC - PA 2 / ASTM D3359 |
| Recubrimiento evaluado: | Primera capa - Sigmacover 280 |
| Espesor solicitado: | 2-3 mils. De acuerdo a la norma SSPC PA 2, puntos mínimos se aceptan de 1,6 mils, y máximos de 3,6 mils |

REGÍSTRO DE LAS MEDICIONES:

| SPOT | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PROMEDIO |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|-----------------|
| SPOT 1 | 2.3 mils | 2.1 mils | 2.5 mils | 2.3 mils |
| | | | | |
| SPOT 2 | 2.3 mils | 2.7 mils | 2.7 mils | 2.6 mils |
| | | | | |
| SPOT 3 | 2.4 mils | 2.3 mils | 2.4 mils | 2.4 mils |
| | | | | |
| SPOT 4 | 2.8 mils | 2.2 mils | 2.4 mils | 2.5 mils |
| | | | | |
| SPOT 5 | 2.6 mils | 2.8 mils | 2.6 mils | 2.7 mils |
| | | | | |
| PROMEDIO TOTAL DE LA MEDICIÓN | | | | 2.5 mils |

ENSAYO DE ADHERENCIA POR CINTA

ENSAYO REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMA
 ASTM D3359 - METODO B

RESULTADO:

CLASIFICACIÓN

4B



Observaciones: El espesor promedio se encuentra dentro del rango permitido por la norma SSPC - PA2

Ejecutor: _____
 Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
 Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESOR DE PINTURA EN SECO

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | |
|----------------------|------------------------|--------------------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°03 | 3 de 3 |
| Fecha de ejecución: | 30 de Octubre del 2012 | Reporte N°: UTA-FICM-AJ_07.3 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: Ing. Alejandro Moretta |

PARÁMETROS PRINCIPALES

| | |
|-------------------------|---|
| Instrumento utilizado: | 456 Medidor de EPS - Marca: ELCOMETER - Serie N° MG13764 |
| Normas de Referencia: | SSPC - PA 2 / ASTM D3359 |
| Recubrimiento evaluado: | Primera capa - Sigmacover 280 |
| Espesor solicitado: | 2-3 mils. De acuerdo a la norma SSPC PA 2, puntos mínimos se aceptan de 1,6 mils, y máximos de 3,6 mils |

REGÍSTRO DE LAS MEDICIONES:

| SPOT | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PROMEDIO |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|-----------------|
| SPOT 1 | 2.7 mils | 2.5 mils | 1.9 mils | 2.4 mils |
| SPOT 2 | 2 mils | 2.6 mils | 2.5 mils | 2.4 mils |
| SPOT 3 | 2.1 mils | 2.4 mils | 2.5 mils | 2.3 mils |
| SPOT 4 | 2.5 mils | 2.7 mils | 2.5 mils | 2.6 mils |
| SPOT 5 | 2.2 mils | 2.1 mils | 2.2 mils | 2.2 mils |
| PROMEDIO TOTAL DE LA MEDICIÓN | | | | 2.4 mils |

ENSAYO DE ADHERENCIA POR CINTA

ENSAYO REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMA
 ASTM D3359 - METODO B

RESULTADO:

| |
|---------------|
| CLASIFICACIÓN |
| 5B |



Observaciones: De acuerdo a la Norma SSPC-PA2, los espesores se encuentran dentro del rango permitido

Ejecutor: _____
 Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
 Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REGÍSTRO DE CONDICIONES AMBIENTALES

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | |
|----------------------|---|--------------------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°01, 02 y 03 - Correspondientes al sistema bicapa. | 2 de 2 |
| Fecha de ejecución: | 30 de Octubre del 2012 | Reporte N°: UTA-FICM-AJ_05.2 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: Ing. Alejandro Moretta |

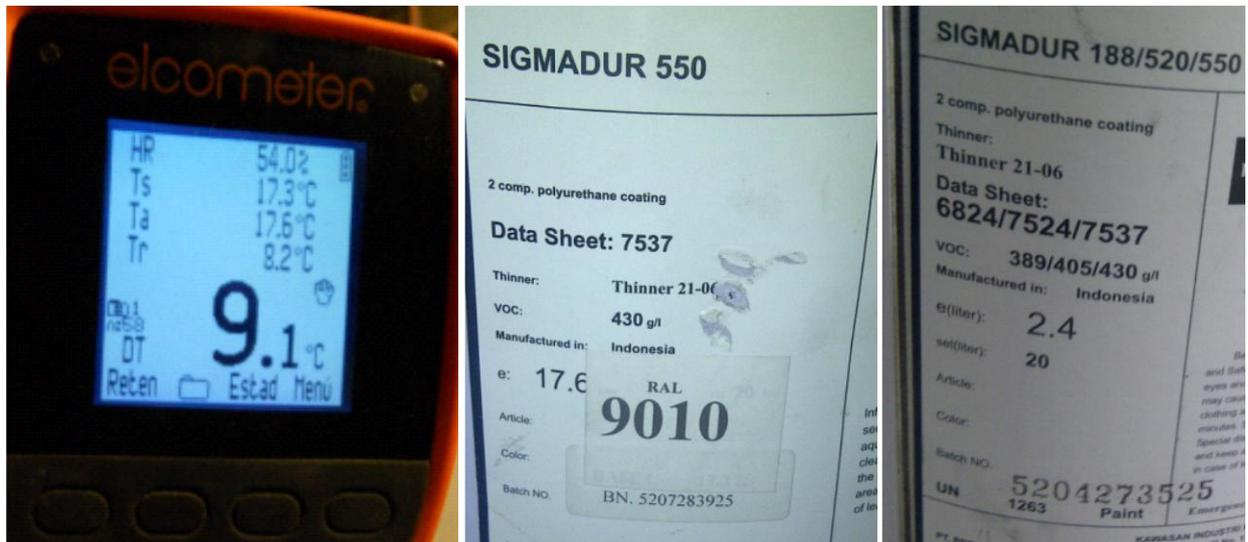
PARÁMETROS PRINCIPALES

| | | | |
|------------------------|---|----------|---------|
| Equipo utilizado: | Elcometer 416 | Serie N° | MG16245 |
| Estandar Aplicado: | ISO 8502-4 | | |
| Abreviaturas: | T.A. - Temperatura Ambiente; T.S. - Temperatura del sustrato H.R. - Humedad Relativa; T.R. - Temperatura de Punto de Rocío | | |
| Indicadores del Clima: | S - Sunny; C - Cloudy; O - Overcast; R - Rainy | | |

REGÍSTRO

| DESCRIPCIÓN | | CONDICIONES AMBIENTALES | | | | | | PINTURA APLICADA | | |
|-------------|----------------------|-------------------------|-----------|----------|-----------|----------------|-------|------------------|------------|------------|
| HORA | ACTIVIDADES | T.A. (°C) | T.S. (°C) | H.R. (%) | T.R. (°C) | T.S.-T.R. (°C) | CLIMA | COMPONENTE | LOTE | T.REPINTE |
| 11:10 | Aplicación de | 17.6 | 17.3 | 54 | 8.2 | 9.1 | S | Sigmacover 280 | | indefinido |
| 11:40 | poliuretano | 17.2 | 17.5 | 54.9 | 8.5 | 9 | C | Parte A | 5207283925 | |
| 12:05 | Fin de la Aplicación | 17.5 | 17.4 | 54.2 | 8.1 | 9.3 | S | Parte B | 5204273525 | |

REPORTE FOTOGRÁFICO:



Observaciones: Las condiciones ambientales estan dentro de los parametros apropiados para realizar trabajos de pintura.

Ejecutor: _____
 Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
 Ing. Alejandro Moretta

Una vez que se haya verificado los espesores y nivelado en el peor de los casos, nos resta aplicar la segunda y última capa que corresponde al poliuretano, que para esto debemos preparar la superficie con un ligero lijado de la misma para desprender de la misma residuos de polvo u otras incrustaciones que pueden haberse adherido a nuestra superficie.

Antes de aplicar la siguiente y última capa debemos asegurarnos de que las condiciones ambientales de trabajo sean adecuadas, por lo que nuevamente debemos medir las condiciones ambientales y también debemos registrarlas, para el presente estudio se presenta en el registro N° UTA-FICM-AJ_05.2.

Después de contar con las condiciones ambientales favorables para la aplicación del recubrimiento, procedemos a la aplicación de la capa de poliuretano, al igual que se realizó con la primera capa, debemos estar pendientes del espesor en húmedo que aplicamos. Cabe señalar que las reparaciones para esta capa son mucho más complicadas, ya que estamos hablando de la capa final y hay que tomar en cuenta la presentación visual de la superficie pintada.

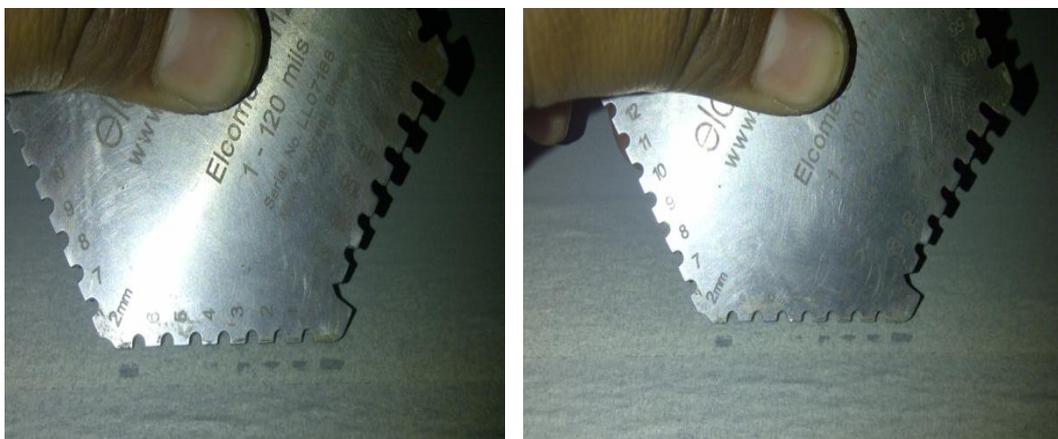


Figura 4.7 y 4.8 Medición de espesor de película húmeda del Sigmadur 550 – ASTM D4414.

Autor: Alex Jarrín

Posterior a esto se debe realizar la medición de espesor en seco de la misma manera en la que se la realizó para la primera capa. El registro de esta inspección la encontramos en el registro N° UTA-FICM-AJ_08.1, 08.2 y 08.3 respectivamente para cada número de probeta.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESOR DE PINTURA EN SECO

REGÍSTR0 DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | | |
|----------------------|--------------------------|-----------------|------------------------|--------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°01 | | | 1 de 3 |
| Fecha de ejecución: | 01 de Noviembre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_08.1 | |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM | |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta | |

PARÁMETROS PRINCIPALES

| | |
|-------------------------|--|
| Instrumento utilizado: | 456 Medidor de EPS - Marca: ELCOMETER - Serie N° MG13764 |
| Normas de Referencia: | SSPC - PA 2 / ASTM D3359 |
| Recubrimiento evaluado: | Segunda capa - Sigmadur 550 |
| Espesor solicitado: | 2-2.5 mils + (2-3 de la primera capa). De acuerdo a la norma SSPC PA 2, puntos mínimos se aceptan de 1,6 mils, y máximos de 3,6 mils |

REGÍSTR0 DE LAS MEDICIONES:

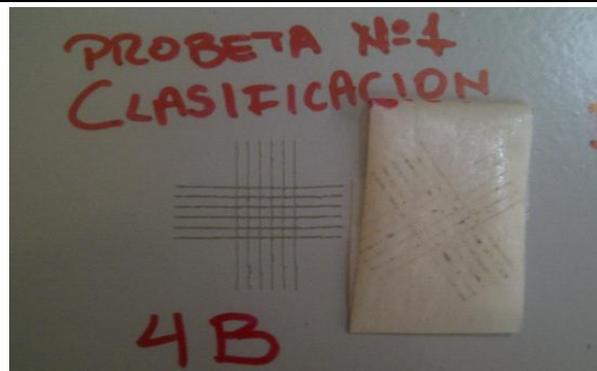
| SPOT | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PROMEDIO |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|-----------------|
| SPOT 1 | 5.3 mils | 4.5 mils | 4.8 mils | 4.9 mils |
| | 5 mils | 4.7 mils | 4.7 mils | 4.8 mils |
| SPOT 2 | 4.5 mils | 4.9 mils | 4.8 mils | 4.7 mils |
| | 4.8 mils | 4.5 mils | 4.6 mils | 4.6 mils |
| SPOT 3 | 4.9 mils | 5.2 mils | 5.1 mils | 5.1 mils |
| | 4.9 mils | 5.2 mils | 5.1 mils | 5.1 mils |
| PROMEDIO TOTAL DE LA MEDICIÓN | | | | 4.8 mils |

ENSAYO DE ADHERENCIA POR CINTA

ENSAYO REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMA ASTM D3359 - METODO B

RESULTADO:

| |
|---------------|
| CLASIFICACIÓN |
| 4B |



Observaciones: Los espesores estan dentro de lo solicitado en la especificación del procedimiento de pintura

Ejecutor: _____
Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESOR DE PINTURA EN SECO

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|--------------------------|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°02 | 2 de 3 | |
| Fecha de ejecución: | 01 de Noviembre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_08.2 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

PARÁMETROS PRINCIPALES

| | |
|-------------------------|--|
| Instrumento utilizado: | 456 Medidor de EPS - Marca: ELCOMETER - Serie N° MG13764 |
| Normas de Referencia: | SSPC - PA 2 / ASTM D3359 |
| Recubrimiento evaluado: | Segunda capa - Sigmadur 550 |
| Espesor solicitado: | 2-2.5 mils + (2-3 de la primera capa). De acuerdo a la norma SSPC PA 2, puntos mínimos se aceptan de 1,6 mils, y máximos de 3,6 mils |

REGÍSTRO DE LAS MEDICIONES:

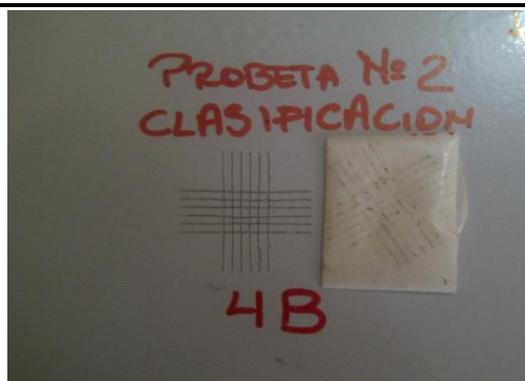
| SPOT | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PROMEDIO |
|--------|--------------------------------------|----------|----------|-----------------|
| SPOT 1 | 4.9 mils | 4.7 mils | 4.6 mils | 4.7 mils |
| | 4.2 mils | 4.5 mils | 4.3 mils | 4.3 mils |
| SPOT 2 | 4.8 mils | 4.2 mils | 4.6 mils | 4.5 mils |
| | 4.6 mils | 3.9 mils | 4 mils | 4.2 mils |
| SPOT 3 | 4.5 mils | 4.2 mils | 4.9 mils | 4.5 mils |
| | PROMEDIO TOTAL DE LA MEDICIÓN | | | 4.4 mils |

ENSAYO DE ADHERENCIA POR CINTA

ENSAYO REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMA
 ASTM D3359 - METODO B

RESULTADO:

| |
|---------------|
| CLASIFICACIÓN |
| 4B |



Observaciones: De acuerdo a la norma SSPC-PA2, los espesores son aceptables.

Ejecutor: _____
 Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
 Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA



REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESOR DE PINTURA EN SECO

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | |
|----------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°03 | 3 de 3 |
| Fecha de ejecución: | 01 de Noviembre del 2012 | Reporte N°: UTA-FICM-AJ_08.3 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: Ing. Alejandro Moretta |

PARÁMETROS PRINCIPALES

| | |
|-------------------------|--|
| Instrumento utilizado: | 456 Medidor de EPS - Marca: ELCOMETER - Serie N° MG13764 |
| Normas de Referencia: | SSPC - PA 2 / ASTM D3359 |
| Recubrimiento evaluado: | Segunda capa - Sigmadur 550 |
| Espesor solicitado: | 2-2.5 mils + (2-3 de la primera capa). De acuerdo a la norma SSPC PA 2, puntos mínimos se aceptan de 1,6 mils, y máximos de 3,6 mils |

REGÍSTRO DE LAS MEDICIONES:

| SPOT | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PROMEDIO |
|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| SPOT 1 | 4.9 mils | 4.4 mils | 4.3 mils | 4.5 mils |
| SPOT 2 | 4.5 mils | 4.2 mils | 4.5 mils | 4.4 mils |
| SPOT 3 | 4.7 mils | 4.8 mils | 4.7 mils | 4.7 mils |
| SPOT 4 | 4.1 mils | 4.9 mils | 4.6 mils | 4.5 mils |
| SPOT 5 | 4.6 mils | 4.5 mils | 4.8 mils | 4.6 mils |
| PROMEDIO TOTAL DE LA MEDICIÓN | | | | 4.5 mils |

ENSAYO DE ADHERENCIA POR CINTA

ENSAYO REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMA
 ASTM D3359 - METODO B

RESULTADO:

| |
|---------------|
| CLASIFICACIÓN |
| 4B |



Observaciones: Los espesores de película seca, están dentro de los valores requeridos en la especificación del procedimiento de pintura

Ejecutor: _____
 Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
 Ing. Alejandro Moretta

Es siempre importante estar pendiente de la adherencia que estamos teniendo entre capas, por lo que siempre es bueno hacer los ensayos de adherencia por cinta, es cierto que este es un resultado que no nos arroja un valor exacto, pero nos ayuda a tener en cuenta o poder prever un gran problema en el recubrimiento, ya que si aplicamos las capas siguientes sobre un primer que no tiene adherencia, el momento de realizar la prueba de pull-off va a puede fallar sistema y se estaría perdiendo una gran cantidad de dinero, debido a que estas pinturas de alto desempeño tienen un valor considerable en el mercado Ecuatoriano.

Como se describe anteriormente es común introducir esta prueba de adherencia por cinta en la inspección de los espesores en seco, por lo que en cada registro anterior ya se puede notar que constan los resultados de las mismas. Como nos indica la norma, estos resultados solo son categorizados, pero ¿cómo podemos saber hasta que categoría es aceptable?; esto rangos varían en gran parte del recubrimiento que se va a aplicar, pero es una deducción lógica nada mas, el saber que mientras más cercano esté al nivel 5 que es en el tenemos un desprendimiento de 0%, más tranquilidad podemos tener en cuanto al proceso que se está llevando a cabo. En base a la experiencia que he transcurrido, he logrado notar que hasta la categoría 3 es un rango aceptable, aunque obviamente los valores de pull-off en estas nos van a dar cercanos a 400 psi, valor que es aceptable para ciertos tipos de recubrimientos.

Una vez que nuestro recubrimiento haya llegado al curado completo, lo único que nos resta es realizar las pruebas de adherencia pull-off, esta es la prueba que siempre todo cliente monitorea, ya que mediante este resultado se puede dar como valido o se puede rechazar un recubrimiento aplicado.

Hay que considerar que cada fabricante de pintura recomienda un valor para un sistema de pintura diferente, como es el caso para el sistema bicapa (Epóxico anticorrosivo+ Poliuretano acrílico) de la marca Sigma que es el que vamos a evaluar, el cliente ha establecido un valor de mínimo 400 psi como aceptable. Siempre dependerá si el cliente es más riguroso, ya que el mismo puede solicitar un valor algo mayor, pero tampoco es razonable un valor exorbitante.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REGISTRO DE ENSAYO DE ADHERENCIA PULL-OFF

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | |
|----------------------|---|--------------------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°01 - Correspondiente al sistema bicapa. | 1 de 3 |
| Fecha de ejecución: | 20 de Noviembre del 2012 | Reporte N°: UTA-FICM-AJ_11.1 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: Ing. Alejandro Moretta |

PARÁMETROS PRINCIPALES

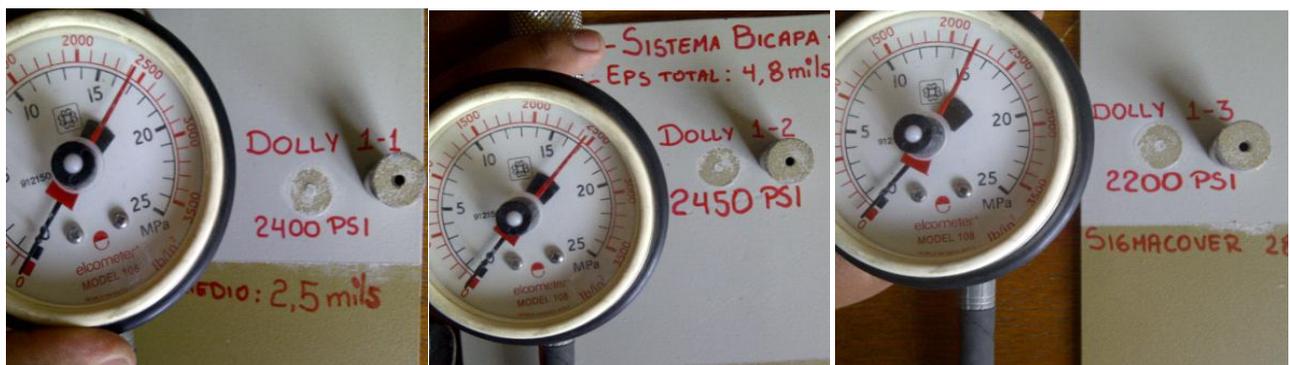
| | | | |
|--------------------|-----------------------|----------------------|------------|
| Equipo utilizado: | Elcometer 108 | Serie N° | LL03689 |
| Estandar Aplicado: | ASTM D4145 | Sustrato: | Acero |
| Fecha de pega | 20-Nov-12 | Fecha de arranque | 20-Nov-12 |
| Pegamento | 3M - MC 1500 | Tiempo de curado | 21 días |
| Sistema de Pintura | Epoxico + Poliuretano | Limpieza de sustrato | SSPC - SP6 |

DENOMINACIONES:
A - SUSTRATO (ACERO); B - PRIMERA CAPA (SIGMACOVER 280)
C - SEGUNDA CAPA (SIGMADUR 550)
Y - PEGAMENTO (3M - MC1500); Z - DOLLY (ACERO INOXIDABLE)

REGISTRO

| DOLLY | MARCA DE PINTURA | VALOR PSI | FALLA 1 / LOCALIZACIÓN | FALLA 2 / LOCALIZACIÓN | FALLA 3 / LOCALIZACIÓN |
|-------|------------------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | SIGMA | 2400 | 20% Adhesión B/C | 70% Cohesión B | 10% Pegamento |
| 2 | SIGMA | 2450 | 75% Cohesión B | 25% Cohesion C | N/A |
| 3 | SIGMA | 2200 | 80% Cohesión B | 5% Cohesión C | 15% Pegamento |

REPORTE FOTOGRÁFICO:



DOLLY 1

DOLLY 2

DOLLY 3

Observaciones: De acuerdo tabla N°4.4, los resultados son aceptables

Ejecutor: Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REGISTRO DE ENSAYO DE ADHERENCIA PULL-OFF

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | |
|----------------------|---|--------------------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°02 - Correspondiente al sistema bicapa. | 2 de 3 |
| Fecha de ejecución: | 20 de Noviembre del 2012 | Reporte N°: UTA-FICM-AJ_11.2 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: Ing. Alejandro Moretta |

PARÁMETROS PRINCIPALES

| | | | |
|--------------------|---|----------------------|------------|
| Equipo utilizado: | Elcometer 108 | Serie N° | LL03689 |
| Estandar Aplicado: | ASTM D4145 | Sustrato: | Acero |
| Fecha de pega | 20-Nov-12 | Fecha de arranque | 20-Nov-12 |
| Pegamento | 3M - MC 1500 | Tiempo de curado | 21 días |
| Sistema de Pintura | Epoxico + Poliuretano | Limpieza de sustrato | SSPC - SP6 |
| DENOMINACIONES: | A - SUSTRATO (ACERO); B - PRIMERA CAPA (SIGMACOVER 280) C - SEGUNDA CAPA (SIGMADUR 550) Y - PEGAMENTO (3M - MC1500); Z - DOLLY (ACERO INOXIDABLE) | | |

REGÍSTRO

| DOLLY | MARCA DE PINTURA | VALOR PSI | FALLA 1 / LOCALIZACIÓN | FALLA 2 / LOCALIZACIÓN | FALLA 3 / LOCALIZACIÓN |
|-------|------------------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | SIGMA | 2650 | 70% Cohesión B | 30% Cohesión C | N/A |
| 2 | SIGMA | 2350 | 60% Cohesión B | 40% Cohesión C | N/A |
| 3 | SIGMA | 2600 | 40% Cohesión B | 50% Cohesión C | 10% Pegamento |

REPORTE FOTOGRÁFICO:



DOLLY 1

DOLLY 2

DOLLY 3

Observaciones: Los valores son aceptables de acuerdo a la Tabla N°4.4

Ejecutor: _____
Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REGISTRO DE ENSAYO DE ADHERENCIA PULL-OFF

REGÍSTR0 DE DATOS INFORMATIVOS

| | | |
|----------------------|---|--------------------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°03 - Correspondiente al sistema bicapa. | 3 de 3 |
| Fecha de ejecución: | 20 de Noviembre del 2012 | Reporte N°: UTA-FICM-AJ_11.3 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: Ing. Alejandro Moretta |

PARÁMETROS PRINCIPALES

| | | | |
|--------------------|-----------------------|----------------------|------------|
| Equipo utilizado: | Elcometer 108 | Serie N° | LL03689 |
| Estandar Aplicado: | ASTM D4145 | Sustrato: | Acero |
| Fecha de pega | 20-Nov-12 | Fecha de arranque | 20-Nov-12 |
| Pegamento | 3M - MC 1500 | Tiempo de curado | 21 días |
| Sistema de Pintura | Epoxico + Poliuretano | Limpieza de sustrato | SSPC - SP6 |

DENOMINACIONES:
A - SUSTRATO (ACERO); B - PRIMERA CAPA (SIGMACOVER 280)
C - SEGUNDA CAPA (SIGMADUR 550)
Y - PEGAMENTO (3M - MC1500); Z - DOLLY (ACERO INOXIDABLE)

REGÍSTR0

| DOLLY | MARCA DE PINTURA | VALOR PSI | FALLA 1 / LOCALIZACIÓN | FALLA 2 / LOCALIZACIÓN | FALLA 3 / LOCALIZACIÓN |
|-------|------------------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | SIGMA | 1800 | 80% Cohesión B | 20% Cohesión C | N/A |
| 2 | SIGMA | 2700 | 50% Cohesión B | 50% Cohesión C | N/A |
| 3 | SIGMA | 2600 | 50% Cohesión B | 40% Cohesión C | 10% Pegamento |

REPORTE FOTOGRÁFICO:



DOLLY 1

DOLLY 2

DOLLY 3

Observaciones: Los valores son aceptables de acuerdo a lo solicitado en Tabla N°4.4

Ejecutor: _____
Egdo. Alex Jarrín

Supervisado: _____
Ing. Alejandro Moretta



Figura 4.9 Probetas del sistema bicapa después de haber realizado los respectivos ensayos

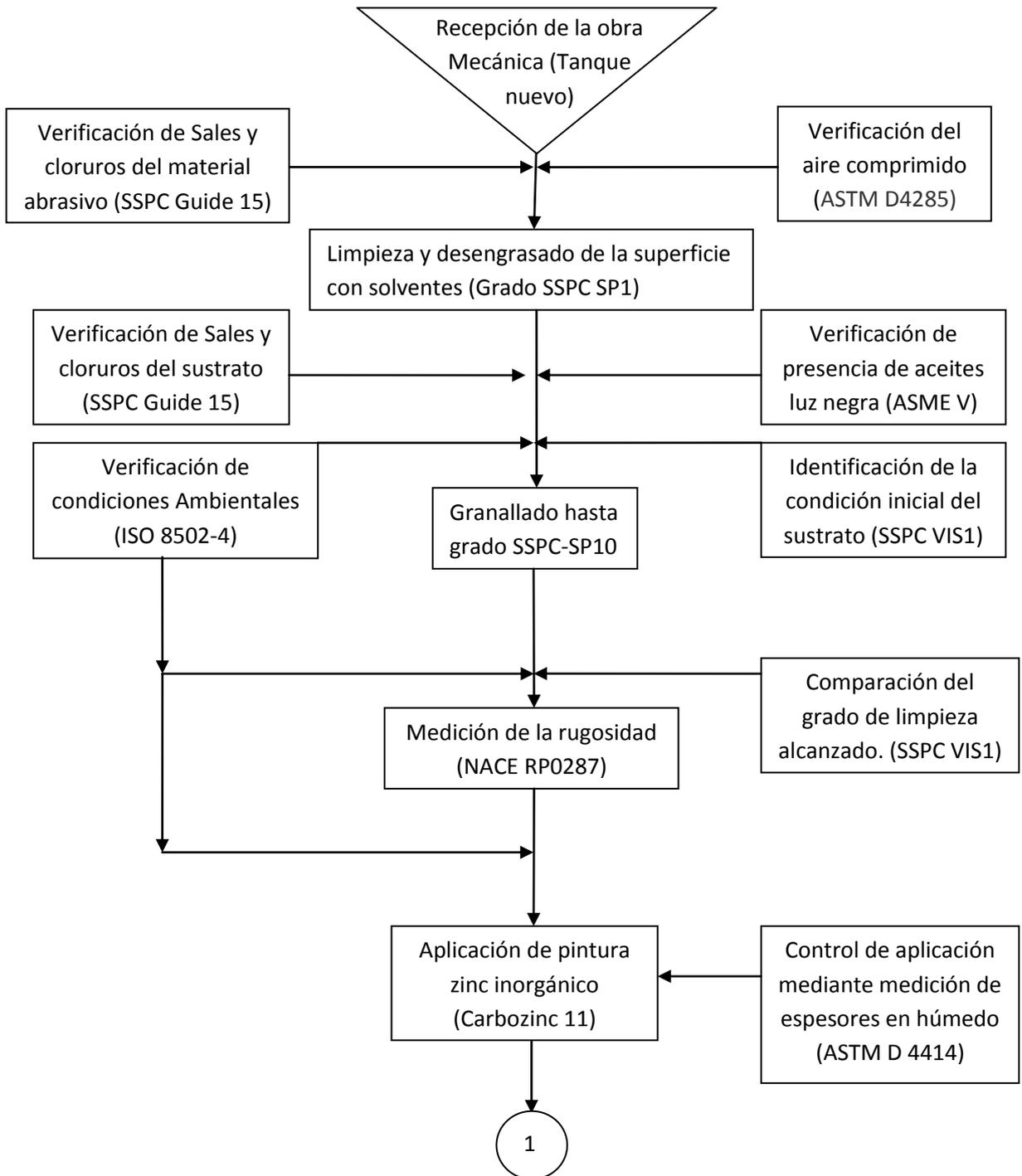
Autor: Alex Jarrín

Es importante considerar que para este ensayo de adherencia por arranque (Pull-off), hay que realizarlo en el sistema completo de pintura, ya que si evaluamos capa por capa, los resultados van a ser inferiores, ya que estas pinturas están diseñadas para trabajar con el sistema completo. Además que como se puede observar, no importa el número de capas que se tengan presentes, este ensayo va a encontrar la falla en cualquiera que la capa con menor resistencia o cualquiera de las capas que no estén bien adheridas.

Es por esto que la mayoría de los clientes se sienten complacidos, si los resultados de esta prueba reflejan valores sumamente más altos a los recomendados por el fabricante de la pintura. Los resultados de los ensayos de la prueba de arranque PULL-OFF para el sistema bicapa, se encuentran documentados en los reportes N° UTA-FICM-AJ_11.1, 11.2 y 11.3, respectivamente con cada número de probeta.

Existen otros tipos de ensayos que se pueden realizar a un recubrimiento, los que se han presentado en este estudio son los más comunes que se realizan y los que la mayoría de los clientes solicita.

Diagrama de flujo para el proceso de pintura con sistema tri capa para exterior de tanques nuevos de almacenamiento de crudo de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.



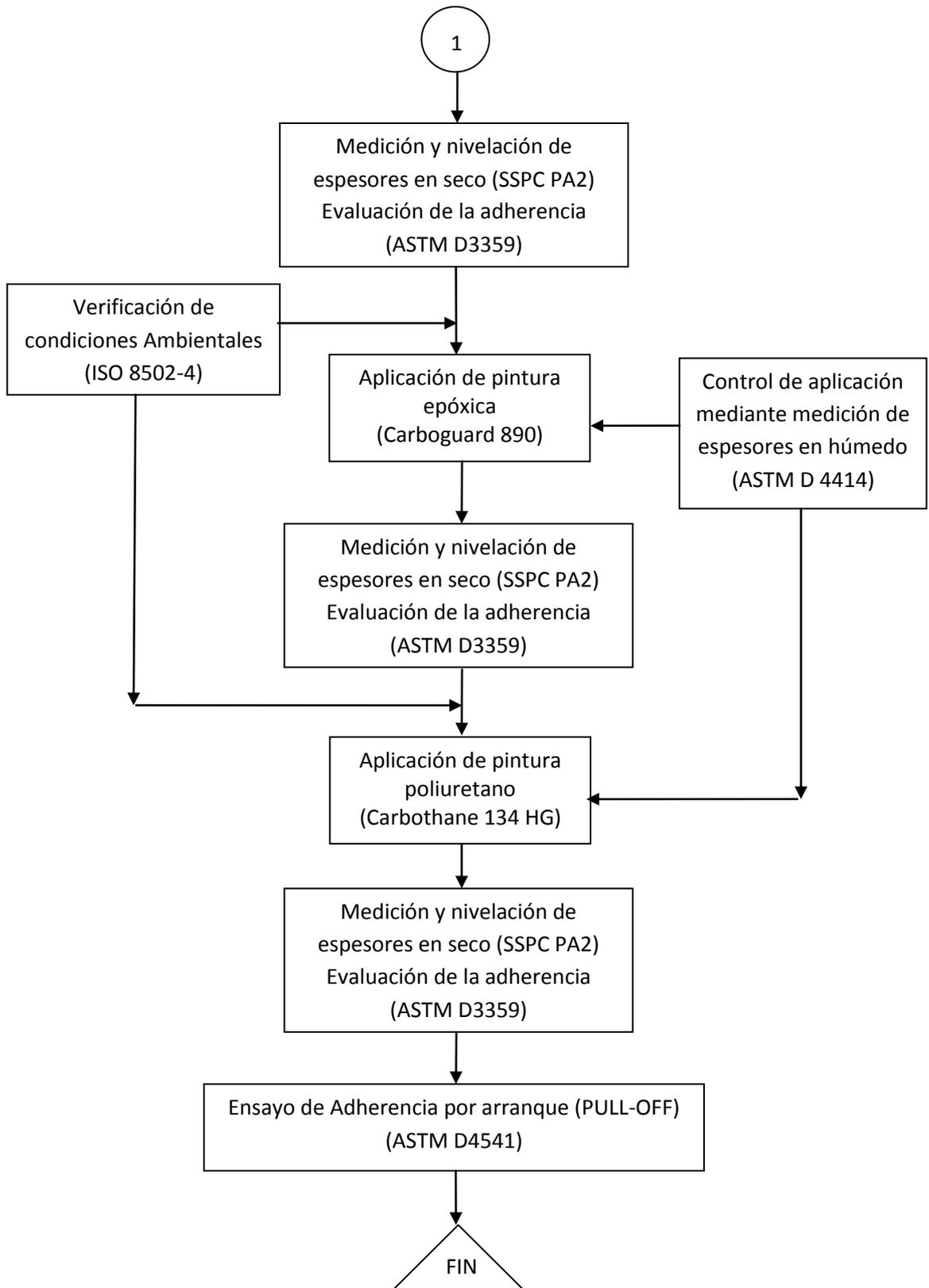


Diagrama 4.5 Diagrama de flujo para el proceso de pintura con sistema tri capa para exterior de tanques nuevos de almacenamiento de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.

Autor: Alex Jarrín.

Pues bien, para iniciar con nuestro proceso, debemos regirnos al procedimiento de pintura para las placas testigo de nuestro estudio. El resumen de este proceso lo encontramos en el diagrama de flujo 4.5, anteriormente descrito, es importante también conocer a fondo todo el procedimiento ya que en este se encuentran ciertas recomendaciones que genera el cliente y se las deben cumplir a cabalidad.

Una vez entendido completamente el procedimiento, es clave para el arranque del trabajo verificar la limpieza del aire con el que vamos a trabajar, ya que si este contiene contaminantes como aceites o agua condensada, va a echar a perder nuestra limpieza de la superficie. Para esto es importante acudir a los estándares internacionales, para nuestro caso en donde vamos a encontrar el proceso a realizar para verificar le aire comprimido es la norma ASTM D4285.

En la misma nos menciona que debemos proyectar el aire con el que vamos a trabajar sobre una hoja absorbente o una hoja estándar, a una distancia de aproximadamente 60 centímetros por el lapso de 1 minuto, en donde se deberá revisar que el papel se encuentre completamente libre de aceite y grasa. Es necesario siempre reportar cada una de las inspecciones que se realicen, para esto entregar un dossier de calidad al cliente para que el mismo pueda constatar de que se realizaron las respectivas inspecciones en su producto final.

Otro de los aspectos importantes antes de empezar con los trabajos es asegurarnos de que nuestro material abrasivo esté libre de contaminantes y de humedad. La humedad se la verifica visualmente, para esto el material abrasivo no debe formar grumos y debe presentar un ligero polvo en el mismo. Otro contaminante que podría estar presente en nuestro material abrasivo son contaminantes salinos, dentro de los cuales pueden estar presentes ciertos tipos de cloruros, los mismos que se inspeccionan de acuerdo al estándar SSPC Guide 15, en donde nos indica cómo realizar este sencillo ensayo.

En la sección anterior se presentaron los reportes de inspección previos al proceso anteriormente descrito; Reporte N° UTA-FICM-AJ_01 y Reporte N° UTA-FICM-AJ_02 respectivamente.

Una vez que hemos verificado y nos hemos asegurado de que los equipos y materiales con los que vamos a trabajar se encuentran libres de aceite, grasas, sales solubles u otros contaminantes que pueden llegar a perjudicar gravemente el desempeño de nuestro recubrimiento, nos enfocamos en el sustrato que debemos trabajar.

En caso el caso de tanques, es indispensable verificar que la soldadura entre planchas, se encuentre libre de escorias y salpicaduras, ya que estas se consideran incrustaciones que con el pasar del tiempo se van a convertir en focos de corrosión.

Posterior a esto, la buena práctica para la aplicación de recubrimientos, nos recomienda que debemos asegurarnos de que nuestro sustrato también se encuentre libre de grasas, aceites y sales, por lo que no hay nada más seguro que lavar nuestra superficie con agua dulce (generalmente con agua potable) y con la ayuda de detergentes no salinos asegurarnos de la remoción de estos contaminantes en base al grado de limpieza mencionado en la norma SSPC SP1. Este proceso es sumamente importante para poder identificar el grado de corrosión que disponemos en nuestro sustrato, como se lo describe a continuación.

Como siguiente paso identificamos el tipo de sustrato que tenemos presente, de acuerdo como lo clasifica el estándar visual SSPC VIS 1, que en el cual dependiendo de la cantidad de óxido y calamina que posea nuestro sustrato lo clasifica en diferentes tipos de sustrato, que posteriormente con la limpieza abrasiva, deberemos llegar hasta un cierto punto en la limpieza del material.

Para documentar estos dos procesos anteriores, lo podemos llevar en un mismo registro, ya que los clientes es verdad que les agrada que se les presente toda la documentación, pero así mismo les agrada que la información sea resumida y concisa, por lo que a estos dos procesos los presentamos en el reporte N° UTA-FICM-AJ_03 (ya adjuntos en el proceso anterior), en el mismo que podremos encontrar el registro por las 9 placas, ya que todas estas deben pasar por el mismo proceso.

Así como nos aseguramos que el material abrasivo esté libre de sales solubles, también debemos asegurarnos que después de haber lavado nuestra superficie, la misma se encuentre libre de sales.

En el reporte N° UTA-FICM-AJ_04, podremos encontrar el resultado de la prueba de sales en el sustrato. Cabe recalcar que para esta prueba es necesario realizar un muestreo, por lo que se ha seleccionado una probeta de cada sistema de pintura para la inspección.

Los valores aceptables de la cantidad en ppm de sales las impone el cliente, es común encontrar valores fijados de hasta de 20 ppm, pese a que otro cliente podría ser más flexible o mucho más riguroso, en este caso depende del costo que el cliente esté dispuesto a pagar versus la calidad del trabajo que el mismo requiera.

Una vez que hemos comprobado que nuestra superficie esté libre de sales, debemos asegurarnos que no exista presencia de grasa o aceite que no se haya eliminado cuando se realizó el lavado.

Es por ello que debemos pasar por sobre la superficie una lámpara fluorescente, conocida como luz negra, la cual tiene como fundamento el ensayo de líquidos penetrantes fluorescentes que se describe en las normas ASME en la sección 5 de las mismas.

Para esta prueba es necesario estar en un cuarto oscuro, en donde no se pueda interferir la luz proyectada por la lámpara hacia la superficie, si durante el proceso se encuentran puntos o manchas fluorescentes en el sustrato, este debe ser limpiado mediante un wipe limpio remojado con un solvente volátil, hasta que desaparezca dicha fluorescencia.

Este es un proceso muy simple que no necesita documentarse, ya que el ejecutor debe ser una persona lo bastante seria y saber la magnitud del problema que causaría si se realiza la limpieza abrasiva para posteriormente pintar sobre esa contaminación sin haberle removido.

Las fotografías de este proceso las encontramos en las figuras 4.3 y 4.4 (Verificación de presencia de grasas o aceites por medio de luz negra).

Después de estar completamente seguros de que nuestro sustrato se encuentra libre de contaminantes, se puede proceder a realizar la limpieza superficial, para esto, es indispensable tener las condiciones de trabajo adecuadas, como son los equipos en buen estado y el personal con todo el equipo de seguridad necesario, y lo más importante, disponer de las condiciones ambientales correctas para garantizar un trabajo adecuado.

Las dos leyes de oro para todo trabajo de granallado y durante el proceso de pintura es que la diferencia entre la temperatura del sustrato y la temperatura del punto de rocío sea superior a 3°C, con lo que estamos cerciorándonos que no vayamos a tener presencia de condensado en nuestro sustrato.

La otra ley de oro es que la humedad relativa del ambiente en el que estamos trabajando no exceda el 85%. Para trabajos en espacios abiertos o al aire libre, se debe estar pendiente del clima, ya que si está próximo a llover o está lloviendo es necesario detenerse y no continuar con las actividades, ya que debemos garantizar que nuestra superficie este completamente seca.

Estas indicaciones las encontramos el programa N° 1 para inspectores de recubrimientos de NACE.

El registro de las condiciones ambientales, es uno de los principales documentos que debe ser presentado al cliente, ya que aquí se puede determinar si las aplicaciones fueron realizadas de acuerdo a las reglas de oro antes mencionadas.

En este registro se debe involucrar el número de serie del equipo con el que se realizó las mediciones para poder revisar si este está calibrado y así garantizar la veracidad en las mediciones.

La cantidad de mediciones y las frecuencias de las mismas pueden depender de varios factores, como por ejemplo: exigencias del cliente, cantidad de área a trabajar, inestabilidad del clima.

Generalmente las condiciones ambientales deben ser monitoreadas cada lapso de 45 minutos a 1 hora, pero muchas veces por la inestabilidad del clima es necesario

medir cada 20 o 30 minutos las condiciones climáticas de trabajo para de esta manera asegurarnos de no tener inconvenientes de humedad o condensado.

Respecto a la documentación de las mismas, se puede llevar un registro diario en donde consten las actividades que se han realizado durante la jornada laboral, ya sean de limpieza superficial o de aplicación de pintura.

Para este caso se presenta el reporte N° UTA-FICM-AJ_09.1, en el que constarán las condiciones ambientales de la limpieza superficial y aplicación de primera capa de pintura para las tres probetas del sistema de pintura tricapa en mención.

En lo que concierne a la limpieza superficial, en este registro se debe documentar fotográficamente el grado de limpieza alcanzado mediante el granallado y de igual manera el grado de rugosidad o perfil de anclaje, el mismo que se mide en milésimas de pulgada (mils).

Se deberá de igual manera realizar un reporte por producción diaria, y en el mismo deberá constar la serie del equipo con el que se realizó la medición de la rugosidad, para de esta manera asegurarnos de que estemos cumpliendo con lo solicitado por la especificación de pintura emitida por el cliente.

En esta ocasión presentaremos un reporte de limpieza por cada probeta (Reporte N° UTA-FICM-AJ_06.4, 06.5 y 06.6; correspondiente a cada número de probeta), ya que debemos considerar que cada probeta es un equipo diferente y que nos arrojará un resultado independiente cada una.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REGÍSTRO DE CONDICIONES AMBIENTALES

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | | |
|----------------------|--|-----------------|------------------------|--------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°04, 05 y 06 - Correspondientes al sistema tricapa. | | | 1 de 3 |
| Fecha de ejecución: | 29 de Octubre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_09.1 | |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM | |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta | |

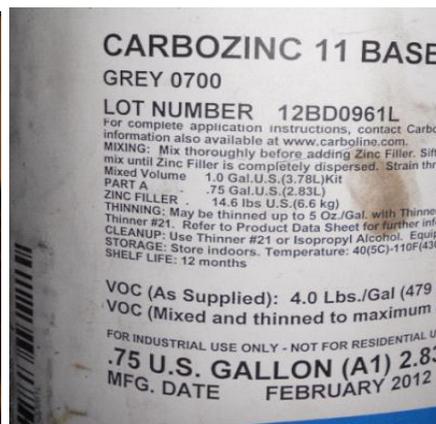
PARÁMETROS PRINCIPALES

| | | | |
|------------------------|---|----------|---------|
| Equipo utilizado: | Elcometer 416 | Serie N° | MG16245 |
| Estandar Aplicado: | ISO 8502-4 | | |
| Abreviaturas: | T.A. - Temperatura Ambiente; T.S. - Temperatura del sustrato | | |
| | H.R. - Humedad Relativa; T.R. - Temperatura de Punto de Rocío | | |
| Indicadores del Clima: | S - Sunny; C - Cloudy; O - Overcast; R - Rainy | | |

REGÍSTRO

| DESCRIPCIÓN | | CONDICIONES AMBIENTALES | | | | | | PINTURA APLICADA | | |
|-------------|--|-------------------------|-----------|----------|----------|---------------|-------|------------------|-----------|------------|
| HORA | ACTIVIDADES | T.A. (°C) | T.S. (°C) | H.R. (%) | T.R.(°C) | T.S.-T.R.(°C) | CLIMA | COMPONENTE | LOTE | T.REPINTE |
| 14:15 | Granallado de probetas | 18.9 | 18 | 61.3 | 11.3 | 6.7 | C | Carbozinc 11 | | Indefinido |
| 15:05 | Aplicación de primera capa de Pintura. | 18.6 | 17.9 | 62.5 | 11.4 | 6.5 | C | Parte A | 12BD0961L | |
| | | | | | | | | Parte B | 11FD8898Z | |
| 15:30 | Fin de la Aplicación | 19.2 | 18.1 | 61.5 | 11.2 | 6.9 | C | | | |

REPORTE FOTOGRÁFICO:



Observaciones: Las temperaturas son adecuadas para proceder con las actividades de limpieza superficial y pintura

Ejecutor: _____
 Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
 Ing. Alejandro moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE LIMPIEZA SUPERFICIAL

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°04 | 1 de 3 | |
| Fecha de ejecución: | 29 de Octubre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_06.4 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

LIMPIEZA SUPERFICIAL

| | |
|-------------------------|--|
| Instrumentos utilizado: | Micrómetro - Marca Elcometer - Serie N°: LJ 02860 |
| | Press o film - Marca TESTEX- Rango de 1.5 a 4.5 mils |
| Norma Aplicada: | Estándar visual SSPC - VIS 1 |
| Tipo de Abrasivo: | Mezcla de granalla metálica G50 y S280 |
| Limpieza Alcanzada: | SSPC - SP10 - Grado B |
| Temperatura Sustrato | 18°C |
| Rugosidad Obtenida: | 2,8 mils de promedio |

REPORTE FOTOGRÁFICO



Observaciones: De acuerdo a los solicitado por el cliente, la superficie cumple de acuerdo a SSPC-VIS1

Ejecutor: _____
Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE LIMPIEZA SUPERFICIAL

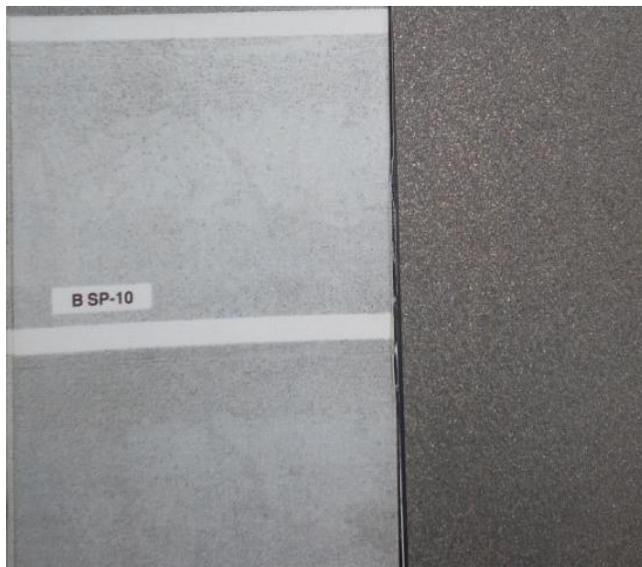
REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°05 | 2 de 3 | |
| Fecha de ejecución: | 29 de Octubre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_06.5 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

LIMPIEZA SUPERFICIAL

| | |
|-------------------------|--|
| Instrumentos utilizado: | Micrómetro - Marca Elcometer - Serie N°: LJ 02860 |
| | Press o film - Marca TESTEX- Rango de 1.5 a 4.5 mils |
| Norma Aplicada: | Estándar visual SSPC - VIS 1 |
| Tipo de Abrasivo: | Mezcla de granalla metálica G50 y S280 |
| Limpieza Alcanzada: | SSPC - SP10 - Grado B |
| Temperatura Sustrato | 18°C |
| Rugosidad Obtenida: | 2,9 mils de promedio |

REPORTE FOTOGRÁFICO



Observaciones: La superficie cumple con lo solicitado en la especificación del proceso de pintura

Ejecutor: _____
Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE LIMPIEZA SUPERFICIAL

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°06 | 3 de 3 | |
| Fecha de ejecución: | 29 de Octubre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_06.6 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

LIMPIEZA SUPEFICIAL

| | |
|-------------------------|--|
| Instrumentos utilizado: | Micrómetro - Marca Elcometer - Serie N°: LJ 02860 |
| | Press o film - Marca TESTEX- Rango de 1.5 a 4.5 mils |
| Norma Aplicada: | Estándar visual SSPC - VIS 1 |
| Tipo de Abrasivo: | Mezcla de granalla metálica G50 y S280 |
| Limpieza Alcanzada: | SSPC - SP10 - Grado B |
| Temperatura Sustrato | 18°C |
| Rugosidad Obtenida: | 3,1 mils de promedio |

REPORTE FOTOGRÁFICO



Observaciones: La superficie cumple con el grado de limpieza SSPC-SP10, condición B

Ejecutor: _____
Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
Ing. Alejandro Moretta

Luego de haber alcanzado el grado de limpieza solicitado, el siguiente paso es la aplicación del recubrimiento, para lo cual previo a esto, el supervisor o inspector encargado debe verificar que las pinturas se mezclen en las cantidades indicadas y con los diluyentes adecuados, tal cual lo manifiesta la hoja técnica de cada producto.

Durante la aplicación del recubrimiento, se debe realizar arbitrariamente unas pocas mediciones de espesor de película húmeda, tal cual lo describe la norma ASTM D4414, con el fin de tener una referencia del espesor que se está aplicando, y así cuando se realicen las mediciones de espesor de película seca del recubrimiento no seamos sorprendidos con valores ubicados fuera del rango permisible.

La documentación de estas mediciones tampoco son necesarias, ya que es un control interno que debe llevar el pintor y el supervisor para poder garantizar un espesor adecuado en seco, muchas de las veces se presentan sólo fotografías anexadas para que el cliente se lleve la tranquilidad de que el trabajo realizado fue hecho de la mejor manera.

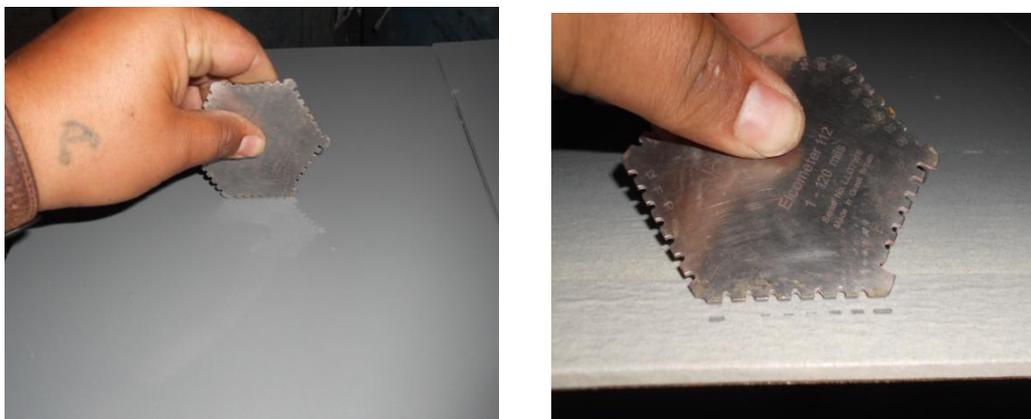


Figura 4.10 y 4.11 Medición de espesor de película húmeda del Carbozinc 11 – ASTM D4414.

Autor: Alex Jarrín

Antes de realizar la medición de espesor de película seca, debemos respetar los tiempos de curado de la pintura descritos en la hoja técnica, ya que hay pinturas que tardan más de 12 horas en secar y si realizamos mediciones antes de

cumplirse este lapso, vamos a conseguir nada más que lecturas falsas las cuales pueden perjudicar la calidad del producto final.

La medición del espesor de película seca se realiza de acuerdo a la norma SSPC – PA2, en la misma que nos da las pautas sobre cómo obtener un promedio de lecturas más real y estandarizado.

Es importante verificar el espesor previo la aplicación de la capa de pintura siguiente, ya que si nuestra capa de pintura presenta un promedio de espesor fuera del rango especificado por el cliente, esta debe ser reparada mediante un lijado hasta llegar al espesor adecuado si el caso que tenga un sobre espesor, o se deberá realizar una segunda aplicación de la misma capa hasta llegar a completar solicitado en el caso de que la capa de pintura este por debajo del valor especificado.

El reporte de esta inspección es otro de los documentos que debe ser primordial para el cliente, ya que es aquí en donde se empieza a llevar el control del espesor de pintura. Para nuestro caso lo hemos documentado en los Reportes N° UTA-FICM-AJ_07.4, 07.5 y 07.6, que corresponden a la inspección de espesores para cada probeta respectivamente.

Dentro de la inspección de cada capa de pintura, es necesario obtener una idea sobre la adherencia que presenta nuestro recubrimiento aplicado, por lo que se realiza la prueba de adhesión por cinta de acuerdo a la norma ASTM D3359, en la misma que nos explica en base al espesor que tenga presente en el recubrimiento el método de corte que se debe aplicar para la realización de la evaluación. Esta evaluación generalmente va incluida en el reporte de medición de pintura de película seca.

Cabe recalcar que este es un ensayo destructivo, por lo que debe ser ejecutado solamente en las placas testigo de los tanques, mas no es la superficie del mismo.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESOR DE PINTURA EN SECO

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | |
|----------------------|------------------------|--------------------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°04 | 1 de 3 |
| Fecha de ejecución: | 30 de Octubre del 2012 | Reporte N°: UTA-FICM-AJ_07.4 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: Ing. Alejandro Moretta |

PARÁMETROS PRINCIPALES

| | |
|-------------------------|---|
| Instrumento utilizado: | 456 Medidor de EPS - Marca: ELCOMETER - Serie N° MG13764 |
| Normas de Referencia: | SSPC - PA 2 / ASTM D3359 |
| Recubrimiento evaluado: | Primera capa - Carbozinc 11 |
| Espesor solicitado: | 2-3 mils. De acuerdo a la norma SSPC PA 2, puntos mínimos se aceptan de 1,6 mils, y máximos de 3,6 mils |

REGÍSTRO DE LAS MEDICIONES:

| SPOT | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PROMEDIO |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|---------------|
| SPOT 1 | 2.5 mils | 2.1 mils | 2.1 mils | 2.2 mils |
| SPOT 2 | 1.7 mils | 2.3 mils | 2.1 mils | 2 mils |
| SPOT 3 | 2.1 mils | 2 mils | 2.2 mils | 2.1 mils |
| SPOT 4 | 2.2 mils | 2.3 mils | 1.9 mils | 2.1 mils |
| SPOT 5 | 1.7 mils | 2.1 mils | 1.7 mils | 1.8 mils |
| PROMEDIO TOTAL DE LA MEDICIÓN | | | | 2 mils |

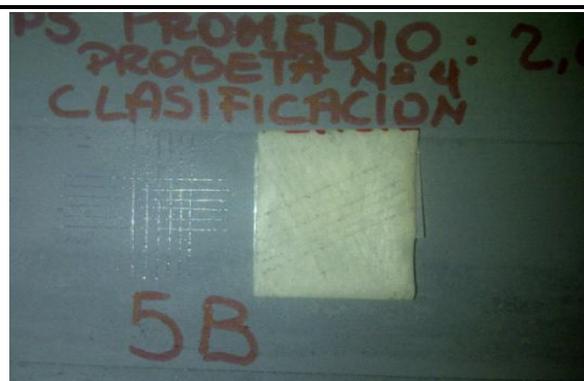
ENSAYO DE ADHERENCIA POR CINTA

ENSAYO REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMA ASTM D3359 - METODO B

RESULTADO:

CLASIFICACIÓN

5B



Observaciones: Los espesores, cumplen con lo solicitado en la especificación del proceso de pintura

Ejecutor: _____
Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESOR DE PINTURA EN SECO

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°05 | 2 de 3 | |
| Fecha de ejecución: | 30 de Octubre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_07.5 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

PARÁMETROS PRINCIPALES

| | |
|-------------------------|---|
| Instrumento utilizado: | 456 Medidor de EPS - Marca: ELCOMETER - Serie N° MG13764 |
| Normas de Referencia: | SSPC - PA 2 / ASTM D3359 |
| Recubrimiento evaluado: | Primera capa - Carbozinc 11 |
| Espesor solicitado: | 2-3 mils. De acuerdo a la norma SSPC PA 2, puntos mínimos se aceptan de 1,6 mils, y máximos de 3,6 mils |

REGÍSTRO DE LAS MEDICIONES:

| SPOT | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PROMEDIO |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|-----------------|
| SPOT 1 | 2.2 mils | 2.2 mils | 2.1 mils | 2.2 mils |
| SPOT 2 | 2.4 mils | 2.7 mils | 2.5 mils | 2.5 mils |
| SPOT 3 | 1.8 mils | 2.1 mils | 2.2 mils | 2 mils |
| SPOT 4 | 2.2 mils | 2.4 mils | 2.3 mils | 2.3 mils |
| SPOT 5 | 2.5 mils | 2.1 mils | 2.7 mils | 2.4 mils |
| PROMEDIO TOTAL DE LA MEDICIÓN | | | | 2.3 mils |

ENSAYO DE ADHERENCIA POR CINTA

ENSAYO REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMA
 ASTM D3359 - METODO B

RESULTADO:

| |
|---------------|
| CLASIFICACIÓN |
| 5B |



Observaciones: De acuerdo a norma SSPC-PA2, los espesores son aceptables

Ejecutor: _____
 Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
 Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESOR DE PINTURA EN SECO

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | |
|----------------------|------------------------|--------------------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°06 | 3 de 3 |
| Fecha de ejecución: | 30 de Octubre del 2012 | Reporte N°: UTA-FICM-AJ_07.6 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: Ing. Alejandro Moretta |

PARÁMETROS PRINCIPALES

| | |
|-------------------------|---|
| Instrumento utilizado: | 456 Medidor de EPS - Marca: ELCOMETER - Serie N° MG13764 |
| Normas de Referencia: | SSPC - PA 2 / ASTM D3359 |
| Recubrimiento evaluado: | Primera capa - Carbozinc 11 |
| Espesor solicitado: | 2-3 mils. De acuerdo a la norma SSPC PA 2, puntos mínimos se aceptan de 1,6 mils, y máximos de 3,6 mils |

REGÍSTRO DE LAS MEDICIONES:

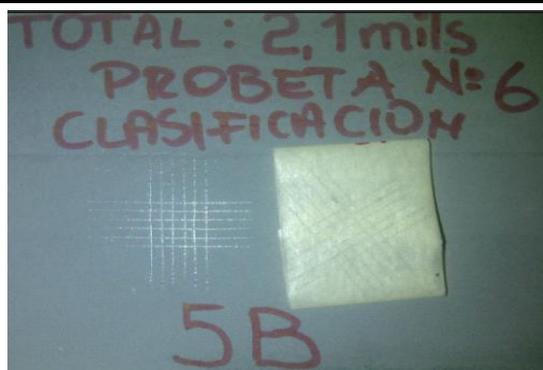
| SPOT | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PROMEDIO |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|-----------------|
| SPOT 1 | 2.6 mils | 2 mils | 2.1 mils | 2.2 mils |
| SPOT 2 | 2 mils | 1.9 mils | 1.9 mils | 1.9 mils |
| SPOT 3 | 2.1 mils | 2.2 mils | 2.1 mils | 2.1 mils |
| SPOT 4 | 1.7 mils | 2.3 mils | 2.1 mils | 2 mils |
| SPOT 5 | 2.2 mils | 2.5 mils | 2.6 mils | 2.4 mils |
| PROMEDIO TOTAL DE LA MEDICIÓN | | | | 2.1 mils |

ENSAYO DE ADHERENCIA POR CINTA

ENSAYO REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMA
 ASTM D3359 - METODO B

RESULTADO:

| |
|---------------|
| CLASIFICACIÓN |
| 5B |



Observaciones: Los espesores estan dentro del rango aceptable, de acuerdo a SSPC-SPA2

Ejecutor: _____
 Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
 Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REGÍSTR0 DE CONDICIONES AMBIENTALES

REGÍSTR0 DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|---|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°04, 05 y 06 - Correspondientes al sistema bicapa. | | 2 de 3 |
| Fecha de ejecución: | 30 de Octubre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_09.2 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

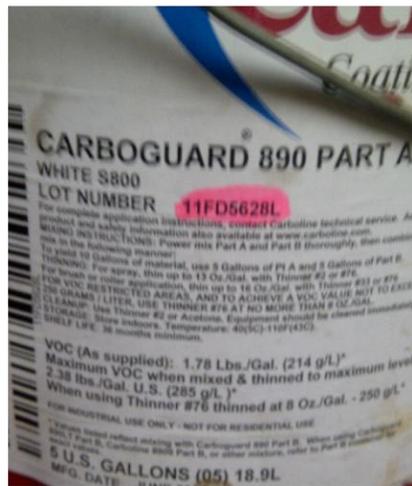
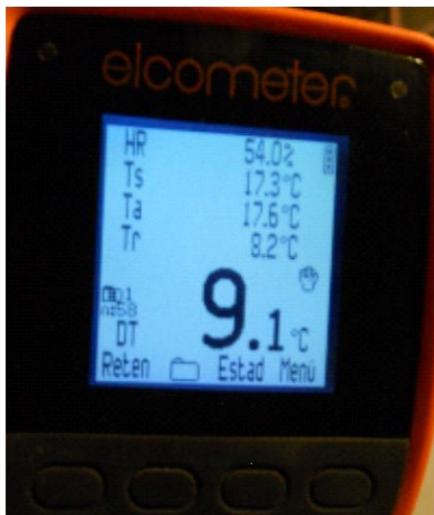
PARÁMETROS PRINCIPALES

| | | | |
|------------------------|---|----------|---------|
| Equipo utilizado: | Elcometer 416 | Serie N° | MG16245 |
| Estandar Aplicado: | ISO 8502-4 | | |
| Abreviaturas: | T.A. - Temperatura Ambiente; T.S. - Temperatura del sustrato H.R. - Humedad Relativa; T.R. - Temperatura de Punto de Rocío | | |
| Indicadores del Clima: | S - Sunny; C - Cloudy; O - Overcast; R - Rainy | | |

REGÍSTR0

| DESCRIPCIÓN | | CONDICIONES AMBIENTALES | | | | | | PINTURA APLICADA | | |
|-------------|----------------------|-------------------------|-----------|----------|-----------|----------------|-------|------------------|-----------|-----------|
| HORA | ACTIVIDADES | T.A. (°C) | T.S. (°C) | H.R. (%) | T.R. (°C) | T.S.-T.R. (°C) | CLIMA | COMPONENTE | LOTE | T.REPINTE |
| 11:10 | Aplicación de | 17.6 | 17.3 | 54 | 8.2 | 9.1 | S | Carboguard 890 | | 3 meses |
| 11:40 | Segunda Capa | 17.2 | 17.5 | 54.9 | 8.5 | 9 | C | Parte A | 11FD5628L | |
| 12:05 | Fin de la Aplicación | 17.5 | 17.4 | 54.2 | 8.1 | 9.3 | S | Parte B | 11HD6811L | |

REPORTE FOTOGRÁFICO:



Observaciones: Las condiciones son favorables para trabajos de pintura

Ejecutor: _____
Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
Ing. Alejandro Moretta

Una vez que se haya verificado los espesores y nivelado en el peor de los casos, nos resta aplicar la segunda que corresponde al epóxico amino, se debe preparar la superficie con un ligero lijado para eliminar residuos de polvo u otras incrustaciones que pueden haberse adherido a nuestra superficie.

Antes de aplicar la segunda capa debemos asegurarnos de que las condiciones ambientales de trabajo sean adecuadas, por lo que nuevamente debemos medir las condiciones ambientales y también debemos registrarlas, para el presente estudio se presenta en el registro N° UTA-FICM-AJ_09.2.

Una buena práctica consiste en aplicar una ligera capa de pintura de 1 mils aproximadamente de espesor, y dejarle reposar a esta al menos unos 10 minutos. Esta práctica se la realiza ya que la composición porosa del zinc, alberga en su micro estructura burbujas de aire, las mismas que se liberan al aplicar el epóxico, entonces si se aplica directamente el espesor completo de la segunda capa sobre cualquier zinc inorgánico y de cualquier marca, se va a tener un gran problema como es la aparición de pin holes, los mismos que tiene forma de cráteres que dañaran por completo nuestra superficie, llevando como consecuencia a largos tiempos de lijado de la superficie y una aplicación de la misma capa.

Después de contar con las condiciones ambientales favorables para la aplicación del recubrimiento, procedemos a la aplicación de la capa epóxico amino, al igual que se realizo con la primera capa, debemos estar pendientes del espesor en húmedo que aplicamos.



Figura 4.12 y 4.13 Medición de espesor de película húmeda del Carboguard 890 – ASTM D4414.

Autor: Alex Jarrín

Posterior a esto se debe realizar la medición de espesor en seco de la misma manera en la que se la realizó para la primera capa. El registro de esta inspección la encontramos en el registro N° UTA-FICM-AJ_08.4, 08.5 y 08.6 respectivamente para cada número de probeta.

Es siempre importante estar pendiente de la adherencia que estamos teniendo entre capas, por lo que siempre es bueno hacer los ensayos de adherencia por cinta, es cierto que este es un resultado que no nos arroja un valor exacto, pero nos ayuda a tener en cuenta o poder prever un gran problema en el recubrimiento, ya que si aplicamos las capas siguientes sobre un primer que no tiene adherencia, el momento de realizar la prueba de pull-off va a puede fallar sistema y se estaría perdiendo una gran cantidad de dinero, debido a que estas pinturas de alto desempeño tienen un valor considerable en el mercado Ecuatoriano.

Como se describe anteriormente es común introducir esta prueba de adherencia por cinta en la inspección de los espesores en seco, por lo que en cada registro anterior ya se puede notar que constan los resultados de las mismas.

Como nos indica la norma, estos resultados solo son categorizados, pero ¿cómo podemos saber hasta que categoría es aceptable?; esto rangos varían en gran parte del recubrimiento que se va a aplicar, pero es una deducción lógica nada mas, el saber que mientras más cercano esté al nivel 5 que es en el tenemos un desprendimiento de 0%, más tranquilidad podemos tener en cuanto al proceso que se está llevando a cabo.

En base a la experiencia que he transcurrido, he logrado notar que hasta la categoría 3 es un rango aceptable, aunque obviamente los valores de pull-off en estas nos van a dar cercanos a 400 psi, valor que es aceptable para ciertos tipos de recubrimientos.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESOR DE PINTURA EN SECO

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|--------------------------|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°04 | 1 de 3 | |
| Fecha de ejecución: | 01 de Noviembre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_08.4 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

PARÁMETROS PRINCIPALES

| | |
|-------------------------|---|
| Instrumento utilizado: | 456 Medidor de EPS - Marca: ELCOMETER - Serie N° MG13764 |
| Normas de Referencia: | SSPC - PA 2 / ASTM D3359 |
| Recubrimiento evaluado: | Segunda capa - Carboguard 890 |
| Espesor solicitado: | 4-6 mils + (2-3 de la primera capa). De acuerdo a la norma SSPC PA 2, puntos mínimos se aceptan de 4,8 mils, y máximos de 10,8 mils |

REGÍSTRO DE LAS MEDICIONES:

| SPOT | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PROMEDIO |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|-----------------|
| SPOT 1 | 7.9 mils | 7.7 mils | 7.3 mils | 7.6 mils |
| SPOT 2 | 8 mils | 7.2 mils | 7.4 mils | 7.5 mils |
| SPOT 3 | 7.4 mils | 8.3 mils | 8.1 mils | 7.8 mils |
| SPOT 4 | 8.8 mils | 7.8 mils | 8.2 mils | 8.1 mils |
| SPOT 5 | 7.5 mils | 6.8 mils | 7.1 mils | 7.2 mils |
| PROMEDIO TOTAL DE LA MEDICIÓN | | | | 7.6 mils |

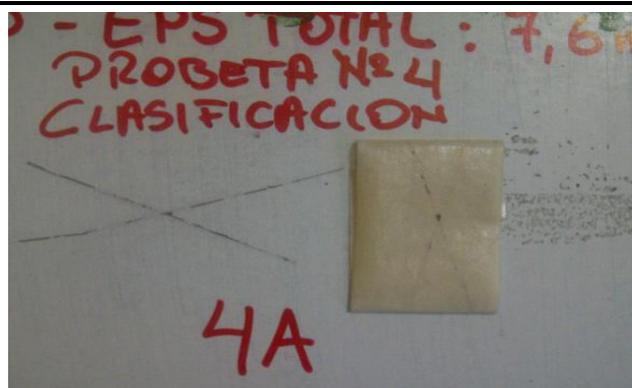
ENSAYO DE ADHERENCIA POR CINTA

ENSAYO REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMA ASTM D3359 - METODO A

RESULTADO:

CLASIFICACIÓN

4A



Observaciones: Los espesores se encuentran dentro del rango permisible de acuerdo a SSPC-PA2

Ejecutor: _____
Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESOR DE PINTURA EN SECO

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|--------------------------|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°05 | | 2 de 3 |
| Fecha de ejecución: | 01 de Noviembre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_08.5 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

PARÁMETROS PRINCIPALES

| | |
|-------------------------|---|
| Instrumento utilizado: | 456 Medidor de EPS - Marca: ELCOMETER - Serie N° MG13764 |
| Normas de Referencia: | SSPC - PA 2 / ASTM D3359 |
| Recubrimiento evaluado: | Primera capa - Sigmacover 280 |
| Espesor solicitado: | 4-6 mils + (2-3 de la primera capa). De acuerdo a la norma SSPC PA 2, puntos mínimos se aceptan de 4,8 mils, y máximos de 10,8 mils |

REGÍSTRO DE LAS MEDICIONES:

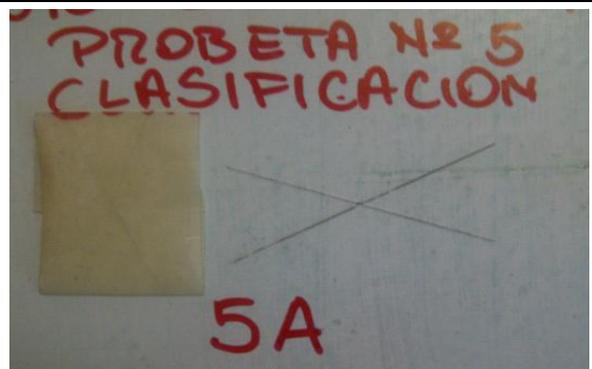
| SPOT | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PROMEDIO |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|-----------------|
| SPOT 1 | 7.6 mils | 7.7 mils | 8 mils | 7.8 mils |
| SPOT 2 | 7.2 mils | 8.2 mils | 7.8 mils | 7.7 mils |
| SPOT 3 | 7.8 mils | 8.3 mils | 7.7 mils | 7.9 mils |
| SPOT 4 | 8.4 mils | 7.8 mils | 8.2 mils | 8.1 mils |
| SPOT 5 | 7.2 mils | 7.5 mils | 7.6 mils | 7.4 mils |
| PROMEDIO TOTAL DE LA MEDICIÓN | | | | 7.8 mils |

ENSAYO DE ADHERENCIA POR CINTA

ENSAYO REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMA
 ASTM D3359 - METODO A

RESULTADO:

| |
|---------------|
| CLASIFICACIÓN |
| 5A |



Observaciones: De acuerdo a la especificación del procedimiento de pintura, los espesores son aceptables

Ejecutor: _____
 Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
 Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESOR DE PINTURA EN SECO

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | |
|----------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°06 | 3 de 3 |
| Fecha de ejecución: | 01 de Noviembre del 2012 | Reporte N°: UTA-FICM-AJ_08.6 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: Ing. Alejandro Moretta |

PARÁMETROS PRINCIPALES

| | |
|-------------------------|---|
| Instrumento utilizado: | 456 Medidor de EPS - Marca: ELCOMETER - Serie N° MG13764 |
| Normas de Referencia: | SSPC - PA 2 / ASTM D3359 |
| Recubrimiento evaluado: | Primera capa - Sigmacover 280 |
| Espesor solicitado: | 4-6 mils + (2-3 de la primera capa). De acuerdo a la norma SSPC PA 2, puntos mínimos se aceptan de 4,8 mils, y máximos de 10,8 mils |

REGÍSTRO DE LAS MEDICIONES:

| SPOT | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PROMEDIO |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|-----------------|
| SPOT 1 | 6.8 mils | 6.4 mils | 7.3 mils | 6.8 mils |
| SPOT 2 | 8.1 mils | 7.3 mils | 7.2 mils | 7.5 mils |
| SPOT 3 | 7.1 mils | 6.9 mils | 7.4 mils | 7.1 mils |
| SPOT 4 | 7.2 mils | 7.5 mils | 7.1 mils | 7.3 mils |
| SPOT 5 | 7.2 mils | 6.5 mils | 7.1 mils | 6.9 mils |
| PROMEDIO TOTAL DE LA MEDICIÓN | | | | 7.1 mils |

ENSAYO DE ADHERENCIA POR CINTA

ENSAYO REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMA
 ASTM D3359 - METODO A

RESULTADO:

| |
|---------------|
| CLASIFICACIÓN |
| 4A |



Observaciones: Los espesores cumplen con lo solicitado en la especificación del
pintura

Ejecutor: Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: Ing. Alejandro Moretta

Al tratarse este un sistema de pintura de mayor espesor, es algo un poco más complicado controlarlo, ya que generalmente en la aplicación de la segunda capa es en donde se puede cargar de mucho espesor o a su vez puede quedar una superficie con muy poco espesor. Es por esto que en esta capa es en donde debemos centrarnos de manera especial, ya que es el espesor del epóxico el que nos llevara a tener un resultado favorable, hay que poner énfasis en las mediciones de espesor en seco de esta capa, porque pese a la medición de los espesores en húmedo, es en esta capa en donde el pintor realiza una mayor cantidad de traslapes y por esto la superficie tiende a ser mucho más irregular.

No quedaría nada mal ser un poco más exhaustivo con las mediciones de espesor en seco, incluso creo que para control interno se debe exceder siempre lo estipulado en la norma, con esto nos aseguramos que vamos a entregar un trabajo de gran calidad.

Otra característica singular de este tipo de epóxicos es que el tiempo de curado tarda más horas, una de las razones principales es la cantidad de espesor de pintura que se aplica, por ende antes de nivelar los espesores en esta capa debemos dejar transcurrir un tiempo prudencial y en seguimiento con la hoja técnica para poder medir o lijar sobre esta superficie.

Como siguiente punto viene la aplicación de la tercera capa, que al igual para el sistema de pintura anterior, se debe asegurar de que la superficie esté libre de contaminantes mediante un leve lijado.

Otra de las principales acciones que se debe tomar en cuenta es el monitoreo de las condiciones ambientales de trabajo al igual que se lo ha hecho y se debe hacer antes, durante u después de toda aplicación de pintura.

En el reporte N° UTA-FICM-AJ_09.3, constan las condiciones ambientales de aplicación, al igual que los lotes de las pinturas que se han aplicado. Estos lotes es importante hacer constar, ya que en caso de que en tiempos futuros el recubrimiento presente algún tipo de inconveniente, se pueda tener como respaldo el lote de pintura emitido por el fabricante.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REGÍSTR0 DE CONDICIONES AMBIENTALES

REGÍSTR0 DE DATOS INFORMATIVOS

| | | |
|----------------------|---|--------------------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°04, 05 y 06 - Correspondientes al sistema bicapa. | 3 de 3 |
| Fecha de ejecución: | 01 de Noviembre del 2012 | Reporte N°: UTA-FICM-AJ_09.3 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: Ing. Alejandro Moretta |

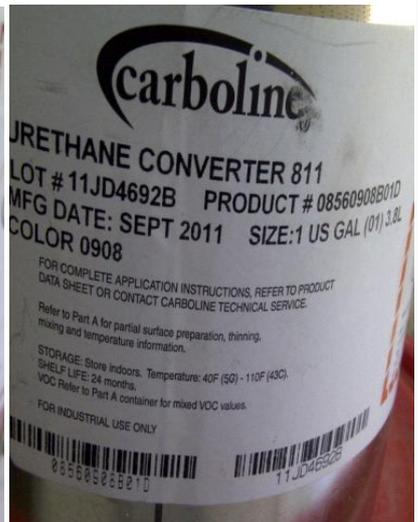
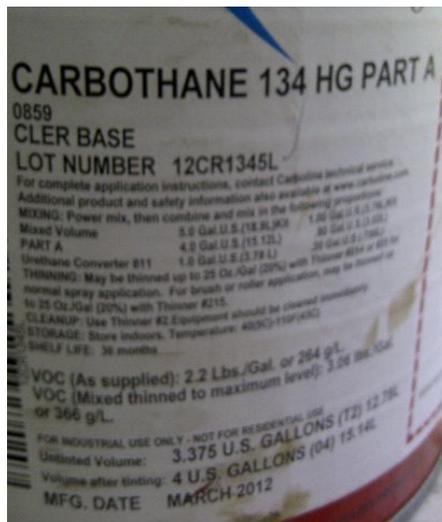
PARÁMETROS PRINCIPALES

| | | | |
|------------------------|---|----------|---------|
| Equipo utilizado: | Elcometer 416 | Serie N° | MG16245 |
| Estandar Aplicado: | ISO 8502-4 | | |
| Abreviaturas: | T.A. - Temperatura Ambiente; T.S. - Temperatura del sustrato | | |
| | H.R. - Humedad Relativa; T.R. - Temperatura de Punto de Rocío | | |
| Indicadores del Clima: | S - Sunny; C - Cloudy; O - Overcast; R - Rainy | | |

REGÍSTR0

| DESCRIPCIÓN | | CONDICIONES AMBIENTALES | | | | | | PINTURA APLICADA | | |
|-------------|----------------------|-------------------------|-----------|----------|----------|---------------|-------|------------------|-----------|-----------|
| HORA | ACTIVIDADES | T.A. (°C) | T.S. (°C) | H.R. (%) | T.R.(°C) | T.S.-T.R.(°C) | CLIMA | COMPONENTE | LOTE | T.REPINTE |
| 09:15 | Aplicación de | 16.5 | 16 | 53 | 7.4 | 8.6 | S | Carbo guard 890 | | 3 meses |
| 09:45 | poliuretano | 16.9 | 16.6 | 52.7 | 7.2 | 9.4 | S | Parte A | 12CR1345L | |
| 22:10 | Fin de la Aplicación | 17.2 | 17 | 52.2 | 7.1 | 9.9 | S | Parte B | 11JD4692B | |

REPORTE FOTOGRAFICO:



Observaciones: Las condiciones ambientales son favorables para la aplicación de pintura

Ejecutor: Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESOR DE PINTURA EN SECO

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | | |
|----------------------|--------------------------|-----------------|------------------------|--------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°04 | | | 1 de 3 |
| Fecha de ejecución: | 05 de Noviembre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_10.4 | |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM | |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta | |

PARÁMETROS PRINCIPALES

| | |
|-------------------------|---|
| Instrumento utilizado: | 456 Medidor de EPS - Marca: ELCOMETER - Serie N° MG13764 |
| Normas de Referencia: | SSPC - PA 2 / ASTM D3359 |
| Recubrimiento evaluado: | Primera capa - Sigmacover 280 |
| Espesor solicitado: | 2-2.5 mils + (2-3 de la 1°capa + 4-6 de 2°capa). De acuerdo a norma SSPC PA2, puntos mínimos se aceptan de 6,4 mils, y máximos de 13,8 mils |

REGÍSTRO DE LAS MEDICIONES:

| SPOT | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PROMEDIO |
|--------|--------------------------------------|-----------|----------|-----------------|
| SPOT 1 | 8.8 mils | 9.7 mils | 9.6 mils | 9.4 mils |
| | 9.1 mils | 8.9 mils | 9.4 mils | 9.1 mils |
| SPOT 2 | 10.3 mils | 8.7 mils | 8.5 mils | 9.2 mils |
| | 8.9 mils | 9.4 mils | 9.1 mils | 9.1 mils |
| SPOT 3 | 9.5 mils | 10.8 mils | 9.4 mils | 9.8 mils |
| | PROMEDIO TOTAL DE LA MEDICIÓN | | | 9.3 mils |

ENSAYO DE ADHERENCIA POR CINTA

ENSAYO REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMA
 ASTM D3359 - METODO A

RESULTADO: CLASIFICACIÓN
5A



Observaciones: Los espesores cumplen con lo requerido en la especificación del procedimiento de pintura

Ejecutor: _____
 Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
 Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESOR DE PINTURA EN SECO

REGÍSTR0 DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|--------------------------|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°05 | 2 de 3 | |
| Fecha de ejecución: | 05 de Noviembre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_10.5 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

PARÁMETROS PRINCIPALES

| | |
|-------------------------|---|
| Instrumento utilizado: | 456 Medidor de EPS - Marca: ELCOMETER - Serie N° MG13764 |
| Normas de Referencia: | SSPC - PA 2 / ASTM D3359 |
| Recubrimiento evaluado: | Primera capa - Sigmacover 280 |
| Espesor solicitado: | 2-2.5 mils + (2-3 de la 1°capa + 4-6 de 2°capa). De acuerdo a norma SSPC PA2, puntos mínimos se aceptan de 6,4 mils, y máximos de 13,8 mils |

REGÍSTR0 DE LAS MEDICIONES:

| SPOT | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PROMEDIO |
|--------|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| SPOT 1 | 9.8 mils | 11.2 mils | 10.8 mils | 10.6 mils |
| | 11.2 mils | 10.7 mils | 10.5 mils | 10.8 mils |
| SPOT 2 | 11.5 mils | 10.4 mils | 11.6 mils | 11.2 mils |
| | 9.9 mils | 9.7 mils | 10.2 mils | 9.9 mils |
| SPOT 3 | 10 mils | 10.6 mils | 10.1 mils | 10.2 mils |
| | PROMEDIO TOTAL DE LA MEDICIÓN | | | 10.5 mils |

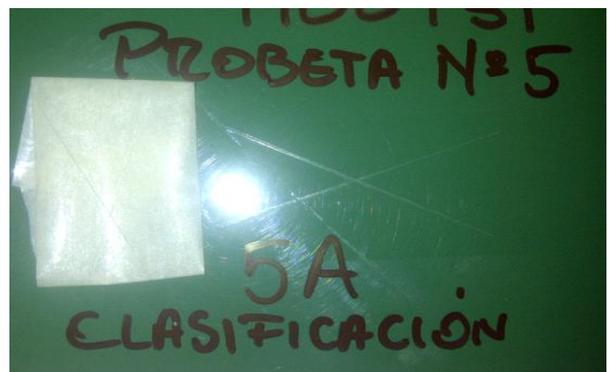
ENSAYO DE ADHERENCIA POR CINTA

ENSAYO REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMA
 ASTM D3359 - METODO A

RESULTADO:

CLASIFICACIÓN

5A



Observaciones: De acuerdo a SSPC - PA2, los espesores estan dentro del rango permisible

Ejecutor: _____

Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____

Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESOR DE PINTURA EN SECO

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|--------------------------|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°06 | | 3 de 3 |
| Fecha de ejecución: | 05 de Noviembre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_10.6 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

PARÁMETROS PRINCIPALES

| | |
|-------------------------|---|
| Instrumento utilizado: | 456 Medidor de EPS - Marca: ELCOMETER - Serie N° MG13764 |
| Normas de Referencia: | SSPC - PA 2 / ASTM D3359 |
| Recubrimiento evaluado: | Primera capa - Sigmacover 280 |
| Esesor solicitado: | 2-2.5 mils + (2-3 de la 1° capa + 4-6 de 2° capa). De acuerdo a la norma SSF PA2, puntos mínimos se aceptan de 6,4 mils, y máximos de 13,8 mils |

REGÍSTRO DE LAS MEDICIONES:

| SPOT | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PROMEDIO |
|--------|--------------------------------------|-----------|----------|----------|
| SPOT 1 | 8.9 mils | 10.2 mils | 8.7 mils | 9.3 mils |
| | 9.7 mils | 8.8 mils | 9.1 mils | 9.2 mils |
| SPOT 2 | 8.7 mils | 8.9 mils | 9.2 mils | 8.9 mils |
| | 9.2 mils | 9.2 mils | 9.6 mils | 9.3 mils |
| SPOT 3 | 9.7 mils | 8.9 mils | 9.9 mils | 9.5 mils |
| | PROMEDIO TOTAL DE LA MEDICIÓN | | | |
| | | | | 9.2 mils |

ENSAYO DE ADHERENCIA POR CINTA

ENSAYO REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMA
 ASTM D3359 - METODO A

RESULTADO:

CLASIFICACIÓN

4A



Observaciones: Los espesores de pintura, cumplen con lo especificado en el procedimiento de pintura

Ejecutor: _____
 Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
 Ing. Alejandro Moretta

De la misma manera en que con los otros recubrimientos, es importante llevar un control de la aplicación en húmedo.

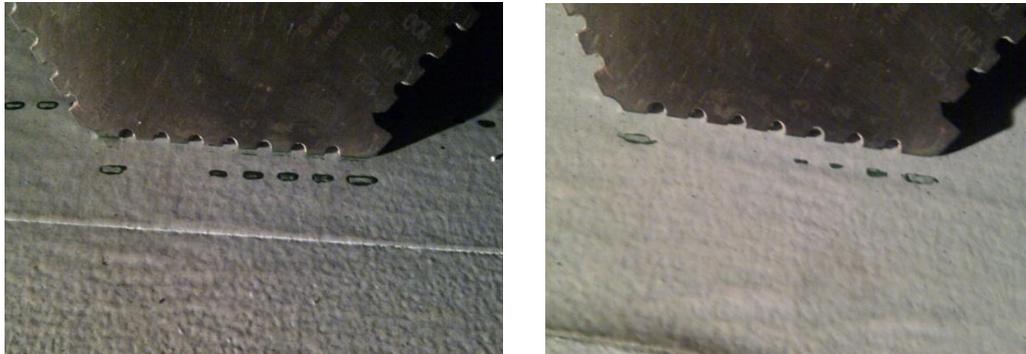


Figura 4.14 y 4.15 Medición de espesor de película húmeda Carbothane 134 HG – ASTM D4414.

Autor: Alex Jarrín

Los reportes de medición de película seca de la tercera capa se encuentran en los registros N° UTA-FICM-AJ_10.4, 10.5 y 10.6 respectivamente con cada número de probeta.

Una vez que nuestro recubrimiento haya llegado al curado completo, lo único que nos resta es realizar las pruebas de adherencia pull-off, esta es la prueba que siempre todo cliente monitorea, ya que mediante este resultado se puede dar como valido o se puede rechazar un recubrimiento aplicado.

Hay que considerar que cada fabricante de pintura recomienda un valor para un sistema de pintura diferente, como es el caso para el sistema tricapa (Zinc inorgánico + Epóxico Amino + Poliuretano acrílico) de la marca Carboline que es el que vamos a evaluar, el cliente ha establecido un valor de mínimo 300 psi como aceptable. Siempre dependerá si el cliente es más riguroso, ya que el mismo puede solicitar un valor algo mayor, pero tampoco es razonable un valor exorbitante.

Los resultados de los valores obtenidos en la prueba de adherencia por arranque PULL-OFF, se encuentran documentados en los registros N° UTA-FICM-AJ_11.4, 11.5 y 11.6, respectivamente con cada una de las probetas.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REGÍSTRO DE ENSAYO DE ADHERENCIA PULL-OFF

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|--|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°04 - Correspondiente al sistema tricapa. | | 1 de 3 |
| Fecha de ejecución: | 20 de Noviembre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_11.4 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

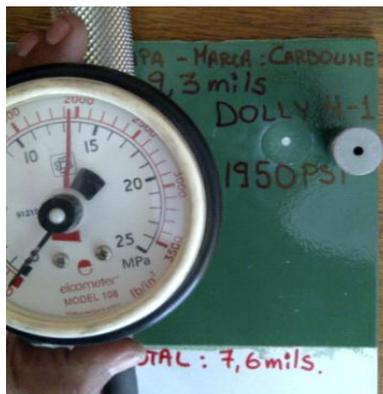
PARÁMETROS PRINCIPALES

| | | | |
|--------------------|---|----------------------|-------------|
| Equipo utilizado: | Elcometer 108 | Serie N° | LL03689 |
| Estandar Aplicado: | ASTM D4145 | Sustrato: | Acero |
| Fecha de pega | 20-Nov-12 | Fecha de arranque | 20-Nov-12 |
| Pegamento | 3M - MC 1500 | Tiempo de curado | 21 días |
| Sistema de Pintura | Zinc+Epoxico+Poliuretano | Limpieza de sustrato | SSPC - SP10 |
| DENOMINACIONES: | A - SUSTRATO (ACERO); B - PRIMERA CAPA (CARBOZINC 11) C - 2° CAPA (CARBOGUARD 890); D - 3° CAPA (CARBOTHANE 134 HG) Y - PEGAMENTO (3M - MC1500); Z - DOLLY (ACERO INOXIDABLE) | | |

REGÍSTRO

| DOLLY | MARCA DE PINTURA | VALOR PSI | FALLA 1 / LOCALIZACIÓN | FALLA 2 / LOCALIZACIÓN | FALLA 3 / LOCALIZACIÓN |
|-------|------------------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | Carboline | 1950 | 100% Pegamento | N/A | N/A |
| 2 | Carboline | 1900 | 100% Pegamento | N/A | N/A |
| 3 | Carboline | 2000 | 100% Pegamento | N/A | N/A |

REPORTE FOTOGRÁFICO:



DOLLY 1



DOLLY 2



DOLLY 3

Observaciones: De acuerdo a la tabla N°4.4, los valores son aceptables

Ejecutor: Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REGÍSTRO DE ENSAYO DE ADHERENCIA PULL-OFF

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | |
|----------------------|--|--------------------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°05 - Correspondiente al sistema tricapa. | 2 de 3 |
| Fecha de ejecución: | 20 de Noviembre del 2012 | Reporte N°: UTA-FICM-AJ_11.5 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: Ing. Alejandro Moretta |

PARÁMETROS PRINCIPALES

| | | | |
|--------------------|---|----------------------|-------------|
| Equipo utilizado: | Elcometer 108 | Serie N° | LL03689 |
| Estandar Aplicado: | ASTM D4145 | Sustrato: | Acero |
| Fecha de pega | 20-Nov-12 | Fecha de arranque | 20-Nov-12 |
| Pegamento | 3M - MC 1500 | Tiempo de curado | 21 días |
| Sistema de Pintura | Zinc+Epoxico+Poliuretano | Limpieza de sustrato | SSPC - SP10 |
| DENOMINACIONES: | A - SUSTRATO (ACERO); B - PRIMERA CAPA (CARBOZINC 11) C - 2° CAPA (CARBOGUARD 890); D - 3° CAPA (CARBOTHANE 134 HG) Y - PEGAMENTO (3M - MC1500); Z - DOLLY (ACERO INOXIDABLE) | | |

REGÍSTRO

| DOLLY | MARCA DE PINTURA | VALOR PSI | FALLA 1 / LOCALIZACIÓN | FALLA 2 / LOCALIZACIÓN | FALLA 3 / LOCALIZACIÓN |
|-------|------------------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | Carboline | 1900 | 30% Cohesión C | 70% Pegamento | N/A |
| 2 | Carboline | 2100 | 70% Cohesión C | 30% Pegamento | N/A |
| 3 | Carboline | 1800 | 85% Cohesión C | 15% Pegamento | N/A |

REPORTE FOTOGRÁFICO:



DOLLY 1



DOLLY 2



DOLLY 3

Observaciones: Los resultados son aceptables en base a lo especificado en la Tabla N° 4.4

Ejecutor: _____
Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REGÍSTR0 DE ENSAYO DE ADHERENCIA PULL-OFF

REGÍSTR0 DE DATOS INFORMATIVOS

| | | |
|----------------------|--|--------------------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°06 - Correspondiente al sistema tricapa. | 3 de 3 |
| Fecha de ejecución: | 20 de Noviembre del 2012 | Reporte N°: UTA-FICM-AJ_11.6 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: Ing. Alejandro Moretta |

PARÁMETROS PRINCIPALES

| | | | |
|--------------------|---|----------------------|-------------|
| Equipo utilizado: | Elcometer 108 | Serie N° | LL03689 |
| Estandar Aplicado: | ASTM D4145 | Sustrato: | Acero |
| Fecha de pega | 20-Nov-12 | Fecha de arranque | 20-Nov-12 |
| Pegamento | 3M - MC 1500 | Tiempo de curado | 21 días |
| Sistema de Pintura | Zinc+Epoxico+Poliuretano | Limpieza de sustrato | SSPC - SP10 |
| DENOMINACIONES: | A - SUSTRATO (ACERO); B - PRIMERA CAPA (CARBOZINC 11) C - 2° CAPA (CARBOGUARD 890); D - 3° CAPA (CARBOTHANE 134 HG) Y - PEGAMENTO (3M - MC1500); Z - DOLLY (ACERO INOXIDABLE) | | |

REGÍSTR0

| DOLLY | MARCA DE PINTURA | VALOR PSI | FALLA 1 / LOCALIZACIÓN | FALLA 2 / LOCALIZACIÓN | FALLA 3 / LOCALIZACIÓN |
|-------|------------------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | Carboline | 2200 | 100% Pegamento | N/A | N/A |
| 2 | Carboline | 2150 | 100% Pegamento | N/A | N/A |
| 3 | Carboline | 2050 | 100% Pegamento | N/A | N/A |

REPORTE FOTOGRÁFICO:



DOLLY 1

DOLLY 2

DOLLY 3

Observaciones: De acuerdo a la tabla N°4.4, los valores son aceptables.

Ejecutor: Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: Ing. Alejandro Moretta



Figura 4.16 Probetas del sistema tricapa después de haber realizado los respectivos ensayos

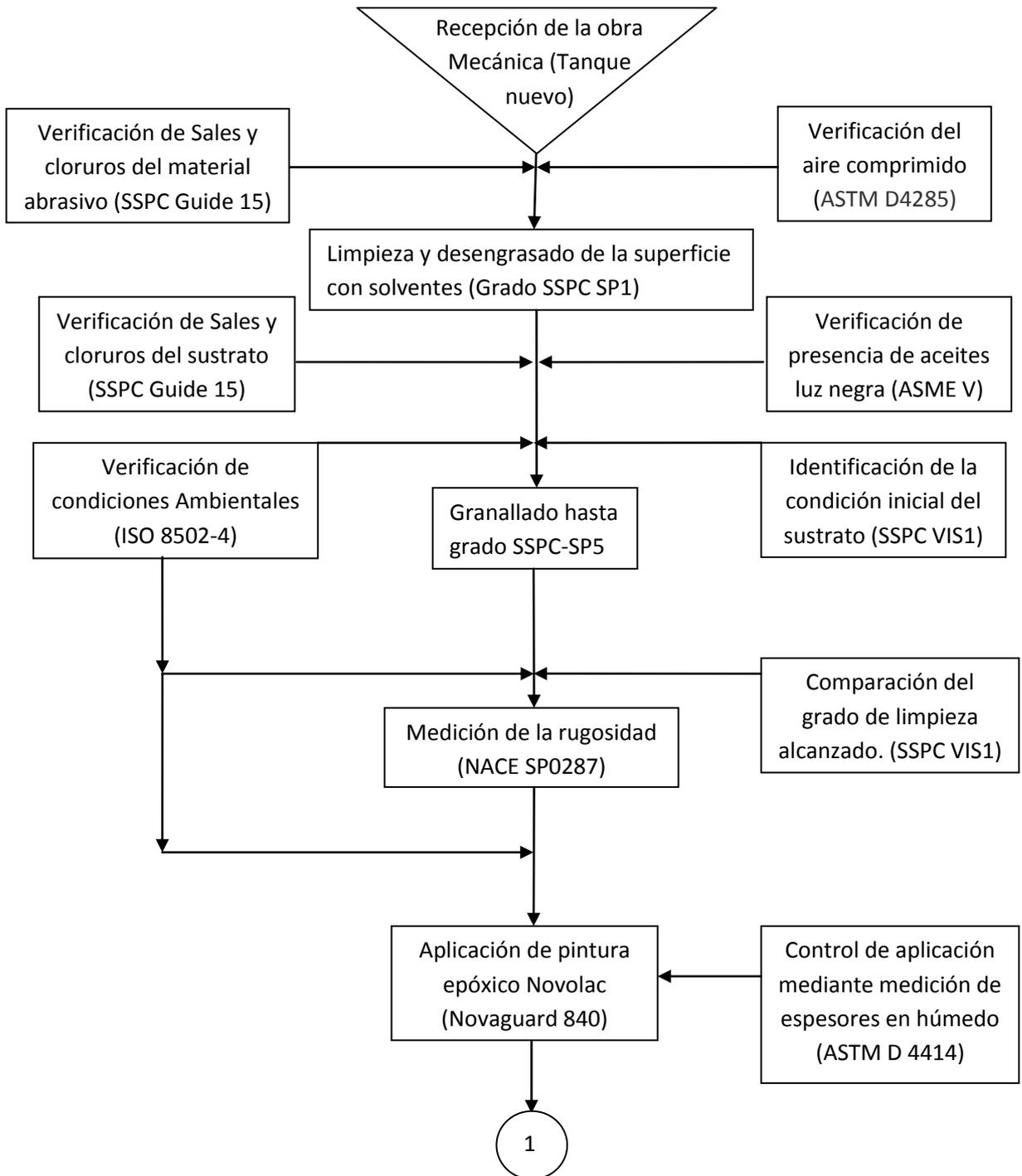
Autor: Alex Jarrín

Es importante considerar que para este ensayo de adherencia por arranque (Pull-off), hay que realizarlo en el sistema completo de pintura, ya que si evaluamos capa por capa, los resultados van a ser inferiores, ya que estas pinturas están diseñadas para trabajar con el sistema completo. Además que como se puede observar, no importa el número de capas que se tengan presentes, este ensayo va a encontrar la falla en cualquiera que la capa con menor resistencia o cualquiera de las capas que no estén bien adheridas.

Es por esto que la mayoría de los clientes se sienten complacidos, si los resultados de esta prueba reflejan valores sumamente más altos a los recomendados por el fabricante de la pintura.

Existen otros tipos de ensayos que se pueden realizar a un recubrimiento, los que se han presentado en este estudio son los más comunes que se realizan y los que la mayoría de los clientes solicita.

Diagrama de flujo para el proceso de pintura con sistema mono capa para interior de tanques nuevos de almacenamiento de crudo de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.



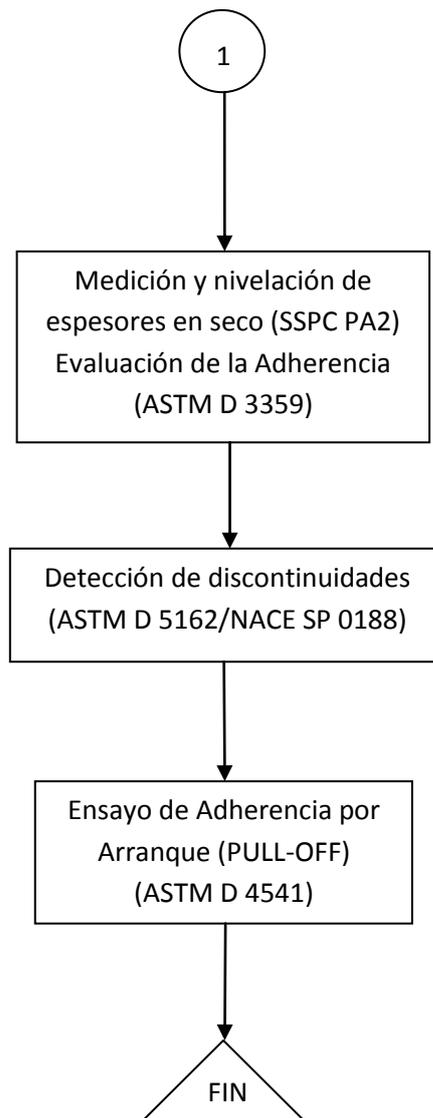


Diagrama 4.6 Diagrama de flujo para el proceso de pintura con sistema mono capa para interior de tanques nuevos de almacenamiento de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.

Autor: Alex Jarrín

El sistema monocapa para inmersión, siempre es un proceso más complejo, ya que las exigencias del fabricante para su aplicación son mas minuciosas, al igual que los productos son mucho más complejos de utilizar, todo esto es debido a las exigencias de trabajo a las que va a estar sometido el recubrimiento.

Al igual que con los otros sistemas, debemos verificar el aire comprimido que nos está suministrando nuestro equipo de compresión, tal cual lo dicta la norma. La prueba que se realizó para el sistema bicapa es válida para los tres sistemas, ya que fue en el mismo momento que se realizó la limpieza para las nueve probetas. Por ende lo documentado en el registro N° UTA-FICM-AJ_01, nos da luz verde para proceder con la preparación de la probeta.

En el registro N° UTA-FICM-AJ_02, encontramos de igual manera una prueba que es válida para los tres sistemas que se aplicaran en las nueve probetas. La evaluación del material abrasivo nos da a conocer si en vez de limpiar a la superficie de las probetas se las está contaminando, las tres muestras que fueron seleccionadas al azar, nos deja en claro que todo el lote de granalla con la que se está trabajando está libre de contaminantes salinos, por ende es otro indicativo a nuestro favor para poder iniciar con los trabajos de limpieza superficial.

Si ya nos cercioramos de que nuestro abrasivo está libre de sales, las superficies a las que se les realizara la limpieza abrasiva también deberían estar libres de sales, una de las razones es para no contaminar el abrasivo que se dispone, y otra y la más importante es que estos contaminantes no se eliminan con la limpieza abrasiva, por ende si se granalla una superficie contaminada, los contaminantes salinos permanecerán en la misma placa y a la vez habrán contaminado el abrasivo.

Hay que considerar que pueden existir contaminantes de aceites o grasas, los cuales igual no se eliminan con el granallado.

Para garantizar de cierta forma la remoción de esos contaminantes, realizamos una limpieza previa del grado SSPC SP1, utilizando solventes, el más común es utilizar abundante agua y jabón. Este proceso se lo ha documentado en el reporte N° UTA-FICM-AJ_03.

Después de haber lavado la superficie minuciosamente, debemos asegurarnos de haber removido todo rastro de grasa u salinidad, por lo que es necesario realizar un par de pruebas.

La inspección del sustrato con luz fluorescente o conocida comúnmente como luz negra, ayudará a encontrar indicios de manchas con grasa o aceites. Las

fotografías de este proceso las encontramos en las figuras 4.3 y 4.4 (Verificación de presencia de grasas o aceites por medio de luz negra).

La toma de muestras de sales con los tubos Kitagawa, darán a conocer si el sustrato está contaminado con sales o no, esta prueba que se realizó para las 9 probetas, la encontramos en el reporte N° UTA-FICM-AJ_04.

Al igual que con todas las aplicaciones de recubrimientos, se debe monitorear constantemente el clima, para así asegurarnos de que el sustrato va a estar seco y libre de condensación.

Las lecturas de las condiciones ambientales para el sistema monocapa, se las ha documentado en el reporte N° UTA-FICMA-AJ_12, el mismo que párrafos más bajo es anexado.

Para el proceso de limpieza superficial se debe considerar que la limpieza que se le va a realizar a la superficie es la más exhaustiva, por ende los costos de producción para la misma son más elevados debido al tiempo que tarda en alcanzar el grado de limpieza solicitado.

Siempre que se trate de recubrimientos que van a estar sometidos a inmersión, el grado de limpieza debe ser hasta metal blanco, ya que si se invierte en una pintura de alto desempeño con un costo mucho más elevado en relación a las demás, no se debe estimar costos en la preparación superficial.

La evaluación de la limpieza superficial se la ha documentado en los registros N° UTA-FICM- AJ_6.7, 6.8 y 6.9, que corresponden a cada una de las placas a las que se les ha realizado la limpieza superficial.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REGÍSTRO DE CONDICIONES AMBIENTALES

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | | |
|----------------------|--|-----------------|------------------------|--------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°07, 08 y 09 - Correspondientes al sistema monocapa | | | 1 de 1 |
| Fecha de ejecución: | 29 de Octubre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_12 | |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM | |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta | |

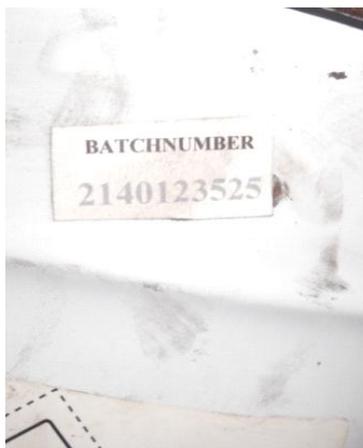
PARÁMETROS PRINCIPALES

| | | | |
|------------------------|---|----------|---------|
| Equipo utilizado: | Elcometer 416 | Serie N° | MG16245 |
| Estandar Aplicado: | ISO 8502-4 | | |
| Abreviaturas: | T.A. - Temperatura Ambiente; T.S. - Temperatura del sustrato | | |
| | H.R. - Humedad Relativa; T.R. - Temperatura de Punto de Rocío | | |
| Indicadores del Clima: | S - Sunny; C - Cloudy; O - Overcast; R - Rainy | | |

REGÍSTRO

| HORA | DESCRIPCIÓN | CONDICIONES AMBIENTALES | | | | | | PINTURA APLICADA | | |
|-------|--|-------------------------|-----------|----------|-----------|----------------|-------|--------------------|--------------------------|-----------|
| | | T.A. (°C) | T.S. (°C) | H.R. (%) | T.R. (°C) | T.S.-T.R. (°C) | CLIMA | COMPONENTE | LOTE | T.REPINTE |
| 14:15 | Granallado de probetas | 18.9 | 18 | 61.3 | 11.3 | 6.7 | C | Novaguard 840 | | 2 meses |
| 15:05 | Aplicación de primera capa de Pintura. | 18.6 | 17.9 | 62.5 | 11.4 | 6.5 | C | Parte A Parte B | 2140123525 2110137404 | |
| 15:30 | Fin de la Aplicación | 19.2 | 18.1 | 61.5 | 11.2 | 6.9 | C | | | |

REPORTE FOTOGRÁFICO:



Observaciones: Las condiciones ambientales son adecuadas para proceder con los trabajos de granallado y pintura

Ejecutor: _____
 Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
 Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE LIMPIEZA SUPERFICIAL

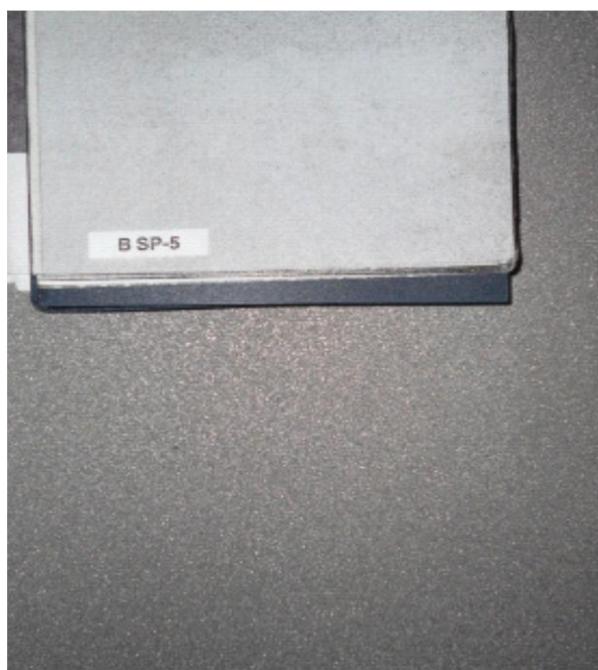
REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°07 | 1 de 3 | |
| Fecha de ejecución: | 29 de Octubre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_06.7 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

LIMPIEZA SUPEFICIAL

| | |
|-------------------------|--|
| Instrumentos utilizado: | Micrómetro - Marca Elcometer - Serie N°: LJ 02860 |
| | Press o film - Marca TESTEX- Rango de 1.5 a 4.5 mils |
| Norma Aplicada: | Estándar visual SSPC - VIS 1 |
| Tipo de Abrasivo: | Mezcla de granalla metálica G50 y S280 |
| Limpieza Alcanzada: | SSPC - SP5- Grado B |
| Temperatura Sustrato | 18°C |
| Rugosidad Obtenida: | 3,1 mils de promedio |

REPORTE FOTOGRÁFICO



Observaciones: La limpieza superficial cumple con el estandar SSPC-Vis1

Ejecutor: _____
Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE LIMPIEZA SUPERFICIAL

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°08 | 2de 3 | |
| Fecha de ejecución: | 29 de Octubre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_06.8 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

LIMPIEZA SUPEFICIAL

| | |
|-------------------------|--|
| Instrumentos utilizado: | Micrómetro - Marca Elcometer - Serie N°: LJ 02860 |
| | Press o film - Marca TESTEX- Rango de 1.5 a 4.5 mils |
| Norma Aplicada: | Estándar visual SSPC - VIS 1 |
| Tipo de Abrasivo: | Mezcla de granalla metálica G50 y S280 |
| Limpieza Alcanzada: | SSPC - SP5- Grado B |
| Temperatura Sustrato | 18°C |
| Rugosidad Obtenida: | 3,2 mils de promedio |

REPORTE FOTOGRÁFICO



Observaciones: La limpieza superficial alcanzó el grado SSPC-SP5, condición B

Ejecutor: _____
Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE LIMPIEZA SUPERFICIAL

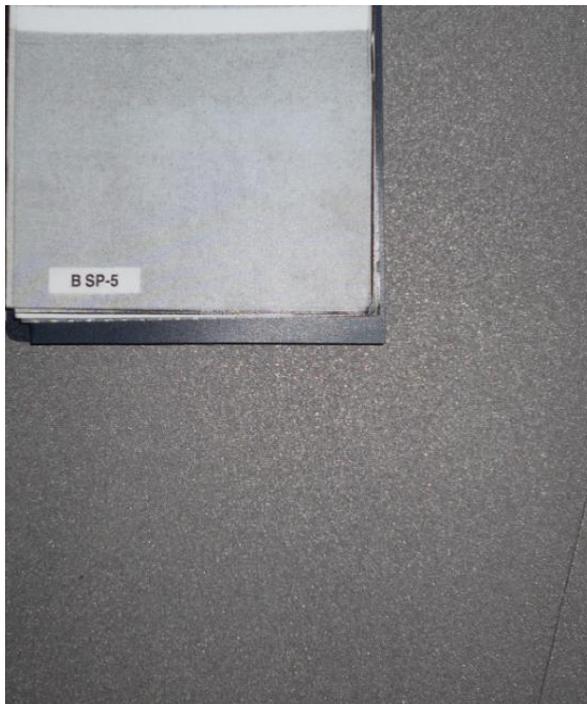
REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°09 | 3 de 3 | |
| Fecha de ejecución: | 29 de Octubre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_06.9 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

LIMPIEZA SUPEFICIAL

| | |
|-------------------------|---|
| Instrumentos utilizado: | Micrómetro - Marca Elcometer - Serie N°: LJ 02860 Press o film - Marca TESTEX- Rango de 1.5 a 4.5 mils |
| Norma Aplicada: | Estándar visual SSPC - VIS 1 |
| Tipo de Abrasivo: | Mezcla de granalla metálica G50 y S280 |
| Limpieza Alcanzada: | SSPC - SP5- Grado B |
| Temperatura Sustrato | 18°C |
| Rugosidad Obtenida: | 3,0 mils de promedio |

REPORTE FOTOGRÁFICO



Observaciones: El grado de limpieza superficial cumple con lo especificado en el procedimiento de pintura

Ejecutor: _____
Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
Ing. Alejandro Moretta

Ya con la superficie completamente limpia, se procede a realizar la aplicación del recubrimiento, para lo cual es necesario inspeccionar la preparación de este tipo de pinturas, ya que si no se las mezcla en las proporciones adecuadas o se añade un diluyente inapropiado se puede echar a perder la aplicación del recubrimiento. De la misma manera y con mayor importancia para este tipo de recubrimientos de alto espesor, es primordial la verificación del espesor en húmedo, debido a que si el espesor que se aplica es inferior al solicitado por el cliente, la preparación superficial para la re capa es bastante compleja y debe ser bastante exhaustiva para poder tener una buena adherencia. En las siguientes fotografías se puede observar que se realizó la verificación del espesor de pintura en húmedo.

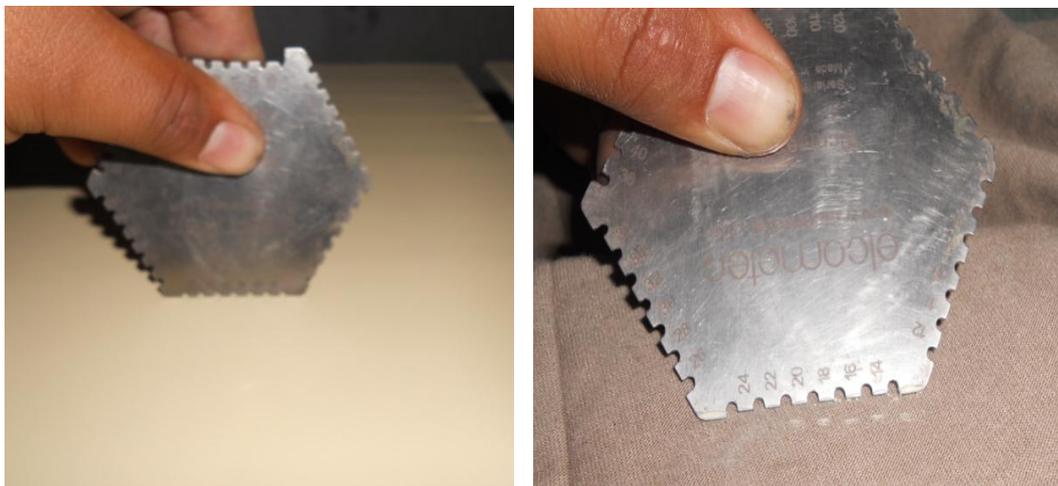


Figura 4.17 y 4.18 Medición de espesor de película húmeda del Novaguard 840 – ASTM D4414.

Autor: Alex Jarrín

Cuando la pintura haya curado completamente, nos resta realizar la inspección del espesor de película seca de pintura, la misma que se la debe hacer de acuerdo al estándar SSPC PA2, mediciones que se encuentran documentados en los reportes N° UTA-FICM-AJ_07.7, 07.8 y 07.9, respectivamente de acuerdo al número de probeta.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESOR DE PINTURA EN SECO

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | |
|----------------------|------------------------|--------------------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°07 | 1 de 3 |
| Fecha de ejecución: | 30 de Octubre del 2012 | Reporte N°: UTA-FICM-AJ_07.7 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: Ing. Alejandro Moretta |

PARÁMETROS PRINCIPALES

| | |
|-------------------------|--|
| Instrumento utilizado: | 456 Medidor de EPS - Marca: ELCOMETER - Serie N° MG13764 |
| Normas de Referencia: | SSPC - PA 2 / ASTM D3359 |
| Recubrimiento evaluado: | Primera capa - Novaguard 840 |
| Esesor solicitado: | 12-24 mils. De acuerdo a la norma SSPC PA 2, puntos mínimos se aceptan de 9,6 mils, y máximos de 28,8 mils |

REGÍSTRO DE LAS MEDICIONES:

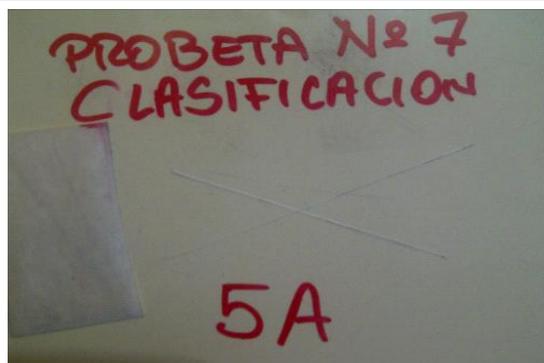
| SPOT | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PROMEDIO |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| SPOT 1 | 20.8 mils | 22.7 mils | 22.2 mils | 21.9 mils |
| | | | | |
| SPOT 2 | 18.7 mils | 22 mils | 20.8 mils | 20.5 mils |
| | | | | |
| SPOT 3 | 22.5 mils | 22.6 mils | 22.6 mils | 22.6 mils |
| | | | | |
| SPOT 4 | 21.3 mils | 19.8 mils | 19.6 mils | 20.2 mils |
| | | | | |
| SPOT 5 | 20.9 mils | 22.4 mils | 22.3 mils | 21.9 mils |
| | | | | |
| PROMEDIO TOTAL DE LA MEDICIÓN | | | | 21.4 mils |

ENSAYO DE ADHERENCIA POR CINTA

ENSAYO REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMA
 ASTM D3359 - METODO A

RESULTADO:

| |
|---------------|
| CLASIFICACIÓN |
| 5A |



Observaciones: Los espesores del recubrimiento cumplen con lo especificado en el procedimiento de pintura y con SSPC-PA2

Ejecutor: _____
 Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
 Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESOR DE PINTURA EN SECO

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°08 | 2 de 3 | |
| Fecha de ejecución: | 30 de Octubre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_07.8 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

PARÁMETROS PRINCIPALES

| | |
|-------------------------|--|
| Instrumento utilizado: | 456 Medidor de EPS - Marca: ELCOMETER - Serie N° MG13764 |
| Normas de Referencia: | SSPC - PA 2 / ASTM D3359 |
| Recubrimiento evaluado: | Primera capa - Novaguard 840 |
| Espesor solicitado: | 12-24 mils. De acuerdo a la norma SSPC PA 2, puntos mínimos se aceptan de 9,6 mils, y máximos de 28,8 mils |

REGÍSTRO DE LAS MEDICIONES:

| SPOT | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PROMEDIO |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| SPOT 1 | 18.4 mils | 21.6 mils | 21.9 mils | 20.7 mils |
| | | | | |
| SPOT 2 | 20.3 mils | 21.2 mils | 20.1 mils | 20.5 mils |
| | | | | |
| SPOT 3 | 18.7 mils | 23.2 mils | 19.8 mils | 20.6 mils |
| | | | | |
| SPOT 4 | 20.5 mils | 22.3 mils | 21.4 mils | 21.3 mils |
| | | | | |
| SPOT 5 | 20.1 mils | 20.8 mils | 19.6 mils | 20.1 mils |
| | | | | |
| PROMEDIO TOTAL DE LA MEDICIÓN | | | | 20.6 mils |

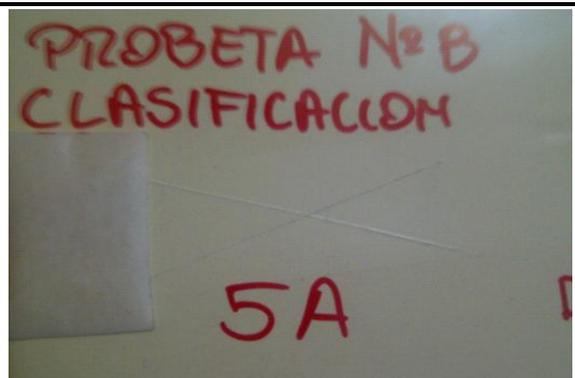
ENSAYO DE ADHERENCIA POR CINTA

ENSAYO REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMA
 ASTM D3359 - METODO A

RESULTADO:

CLASIFICACIÓN

5A



Observaciones: Los espesores cumplen con lo requerido en la especificación del procedimiento de pintura

Ejecutor: _____

Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____

Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESOR DE PINTURA EN SECO

REGÍSTRO DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°09 | 3 de 3 | |
| Fecha de ejecución: | 30 de Octubre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_07.9 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

PARÁMETROS PRINCIPALES

| | |
|-------------------------|--|
| Instrumento utilizado: | 456 Medidor de EPS - Marca: ELCOMETER - Serie N° MG13764 |
| Normas de Referencia: | SSPC - PA 2 / ASTM D3359 |
| Recubrimiento evaluado: | Primera capa - Novaguard 840 |
| Esesor solicitado: | 12-24 mils. De acuerdo a la norma SSPC PA 2, puntos mínimos se aceptan de 9,6 mils, y máximos de 28,8 mils |

REGÍSTRO DE LAS MEDICIONES:

| SPOT | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 | PROMEDIO |
|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------|
| SPOT 1 | 18.9 mils | 17.5 mils | 18 mils | 18.1 mils |
| | 18.2 mils | 20.7 mils | 17.6 mils | 18.6 mils |
| SPOT 2 | 20.4 mils | 21.3 mils | 22.7 mils | 21.6 mils |
| | 18.8 mils | 17.6 mils | 18.7 mils | 18.4 mils |
| SPOT 3 | 17.2 mils | 18.5 mils | 16.2 mils | 17.3 mils |
| | 17.2 mils | 18.5 mils | 16.2 mils | 17.3 mils |
| PROMEDIO TOTAL DE LA MEDICIÓN | | | | 18.8 mils |

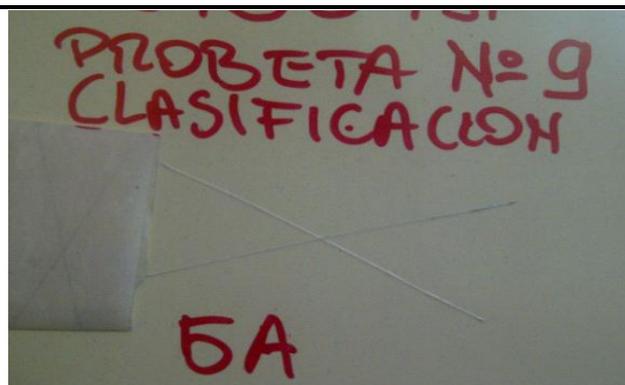
ENSAYO DE ADHERENCIA POR CINTA

ENSAYO REALIZADO DE ACUERDO A LA NORMA ASTM D3359 - METODO A

RESULTADO:

CLASIFICACIÓN

5A



Observaciones: Los espesores del recubrimiento estan dentro del rango permisible por la norma SSPC-PA2

Ejecutor: _____
Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REGÍSTR0 DE ENSAYO DE ADHERENCIA PULL-OFF

REGÍSTR0 DE DATOS INFORMATIVOS

| | | |
|----------------------|---|--------------------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°07 - Correspondiente al sistema monocapa. | 1 de 3 |
| Fecha de ejecución: | 20 de Noviembre del 2012 | Reporte N°: UTA-FICM-AJ_11.7 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: Ing. Alejandro Moretta |

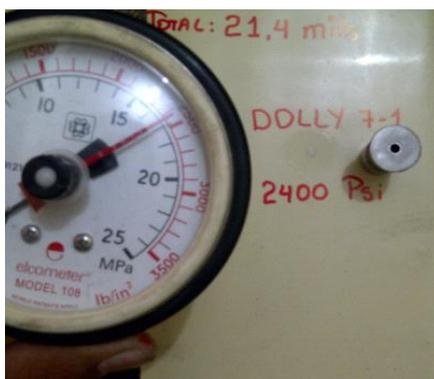
PARÁMETROS PRINCIPALES

| | | | |
|--------------------|--|----------------------|------------|
| Equipo utilizado: | Elcometer 108 | Serie N° | LL03689 |
| Estandar Aplicado: | ASTM D4145 | Sustrato: | Acero |
| Fecha de pega | 20-Nov-12 | Fecha de arranque | 20-Nov-12 |
| Pegamento | 3M - MC 1500 | Tiempo de curado | 21 días |
| Sistema de Pintura | Epoxico Novolac | Limpieza de sustrato | SSPC - SP5 |
| DENOMINACIONES: | A - SUSTRATO (ACERO); B - PRIMERA CAPA (CARBOZINC 11) B - PRIMERA CAPA (NOVAGUARD 840) Y - PEGAMENTO (3M - MC1500); Z - DOLLY (ACERO INOXIDABLE) | | |

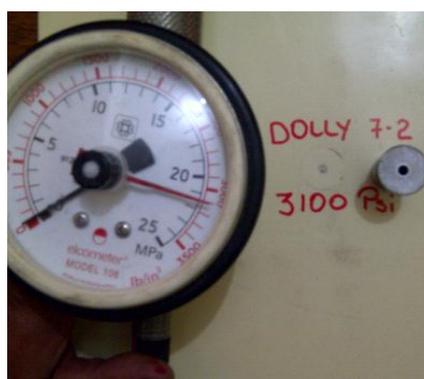
REGÍSTR0

| DOLLY | MARCA DE PINTURA | VALOR PSI | FALLA 1 / LOCALIZACIÓN | FALLA 2 / LOCALIZACIÓN | FALLA 3 / LOCALIZACIÓN |
|-------|------------------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | SIGMA | 2400 | 100% Pegamento | N/A | N/A |
| 2 | SIGMA | 3100 | 100% Pegamento | N/A | N/A |
| 3 | SIGMA | 3000 | 100% Pegamento | N/A | N/A |

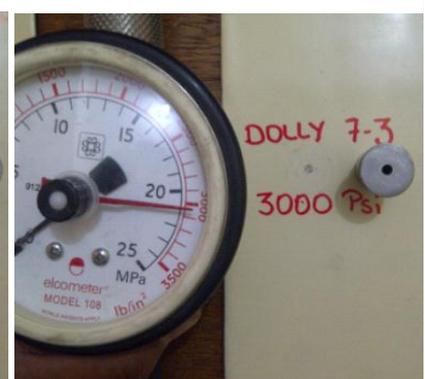
REPORTE FOTOGRÁFICO:



DOLLY 1



DOLLY 2



DOLLY 3

Observaciones: De acuerdo a la Tabla N° 4.4 de la especificacion del procedimiento de pintura los valores son aceptables.

Ejecutor: _____
Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REGÍSTR0 DE ENSAYO DE ADHERENCIA PULL-OFF

REGÍSTR0 DE DATOS INFORMATIVOS

| | | | |
|----------------------|---|-----------------|------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°08 - Correspondiente al sistema monocapa. | | 2 de 3 |
| Fecha de ejecución: | 20 de Noviembre del 2012 | Reporte N°: | UTA-FICM-AJ_11.8 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: | UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: | Ing. Alejandro Moretta |

PARÁMETROS PRINCIPALES

| | | | |
|--------------------|--|----------------------|------------|
| Equipo utilizado: | Elcometer 108 | Serie N° | LL03689 |
| Estandar Aplicado: | ASTM D4145 | Sustrato: | Acero |
| Fecha de pega | 20-Nov-12 | Fecha de arranque | 20-Nov-12 |
| Pegamento | 3M - MC 1500 | Tiempo de curado | 21 días |
| Sistema de Pintura | Epoxico Novolac | Limpieza de sustrato | SSPC - SP5 |
| DENOMINACIONES: | A - SUSTRATO (ACERO); B - PRIMERA CAPA (CARBOZINC 11) B - PRIMERA CAPA (NOVAGUARD 840) Y - PEGAMENTO (3M - MC1500); Z - DOLLY (ACERO INOXIDABLE) | | |

REGÍSTR0

| DOLLY | MARCA DE PINTURA | VALOR PSI | FALLA 1 / LOCALIZACIÓN | FALLA 2 / LOCALIZACIÓN | FALLA 3 / LOCALIZACIÓN |
|-------|------------------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | SIGMA | 2700 | 100% Pegamento | N/A | N/A |
| 2 | SIGMA | 3050 | 100% Pegamento | N/A | N/A |
| 3 | SIGMA | 3200 | 100% Pegamento | N/A | N/A |

REPORTE FOTOGRÁFICO:



DOLLY 1

DOLLY 2

DOLLY 3

Observaciones: Los valores son aceptables de acuerdo a lo estipulado en la Tabla 4.4

Ejecutor: _____
 Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
 Ing. Alejandro Moretta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



REGÍSTR0 DE ENSAYO DE ADHERENCIA PULL-OFF

REGÍSTR0 DE DATOS INFORMATIVOS

| | | |
|----------------------|---|--------------------------------------|
| Item a inspeccionar: | Probeta N°09 - Correspondiente al sistema monocapa. | 3 de 3 |
| Fecha de ejecución: | 20 de Noviembre del 2012 | Reporte N°: UTA-FICM-AJ_11.9 |
| Lugar de ejecución: | TALLER SAURUS - QUITO | Solicitado por: UTA - FICM |
| Elaborado por: | Alex Jarrín | Revisado por: Ing. Alejandro Moretta |

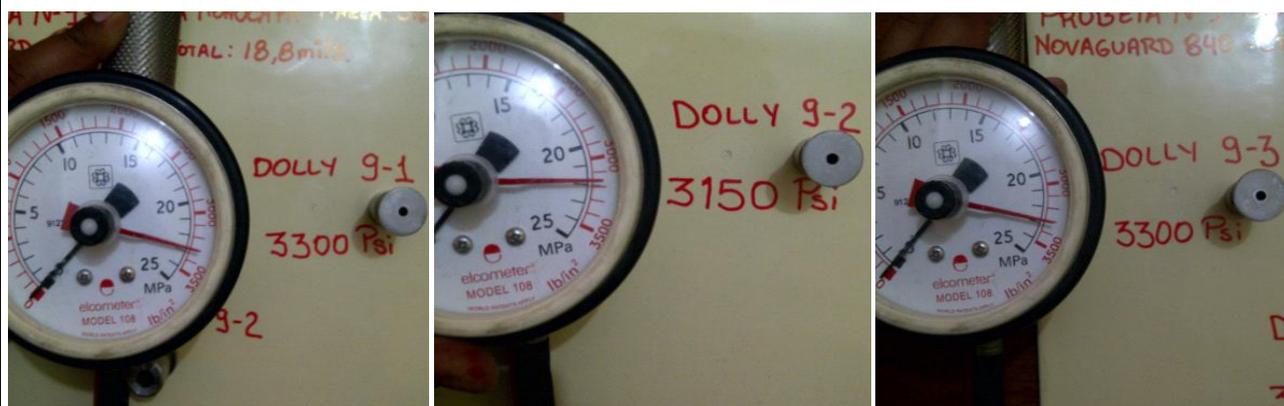
PARÁMETROS PRINCIPALES

| | | | |
|--------------------|--|----------------------|------------|
| Equipo utilizado: | Elcometer 108 | Serie N° | LL03689 |
| Estandar Aplicado: | ASTM D4145 | Sustrato: | Acero |
| Fecha de pega | 20-Nov-12 | Fecha de arranque | 20-Nov-12 |
| Pegamento | 3M - MC 1500 | Tiempo de curado | 21 días |
| Sistema de Pintura | Epoxico Novolac | Limpieza de sustrato | SSPC - SP5 |
| DENOMINACIONES: | A - SUSTRATO (ACERO); B - PRIMERA CAPA (CARBOZINC 11) B - PRIMERA CAPA (NOVAGUARD 840) Y - PEGAMENTO (3M - MC1500); Z - DOLLY (ACERO INOXIDABLE) | | |

REGÍSTR0

| DOLLY | MARCA DE PINTURA | VALOR PSI | FALLA 1 / LOCALIZACIÓN | FALLA 2 / LOCALIZACIÓN | FALLA 3 / LOCALIZACIÓN |
|-------|------------------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | SIGMA | 3300 | 100% Pegamento | N/A | N/A |
| 2 | SIGMA | 3150 | 100% Pegamento | N/A | N/A |
| 3 | SIGMA | 3300 | 100% Pegamento | N/A | N/A |

REPORTE FOTOGRÁFICO:



DOLLY 1

DOLLY 2

DOLLY 3

Observaciones: Los resultados son aceptables de acuerdo a la Tabla N°4.4

Ejecutor: _____
 Egdo. Alex Jarrín

Supervisor: _____
 Ing. Alejandro Moretta

Las pruebas de adherencia por arranque se las documento en los reportes N° UTA-FICM-AJ_11.7, 11.8 y 11.9, correspondientes a cada una de las probetas. Para este tipo de recubrimientos normalmente las exigencias en los valores de los resultados para el pull-off, bordeando siempre los valores de 800 psi.

A diferencia de las evaluaciones que se realizan a los demás recubrimientos, a las pinturas que van a estar sometidas a inmersión, se les realiza la detección de discontinuidades, ya que si existen lugares en el que el sustrato llegue a estar en contacto con el medio corrosivo que lo va a estar circundando, empezaran a formarse rápidamente focos de corrosión.

Para evitar todos estos inconvenientes, en la norma NACE SP0188 nos indican cómo realizar este tipo de evaluaciones, con el fin de asegurarnos una aplicación adecuada del recubrimiento.

A continuación se adjunta una fotografía en la que se muestran las probetas después de haber realizado todos los ensayos respectivos.

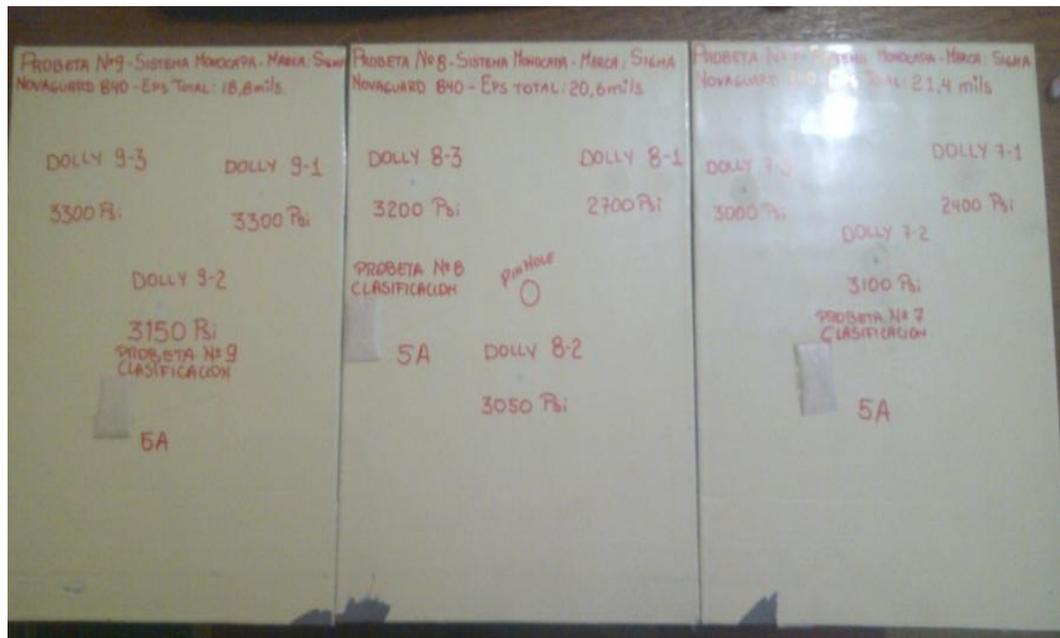


Figura 4.19 Probetas del sistema monocoapa después de haber realizado los respectivos ensayos.

Autor: Alex Jarrín

❖ **DATOS RECOLECTADOS DEL NUEVO PROCESO DE APLICACIÓN DE PINTURA DE ALTO DESEMPEÑO PARA TANQUES NUEVOS DE ALMACENAMIENTO.**

De todas las probetas que se han inspeccionado, no se han encontrado indicios de sobre espesores o de casos contrarios como son espesores bajos.

De todas maneras se va a reflejar en un gráfico los resultados de las inspecciones de los espesores en seco de las probetas realizadas con el nuevo proceso de aplicación de pintura que se está proponiendo.

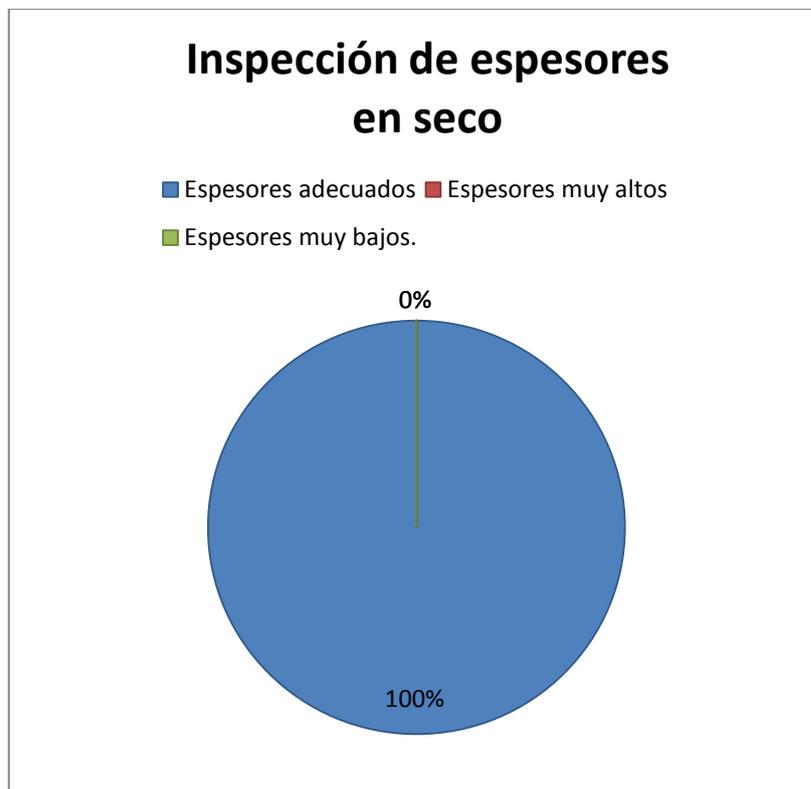


Gráfico 4.5 Gráfico de Inspección de espesores en seco del nuevo proceso de pintura.

Autor: Alex Jarrín

Los resultados de las pruebas de pull-off son muy alentadoras, ya que se han probado tres sistemas diferentes de recubrimientos y a cada uno se lo ha evaluado

por nueve ocasiones, de las cuales el valor más bajo que se ha obtenido fue de 1800 psi, superando por completo cualquier valor planteado en las especificaciones de pintura de los clientes de la empresa.

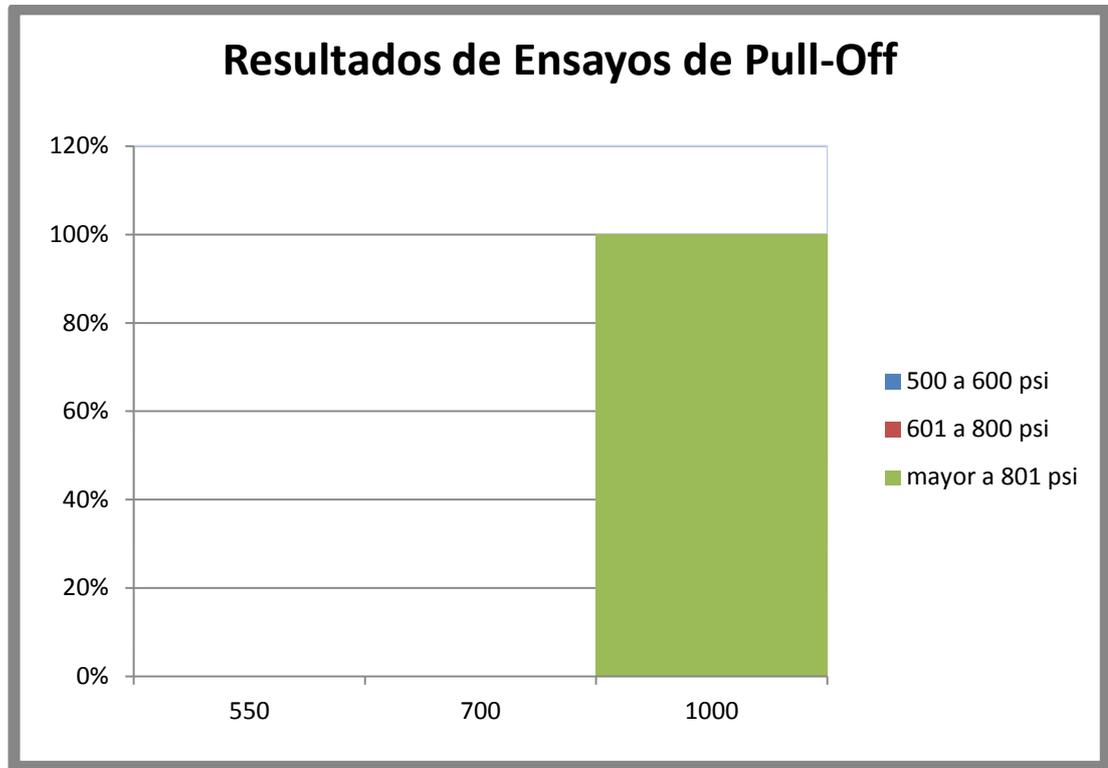


Gráfico 4.6 Gráfico de Resultados de Ensayos de Pull-Off obtenido del nuevo proceso de aplicación de pintura que se plantea.

Autor: Alex Jarrín

En lo que concierne a la detección de discontinuidades, se halló tan solo un pinhole entre las tres probetas pertenecientes al recubrimiento que se aplica en interiores de tanque de almacenamiento de crudo, cabe recalcar que por motivos didácticos esta falla fue provocada voluntariamente, ya que corresponde a un sector en donde se realizó una medición de espesor de película, el mismo que no fue rellenado con un nuevo pase del abanico de pintura. Considerando que las probetas no poseen cordones de soldadura, se va a considerar un 70% de las fallas de discontinuidades en cordones de soldadura y un 30% en aristas vivas, ya que es común encontrar estos tipos de fallas en el porcentaje ya mencionado.

Para este aspecto lo que se debe recalcar es que las discontinuidades encontradas deben tener tendencia cero, ya que por más minucioso que se realice el trabajo, siempre se van a encontrar unos pocos pinholes, los mismo que siempre van a estar presentes en cordones de soldadura y aristas vivas.

Al eliminar las otra posibles causas de discontinuidades, estamos demostrando de que la aplicación del pintor fue bastante regular, dejando una película de espesor uniforme y sin discontinuidades en los traslapes, lo que resaltaría el conocimiento y la capacidad de la empresa para efectuar un proceso de calidad.



Gráfico 4.7 Grafica de localización de puntos de alfiler del nuevo proceso.

Autor: Alex Jarrín

4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

Al comparar los procesos actuales y los de los de la propuesta, se puede ver claramente que los propuestos son mucho más rigurosos, tomado en cuenta además que cada uno de los procesos está respaldado por normas internacionales que acreditan la correcta ejecución de las inspecciones durante la ejecución de los trabajos.

Al analizar los resultados estadísticos, se nota claramente una gran brecha en la mejora de los resultados de las inspecciones realizadas durante el proceso de los nuevos sistemas de pintura que se proponen, por lo que optar por esta alternativa no le vendría nada mal a la empresa. Por ejemplo comparando los resultados obtenidos en la medición de espesores, de acuerdo al gráfico 4.5, muestran un 100% de espesores correctos y dentro del rango permitido por la norma; este es un aspecto favorable ya que no se perderá ni tiempo ni dinero en tediosas reparaciones como es la nivelación de espesores, que en muchas ocasiones requieren de gran criterio y experiencia para saber ejecutarlas.

Otro de los resultados relevantes son las presiones obtenidas en los ensayos de fuerza de adherencia por arranque, en donde todos los valores excedieron los 800 psi, lo que no ocurría con los resultados de los procesos actuales que se están manejando, en donde de acuerdo al gráfico 4.3, tan solo el 10% lograban sobrepasar el valor anteriormente mencionado.

En cuanto a las detecciones de discontinuidades, como ya lo había mencionado anteriormente, siempre se van a presentar sobre los lugares de difícil acceso o en cordones de soldadura, ya que el spray de la pistola no logra rellenar las pequeñas cavidades del cordón de soldadura o llegar hasta los rincones de los lugares de difícil acceso. Debido a la ejecución de buenas prácticas para la aplicación de recubrimientos, se puede lograr disminuir las cantidades de pinholes, pero mas no llegar a obtener un cero absoluto, ya que ni realizando con otros métodos de aplicación se logrará obtener ese resultado.

4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS:

Es evidente que el trabajo que se ha realizado no ha sido en vano, ya que los resultados reflejan claramente el incremento del desempeño de los recubrimientos en cada una de sus respectivas evaluaciones que se realizaron en las placas de los diferentes sistemas de pintura.

Al comparar los resultados del gráfico 4.1 con el gráfico 4.5, los cambios son evidentes, ya que mediante el control adecuado del espesor de la película húmeda se logra obtener un espesor en seco lo suficiente regular sobre la superficie.

En cuanto al punto más relevante que son los valores de los resultados de la prueba de pull-off, al comparar los gráficos 4.3 y 4.6, vemos reflejada una mejora abismal en cuanto al proceso que se propone, ya que no solo se ha excedido los 800 psi, sino que no se registra ningún valor inferior a los 1800 psi y llegando hasta un máximo de 3300 psi, resultados que no se han obtenido anteriormente dentro de la empresa.

Al realizar un control mucho más exhaustivo, y al elaborar un flujo grama que nos de las pautas necesarias de cada una de las actividades que se deben realizar antes, durante y después de la aplicación del recubrimiento, se obtuvo una notoria mejoría en la calidad de las pinturas aplicadas sobre los sustratos, por lo que podemos deducir que la hipótesis ha sido comprobada en el presente estudio.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

En el presente trabajo investigativo, se ha recabado toda la información almacenada en los archivos digitales de la empresa, de lo cual hemos obtenido los datos que se presentaron en el capítulo anterior. Pese a la poca información que se logró obtener, podemos notar que se presentan ciertos problemas y al compararlos con los procesos que se plantean, la gran brecha en los resultados de inspecciones y evaluaciones, corroboran la deficiencia en la calidad de los procesos de aplicación de pintura en la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda. , los cuales nos llevan a las siguientes conclusiones:

- Los procesos que se están llevando a cabo por la empresa, son en una gran parte artesanales, ya que no se ha realizado un estudio en la misma, en la que se establezcan los procedimientos adecuados para cumplir con altos estándares de calidad, como consecuencia se presentan los problemas ya antes mencionados.
- No existe el conocimiento adecuado para la ejecución del proceso, debido a que en la misma no hay ninguna persona que se haya dedicado a investigar el proceso o recibir capacitaciones, por ende el proceso en sí no es supervisado por una persona que tenga el conocimiento suficiente como para realizar un trabajo adecuado.
- Los registros que se están llevando a cabo no cumplen con lo especificado en los estándares internacionales, los cuales están

siendo exigidos por las grandes empresas que en el Ecuador se dedican a la producción de petróleo.

- Los datos que se pudieron recolectar fueron muy escasos, esto es debido a la poca información que se está registrando durante y después de la ejecución de los trabajos, la misma que es sumamente necesaria para poder dejar sentado por escrito todos los parámetros y resultados de los trabajos en ejecutados al cliente final,
- El control de calidad del proceso es casi nulo, son pocos los ensayos que se están llevando a cabo para determinar si el proceso que se lleva a cabo esta dentro de los parámetros permitidos por la especificación del cliente.
- El problema de los resultados de valores bajos del ensayo de pull – off, es debido a que no se está llevando a cabo una adecuada verificación del proceso, además, no se han encontrado varios de los registro deberían realizarse para llegar a obtener un buen desempeño en la evaluación de los recubrimiento.
- Los espesores de película seca generalmente se encuentran fuera de rango, llevando a la empresa a realizar reparaciones que para superficies sumamente grandes como los tanques que realizan la misma, llevando a perder una gran cantidad de tiempo en estas reparaciones, involucrando personal, material, equipos, y otros gastos administrativos que afectan claramente la parte económica en un proyecto, pudiendo llevar a tener complicaciones sumamente mayores como perder la confianza de los clientes.
- Respecto a la detección de discontinuidades de la pintura en el interior de los tanques, estos son problemas que pueden ser

solucionados casi hasta en un 80% si se realiza una supervisión y control de calidad adecuados.

- Se puede notar que en todos los proyectos han realizado reparaciones al menos por problemas espesores, lo que debe incurrir frecuentemente en una deficiente utilidad en cada uno de los proyectos de aplicación de recubrimientos.
- El proceso que se propone cumple con las expectativas planteadas para esta investigación, siendo muy riguroso, no deja pasar por alto ningún detalle que pueda incurrir el mal desempeño de un recubrimiento.
- Para realizar el proceso que se propone, se necesita de personal calificado, tanto para la inspección, como para el proceso de aplicación de un recubrimiento industrial.
- Al hacer una comparativa entre los dos procesos, claramente resaltan los resultados del proceso que se propone sobre el actual, por lo que al proceso propuesto se lo puede tomar como referencia para un replanteo de actividades dentro del proceso actual de recubrimientos de la empresa.

5.2 RECOMENDACIONES

En base a la información recopilada de la empresa de sus proyectos anteriores y a los buenos resultados del proceso planteado para esta investigación, es necesario tomar en consideración las recomendaciones que se efectuarán esta sección:

- La empresa deberá impartir capacitaciones a todo su personal o a la gran mayoría de ellos, para que estos adquieran un amplio conocimiento para ejecutar un trabajo adecuado, cumpliendo con normas y especificaciones establecidas por los clientes.

- Es indispensable que la empresa adquiriera las normas que son necesarias para la ejecución de estos trabajos, y así poder implementar nuevos formatos de inspección, los cuales estén acorde a cada una de los ítems que requieran las normas. De esta forma se podrá dar paso a un registro adecuado y que cumpla con los estándares solicitados por los clientes.
- Se debe registrar cada paso que se da durante la ejecución de los trabajos y de manera correcta, de tal manera que los registros sean lo suficientemente explicativos, ya que el cliente tiene toda la potestad de solicitar estos registros en caso de que este lo desee y deberá poder entender y interpretar cada uno de los datos que estén presentes en los reportes.
- Es necesario que la empresa emplee su propio control de calidad, inculcando al personal la iniciativa de calidad durante la ejecución de los trabajos, ya que en muchas de las ocasiones el personal se enfoca en la producción sin importarle mucho los defectos pequeños que se dejan atrás, los mismos que posteriormente son problemas que se deberán corregir. Esta es una manera bastante viable para elevar los índices de calidad de los trabajos que realizan en la empresa.
- Para elevar los resultados de los ensayos de pull – off, será necesario replantear los tres procesos que hemos citado para la aplicación de pintura de alto desempeño en tanques de almacenamiento de petróleo, ya que los mismos son deficientes y no logran las expectativas de los clientes.
- En base a los problemas de espesores obtenidos, es necesario que la empresa invierta en equipos para controlar el espesor de película húmeda, lo que nos ayudara a obtener rangos de valores de espesor de película seca adecuados y que cumplan con los rangos establecidos por el cliente.

- Los problemas de las discontinuidades, al igual que la mayoría de los problemas que se tienen al momento en la empresa es debido a la supervisión deficiente que se está realizando en los trabajos, por lo que será necesario que la persona que esté a cargo de la ejecución del proyecto, tenga el conocimiento adecuado como para no cometer los errores que están cometiendo y así lograr hacer ahorrar a la empresa en reparaciones.
- Es notorio que los problemas económicos que se presentan al final de cada proyecto de estos, representa un gran porcentaje de pérdida en las utilidades del proyecto, por lo que es recomendable que la empresa invierta en la capacitación del personal tanto operativo como técnico para lograr desvanecer los problemas que se están presentando hasta la actualidad.
- Reestructurar un proceso general para la aplicación de recubrimientos industriales en equipos petroleros de superficie, tomando en consideración cada uno de los aspectos que se citaron en el capítulo anterior de este estudio.

CAPÍTULO VI

6. PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS

Para plantear un nuevo proceso de pintura de alto desempeño para tanques de almacenamiento de crudo de la empresa Saurus Ecuador, ha sido necesaria la elaboración de diferentes placas a las que se la han aplicado tres tipos diferentes de recubrimiento, sistema de pintura que constantemente se están empleando en los trabajos contratados a la empresa. Ha sido necesaria la evaluación de cada uno de estas placas para determinar mediante valores numéricos que se puede mejorar los índices de calidad que se están manejando en la empresa.

Todo un compendio de normas y la interrelación de las mismas, ha sido y será necesaria para plantear un proceso de pintura técnicamente respaldado por estándares internacionales, que servirán para la mejora del proceso de aplicación de pintura de la empresa.

Uno de los aspectos importantes que deben guiar el nuevo proceso que desea plantear dentro de la empresa, es el aspecto económico, ya que si es cierto que al mejorar la calidad del proceso se van a borrar cuantiosas reparaciones, el proceso también no debe ser muy costoso. No sería conveniente elaborar un proceso que cueste el doble del proceso actual, si los gastos en reparaciones tan solo llegan a un 20% extra del costo del proyecto, por lo que hay que ser muy sensatos en las exigencias que se van a plantear en beneficio del proceso de aplicación de pintura de alto desempeño para tanques de almacenamiento de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.

Hay que considerar que el tema de los recubrimientos industriales cada día va tomando más importancia en nuestro país, ya que representativamente es mucho más económico realizar un recubrimiento a un equipo que cambiarlo en un lapso determinado de tiempo. Las mejoras en la tecnología van adaptándose a estos cambios, por lo que los procesos deben irse corrigiendo y modificando acorde vaya mejorando la tecnología en recubrimientos industriales en nuestro país. El proceso que se plantee en este estudio, actualmente podrá ser de muchísima utilidad, pero nadie garantiza que este mismo proceso vaya a ser igual de útil que cinco años más adelante, se debe estar en constante evaluación en cuanto a las exigencias del mercado y tratando de estar entregando un producto acorde a la tecnología actual de recubrimientos.

6. 2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA:

La ejecución correcta de los procesos de pintura de alto desempeño, resulta beneficioso en lo que comprende a la protección de sustratos metálicos ante medios altamente corrosivos, dando como resultado un sustrato que no será deteriorado a corto plazo, tal cual sucedería si no se aplicara ningún tipo de recubrimiento. Es por este motivo que muchas veces la inversión en un sistema de pintura adecuado, producirá grandes beneficios al pasar del tiempo, ya que los tiempos de mantenimiento de los equipos petroleros de superficie se verán aplazados, contribuyendo en un aspecto positivo a la parte económica de los clientes.

Cabe recalcar que este estudio también contribuirá a la investigación y los conocimientos de los estudiantes de Ingeniería Mecánica e inclusive a medios de intereses diversos, debido a que todos los subprocesos serán detallados en este estudio, e inclusive los resultados de los ensayos que se realizan a los recubrimientos especificados en normas internacionales, quedarán a entera disposición de el área de materiales de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Al mismo tiempo, esta información será archivada en las instalaciones de Saurus Ecuador Cía. Ltda. con el fin de disponer de una guía práctica para una correcta aplicación de pinturas de alto desempeño, acompañada de una supervisión

capacitada en lo que concierne a la verificación de parámetros de aplicación y a la realización de los ensayos tanto destructivos como no destructivos. Brindando así a los clientes de la mencionada empresa un trabajo de alta calidad.

6.3 JUSTIFICACIÓN:

El estudio de los procesos de pintura de alto desempeño está enfocado en el mejoramiento de la calidad de los procesos de pintura dentro de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda. con el fin de formar una empresa más competitiva en el mercado ecuatoriano en lo que corresponde a la aplicación de recubrimientos como inhibidores para la corrosión.

De igual forma contribuir a la investigación y los conocimientos de los estudiantes de Ingeniería Mecánica, dejando a disposición del área de materiales todos los resultados que se obtendrán en el transcurso de este estudio, ya que las pintura de alto desempeño para el sector industrial es una ciencia que aun no se la conoce plenamente por la mayoría de los profesionales, conocimiento que sería una gran ventaja para los futuros profesionales de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

6.4 OBJETIVOS:

6.4.1 OBJETIVO GENERAL:

- Establecer un nuevo procedimiento de recubrimientos en base al estudio de procesos de aplicación de pintura de alto desempeño para mejorar la calidad en los equipos petroleros de superficie (tanques de almacenamiento de crudo) en la empresa Saurus Ecuador.

6.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Detallar las actividades que se deben cumplir para una correcta aplicación de pintura de alto desempeño.
- Elaborar un procedimiento de aplicación de pintura de alto desempeño para tanques de almacenamiento de crudo de la empresa Saurus Ecuador.

- Sugerir la implementación de un nuevo procedimiento de pintura de alto desempeño para mejorar la calidad en los equipos petroleros de superficie de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

En lo que concierne al aspecto económico, la implementación del nuevo procedimiento no conllevará a un mayor gasto, ya que aunque los equipos de monitoreo e inspección son escasos, la empresa dispone de todos los equipos necesarios para un control adecuado de los diferentes procesos. En lo que la empresa deberá invertir es en capacitaciones para todo el personal, tanto para trabajadores como para supervisores, ya que de esta manera se está asegurando de que el conocimiento técnico sea difundido a todos los implicados.

En cuanto a los tiempos de ejecución, estos no tendrán mayor afectación ya que muchas de las inspecciones y controles, se efectúan mientras la ejecución del proyecto está en marcha. Dentro de las inspecciones que requieren una para de actividades está la medición de espesor en húmedo, la misma que toma menos de 10 segundos para realizar dicha medición, es decir que si mientras se está pintando, realizamos unas 24 mediciones durante todo el proceso de aplicación, estaremos restando tan solo 4 minutos al tiempo de ese día de trabajo.

En cuanto al aspecto técnico, evidentemente es necesaria la implementación de un nuevo procedimiento, ya que las falencias de los procesos actuales son las que causan preocupación en la directiva de la empresa.

6.6 FUNDAMENTACIÓN:

6.6.1 LIMPIEZA ABRASIVA.

El método más establecido de preparación de la superficie para la aplicación de recubrimientos es la limpieza abrasiva seca. La limpieza abrasiva seca (Figura 6.1) consiste en una corriente extremadamente concentrada de partículas abrasivas

pequeñas proyectadas a una superficie, para remover óxido, calamina u otros contaminantes y, a la vez, creando una superficie rugosa beneficiosa para la adhesión. De hecho, cuando se aplican recubrimientos modernos y sofisticados, no existe ningún proceso alternativo verdaderamente satisfactorio o económicamente equivalente.



Figura 6.1 Limpieza abrasiva seca

Fuente: Archivos digitales de la empresa SAURUS ECUADOR.

El principio fundamental del proceso de la limpieza abrasiva es la remoción del óxido, la calamina u otros contaminantes superficiales, obteniendo una superficie rugosa adecuada. Esto se logra proyectando una corriente extremadamente concentrada de partículas abrasivas relativamente pequeñas a alta velocidad contra la superficie a ser preparada. La superficie se hace rugosa por el impacto a alta velocidad de las partículas de abrasivo. La limpieza abrasiva elimina el óxido, la calamina y la pintura vieja junto con algo del metal base.

6.6.1.1 EQUÍPOS.

Como ya se mencionó, la limpieza abrasiva es el método más común para la preparación de la superficie. El abrasivo es impulsado a presión desde un recipiente presurizado (tolva), a través de la manguera de abrasivo, hasta el sustrato. Es un método de alta productividad usado para trabajos pesados, por ejemplo, en astilleros, refinerías y plantas químicas, así como para limpiar vagones de ferrocarril y edificios.

- COMPRESOR: Los compresores se clasifican tanto por presión de aire como por capacidad.



Figura 6.2 Compresor portátil de tornillo.

Autor: Alex Jarrín

La presión de aire se mide en libras por pulgada cuadrada (psi). La presión de aire normalmente se ajusta ligeramente por encima de la presión de operación planeada, normalmente un máximo de 100 psi, para los compresores portátiles.

Esta presión, si se mantiene con éxito, produce una limpieza abrasiva eficaz. La presión del aire usada no debería ser mayor que la permitida por las consideraciones y regulaciones de seguridad.

La presión adecuada es crítica para un proceso de limpieza eficiente. Si el abrasivo no se impulsa a presión suficiente, se requiere tiempo extra para lograr el trabajo. La presión en la boquilla puede medirse usando el medidor de aguja hipodérmica.

El compresor seleccionado debe ser capaz de proporcionar más aire que el requerido para permitir capacidad de reserva para cargas pico o para la adición de otros equipos. El mismo compresor usado para la limpieza abrasiva a menudo se usa para operar pistolas de atomización con aire y otras herramientas. Ningún otro equipo requiere tales cantidades de aire comprimido como la operación de limpieza abrasiva.

Se estima que con una boquilla de 9,5 mm. (3/8 in.), habrá una caída de presión de 5 lb por cada 15 metros (50 pies) de manguera en uso. Esta caída de presión

dependerá del número de boquillas en operación y su tamaño, así como de las longitudes de manguera que se están usando. Los compresores de menor capacidad crean ineficacias que directamente impactan costos y programas de trabajo; estos pueden ocasionar:

- Tiempo perdido esperando que el compresor acumule la presión requerida cuando su capacidad no es suficientemente alta
- Esfuerzos indebidos en el compresor durante cargas pico
- Pérdida de tiempo causada por un equipo sin suficiente aire que opera ineficazmente
- Incapacidad para agregar nuevos equipos y herramientas al sistema
- Mayores posibilidades de averías o paros
- Operación excesiva para proporcionar la cantidad de aire necesaria
- Calor excesivo y condensación.

El separador de agua y aceite es esencial para evitar que la limpieza superficial no se dañe durante el proceso de limpieza abrasiva. Esto puede surgir por el vapor o pequeñas gotas de aceite transportadas en el aire desde el compresor, por la humedad atrapada en el aire presurizado, o por el polvo residual que se levanta durante la limpieza.

Deben tomarse precauciones para asegurar que los suministros de aire comprimido estén libres de aceite y humedad. Se requiere la instalación de trampas adecuadas de agua y aceite, junto con post-enfriadores y filtros en las líneas de aire, los cuales deben tener un mantenimiento adecuado. La mayoría de las trampas de agua y aceite se operan con tapones de drenaje colocados parcialmente abiertos, permitiendo drenar la humedad acumulada.

El aire húmedo también puede causar que el abrasivo obstruya las líneas de abrasivo o la tolva y puede ocasionar oxidación en la superficie que se preparó.

- TOLVA: El cuidado y el uso seguro y efectivo de la tolva puede ahorrar dinero en horas hombre y en abrasivos. El mantenimiento continuo debe ser realizado para eliminar fugas y pérdidas de presión.



Figura 6.3 Tolva para granallado.

Fuente: <http://www.clemco.es/catalogo-de-productos/equipos-de-chorro-portatiles/arenadora-clemco-scw-2048-140-l/>

La limpieza abrasiva es una operación potencialmente peligrosa. Con los abrasivos y el equipo bajo presión, la seguridad es muy importante. Hay que recordar que los abrasivos y el aire salen de la boquilla a gran velocidad (cerca de 720 kph o, lo que es lo mismo, aproximadamente la mitad de la velocidad de una descarga de escopeta) y pueden impactar las superficies u otros trabajadores a una distancia considerable de la operación. Aunque las mangueras de abrasivo conectadas puedan disipar la corriente estática, todo el sistema, incluyendo las mangueras, el operador y la pieza de trabajo, deben conectarse a tierra para prevenir lesiones debido a choque eléctrico. El conectar a tierra es particularmente importante cuando el operador está trabajando en altura (cuando el shock eléctrico puede causar que caiga) o al trabajar en un ambiente peligroso.

- **MANGUERAS DE SUMINISTRO DE AIRE:** Esta manguera lleva aire desde el compresor hasta la unidad de limpieza abrasiva. Generalmente cuanto más grande sea la línea de aire, mejor; se recomienda un diámetro no menor a 31 mm. (1,25 in.) de diámetro interno (DI). El tamaño recomendado debe ser tres a

cuatro veces el orificio interno de la boquilla. En líneas de más de 30 m. (100 pies), el DI de la manguera debe ser cuatro veces el tamaño del orificio interno de la boquilla de arenado. El tamaño grande elimina la pérdida de presión del aire a través de la manguera debido a la fricción.

6.6.2 APLICACIÓN DE PINTURA MEDIANTE ATOMIZACIÓN

El principio básico de la atomización de pintura es tomar un flujo de material, convertirlo en gotitas muy pequeñas y colocarlo sobre la superficie a recubrir. La atomización sin aire realiza esto forzando el material bajo una presión muy alta a través de un orificio muy pequeño.

La atomización convencional lo hace pulverizando el material a través de un orificio (más grande que el de la pistola de atomización sin aire) a una presión mucho más baja, para luego romperlo al chocar con una corriente de aire (atomización). Varios otros tipos de equipos de atomización hacen lo mismo pero con presiones más bajas, como el de alto volumen baja presión (HVLP) y las unidades Airless Asistidas por Aire, el cual es una combinación del equipo convencional y el airless (sin aire).

- **SISTEMA AIRLESS (ATOMIZACIÓN SIN AIRE):** La forma más común de aplicación del recubrimiento en un trabajo residencial, comercial o industrial es con el equipo airless. La única diferencia entre una unidad de atomización comprada en una ferretería local y la que se utiliza para pintar el tanque de almacenamiento más grande del mundo es su tamaño físico y la presión de salida de la máquina. Una bomba de pistón succiona el material de un recipiente y lo fuerza a través de una línea de alta presión de hasta 633 Kg/cm² (9000 psi / 62 MPa). El material entonces se fuerza a través de un orificio en el extremo de la pistola de aplicación y rompiéndose en gotas muy pequeñas. La pistola no posee control alguno; sólo un simple gatillo para accionar el flujo de material. Al apretar el gatillo, se libera toda la fuerza y el volumen de la pintura.



Figura 6.4 Bomba de pintura Airless

Fuente: <http://gracoequiposdepintura.es/catalogo-de-productos/revestimientos-protectores/monocomponente/equipos-de-pintar-airless-xtreme>

Cuando se trabaja con una bomba de atomización sin aire, el inspector tiene que estar muy consciente de la alta presión involucrada y el riesgo de una lesión por inyección. La presión de la pintura que sale de la punta de la pistola es de 246 Kg/cm² (3.500 psi / 24 MPa) o superior. Incluso una fuga alrededor de una instalación puede inyectar pintura en la piel de una persona. Si eso ocurre, atención médica inmediata es necesaria, incluso si la lesión no parece grave al principio. El inspector también debe tener cuidado con el montaje de una bomba, manguera y pistola que pareciera no haber sido efectuado adecuadamente. La calibración de la presión de todos los accesorios aguas abajo debe exceder la capacidad máxima presión de la bomba.

La mayoría de los equipos industriales de atomización sin aire operan con aire a presión. Este hace funcionar el motor de aire, el cual a su vez activa la bomba de pistón que mueve el material a alta presión a través de las líneas hasta llegar a la pistola.

La presión del material en la punta de la pistola es una relación entre la presión de aire que entra en el motor de aire y el tamaño de los dos pistones. El pistón más grande está en el lado aire y el otro, más pequeño, en el lado líquido. La

diferencia en el tamaño de los dos pistones es la forma en que comúnmente se reconoce la bomba, por ejemplo, una bomba 30 a 1. Con esa relación de bomba, 7 kilos (100 psi / 6,9 bar) de presión de aire de entrada incrementaría en 30 veces la presión del líquido ó 210 kilos (3.000 psi / 207 bar). El inspector de recubrimientos puede llegar a ver bombas en operación con relaciones desde 30:1 hasta 90:1 o más.

El único control que el aplicador tiene cuando utiliza un equipo de atomización sin aire es cambiar la boquilla de la pistola. El conocimiento de las boquillas es parte de la ciencia en que el aplicador tiene que estar entrenado. Las boquillas vienen en una variedad de tamaños y los orificios están hechos en un número de diferentes ángulos.



Figura 6.5 Pistola para equipo Airless

Fuente: <http://gracoequiposdepintura.es/catalogo-de-productos/accesorios/pistolas/pistolas-manuales-airless-xtr-5>

La selección del tamaño de la boquilla se basa en parte en el recubrimiento a usar; los tamaños de boquilla recomendados se muestran en la mayoría de las hojas técnicas de los productos. También se basa en el volumen y la presión del recubrimiento suministrados por la bomba airless. El tamaño de la boquilla controla la atomización de la pintura y el ancho del patrón de rociado, ambos son

muy importantes para la calidad del acabado. El material que no se atomiza correctamente no fluye bien en la superficie, afectando así la adhesión, debido a la pobre humectación, el EPS, debido a la aplicación no uniforme, así como causar sobre rociado y rociado seco. El ángulo de la boquilla controla el ancho del patrón de rociado.

6.7 METODOLOGÍA

En los programas para inspectores de recubrimientos se destaca la importancia de conocer a profundidad la especificación, documento que contiene los requerimientos detallados del cliente y que el proveedor debe cumplir. Al mismo tiempo se debe tener un amplio conocimiento en el comportamiento del producto que se va a aplicar, información que viene escrita en las hojas técnicas del producto y el complemento es la experiencia laboral con estos tipos de recubrimientos.

En base a los diagramas de flujo de los procesos que se están planteando, es necesaria la elaboración de una nueva especificación dentro de la empresa para tener un documento al cual regirse para la definición de actividades a realizar.

6.7.1 ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE PINTURA.

El documento más básico y fundamental para el arranque de una aplicación de un recubrimiento, es la especificación del proceso de pintura. En este documento debe estar a disposición para todos los involucrados en el proceso de aplicación.

Como es lógico, este documento deberá ser modificado con el avance del tiempo, ya que las tecnologías en recubrimientos cada vez van mejorando, las maquinarias o materiales también han ido evolucionando y lo seguirán haciendo, ya que vivimos en un mundo actual en donde las mejoras continuas nos van sorprendiendo cada día más.

A continuación se presenta el nuevo procedimiento para la aplicación de pinturas de alto desempeño para equipos petroleros de superficie de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.

CONTENIDO:

- a) OBJETIVO
- b) ALCANCE
- c) DEFINICIONES
- d) REFERENCIAS
- e) RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD
- f) IDENTIFICACIÓN
- g) ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO
- h) PROCEDIMIENTO PARA PREPARACIÓN DE SUPERFICIE
- i) PROCEDIMIENTO PARA APLICACIÓN DE PINTURA
- j) CONDICIONES DE SITIO
- k) INSPECCIÓN Y PRUEBA
- l) LISTA DE EQUIPOS DE MEDICIÓN

a) OBJETIVO

Definir una metodología adecuada y las actividades para controlar la preparación de superficies y aplicación de pintura en los equipos petroleros de superficie de la empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.

b) ALCANCE

El procedimiento será aplicado cuando se requiera la preparación de superficies metálicas para la aplicación de pintura en dichas superficies, las cuales pueden estar sometidas a ambientes corrosivos ambientales o ambientes bajo inmersión.

En este procedimiento se establecen las actividades a seguir, tanto por el personal que ejecuta el trabajo como por los responsables de realizar la inspección final de la preparación de superficie y aplicación de pintura, de acuerdo con los códigos o normas aplicables o requerimientos de los clientes.

c) DEFINICIONES

- **PREPARACIÓN DE SUPERFICIE:** Método que se aplica para remoción de óxidos y partículas en superficies metálicas sobre las cuales se debe realizar la aplicación de pintura. Puede ser realizada de forma manual, mecánica o con chorro abrasivo.
- **MILL SCALE:** Es una capa superficial de óxido de hierro (Fe_3O_4) que se forma sobre el acero o el hierro durante los procesos de laminado en caliente.
- **PINTURA:** Capa de protección del metal, pudiendo ser: esmaltes acrílicos, poliuretanos, epóxicos, orgánicos e inorgánicos de Zinc, etc.
- **PINTURA EN TALLER:** Aplicación de capas de pintura protectoras en lugares alejados del destino elaborados como talleres de prefabricado.
- **SSPC:** SSPC (Structural Steel Painting Council) Consejo de Pintura para Estructuras de Acero (por sus siglas en inglés).
- **PINTOR:** Responsable de la aplicación de la pintura.
- **GRANALLADOR:** Responsable de la preparación de la superficie cuando el procedimiento a aplicar es a base de chorros de granalla a alta presión.
- **NACE:** (National Association of Corrosion Engineers)
- **INSPECTOR:** La empresa o técnico que representa a EL CLIENTE en lo referente a criterios técnicos durante las fases de diseño, construcción y puesta a punto del equipo.
- **PUNTO DE ROCÍO:** Temperatura a la que empieza a condensar el vapor de agua contenido en el aire.

d) REFERENCIAS

Este procedimiento está basado en las siguientes referencias:

SSPC VIS 1 “Guide and Reference Photographs for Steel Surfaces-1” (*Anexo A1*).

ASTM D4285 “Standard Test Method for Indicating Oil or Water in Compressed Air” (*Anexo A2*).

SSPC Guide 15 “Métodos de Campo para la Extracción y Análisis de Sales Solubles en Sustratos de Acero y Otros Sustratos No Porosos” (*Anexo A3*).

SSPC SP 1 “Surface Preparation Specification. Solvent Cleaning” (*Anexo A4*).

SSPC SP 5 “Joint Surface Preparation Standard: White Metal Blast Cleaning” (*Anexo A5*).

SSPC SP 10 “Joint Surface Preparation Standard: Near-White Blast Cleaning” (*Anexo A6*).

SSPC SP 6 “Joint Surface Preparation Standard: Comercial Blasting.” (*Anexo A7*).

ISO 8502-4 “Guidance on the Estimation of the Probability of the Condensation Prior to Paint Application” (*Anexo A8*).

NACE SP0287 “Field Measurement of Surface Profile of Abrasive Blast-Cleaned Steel Surfaces Using a Replica Tape” (*Anexo A9*).

ASTM D4414 “Standard Practice for Measurement of Wet Film Thickness by Notch Gages” (*Anexo A10*).

SSPC PA2 “Measurement of Dry Coating Thickness With Magnetic Gages” (*Anexo A11*).

ASTM D4541 “Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers” (*Anexo A12*).

ASTM D3359 “Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test” (*Anexo A13*).

NACE SP0188 “Discontinuity (Holiday) Testing of New Protective Coatings on Conductive Substrates” (*Anexo A14*).

e) RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD

El inspector, es el responsable de hacer cumplir los siguientes ítems:

Hacer cumplir las disposiciones, especificaciones aplicables y este procedimiento.

Verificar las condiciones aptas para el almacenaje de la granalla y/o pintura.

Verificar que las condiciones, nomenclatura y calidad de la pintura proporcionada por el fabricante es la correcta.

Verificar que el material abrasivo (granalla) a utilizar en el proceso esté libre de humedad, desperdicios u otros contaminantes solubles que puedan dañar el producto.

Calificar granalladores y pintores de acuerdo a procedimiento sugerido.

Verificar y certificar limpieza superficial y correcta aplicación de solventes y métodos de verificación que indiquen que las probetas estén libres de grasa antes de la realización del granallado.

Verificar y certificar la correcta aplicación de los diferentes métodos de ensayo como:

- Luz negra
- Cloruros
- Perfil de anclaje
- Espesor de pintura en húmedo
- Espesor de pintura en seco
- Adherencia

Y demás que sean requeridos de acuerdo a las normas, métodos y criterios utilizados en el presente estudio.

Verificar la información técnica del fabricante del producto para determinar y aprobar el inicio de las actividades de preparación de superficie y aplicación de pintura, tales como humedad relativa, punto de rocío, etc.

Verificar la preparación de la pintura de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

Verificar los datos registrados en el formato de medición de espesores en seco y húmedo en los formatos establecidos en la empresa Saurus Ecuador.

f) IDENTIFICACIÓN

Este procedimiento se identifica como: PROCEDIMIENTO PARA APLICACIÓN DE PINTURA DE ALTO DESEMPEÑO EN EQUIPOS PETROLEROS DE SUPERFICIE.

g) ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO

El encargado del almacenaje de la granalla y/o pintura a emplear es el bodeguero del taller donde se desarrollan dichas actividades. Dicho material se debe almacenar en un lugar seco y ventilado para evitar que absorba humedad y se deteriore.

El responsable de la verificación de las condiciones aptas para el almacenaje es el inspector.

h) PROCEDIMIENTO PARA PREPARACIÓN DE SUPERFICIE.

Todo el personal involucrado en esta fase debe cumplir con los requerimientos específicos a esta actividad, en el uso de equipo de protección personal.

Las actividades de preparación de superficies, estarán de acuerdo con los requerimientos de las especificaciones SSPC-SP y de la pintura a ser utilizada.

Los responsables de la ejecución de las actividades de limpieza de la superficie son los pintores y granalladores, debidamente certificados por una calificación previa.

Verificar que el material abrasivo (granalla metálica) a utilizar en el proceso esté libre de humedad, desperdicios u otros contaminantes solubles que puedan dañar el producto. Se deberá verificar que el aire que va a la tolva esté sin agua, aceite, o algún otro agente contaminante, se realizará la prueba por medio de una tela blanca, papel o servilleta.

El material abrasivo a utilizar en taller y en sitio en el interior del tanque será una mezcla de 50% granalla metálica esférica N° S 280 y un 50% granalla metálica angular N° G 40.

El responsable de preparar el equipo de granallado es el granallador y el encargado de verificar que el material abrasivo y el aire comprimido esté en condiciones aptas para ser utilizado es el inspector.

Restos de aceite, grasa o producto orgánico, que se encuentre adherido a la superficie de las planchas, deberá removerse utilizando un solvente volátil, de acuerdo con la norma SSPC-SP1. Se utilizarán solventes no aceitosos. Para la detección de aceite o grasa en la superficie se utilizará luz ultra violeta.

El aceite o grasa se eliminará mediante la limpieza de la superficie con trapos o cepillos impregnados con el solvente adecuado. La limpieza final se hará con trapos limpios de manera de no dejar ningún residuo de aceite y/o grasa.

Será de estricto cumplimiento de que la superficie no exceda una salinidad superior a las 20 ppm (partes por millón).

La superficie limpiada con chorro abrasivo será inspeccionada para detectar que no existan restos de aceite, grasa o suciedad. Si se encontraran presentes tales vestigios, se eliminarán utilizando un solvente volátil, de acuerdo con la norma SSPC-SP1.

Las operaciones de limpieza de chorro abrasivo no se efectuarán sobre superficies que vayan a ser humedecidas posterior a la limpieza y antes de pintar, o cuando las condiciones ambientales sean tales que pueda ocurrir alguna oxidación visible antes de pintar o recubrir.

Será de estricto cumplimiento que la temperatura de la superficie metálica esté 3 °C (5 °F) como mínimo por encima del punto de rocío y que la humedad relativa

del aire sea menor al 85%, antes de iniciar los trabajos de limpieza. La humedad relativa será medida mediante el higrómetro giratorio ó un higrómetro digital.

La apariencia de la superficie preparada será controlada de acuerdo a comparadores visuales de las normas SSPC-VIS 1.

El perfil de anclaje buscado se determinará mediante sistemas rápidos de medida como la utilización de “press-o-film” y con una lectura aleatoria de un mínimo de 3 muestras por lote granallado ó por producción diaria, de acuerdo a la norma NACE SP0287.

La actividad de limpieza por chorro abrasivo podrá realizarse las 24h horas del día, siempre y cuando se cumpla con las especificaciones planteadas anteriormente en este procedimiento.

Los grados de preparación superficial, serán estrictamente los que el cliente solicite, sin importar las recomendaciones de las hojas técnicas de los productos, y deberán cumplir con cada uno de los requerimientos solicitados en el estándar del grado de preparación especificado de acuerdo con SSPC ó NACE.

i) PROCEDIMIENTO PARA APLICACIÓN DE PINTURA

i.1) CONTROL DE PINTURA

Durante el proceso de la aplicación de pintura se deberá registrar la identificación exacta de la pintura: tipo de pintura, lote de pintura, fecha de caducidad.

En caso de ser necesario, los recubrimientos envasados en presentaciones de 5 Galones podrán ser fraccionados, se podrán utilizar balanzas y reglas para realizar la partición, manteniendo sumo cuidado en la equidad de las partes.

La superficie a ser pintada estará completamente limpia y seca, libre de polvo, aceite grasa, agua u otro material extraño.

Después de la limpieza de las superficies se deberá aplicar la primera capa de pintura en un tiempo que no exceda las 4 horas. Se deberán registrar valores de condiciones ambientales de temperatura y % de humedad.

En el caso de que esto no sea practicable, se realizará una ligera limpieza con chorro abrasivo antes de realizar nuevamente la aplicación de pintura.

En la aplicación de la pintura se inspeccionará continuamente utilizando la galga para medir el espesor de pintura en húmedo, con la finalidad de llegar al espesor requerido.

La pintura se aplicará siempre y cuando la superficie esté libre de rocío y la humedad relativa ambiental sea menor a 85%. La superficie a ser pintada debe estar por lo menos 3 °C (5 °F) por encima del punto de rocío, durante el mismo día en el cual se efectúe la limpieza.

La aplicación de pintura deberá detenerse si se observa acumulación de cenizas o polvo sobre la superficie a ser pintada.

La pintura será completamente mezclada para evitar la sedimentación de pigmentos y producir una consistencia uniforme y homogénea para asegurar una reacción completa de los componentes.

La mezcla de la pintura deberá ser hecha por agitadores mecánicos, cuya fuente de energía puede ser mecánica, neumática, eléctrica, etc. Se debe mezclar hasta observar su homogeneidad.

i.2) MÉTODO DE APLICACIÓN DE PINTURA

Antes de la aplicación de la pintura, el pintor deberá mezclar los componentes como lo indique la hoja técnica. Verificar Anexos B (Verificar hoja técnica de cada producto).

Antes de la aplicación de la pintura, es necesario que se eliminen: todas las fallas de soldadura, aristas vivas y filos cortantes en caso de ser necesario.

Después para asegurar una buena protección de la superficie, todos los ribetes, esquinas y hendiduras deberán ser cubiertas con pintura de fondo mediante brocha antes de que toda la superficie reciba la primera aplicación de la pintura de fondo.

La pintura no deberá diluirse sino cuando sea absolutamente necesario, Se debe regir al porcentaje máximo recomendado por el fabricante.

Los recipientes de pintura se mantendrán cerrados cuando no se esté pintando para evitar deterioro o evaporación.

La reparación de áreas defectuosas se realizará usando los procedimientos y recubrimientos de acuerdo a la especificación correspondiente a la aplicación del recubrimiento original. (Norma SSPC-PA 1).

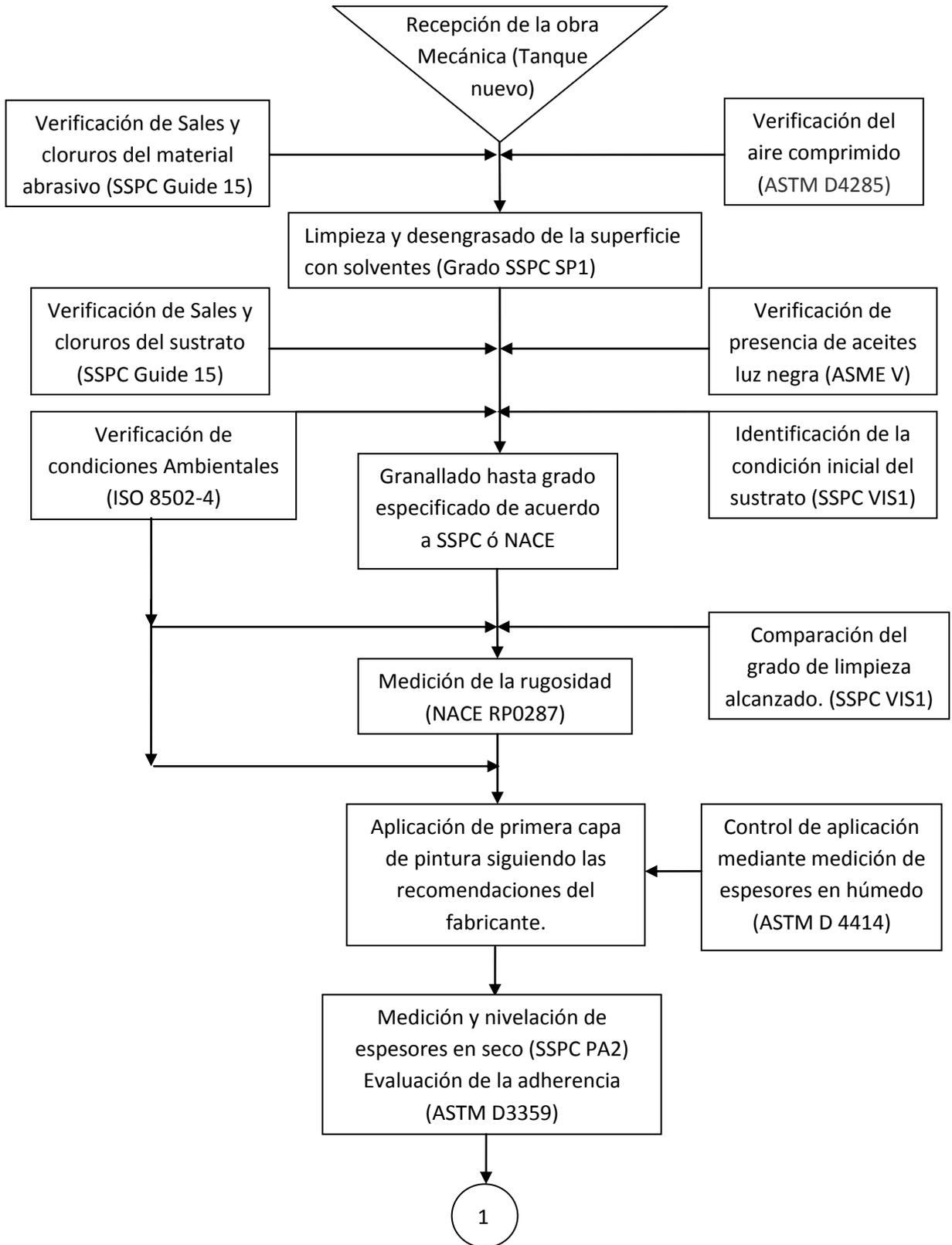
El recubrimiento se reparará en caso de que existan fallas (agrietamiento, fragilidad o falta de adherencia). La reparación debe ser realizada, mínimo 50,8 mm más allá de las áreas dañadas, en todas las direcciones. (Norma SSPC-PA 1).

Para la aplicación de la pintura se usarán los equipos apropiados que permitirán producir un acabado superficial libre de goteo, ondulaciones, solapas y/o arrugas, conforme a la recomendación del fabricante detallado en las hojas técnicas.

Todo trabajo de pintura estará sujeto a inspección con el fin de que su ejecución se haga de acuerdo con las especificaciones. La medición del espesor de película en seco se debe realizar de acuerdo a la norma SSPC-PA2.

Se deberán cumplir los períodos de secado entre capa y capa de pintura, especificados por el fabricante.

i.3) DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL PARA LA CORRECTA APLICACIÓN DE DIFERENTES SISTEMAS DE PINTURA



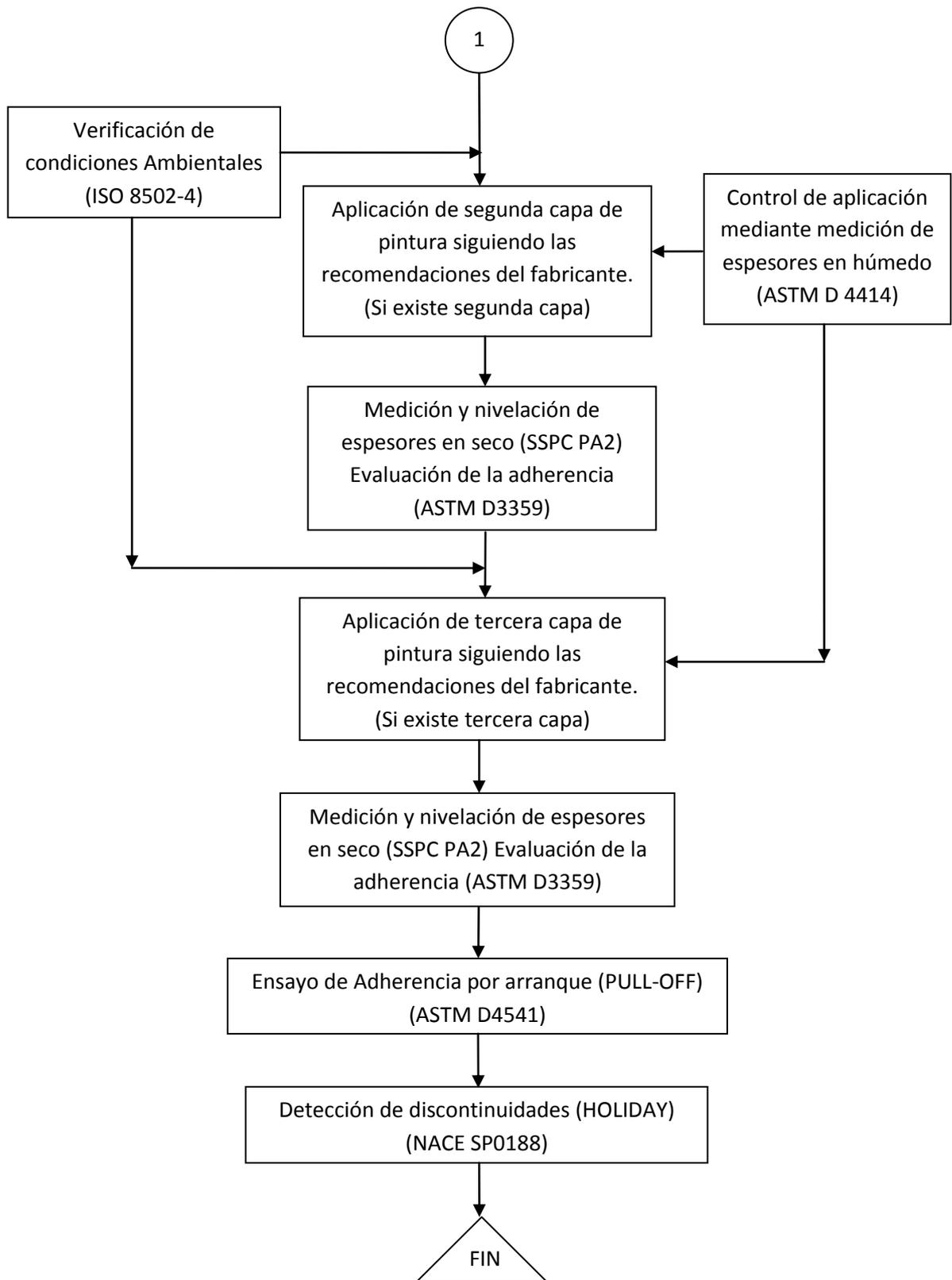


Diagrama 6.1 Diagrama de flujo general para la correcta aplicación de diferentes sistemas de pintura

Autor: Alex Jarrín.

j) CONDICIONES DE SITIO

Las condiciones del sitio, que se tomarán en consideración para la ejecución de este estudio, son las siguientes:

- Área delimitada para Granallado.
- Área para equipos de compresión de aire.
- Área para la aplicación de pintura
- Bodega para almacenamiento de pinturas y diluyentes.

k) INSPECCIÓN Y PRUEBA:

k.1) GENERAL

Todas las etapas del trabajo estarán sujetas a inspección por parte del tutor de tesis y por parte del propietario de la empresa.

k.2) PRUEBA DE PINTURA

A fin de obtener una calidad óptima en la realización de las labores de limpieza, pintura y/o recubrimiento de los equipos y accesorios, el inspector realizará y documentará las pruebas en todas las etapas del trabajo. Estas pruebas podrán ser presenciadas por los dueños del proyecto, en caso de así requerirlo.

Se deberán efectuar las siguientes inspecciones y/o pruebas:

- Inspección visual.
- La calidad del aire y la calidad de la granalla se consideran dentro de las pruebas visuales.
- Luz negra.
- Verificación de presencia de sales solubles.
- Medición de profundidad de anclaje.
- Medición de película húmeda.

- Revisión del espesor de película seca.
- Medición de la adherencia.
- Revisión de las condiciones ambientales durante la aplicación: temperatura del aire, temperatura del sustrato y humedad relativa.
- La prueba holiday para la comprobación de la calidad del recubrimiento se realizará de la siguiente manera:

El detector holiday será de bajo voltaje para espesores de recubrimiento de hasta 0,51 mm (20 mils) según la Norma NACE RP0188.

La prueba de holiday se la efectuará solo en recubrimientos que vayan a trabajar bajo inmersión.

k.3) CRITERIOS DE RECHAZO

Las superficies pintadas podrán ser rechazadas por las siguientes causas:

- Si las superficies pintadas presentan en promedio falta de espesor o sobre-espesor al ser medidos en diferentes puntos. Regirse a norma SSPC-PA2.
- Si la superficie pintada presenta contaminación de arena, polvo, pelusas, etc.
- Si se encuentran áreas de la superficie sin pintar.
- Si al realizar la prueba de adherencia en la superficie pintada acorde con la norma ASTM D3359 es inferior a 2A ó B, según corresponda.
- Si se encuentran rayones en la superficie revestida.
- Si los valores de adherencia pull-off son inferiores al establecido por el fabricante, ó a los valores requeridos por el cliente.

l) LISTA DE EQUIPOS DE MEDICIÓN.

Nota: Todos los equipos deberán estar calibrados.

- KIT DE SALINIDAD BRESLE ELCOMETER 134s
- MICRÓMETRO (Ver Anexo C1)
- PRESS FILM X-COARSE

- MEDIDOR DE ESPESORES DE PINTURA SECA ELCOMETER 456 (Ver Anexo C2)
- MEDIDOR DE ESPESOR DE PINTURA HUMEDA
- HOLIDAY DETECTOR (BAJO VOLTAJE). (Ver Anexo C3)
- MEDIDOR DE CONDICIONES AMBIENTALES Y DE SUPERFICIE (Ver Anexo C4)
- EQUIPO PARA ENSAYOS DE PULL OFF (Ver Anexo C5)

6.8. ADMINISTRACION

Este análisis se lo hace en base a un costo unitario, que quiere decir el valor de ensayo no destructivo en un lapso de tiempo considerando el rendimiento en la elaboración de dicho proceso.

TABLA N° 6.1. COSTO DEL PROCESO DE PINTURA DE ALTO DESEMPEÑO.

| ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS | | | | |
|---|----------|-----------|--------|-------|
| PROPONENTE: FICM-UTA FORMULARIO 0.01 HOJA 1 DE 1 | | | | |
| PROYECTO: PROCESO DE PINTURA DE ALTO DESEMPEÑO | | | | |
| FECHA: 21 DE NOVIEMBRE DEL 2012 | | | | |
| EQUIPOS: | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | COSTO DIA | TIEMPO | COSTO |
| COMPRESOR 260 CFM SULLAIR | 1 | 100 | 1 | 100 |
| EQUIPO DE SAND BLASTING | 1 | 50 | 1 | 50 |
| EQUIPO DE PINTURA | 1 | 50 | 1 | 50 |
| MALETÍN DE INSPECCION | 1 | 60 | 1 | 60 |
| EQUIPO DE PULL OFF | 1 | 40 | 1 | 40 |
| HOLIDAY DETECTOR | 1 | 20 | 1 | 20 |
| SUBTOTAL M | | | | 320 |
| PERSONAL: | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | COSTO DIA | TIEMPO | COSTO |
| GRANALLADOR | 1 | 60 | 1 | 60 |
| PIPERO | 1 | 40 | 1 | 40 |
| PINTOR | 1 | 60 | 1 | 60 |
| AYUDANTE DE PINTURA | 1 | 35 | 1 | 35 |
| AYUDANTES GENERALES | 3 | 25 | 1 | 75 |

| | | | | |
|----------------------------------|---|----------|----------|-------|
| SUPERVISOR | 1 | 70 | 1 | 70 |
| QA/QC | 1 | 80 | 1 | 80 |
| SUBTOTAL N | | | | 420 |
| MATERIALES: | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO U. | COSTO |
| PINTURA | GAL | 3 | 90 | 270 |
| CONSUMIBLES | KIT | 1 | 70 | 70 |
| SUBTOTAL O | | | | 340 |
| TRANSPORTE: | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| TRANSPORTE DEL PERSONAL | U | 7 | 2 | 14 |
| SUBTOTAL P | | | | 14 |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A. | TOTAL DEL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | | | 1094 |
| | INDIRECTOS Y UTILIDADES 20% | | | 219 |
| | COSTO (por producción diaria 60m ²) | | | 1313 |

Autor: Alex Jarrín

6.8.1 ANÁLISIS DE COSTO

La producción diaria que se maneja para la tabla 6.1 es de 60 metros cuadrados que se pueden granallar y aplicar una capa de primer, sea este un zinc inorgánico o un epóxico anticorrosivo. Siendo los sistemas de pintura tan variables, se debería modificar el precio del galón de pintura, dependiendo de qué imprimante se vaya a aplicar en la superficie.

El precio que se estaría manejando por metro cuadrado es de 21,88 dólares americanos, que a diferencia con el proceso anterior que se realizaba, el cual no era minucioso, estaba alrededor de los 18,30 dólares americanos.

Tomado en cuenta esta mínima diferencia de precios, el procedimiento planteado en este capítulo es el más ideal y el que más se acerca a los altos estándares de calidad que se puede tener dentro de los recubrimientos, ofreciéndole al cliente un producto final de muy alta calidad, el cual le garantizara la extensión de la vida útil de su equipo de superficie.

Se debe también considerar que este incremento del precio por metro cuadrado, en áreas inferiores a 100 metros cuadrados, no es tan relevante en comparación a ciertos equipos de superficie que son de mayor volumen como por ejemplo tanques o extensas tuberías de interconexión, las cuales sobrepasan los mil metros cuadrados en áreas. Para estos casos se deberá reconsiderar nuevamente este estudio económico, con el fin de proponer precios competitivos dentro del mercado de la aplicación de pinturas de alto desempeño.

6.8.2. PLANEACIÓN

Importante previo a la ejecución del proceso de granallado y pintura:

- Reunión previa al trabajo para organizar de manera adecuada cada una de las actividades que se van a ejecutar.
- Verificación de la pintura envasada, revisar condiciones de almacenaje, lotes correspondientes y fecha de vencimiento.
- Lectura y comprensión de la especificación del procedimiento de pintura y hojas técnicas del producto.
- Verificación de la pureza del aire comprimido
- Limpieza previa de la superficie e inspección de rasgos de contaminantes no visibles en la misma.
- Medición de condiciones ambientales.
- Registro de todos los datos obtenidos.

Importante durante la ejecución del proceso de pintura de alto desempeño:

- Medición de condiciones ambientales de aplicación, esto se debe hacer en lo posible en lapsos de media hora.
- Inspección de la superficie granallada
- Toma de muestras del perfil de anclaje de la superficie granallada.
- Verificación de la mezcla de los componentes de la pintura.
- Medición de espesor en película húmeda
- Registro de todos los datos obtenidos.

Importante después de la ejecución del proceso de pintura de alto desempeño:

- Medición de condiciones ambientales de aplicación para garantizar un curado adecuado.
- Medición de espesores de película seca.
- Realizar ensayos de adherencia mediante cinta adhesiva para llevar un registro del comportamiento de cada capa de pintura
- Realizar ensayo de adherencia por arranque del sistema completo.
- En recubrimientos para inmersión realizar la detección de discontinuidades.
- Registrar todos los resultados.

6.8.3. ORGANIZACIÓN.

Este proceso fue optimizado en base a los programas para inspectores de recubrimientos Nivel 1 y 2 emitidos por NACE (Asociación Nacional de Ingenieros de la Corrosión), los cuales relacionan cada uno de los subprocesos que se deben cumplir y las inspecciones que se deben realizar con normas internacionales tales como ASTM, ISO, SSPC, NACE entre otras.

De esta manera hemos logrado obtener un procedimiento que nos ayude a abarcar cada uno de los importantes detalles para alcanzar un alto nivel en la aplicación de pinturas de alto desempeño.

6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Una vez realizado el trabajo de investigación, el mismo que fue realizado en su totalidad en el taller de producción y oficina del departamento de calidad de la empresa SAURUS ECUADOR CIA LTDA en la ciudad de Quito, se sugiere tomar en cuenta el nuevo procedimiento para aplicación de pintura de alto desempeño para equipos petroleros de superficie, al igual que cada una de las recomendaciones presentes en éste trabajo, a fin de prevenir inconvenientes al momento de realizarse este tipo de ensayo.

MATERIALES DE REFERENCIA:

BIBLIOGRAFÍA:

- 1) Mongonon. (2001) “Ciencia de Materiales”. Editorial: Pearson. México.
- 2) Smith. (2004) “Ciencia e ingeniería de materiales”. Mcgraw- Hill.
Interamericana de España.
- 3) José Antonio Pero-Sanz Elorz. (2006) “Ciencia e Ingeniería de materiales”
Madrid. España
- 4) National Association of Corrosion Engineers. (2003). Coatings Inspector
Program1.
- 5) Antonio Madrid. (2010). “Pinturas y revestimientos” EspañaSchramm,
- 6) Laurier L. (1992). “Petroleum Emulsions”. Snedaker. Washington D.C.
- 7) Sinclair, Upton. (2008) “Petróleo”. Edhasa. Barcelona. España
- 8) Rafael Torres Robles, Javier Castro Arellano (1998). “Procesos de
refinación del petróleo”. Editorial: Alfaomega. México.
- 9) Levorsen A. I. (1972) “Geología del petróleo” San Francisco. EEUU.
- 10) National Association of Corrosion Engineers. (2010). Coatings Inspector
Program 1.
- 11) National Association of Corrosion Engineers. (2011). Coatings Inspector
Program 2.
- 12) Archivos digitales de la Empresa Saurus Ecuador Cía. Ltda.
- 13) http://es.wikipedia.org/wiki/Industria_petrolera
- 14) <http://www.monografias.com/trabajos72/facilidades-superficie-industria-petrolera/facilidades-superficie-industria-petrolera.shtml>.

- 15) http://www.asetec.net.ec/internet/index.php?option=com_content&view=article&id=12:ley-organica-de-defensa-del-consumidor&catid=11:informacion-publica.
- 16) <http://www.gracoequiposdepintura.es/catalogo-de-productos/accesorios/pistolas/pistolas-manuales-airless-xtr-5>
- 17) <http://www.clemco.es/catalogo-de-productos/equipos-de-chorro-portatiles/arenadora-clemco-scw-2048-140-l/>
- 18) <http://www.gracoequiposdepintura.es/catalogo-de-productos/revestimientos-protectores/monocomponente/equipos-de-pintar-airless-xtreme>
- 19) <http://www.elcometer.com/es/component/productmanager/productmanager?prod=185>
- 20) <http://www.tqc.eu/en/products/article/616/SSPC-VIS-1-PICTORIAL-SURFACE-STANDARD-DRY-BLAST-CLEANING>
- 21) http://www.prabhaenterprises.com/inspection_instruments.html
- 22) <http://www.elcometer.com/en/component/productmanager/productmanager?prod=29>

ANEXOS

ANEXO A

Anexo A1

SSPC-Guide to VIS 1-89
September 1, 1989
Editorial Changes September 1, 2000

SSPC: The Society for Protective Coatings

GUIDE TO SSPC-VIS 1-89

Visual Standard for Abrasive Blast Cleaned Steel (Standard Reference Photographs)

1. Scope

This guide describes the use of standard reference photographs depicting the appearance of previously unpainted hot-rolled carbon steel prior to and after abrasive blast cleaning. These photographs are intended to be used to supplement the written SSPC blast cleaning surface preparation specifications. As the written specifications are the primary means to determine conformance with blast cleaning requirements, the photographs shall not be used as a substitute for these specifications. (See Note 7.1.)

2. Description

The standard consists of a series of 1:1 (actual size) color photographs which represent various conditions of unpainted steel surfaces prior to and after surface preparation by abrasive blast cleaning.

3. Reference Standards

3.1 The standards referenced in this guide are listed in Section 3.3 and form a part of this guide.

3.2 The latest issue, revision, or amendment of the reference standards in effect on the date of invitation to bid shall govern unless otherwise specified.

3.3 SSPC/NACE JOINT STANDARDS:

| | |
|-----------------------|---------------------------------|
| SSPC-SP 5/NACE No. 1 | White Metal Blast Cleaning |
| SSPC-SP 6/NACE No. 3 | Commercial Blast Cleaning |
| SSPC-SP 7/NACE No. 4 | Brush-Off Blast Cleaning |
| SSPC-SP 10/NACE No. 2 | Near-White Metal Blast Cleaning |

4. Conditions Depicted

4.1 The standard (SSPC-VIS 1-89) illustrates four initial rust grades before surface preparation and covers the range from intact mill scale to rusted and pitted steel. These rust grades are:

| | |
|--------------|---|
| Rust Grade A | Steel surface completely covered with adherent mill scale; little or no rust visible. |
| Rust Grade B | Steel surface covered with both mill scale and rust. |
| Rust Grade C | Steel surface completely covered with rust; little or no pitting visible. |
| Rust Grade D | Steel surface completely covered with rust; pitting visible. |

4.2 The standard illustrates surfaces prepared by abrasive blast cleaning using sand. The various degrees of cleaning represented are:

| | |
|------------|---------------------------------|
| SSPC-SP 5 | White Metal Blast Cleaning |
| SSPC-SP 6 | Commercial Blast Cleaning |
| SSPC-SP 7 | Brush-Off Blast Cleaning |
| SSPC-SP 10 | Near-White Metal Blast Cleaning |

(The full titles of the SSPC/NACE joint surface preparation standards are provided in Section 3.3)

4.3 Photographs illustrative of some variations in color, texture, and general appearance that can result from the choice of abrasive are provided in an Appendix to the standard (see also Note 7.2). The Appendix is provided for information only and does not constitute a part of the standard. The Appendix photographs represent adherent mill scale (Rust Grade A) blast cleaned to white metal (SSPC-SP 5) by various nonmetallic and metallic abrasives. The variations in appearance are depicted only for white metal; however, these same variations must be considered when assessing steel prepared to other degrees of cleaning.

5. Procedures

5.1 Select the photograph of the rust grade (A, B, C, or D) that most closely represents the appearance of the steel to be cleaned. The steel to be cleaned may contain more than one of the initial rust grades.

5.2 Determine the degree of cleaning that is specified (SSPC-SP 7, SSPC-SP 6, SSPC-SP 10, or SSPC-SP 5).

The full titles of the SSPC/NACE joint surface preparation standards are provided in Section 3.3.

5.3 Use Table 1 to determine which photograph depicts the finished surface. For example, if the initial rust grade is "C" and commercial blast cleaning (SSPC-SP 6) is specified, use photograph C SP 6.

5.4 Compare the prepared surface with the photograph selected in Section 5.3 to evaluate the degree of cleaning.

5.5 This visual standard shall be used only in conjunction with the written SSPC/NACE joint surface preparation specifications, as it is based upon appearance only and does not address other factors necessary for compliance with the written specification. Steel surfaces show variations in texture, shade, color, tone, pitting, flaking, mill scale, etc., which should be considered when making a comparison with the reference photographs.

6. Disclaimer

While every precaution is taken to insure that all information furnished in SSPC guides and standards is as accurate, complete, and useful as possible, SSPC cannot assume any responsibility nor incur any obligation resulting from the use of any materials or methods specified therein, or of the guides or standards themselves.

7. Notes*

7.1 Although prepared from unpainted steel, the photographs may also be suitable for depicting the appearance of painted steel after blast cleaning.

7.2 The photographs of non-metallic abrasives in the Appendix illustrate the range of appearance produced by non-metallic abrasives as a class. Among the abrasives included in this class are silica sand, olivine sand, garnet, flint shot, copper slag, coal slag, and nickel slag. The abrasive used for each photograph is not specifically identified because wide variations in appearance were observed among the abrasives within a given generic class (e.g., copper slag).

A similar set of photographs illustrates the range of appearance produced by metallic abrasives as a class, which includes steel shot, steel grit, and combinations and modifications of these two abrasive media.

7.3 SSPC-VIS 1-89 is comprised of photographs prepared by SSPC to comply with the written SSPC abrasive blast cleaning standards. The previous VIS 1, prepared in conjunction with the Swedish Standards Institution (SIS), has been revised by the International Organization for Standardization (ISO) and is available from SIS or SSPC as ISO Standard 8501-1/SIS SS 05 59 00 (1988).

*Notes are not a requirement of this specification.

TABLE 1

| Degree of Cleaning | A 100% Adherent Mill Scale | B Mill Scale and Rust | C 100% Rust | D 100% Rust With Pits |
|---|----------------------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Brush-Off Blast Cleaning (SSPC-SP 7) | ¹ | B SP 7 | C SP 7 | D SP 7 |
| Commercial Blast Cleaning (SSPC-SP 6) | ² | B SP 6 | C SP 6 | D SP 6 |
| Near-White Blast Cleaning (SSPC-SP 10) | A SP 10 | B SP 10 | C SP 10 | D SP 10 |
| White Metal Blast Cleaning (SSPC-SP 5) | A SP 5 ³ | B SP 5 | C SP 5 | D SP 5 |

¹ Standard photograph not provided due to wide variations in appearance possible when brush-off blast cleaning adherent mill scale.

² No photograph available because this condition cannot normally be attained when removing adherent mill scale.

³ The photographs contained in the Appendix depict the appearance of surfaces blast cleaned with alternate abrasives (see Note 7.2).
 • Alternate non-metallic abrasives: A SP 5-N1, A SP 5-N2, A SP 5-N3
 • Alternate metallic abrasives: A SP 5-M1, A SP 5-M2, A SP 5-M3

ANEXO A2



Designation: D 4285 – 83 (Reapproved 1999)

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 Indicating Oil or Water in Compressed Air¹

This standard is issued under the fixed designation D 4285; 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 (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method is used to determine the presence of oil or water in compressed air used for abrasive blast cleaning, air blast cleaning, and coating application operations.

1.2 *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 Section 4.

2. Significance and Use

2.1 Clean compressed air is required to prevent contamination of coating materials and surfaces being prepared for coating. This test method is a visual examination technique for determining oil or water in compressed air. Other types of contamination may require additional analytical techniques for detection.

3. Apparatus and Materials

3.1 *Absorbent Collector*, such as white absorbent paper or cloth and rigid backing for mounting absorbent collector, or

3.2 *Nonabsorbent Collector*, such as rigid transparent plastic, approximately 1/4 in. thick.

4. Cautions

4.1 To avoid false indications prior to testing:

4.1.1 Allow compressed air system to reach operating conditions, and

4.1.2 Allow air to discharge at operating conditions to remove accumulated condensation in the system.

4.2 Fasten the collector material to the rigid backing.
Precaution: Avoid personal contact with the air stream.

5. Sampling

5.1 Conduct the test on discharging air as close to the use point as possible and after the inline oil and water separators.

6. Procedure

6.1 Use either the absorbent or nonabsorbent collector.

6.2 Position the collector within 24 in. of the air-discharge point, centered in the air stream.

6.3 Adjust air discharge so that the collector remains intact during the test. Allow air to discharge onto the collector for a minimum of 1 min.

6.4 Visually examine the collector for the presence or absence of oil or water, or both.

7. Interpretation of Results

7.1 Any indication of oil discoloration on the collector shall be cause for rejection of the compressed air for use in abrasive blast cleaning, air blast cleaning, and coating application operations.

7.2 Any indications of water contamination on the collector shall be cause for rejection of the compressed air for use in those applications where water is detrimental, such as abrasive blast cleaning, air blast cleaning, and coating application operations.

8. Precision and Bias

8.1 No precision or bias statement has been established for this test method.

9. Keywords

9.1 compressed air; oil and water in compressed air

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D-33 on Protective Coating and Lining Work for Power Generating Facilities and is the direct responsibility of Subcommittee D33.05 on Surface Preparation.
Current edition approved Sept. 30, 1983. Published December 1983.

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 A3

SSPC-Guía 15
Tercer Junio, 2005

SSPC: Sociedad de Recubrimientos Protectores GUÍA TECNOLÓGICA 15 Métodos de Campo para la Extracción y Análisis de Sales Solubles en Sustratos de Acero y Otros Sustratos No Porosos

1. Alcance

1.1 Esta Guía describe los métodos de campo más utilizados para la extracción y análisis de sales solubles en acero y otros sustratos no porosos. Solamente se incluyen métodos de laboratorio para las situaciones en las que es deseable tener un control de laboratorio. Mucha de esta información se encontraba contenida en la SSPC-TU 4, Métodos de Campo para la Extracción y Análisis de Sales Solubles en Sustratos, que se discontinuará después de la publicación de esta Guía.

2. Descripción y Uso

2.1 Los recubrimientos aplicados sobre superficies contaminadas con sales solubles que exceden una cierta concentración muestran un desempeño disminuido. Esta Guía tiene como objetivo asistir al usuario a seleccionar procedimientos específicos para recuperar y analizar las sales solubles. La Sección 4 de esta Guía presenta y describe los diferentes métodos para extraer sales de una superficie. La Sección 5 presenta y describe los métodos analíticos usados para determinar la concentración de las sales solubles en la solución extraída. Ver el Apéndice E para obtener enlaces a información sobre fuentes de equipos de pruebas y materiales.

3. Normas de Referencia

3.1 NORMAS SSPC Y NORMAS CONJUNTAS¹:

SP 5/NACE No. 1 Limpieza a Presión con Chorro al Metal Blanco

3.2 NORMAS DE LA ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN (ISO)²:

ISO 8502 Preparación de sustratos de acero antes de la aplicación de pinturas y productos relacionados – Pruebas para la evaluación del nivel de limpieza de la superficie.

Parte 2 Determinación en el laboratorio de cloruros en superficies limpiadas (ISO 8502-2:1992)

Parte 5 Medición de cloruros en superficies de acero preparadas para pintar – detección

¹ Copias únicas de las normas discontinuadas pueden obtenerse de SSPC previa solicitud.

² Organización Internacional de Normalización (ISO), Case Postale 56, Geneva CH-1211, Switzerland. Las normas ISO pueden obtenerse a través del American National Standards Institute, 1819 L Street, NW, Suite 600, Washington, DC 20036 (www.ansi.org).

de iones mediante el método del tubo (ISO 8502- 5:1998).

Parte 6 Extracción de contaminantes solubles para análisis – El método Bresle (ISO 8502-6:1995)

Parte 9 Método de campo para la determinación conductimétrica de sales solubles en agua (ISO 8502-9:1998)

Parte 10: Método de campo para la determinación valorimétrica de cloruro soluble en agua (ISO 8502-10:1999)

Parte 12: Método de campo para la determinación valorimétrica de iones ferrosos solubles en agua (ISO 8502-12:2003)

4. Métodos de Recuperación

4.1 CLASES DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN: Los métodos de extracción de sales empleados para ayudar a determinar las concentraciones superficiales de sales en los sustratos caen dentro de tres clases generales, cada una de las cuales pueden subdividirse. (Ver el Apéndice E para obtener enlaces a información sobre equipos y materiales para ensayos).

4.1.1 Clase A: La extracción de Clase A involucra una metodología para contener un líquido que se mantiene en contacto con una superficie de un área predeterminada. La turbulencia dentro del líquido de contacto aumenta la disolución de la contaminación de sal en la solución.

Método A1: Método de Extracción Mediante un Parche de Látex: Este método utiliza un pequeño parche adhesivo cubierto con una película de látex, que se sujeta a la estructura formando una cavidad tipo celda. Los bordes adhesivos de auto-contención permiten que el parche se adhiera a la superficie. Luego, se inyecta en su centro agua destilada o desionizada o un líquido de extracción patentado con una aguja hipodérmica. El parche se llena como una burbuja de pintura grande. El líquido es masajeador contra la superficie sometida a la prueba, luego, se retira del parche utilizando la aguja hipodérmica y se realizan análisis de concentración de iones.

Método A2: Método de Extracción en Manga

Este método utiliza una pequeña manga (media) flexible de látex libre de cloruro con un borde adhesivo de auto-contención que se adhiere a la estructura sometida a prueba, formando una cavidad. Se dosifica una solución de extracción de sales en la manga antes de su adhesión. Se masajea la solución contra la superficie analizada durante un periodo específico de tiempo y luego se retira. Luego se retira la manga y la solución se analiza para determinar los niveles de cloruros y/o nitratos. Para este método existe un kit disponible, con instrucciones operativas y una solución patentada pre-medida (volumen fijo).

4.1.2 Clase B: La extracción de Clase B involucra una metodología para contener un volumen conocido de líquido dentro de un área medida que se encuentra en contacto con la superficie. Podría haber o no haber un frotado mecánico con la superficie.

Método B1: Métodos de Frotado con Torunda o Lavado: Se utiliza un líquido de baja conductividad como agua desionizada y torundas de algodón para extraer sales de una superficie. El método requiere que el operador use guantes de látex no clorinado para evitar la contaminación cruzada de la superficie o de la muestra extraída por sales que se encuentran presentes naturalmente en la superficie de la piel. Después de frotar la superficie con la torunda, se analiza el líquido respecto a la concentración de iones.

Método B2: Método de Extracción con Papel de Filtro: Se coloca un papel de filtro absorbente pre-humedecido en la superficie de la que se va a extraer las sales. El papel humedece la superficie y extrae las sales solubles. Después de un tiempo predeterminado, el papel es retirado de la superficie y colocado sobre los electrodos de un medidor de resistividad. El medidor indica la conductividad del papel humedecido. La conductividad es proporcional a las sales disueltas totales.

4.1.3 Clase C: La extracción de la Clase C se utiliza únicamente en un ambiente de laboratorio, e involucra sumergir toda la superficie en agua en ebullición. Este método utiliza un volumen predeterminado de líquido de extracción y un área de superficie predeterminada.

Método C: Método de Extracción en Ebullición: Este método involucra el uso de agua desionizada en ebullición para extraer sales de un testigo de muestreo. Este método está diseñado para

usarlo en la extracción de sales de sustratos de muestreo en un entorno de laboratorio. Podría utilizarse como método de referencia para derivar tasas de extracción para los métodos del parche de látex, manga, torunda y extracción con papel de filtro arriba descritos. También podría usarse para muestras de campo cortadas de una estructura o probetas de prueba expuestas en un campo, lote o gabinete. Este método se describe en el Apéndice A.

4.1.4 Los primeros cuatro métodos pueden usarse para ayudar a caracterizar las superficies encontradas ya sea en entorno de campo o de laboratorio. En general, los métodos de extracción en ebullición solamente se utilizan bajo condiciones de laboratorio. Se considera que ningún método en campo o laboratorio es capaz de extraer todas las sales solubles de una superficie. La proporción de sales extraídas mediante los métodos de campo depende del método utilizado, la rugosidad de la superficie examinada, el grado de oxidación y las condiciones ambientales. La presencia de picaduras o cráteres profundos en la superficie puede llevar a mediciones extremadamente inexactas de la contaminación por sales, ya que las sales que están en el fondo de las picaduras profundas podrían escaparse de la detección.

4.2 SOLUCIÓN EXTRACTORA: Todos los procedimientos de extracción descritos en este documento usan agua desionizada o destilada (designadas como agua para reactivos) o una solución patentada.

4.2.1 Agua para Reactivos: El agua para reactivos utilizada para la extracción de sales debe tener una conductividad máxima de 5 microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$). El agua destilada puede comprarse en cualquier tienda pero se recomienda la verificación de su conductividad. Alternativamente, podría utilizarse un desmineralizador portátil para preparar agua desionizada en el lugar. Vierta agua del caño en la botella de plástico, coloque el cartucho desmineralizador en la dirección indicada, inviértalo y presione para que salga la cantidad de agua deseada (para muchas de las pruebas descritas más adelante, se necesita por lo menos 25 mL). El cartucho puede utilizarse hasta que el color azul se torne marrón, como se indica en unos de los lados del cartucho. Una vez que esto ocurra, reemplace el cartucho. Cada cartucho debe desionizar aproximadamente 3000 mL de agua.

4.2.2 Soluciones Patentadas: Los kits de extracción comerciales podrían incluir soluciones patentadas. Estas soluciones deben usarse

únicamente para las sales solubles descritas en las instrucciones del kit. Las soluciones patentadas normalmente no son adecuadas para medir la conductividad de las soluciones extraídas.

4.3 MÉTODO DE EXTRACCIÓN MEDIANTE PARCHES DE LÁTEX: El procedimiento de muestreo para el método del parche de látex se describe en el ISO 8502-6.

4.3.1 Procedimiento para la Adquisición de Muestras

1. Retire la parte posterior que cubre el adhesivo y el inserto de espuma del parche de prueba y aplíquelo firme y herméticamente, asegurándolo bien a una superficie de prueba seca. Todas las orientaciones, incluyendo la vertical, horizontal o volteadas son aceptables.
2. Inserte la aguja que viene con la jeringa de 5 mL en la celda formada por el parche a través de su perímetro de espuma esponjoso, teniendo cuidado de no inyectar por debajo de la espuma o en la película de látex. Evacúe el aire del área de prueba jalando hacia atrás el pistón. Expulse el aire de la jeringa. Llene la jeringa con 3 mL del líquido de extracción.
3. Inyecte 3 mL u otra cantidad designada de líquido de extracción en la celda cuidando de mantener las burbujas de aire fuera de la jeringa. Presione el perímetro de la celda firmemente durante esta operación para evitar la fuga de agua.
4. Retire la aguja del centro de la celda (pero no el perímetro esponjoso de espuma) y suavemente frote la parte superior de la celda durante 10 a 15 segundos para promover la disolución de las sales solubles. El aumentar el tiempo de masaje podría aumentar la eficiencia del líquido de extracción.
5. Retire y reinyecte el líquido de extracción un mínimo de tres veces, frotando suavemente cada vez la parte superior de la celda durante 10 a 15 segundos. Luego, retire tanto líquido de extracción como sea posible y colóquelo en un vial u otro envase limpio. Para cada prueba se debe usar un envase nuevo y limpio, o en caso de volver a utilizar los envases, se les debe enjuagar dos o más veces con agua para reactivos.
6. Si las pruebas adicionales requieren de un volumen más alto de líquido de extracción al permitido por el procedimiento de extracción, añada líquido de extracción para elevar el volumen de la muestra hasta el nivel requerido y anote el nuevo volumen de la muestra y porcentaje de dilución.

7. Use el líquido de extracción del paso 6 para determinar la concentración de iones de cloruro, la concentración de iones ferrosos u otra concentración de iones utilizando uno de los métodos descritos en la Sección 5 (ver Sección 4.2.2).
8. Si no se van a obtener muestras adicionales, use siempre un parche nuevo y jeringa y aguja nuevas, esto evitará la contaminación cruzada entre muestras.

4.3.2 Ventajas del Método del Parche de Látex:

1. Los parches que se sujetan adhesivamente se ajustan a las superficies curvas e irregulares.
2. Parches como éstos están disponibles comercialmente en una variedad de tamaños, el tamaño más comúnmente usado extrae sales de una superficie de 12.5 cm². Los tamaños de parches más pequeños permiten la realización de ensayos de niveles de sales en sitios localizados de corrosión, como cráteres o picaduras.
3. Si se ha utilizado agua para reactivos como líquido de extracción, se debe determinar la conductividad utilizando medidores de conductividad disponibles comercialmente.
4. Los líquidos de extracción acídicos (como los que vienen con el kit patentado para este procedimiento) normalmente proporcionan una mejor eficiencia de extracción que el agua desionizada.

4.3.3 Limitaciones del Método del Parche de Látex:

1. Los parches que se sujetan adhesivamente solamente pueden contener una cantidad limitada de líquido de extracción. Con el tamaño de parche más comúnmente utilizado (12.5 cm² de área superficial), la cantidad real de líquido dentro de la celda que forma en parche que entra en contacto con la superficie es 3 mL. Esto puede limitar el rango de análisis que pueden realizarse.
2. No puede realizarse una determinación de la conductividad en línea con estos parches.
3. El parche podría no adherirse bien a las superficies oxidadas, pero podría adherirse tan bien a superficies limpiadas con chorro abrasivo que se hace difícil retirarlo.
4. El parche podría tener una fuga a través del agujero que se hizo al introducir la jeringa.
5. Los parches son insumos consumibles y solamente pueden usarse una vez.

4.3.4 Eficiencia de Extracción: ver el Apéndice D.

4.4 MÉTODO DE EXTRACCIÓN CON MANGA

4.4.1 Procedimiento para la Adquisición de Muestras

1. Retire la tapa del frasco de extracto pre-medido y vierta todo el contenido en la manga.
2. Retire el soporte posterior sensible a la presión que cubre el anillo adhesivo de la manga.
3. Retire la mayor cantidad de aire que se encuentra dentro de la manga presionando la manga entre los dedos y el pulgar. No derrame nada de la solución de extracción al evacuar el aire.
4. Aplique firmemente la manga a la superficie a analizar. Levante y mantenga el extremo libre de la manga en posición erguida para permitir que el líquido de extracción entre en contacto con la superficie.
5. Use la otra mano para masajear la solución a través de la manga contra la superficie durante 2 minutos. Es necesario anotar que al aumentar el tiempo de masajeo (por ejemplo, hasta 6 minutos) aumentará la medida de remoción de sal. Cuando se haya culminado con el masajeo, retire la manga y la solución de la superficie. En el caso de las superficies verticales o volteadas, la solución de extracción volverá al área inferior de la manga de prueba. Para las superficies horizontales, presione y deslice un dedo a través de la manga para mover la solución al extremo cerrado de la manga antes de retirarla.

4.4.2 Ventajas del Método de Extracción con Manga:

1. Este método es muy simple de realizar, ya que todos los componentes están pre-medidos.
2. La manga adhesiva se ajusta a las superficies curvas e irregulares. Se pueden realizar pruebas en superficies verticales, horizontales y volteadas.
3. En superficies extremadamente rugosas o picadas, el anillo sellante podría duplicarse, permitiendo así que se realice la prueba.
4. El kit para este método proporciona un volumen pre-medido de solución de extracción y un área fija de la manga que se abre. Estas características están diseñadas para proporcionar una lectura final en microgramos por centímetro cuadrado ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$).

5. Todos los componentes son para uso una sola vez, eliminando la contaminación cruzada de prueba a prueba.
6. En los climas cálidos o en superficies calientes, la solución de extracción encapsulada no se evaporará.
7. Las extracciones también proporcionan un tamaño suficiente de muestra para que se realicen análisis de diferentes iones.
8. Los líquidos de extracción acídicos (como el que viene con el kit patentado para este procedimiento) normalmente proporcionan una mejor eficiencia de extracción que el agua desionizada.

4.4.3 Limitaciones del Método de Extracción con Manga:

1. La manga adhesiva podría no adherirse bien a superficies oxidadas, pero podría adherirse tan bien a superficies limpiadas con chorro abrasivo que se haría difícil retirarla.
2. No puede realizarse una determinación de la conductividad en línea con estas mangas.
3. Las mangas son insumos consumibles y solamente pueden usarse una vez.

4.4.4 Eficiencia de Extracción: ver el Apéndice D.

4.5 MÉTODO DE FROTADO CON TORUNDA O LAVADO

Los materiales, procedimientos y ventajas y limitaciones se describen a continuación. Un procedimiento similar se describe en ISO 8502-2, Secciones 5 y 6.

4.5.1 Procedimiento del Método de Frotado con Torunda:

1. Use una regla y un marcador sin cloruro para delinear un área de superficie representativa de tamaño específico (por ejemplo, 15 por 15 cm [6 por 6 pulgadas]).
2. De un cilindro graduado, vierta un volumen medido (por ejemplo, 22.5 mL) de agua para reactivo en uno de dos beakers de plástico (beaker A). (**Nota:** El volumen sugerido de la muestra y el área se calculan en 1 mL por 10 cm^2 . Esto puede simplificar los cálculos posteriores de los niveles de contaminación por sales).
3. Repita el paso 2 con el segundo beaker (beaker B).
4. Usando un par de pinzas o guantes de caucho o de látex libres de cloruro, humedezca una bola de algodón estéril o esponja pequeña libre de

cloruro en el agua del beaker A. Frote muy bien el área medida en el paso 1 con la torunda, cuidándose de evitar derramar el líquido en la superficie. Después del frotado, introduzca el aplicador (bola de algodón o esponja) en el agua y luego exprímalo contra la parte interna del beaker A para extraer tanta agua como sea posible del aplicador.

5. Repita la operación de frotado, introducción del aplicador al agua y exprimido cuatro veces con aplicadores nuevos y luego deje los aplicadores en el agua en el beaker A.
6. Use un aplicador para secar el área de prueba medida y colóquelo en el beaker A.
7. Agite el agua y los aplicadores durante dos minutos para lograr un muy buen mezclado y para extraer las sales de los algodones o esponjas.
8. Registre el volumen final.
9. Tome el mismo número de aplicadores nuevos, idénticos a los utilizados en los pasos 4 a 7 arriba y sumérjalos en el beaker B. Luego, agítelos en el agua como en los pasos 4 y 5 y déjelos ahí, cubiertos durante por lo menos tres minutos. Esto proporcionará la muestra de control.

4.5.2 Eficacia de Extracción: ver el Apéndice D:

4.5.3 Ventajas del Método de la Torunda:

1. El método de extracción por frotado con una torunda proporciona un medio de adquirir muestras de sal de superficies de acero u otras no porosas utilizando materiales fácilmente disponibles.
2. Las extracciones pueden realizarse en un rango de superficies sin importar las irregularidades o condición de la superficie.
3. El método de la torunda puede usarse en áreas grandes para indicar la contaminación general de la superficie por sales.
4. Las extracciones también proporcionan un tamaño de muestra suficiente para realizar varios análisis de diferentes iones.

4.5.4 Limitaciones del Método de la Torunda:

1. Los métodos de frotado con una torunda son difíciles de realizar en una posición invertida o vertical. El líquido extraído podría perderse al gotear de los algodones.
2. Este método no es adecuado para medir los niveles de sales en el caso de contaminaciones pequeñas, localizadas como cráteres y picaduras.

3. Existe el riesgo de que el operador contamine la muestra si los guantes o cualquier otro equipo utilizado para estos procedimientos se daña.
4. En los climas cálidos o en superficies calientes, el líquido de extracción podría evaporarse en la superficie antes de su recuperación.

4.6 MÉTODO DE EXTRACCIÓN DEL PAPEL DE FILTRO

4.6.1 Procedimiento para la Adquisición de Muestras:

1. Colóquese un par de guantes de caucho o de látex libres de cloruro limpios.
2. Llene una jeringa con el nivel especificado (alrededor de 2 mL) de agua para reactivo (ver Sección 4.2.1).
3. Eyecte el agua de la jeringa en la superficie del papel teniendo cuidado de retener tanta agua como sea posible en el papel. **Nota:** Use solamente el papel para muestreo recomendado por el fabricante como libre de sales solubles. Los papeles de filtro comerciales no son adecuados ya que pueden contener niveles de sales excesivos.
4. Coloque el papel humedecido en el área a muestrear, presionándolo firmemente en sus contornos y las irregularidades de la superficie.
5. Presione tratando de sacar tanto aire atrapado como sea posible de debajo del papel.
6. Cuando hayan pasado 2 minutos, retire el papel para muestreo de la superficie de análisis. Consulte la Sección 5.3 para obtener el procedimiento de análisis.

4.6.2 Ventajas del Método de Extracción con Papel de Filtro: El procedimiento del papel de filtro es relativamente simple y está menos sujeto al error del operador.

4.6.3 Limitaciones del Método de Extracción con Papel de Filtro:

1. El instrumento mide las sales solubles totales, en lugar de un ión específico como los cloruros o nitratos.
2. No existe información independiente sobre la exactitud o precisión de este método.
3. El agua está sujeta a pérdida por evaporación bajo condiciones de alta temperatura y/o baja humedad.

5. Métodos Analíticos

5.1 ANÁLISIS CUANTITATIVOS: Esta sección discute los métodos analíticos más

comúnmente utilizados para determinar la cantidad de contaminación por sales solubles en la solución extraída. Se describen las siguientes sustancias y cantidades:

- Conductividad
- Iones de Cloruro Solubles
- Iones Ferrosos Solubles
- Iones de Sulfato Solubles
- Iones de Nitrato Solubles

5.1.1 Precisión y Exactitud de las Mediciones

Cuantitativas: En respuesta a las solicitudes de SSPC, algunos proveedores de equipos patentados han proporcionado información sobre la precisión y exactitud de los métodos analíticos. Si se proporcionó esta información, ésta se presenta en la sección que describe el método. *La información proporcionada por los proveedores no ha sido verificada con pruebas realizadas por terceros* Se aconseja a los usuarios contactar a los fabricantes directamente para obtener información adicional que no se proporciona en esta guía. Ver el Apéndice E para obtener enlaces a los proveedores y fabricantes de equipos.

5.2 MEDICIONES EN EL CAMPO DE LA CONDUCTIVIDAD (SALES SOLUBLES TOTALES)

5.2.1 Este método proporciona una medición de la conductividad de la solución. La conductividad es una medida de las sales disueltas totales.

5.2.2 Tipos de medidores de la conductividad: Los medidores de conductividad portátiles comercialmente disponibles incluyen los medidores tipo "bolsillo", tipo "taza" y los medidores con funcionalidades específicas. Los tipo "bolsillo" son operados al colocar la sonda en el líquido a ser analizado. Con el tipo "taza", el líquido se coloca en una taza que forma parte del medidor. Un medidor especial es el descrito en la Sección 5.3 para analizar el papel de filtro. Cada medidor tiene su propio grado de exactitud.

5.2.3 Procedimiento de Prueba

5.2.3.1 Procedimiento para los medidores de conductividad tipo bolsillo: Este procedimiento implica dos mediciones: la primera de la solución de control (típicamente agua para reactivo), que es la Lectura Uno y la segunda, del líquido de extracción, que es la Lectura Dos. Lave el extremo de la sonda del medidor de conductividad con agua para reactivo antes de cada lectura para evitar la contaminación cruzada. Coloque el extremo de la

sonda de un medidor de conductividad calibrado en el agua para reactivo y registre la lectura que da el medidor (Lectura Uno). Luego, repita el procedimiento con el líquido extraído (Lectura Dos). Reste la Lectura Uno de la Lectura Dos. El número resultante es la conductividad corregida del líquido extraído.

5.2.3.2 Procedimiento para los medidores de conductividad tipo taza:

Si se utiliza un medidor de conductividad de taza externa, transfiera aproximadamente 10 mililitros del agua para reactivo a la taza del medidor de conductividad calibrado. Seleccione el rango apropiado y registre la lectura de conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Lectura Uno). Transfiera algo del líquido extraído a la taza y registre la conductividad (Lectura Dos).

Reste la Lectura Uno de la Lectura Dos. El número resultante es la conductividad corregida del líquido extraído. Un método similar se describe también en ISO 8502-9.

Ver el Apéndice C para obtener un procedimiento para estimar las concentraciones equivalentes de iones de cloruros en la superficie a partir de la conductividad del extracto.

5.3 PROCEDIMIENTO DE CAMPO PARA ANALIZAR EL PAPEL DE FILTRO PARA SALES SOLUBLES:

Coloque el papel para muestreo sobre los electrodos de cobre concéntricos del medidor de resistividad, asegurándose de que el anillo externo esté completamente cubierto. Se debe excluir todo el aire de debajo del papel. La tapa se cierra y después de segundos, aparece la lectura en $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, en base al cloruro de sodio. El fabricante de un dispositivo ha preparado diagramas que muestran la variación en las lecturas de los niveles de sal debido a las concentraciones de sales marinas simuladas y sales urbanas simuladas y debido a la temperatura.

5.4 DETECCIÓN EN CAMPO DE IONES DE CLORURO MEDIANTE TUBO DE DETECCIÓN DE IONES:

Este método utiliza tubos de vacío sellados con cristales impregnados con dicromato de plata (rosado). Los extremos de los tubos se recortan, abriendo el tubo en gran medida como una cañita. Cuando se sumerge un extremo del tubo en la solución de extracción, la acción capilar impulsa la solución hacia la parte de arriba del tubo. Al entrar en contacto con el ión de cloruro, el dicromato de plata se convierte en cloruro de plata (blanco). Cuando la solución llega a la parte de arriba del tubo, el algodón blanco que está arriba cambia de color a ámbar. Esto indica que la titulación está completa. Las graduaciones a los

costados del tubo proporcionan el nivel de iones de cloruro presentes en la solución. Este método, descrito en ISO 8502-5 puede detectar niveles de cloruro de 1 a 2000 ppm, usando tubos con rangos variables de detección. El tubo más comúnmente utilizado para realizar pruebas de cloruros en la superficie tiene un rango de detección de +0 a 60 ppm. Un proveedor proporcionó la siguiente información con respecto a la desviación estándar (sd) con diferentes concentraciones (C): C de 1.0 ppm, sd de 0.38 ppm; C de 3.0 ppm, sd de 0.17 ppm; C de 5.0 ppm, sd de 0.30 ppm; C de 10 ppm, sd de 0.48 ppm; C de 30 ppm, sd de 0.50 ppm. Ver el Apéndice B para obtener información sobre cómo convertir una concentración de solución en ppm a una concentración en superficie en $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

5.5 DETECCIÓN EN CAMPO DE IONES DE CLORURO MEDIANTE EL MÉTODO DE LA TIRA DE PAPEL:

Para determinar el nivel de cloruro, coloque el extremo inferior de una tira de prueba en la solución extraída. Permita que la solución suba y sature la tira de prueba, según lo indica la banda amarilla que cruza la parte superior de la tira que se torna azul (aproximadamente 5 minutos). Luego, registre el número de la escala que se encuentra en el borde superior de la columna blanca (los iones de cloruro hacen que el color oscuro de la tira se torne blanco) y compárelo con el cuadro de conversión que viene con el frasco de tiras de prueba. El rango de concentración en el cual este método es útil oscila entre 30 y 600+ ppm de iones de cloruro. La precisión informada por un fabricante es $\pm 10\%$ de cloruro. **Nota:** La lectura de la tira debe convertirse a ppm usando el cuadro de conversión proporcionado que corresponde al lote de tiras de prueba usado por el análisis. Ver el Apéndice B para obtener información sobre cómo convertir una concentración en solución en ppm a una concentración en superficie en $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

5.6 DETECCIÓN EN CAMPO DE IONES DE CLORURO MEDIANTE EL MÉTODO DE TITULACIÓN

5.6.1 Procedimiento de Prueba: Para analizar la solución recolectada de la superficie se utiliza un kit de prueba comercialmente disponible. Se realiza la titulación (a veces llamada "titulación con gotas") en una muestra pequeña (2 a 3 mL) de la solución extraída. El kit incluye cuatro soluciones contenidas en frascos de reactivos separados. El procedimiento es como sigue:

1. Usando el Frasco de Reactivo 1, presione (aprete) hasta que caigan 2 gotas de líquido

indicador rojo a un vial de plástico que contiene la solución de muestreo. Con cuidado, agite el líquido hasta que su color sea homogéneo (morado).

2. Usando el Frasco de Reactivo 2, presione hasta que caigan 2 gotas al vial. El líquido de muestreo debe ser de color amarillo. De no ser así, añada gota a gota un poco más de Reactivo 2 hasta que la muestra se tome amarilla, agitando cada vez que se añade una nueva gota.
3. En este punto, se debe juzgar cuánto cloro se espera tener. Si se esperan bajas concentraciones en la superficie (0 a 10 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), proceda utilizando el Frasco de Reactivo 4. Si se esperan concentraciones más altas, proceda utilizando el Frasco de Reactivo 3.
4. Para las bajas concentraciones, añada gota a gota, el contenido del Frasco de Reactivo 4. Para las altas concentraciones, añada gota a gota, el contenido del Frasco de Reactivo 3. En cualquiera de los casos, agite muy bien la solución después de añadir cada gota. Cuente el número de gotas necesarias para tomar la solución de amarillo a azul, agitando muy bien la solución después de añadir cada gota. El procedimiento se describe en ISO 8502-10.

5.6.2 Determinación de la concentración en la superficie:

Cada gota del Frasco de Reactivo 4 es equivalente a aproximadamente 25 μg de cloruro recuperado de la superficie. Cada gota del Frasco de Reactivo 3 es equivalente a aproximadamente 125 μg de cloruro recuperado de la superficie. Use las siguientes fórmulas para determinar la máxima concentración en la superficie en $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (ver nota más abajo) conociendo el área de la superficie (cm^2) y el número de gotas.

Para el Frasco de Reactivo 4:

$$\text{Concentración máxima en la superficie } (\mu\text{g}/\text{cm}^2) = \frac{25 \cdot (\# \text{ gotas})}{\text{área de la superficie } (\text{cm}^2)}$$

Para el Frasco de Reactivo 3:

$$\text{Concentración máxima en la superficie } (\mu\text{g}/\text{cm}^2) = \frac{125 \cdot (\# \text{ gotas})}{\text{área de la superficie } (\text{cm}^2)}$$

Nota: Como es imposible determinar si se necesitó una gota entera o una fracción de gota para

tomar la solución de amarillo a azul, las concentraciones derivadas de las fórmulas arriba mencionadas representan las máximas concentraciones. La concentración real podría oscilar entre la calculada a partir del conteo de gotas anterior y la concentración calculada a partir de las fórmulas 1 y 2 (por ejemplo, en el caso de 4 gotas del Frasco de Reactivo 4 para una solución extraída de una superficie de 12.5 cm² de área, el rango de concentración sería 6 a 8 µg/cm²). (Los parches de látex usados comúnmente tienen un área de superficie de 12.5 cm².) Este método no determina una concentración específica de iones de cloruro en la superficie, sino que más bien da resultados en forma de un rango, por ejemplo, más de 6 y menos de 8 µg/cm² de iones de cloruro. Un fabricante informa una exactitud de muestreo de 1 a 2 µg/cm² o 5 a 10 µg/cm² dependiendo de los químicos de titulación específicos utilizados. No se proporcionó información sobre precisión.

5.7 MÉTODO DE LABORATORIO DE REFERENCIA PARA LA DETECCIÓN DE IONES DE CLORURO MEDIANTE TITULACIÓN: La norma ISO 8502-2, "Determinación en laboratorio de cloruros en superficies limpias", describe un método de titulación basado en la reacción de los iones de cloruro con nitrato de mercurio para formar cloruro de mercurio insoluble. El indicador es una solución de azul difenilcarbazol/bromofenol, que se toma de un color violeta intenso para indicar la culminación de la titulación.

5.8 DETECCIÓN CUALITATIVA EN EL CAMPO DE IONES FERROSOS: En este método (descrito en ISO 8502-12) se trata un papel secante con una solución de ferricianuro de potasio. El papel secante es humectado y se coloca en contacto con la superficie de acero a ser analizada. En contacto con iones ferrosos, el papel presenta manchas azules. La sensibilidad del método es menos de 1 ppm de iones ferrosos. No se cuenta con información disponible sobre precisión, ya que esta es una prueba cualitativa.

El papel de la prueba de ferricianuro de potasio puede usarse como una prueba de tamizaje barata para los sitios de corrosión activa. Es una prueba específica a los iones ferrosos solubles. Cuando se usa apropiadamente, no va a generar falsos negativos, pero podría producir falsos positivos. Si se sospecha de una concentración de sales solubles debido a una indicación positiva usando papel de ferricianuro de potasio, luego podría ser necesario

hacer pruebas de confirmación utilizando otro método de prueba específico para iones.

5.9 DETECCIÓN CUANTITATIVA EN EL CAMPO DE IONES FERROSOS: Para determinar la concentración de iones ferrosos en partes por millón, humedezca una tira de prueba de iones ferrosos con la solución que se está analizando y compare el color resultante con el cuadro de colores contenido en la etiqueta del envase. Se forma un complejo entre el 1,10-fenantrolino el ión ferroso que tiene un color rojo intenso. Se ven cambios en el color incluso con concentraciones de iones ferroso menores a 1 ppm. Los rangos de concentración típica para las tiras de prueba están entre 0.5 y 10 ppm de iones ferrosos. Las tiras de prueba de iones de un fabricante se gradúan en intervalos desiguales: 0-3-10-15-50-100-250-500 ppm. No se cuenta con información disponible sobre la precisión de esta técnica. Ver el Apéndice B para obtener información sobre cómo convertir una concentración en solución en ppm a una concentración en superficie en µg/cm². Observar que un kit patentado proporciona las lecturas directamente en µg/cm².

5.10 DETECCIÓN EN CAMPO DE IONES SULFATOS: Este método funciona bajo el principio que indica que si hay sulfato presente en la solución, ésta se torna turbia (poco clara) cuando se añade cloruro de bario. El instrumento más simple para medir el grado de turbidez en el campo es el comparador óptico. El cloruro de bario está disponible en forma de polvo o tabletas premedidas. Las tabletas son más convenientes de usar pero necesitan de un poco más de tiempo para disolverse. Se comparan recuadros de plástico con un grado conocido de turbidez lado a lado con la muestra preparada utilizando el kit. El recuadro que se acerque más en turbidez a la muestra es tomada como el nivel de sulfato muestra. El intervalo entre el valor de cada recuadro tiene que ser bastante grande, ya que los ojos no discriminan tan bien como un espectrofotómetro bien calibrado en el laboratorio. Además, como el ojo no es sensible a niveles muy bajos de turbidez, el nivel mínimo es aproximadamente 20 ppm. No se cuenta con información disponible sobre la precisión de esta técnica. Ver el Apéndice B para obtener información sobre cómo convertir una concentración en solución en ppm a una concentración en superficie en µg/cm². Observar que un kit patentado proporciona las lecturas directamente en µg/cm².

ANEXO A4

SSPC-SP 1
November 1, 1982
Editorial Changes September 1, 2000

SSPC: The Society for Protective Coatings SURFACE PREPARATION SPECIFICATION NO. 1 Solvent Cleaning

1. Scope

1.1 This specification covers the requirements for the solvent cleaning of steel surfaces.

2. Definition

2.1 Solvent cleaning is a method for removing all visible oil, grease, soil, drawing and cutting compounds, and other soluble contaminants from steel surfaces.

2.2 It is intended that solvent cleaning be used prior to the application of paint and in conjunction with surface preparation methods specified for the removal of rust, mill scale, or paint.

3. Surface Preparation Before and After Solvent Cleaning

3.1 Prior to solvent cleaning, remove foreign matter (other than grease and oil) by one or a combination of the following: brush with stiff fiber or wire brushes, abrade, scrape, or clean with solutions of appropriate cleaners, provided such cleaners are followed by a fresh water rinse.

3.2 After solvent cleaning, remove dirt, dust, and other contaminants from the surface prior to paint application. Acceptable methods include brushing, blow off with clean, dry air, or vacuum cleaning.

4. Methods of Solvent Cleaning

4.1 Remove heavy oil or grease first by scraper. Then remove the remaining oil or grease by any of the following methods:

4.1.1 Wipe or scrub the surface with rags or brushes wetted with solvent. Use clean solvent and clean rags or brushes for the final wiping.

4.1.2 Spray the surface with solvent. Use clean solvent for the final spraying.

4.1.3 Vapor degrease using stabilized chlorinated hydrocarbon solvents.

4.1.4 Immerse completely in a tank or tanks of solvent. For the last immersion, use solvent which does not contain detrimental amounts of contaminant.

4.1.5 Emulsion or alkaline cleaners may be used in place of the methods described. After treatment, wash the surface with fresh water or steam to remove detrimental residues.

4.1.6 Steam clean, using detergents or cleaners and follow by steam or fresh water wash to remove detrimental residues.

5. Inspection

5.1 All work and materials supplied under this specification shall be subject to timely inspection by the purchaser or his authorized representative. The contractor shall correct such work or replace such material as is found defective under this specification. In case of dispute the arbitration or settlement procedure established in the procurement documents, if any, shall be followed. If no arbitration or settlement procedure is established, the procedure specified by the American Arbitration Association shall be used.

5.2 The procurement documents covering work or purchase should establish the responsibility for testing and for any required affidavit certifying full compliance with the specification.

6. Safety

6.1 All safety requirements stated in this specification and its component parts apply in addition to any applicable federal, state, and local rules and requirements. They also shall be in accord with instructions and requirements of insurance underwriters.

7. Notes*

7.1 While every precaution is taken to ensure that all information furnished in SSPC standards and specifications is as accurate, complete, and useful as possible, SSPC cannot assume responsibility nor incur any obligation resulting from the use of any materials, coatings, or methods specified herein, or of the standard itself.

7.2 A Commentary Section is available and contains additional information and data relative to this specification. The Surface Preparation Commentary, SSPC-SP COM, is not part of this specification. The table below lists the subject

ANEXO A5



Item No. 21065

Joint Surface Preparation Standard

NACE No. 1/SSPC-SP 5 White Metal Blast Cleaning

This NACE International (NACE)/The Society for Protective Coatings (SSPC) standard represents a consensus of those individual members who have reviewed this document, its scope, and provisions. It is intended to aid the manufacturer, the consumer, and the general public. Its acceptance does not in any respect preclude anyone, whether he or she has adopted the standard or not, from manufacturing, marketing, purchasing, or using products, processes, or procedures not addressed in this standard. Nothing contained in this NACE/SSPC standard is to be construed as granting any right, by implication or otherwise, to manufacture, sell, or use in connection with any method, apparatus, or product covered by Letters Patent, or as indemnifying or protecting anyone against liability for infringement of Letters Patent. This standard represents current technology and should in no way be interpreted as a restriction on the use of better procedures or materials. Neither is this standard intended to apply in all cases relating to the subject. Unpredictable circumstances may negate the usefulness of this standard in specific instances. NACE and SSPC assume no responsibility for the interpretation or use of this standard by other parties and accept responsibility for only those official interpretations issued by NACE or SSPC in accordance with their governing procedures and policies which preclude the issuance of interpretations by individual volunteers.

Users of this NACE/SSPC standard are responsible for reviewing appropriate health, safety, environmental, and regulatory documents and for determining their applicability in relation to this standard prior to its use. This NACE/SSPC standard may not necessarily address all potential health and safety problems or environmental hazards associated with the use of materials, equipment, and/or operations detailed or referred to within this standard. Users of this NACE/SSPC standard are also responsible for establishing appropriate health, safety, and environmental protection practices, in consultation with appropriate regulatory authorities if necessary, to achieve compliance with any existing applicable regulatory requirements prior to the use of this standard.

CAUTIONARY NOTICE: NACE/SSPC standards are subject to periodic review, and may be revised or withdrawn at any time in accordance with technical committee procedures. The user is cautioned to obtain the latest edition. NACE and SSPC require that action be taken to reaffirm, revise, or withdraw this standard no later than five years from the date of initial publication.

Reaffirmed 2006-09-13
Reaffirmed 1999-09-07
Approved October 1994

ISBN 1-57590-107-2

©2006, SSPC: The Society for Protective Coatings and NACE International

NACE International
1440 South Creek Dr.
Houston, TX 77084-4906
(telephone +1 281/228-6200)

SSPC: The Society for Protective Coatings
40 24th Street, Sixth Floor
Pittsburgh, PA 15222
(telephone +1 412/281-2331)

Printed by NACE International

Section 1: General

1.1 This joint standard covers the requirements for white metal blast cleaning of uncoated or coated steel surfaces by the use of abrasives. These requirements include the end condition of the surface and materials and procedures necessary to achieve and verify the end condition.

1.2 The mandatory requirements are described in Sections 1 to 9. Section 10, "Comments," and Appendix A,

"Explanatory Notes," are not mandatory requirements of this standard.

1.3 Information about the function of white metal blast cleaning is in Paragraph A1 of Appendix A.

1.4 Information about use of this standard in maintenance coating work is in Paragraph A2 of Appendix A.

Section 2: Definitions

2.1 **White Metal Blast Cleaned Surface:** A white metal blast cleaned surface, when viewed without magnification, shall be free of all visible oil, grease, dust, dirt, mill scale, rust, coating, oxides, corrosion products, and other foreign matter.

2.1.1 Acceptable variations in appearance that do not affect surface cleanliness as defined in Paragraph 2.1 include variations caused by type of steel, original surface condition, thickness of the steel, weld metal, mill or fabrication marks, heat treating, heat-affected

zones, blasting abrasives, and differences because of blasting technique.

2.1.2 SSPC-VIS 1² may be specified to supplement the written definition. In any dispute, the written definition set forth in this standard shall take precedence over reference photographs and comparators. Additional information on reference photographs and comparators is in Paragraph A3 of Appendix A.

Section 3: Associated Documents

3.1 The latest issue, revision, or amendment of the documents listed in Paragraph 3.3 in effect on the date of invitation to bid shall govern unless otherwise specified.

3.2 If there is a conflict between the requirements of any of the documents listed in Paragraph 3.3 and this standard, the requirements of this standard shall prevail.

3.3 Documents cited in the mandatory sections of this standard include:

| Document | Title |
|------------------------|--|
| SSPC-AB 1 ³ | Mineral and Slag Abrasives |
| SSPC-AB 2 ⁴ | Cleanliness of Recycled Ferrous Metallic Abrasives |
| SSPC-AB 3 ⁵ | Ferrous Metallic Abrasives |
| SSPC-SP 1 ⁶ | Solvent Cleaning |
| SSPC-VIS 1 | Guide and Reference Photographs for Steel Surfaces Prepared by Dry Abrasive Blast Cleaning |

Section 4: Procedures Before Cleaning

4.1 Before blast cleaning, visible deposits of oil, grease, or other contaminants shall be removed in accordance with SSPC-SP 1 or other agreed-upon methods.

4.2 Before blast cleaning, surface imperfections such as sharp fins, sharp edges, weld spatter, or burning slag should be removed from the surface to the extent required by the procurement documents (project specification).

Additional information on surface imperfections is in Paragraph A4 of Appendix A.

4.3 If reference photographs or comparators are specified to supplement the written standard, the condition of the steel prior to blast cleaning should be determined before the blasting commences. Additional information on reference photographs and comparators is in Paragraph A3 of Appendix A.

Section 5: Blast Cleaning Methods and Operation

5.1 Clean, dry compressed air shall be used for nozzle blasting. Moisture separators, oil separators, traps, or other equipment may be necessary to achieve this requirement.

blast nozzle, and abrasive, with or without vacuum for dust and abrasive recovery.

5.2 Any of the following methods of surface preparation may be used to achieve a white metal blast cleaned surface:

5.2.3 Dry abrasive blasting using a closed-cycle, recirculating abrasive system with centrifugal wheels and abrasive.

5.2.1 Dry abrasive blasting using compressed air, blast nozzles, and abrasive.

5.2.2 Dry abrasive blasting using a closed-cycle, recirculating abrasive system with compressed air,

5.3 Other methods of surface preparation (such as wet abrasive blast cleaning) may be used to achieve a white metal blast cleaned surface by mutual agreement between those responsible for establishing the requirements and those responsible for performing the work. Information on the use of inhibitors to prevent the formation of rust immediately after wet abrasive blast cleaning is in Paragraph A5 of Appendix A.

Section 6: Blast Cleaning Abrasives

6.1 The selection of abrasive size and type shall be based on the type, grade, and surface condition of the steel to be cleaned, the type of blast cleaning system used, the finished surface to be produced (cleanliness and surface profile [roughness]), and whether the abrasive will be recycled.

6.4 Any limitations on the use of specific abrasives, the quantity of contaminants, or the degree of allowable embedment shall be included in the procurement documents (project specification) covering the work, because abrasive embedment and abrasives containing contaminants may not be acceptable for some service requirements. Additional information on abrasive selection is in Paragraph A6 of Appendix A.

6.2 The cleanliness and size of recycled abrasives shall be maintained to ensure compliance with this standard.

6.5 When a coating is specified, the cleaned surface shall be roughened to a degree suitable for the specified coating system. Additional information on surface profile and the film thickness of coating applied over the surface profile is in Paragraphs A7 and A8 of Appendix A.

6.3 The blast cleaning abrasive shall be dry and free of oil, grease, and other contaminants as determined by the test methods found in SSPC-AB 1, SSPC-AB 2, and SSPC-AB 3.

Section 7: Procedures Following Blast Cleaning and Immediately Prior to Coating

7.1 Visible deposits of oil, grease, or other contaminants shall be removed according to SSPC-SP 1 or another method agreed upon by those parties responsible for establishing the requirements and those responsible for performing the work.

7.2.2 Moisture separators, oil separators, traps, or other equipment may be necessary to achieve clean, dry air.

7.2 Dust and loose residues shall be removed from prepared surfaces by brushing; blowing off with clean, dry air; vacuum cleaning; or other methods agreed upon by those responsible for establishing the requirements and those responsible for performing the work.

7.3 After blast cleaning, any remaining surface imperfections (e.g., sharp fins, sharp edges, weld spatter, burning slag, scabs, slivers) shall be removed to the extent required by the procurement documents (project specification). Any damage to the surface profile resulting from the removal of surface imperfections shall be corrected to meet the requirements of Paragraph 6.5. Additional information on surface imperfections is in Paragraph A4 of Appendix A.

7.2.1 The presence of toxic metals in the abrasives or coating being removed may place restrictions on the methods of cleaning permitted. The chosen method shall comply with all applicable regulations.

7.4 Immediately prior to coating application, the entire surface shall comply with the degree of cleaning specified in this standard. Any visible rust that forms on the surface of

the steel after blast cleaning shall be removed by recleaning the rusted areas before coating. Information on chemical contamination, rust-back (rerusting), and the effect of dew

point (surface condensation) is in Paragraphs A9, A10, and A11 of Appendix A.

Section 8: Inspection

8.1 Work performed and materials supplied under this standard are subject to inspection by a representative of those responsible for establishing the requirements. Materials and work areas shall be accessible to the inspector. The procedures and times of inspection shall be as agreed upon by those responsible for establishing the requirements and those responsible for performing the work.

settlement procedure established in the procurement documents (project specification) shall be followed. If no arbitration or settlement procedure is established, a procedure mutually agreeable to purchaser and supplier shall be used.

8.2 Conditions not complying with this standard shall be corrected. In the case of a dispute, an arbitration or

8.3 The procurement documents (project specification) should establish the responsibility for inspection and for any required affidavit certifying compliance with the specification.

Section 9: Safety and Environmental Requirements

9.1 Because abrasive blast cleaning is a hazardous operation, all work shall be conducted in compliance with

applicable occupational and environmental health and safety rules and regulations.

Section 10: Comments (Nonmandatory)

10.1 Additional information and data relative to this standard are in Appendix A. Detailed information and data are presented in a separate document, SSPC-SP COM.⁷ The recommendations in Appendix A and SSPC-SP COM are believed to represent good practice, but are not to be considered requirements of the standard. The sections of SSPC-SP COM that discuss subjects related to white metal blast cleaning are listed below.

| Subject | Commentary Section |
|-----------------------------|--------------------|
| Abrasive Selection | 6 |
| Film Thickness | 10 |
| Maintenance Repainting | 4.2 |
| Reference Photographs | 11 |
| Rust-Back (Rerusting) | 8.3 |
| Surface Profile | 6.2 |
| Weld Spatter | 4.4.1 |
| Wet Abrasive Blast Cleaning | 8.2 |

References

1. NACE No. 2/SSPC-SP 10 (latest revision), "Near-White Metal Blast Cleaning" (Houston, TX: NACE, and Pittsburgh, PA: SSPC).
2. SSPC-VIS 1 (latest revision), "Guide and Reference Photographs for Steel Surfaces Prepared by Dry Abrasive Blast Cleaning" (Pittsburgh, PA: SSPC).
3. SSPC-AB 1 (latest revision), "Mineral and Slag Abrasives" (Pittsburgh, PA: SSPC).
4. SSPC-AB 2 (latest revision), "Cleanliness of Recycled Ferrous Metallic Abrasives" (Pittsburgh, PA: SSPC).

5. SSPC-AB 3 (latest revision), "Ferrous Metallic Abrasives" (Pittsburgh, PA: SSPC).
6. SSPC-SP 1 (latest revision), "Solvent Cleaning" (Pittsburgh, PA: SSPC).
7. SSPC-SP COM (latest revision), "Surface Preparation Commentary for Steel and Concrete Substrates" (Pittsburgh, PA: SSPC).
8. SSPC-PA Guide 4 (latest revision), "Guide to Maintenance Repainting with Oil Base or Alkyd Painting Systems" (Pittsburgh, PA: SSPC).

ANEXO A6



Item No. 21066

Joint Surface Preparation Standard

NACE No. 2/SSPC-SP 10 Near-White Metal Blast Cleaning

This NACE International (NACE)/The Society for Protective Coatings (SSPC) standard represents a consensus of those individual members who have reviewed this document, its scope, and provisions. It is intended to aid the manufacturer, the consumer, and the general public. Its acceptance does not in any respect preclude anyone, whether he or she has adopted the standard or not, from manufacturing, marketing, purchasing, or using products, processes, or procedures not addressed in this standard. Nothing contained in this NACE/SSPC standard is to be construed as granting any right, by implication or otherwise, to manufacture, sell, or use in connection with any method, apparatus, or product covered by Letters Patent, or as indemnifying or protecting anyone against liability for infringement of Letters Patent. This standard represents current technology and should in no way be interpreted as a restriction on the use of better procedures or materials. Neither is this standard intended to apply in all cases relating to the subject. Unpredictable circumstances may negate the usefulness of this standard in specific instances. NACE and SSPC assume no responsibility for the interpretation or use of this standard by other parties and accept responsibility for only those official interpretations issued by NACE or SSPC in accordance with their governing procedures and policies which preclude the issuance of interpretations by individual volunteers.

Users of this NACE/SSPC standard are responsible for reviewing appropriate health, safety, environmental, and regulatory documents and for determining their applicability in relation to this standard prior to its use. This NACE/SSPC standard may not necessarily address all potential health and safety problems or environmental hazards associated with the use of materials, equipment, and/or operations detailed or referred to within this standard. Users of this NACE/SSPC standard are also responsible for establishing appropriate health, safety, and environmental protection practices, in consultation with appropriate regulatory authorities if necessary, to achieve compliance with any existing applicable regulatory requirements prior to the use of this standard.

CAUTIONARY NOTICE: NACE/SSPC standards are subject to periodic review, and may be revised or withdrawn at any time in accordance with technical committee procedures. The user is cautioned to obtain the latest edition. NACE and SSPC require that action be taken to reaffirm, revise, or withdraw this standard no later than five years from the date of initial publication.

Reaffirmed 2006-09-13

Reaffirmed 1999-09-07

Approved October 1994

ISBN 1-57590-108-0

©2006, SSPC: The Society for Protective Coatings and NACE International

NACE International
1440 South Creek Dr.
Houston, TX 77084-4906
(telephone +1 281/228-6200)

SSPC: The Society for Protective Coatings
40 24th Street, Sixth Floor
Pittsburgh, PA 15222
(telephone +1 412/281-2331)

Printed by NACE International

Section 5: Blast Cleaning Methods and Operation

5.1 Clean, dry compressed air shall be used for nozzle blasting. Moisture separators, oil separators, traps, or other equipment may be necessary to achieve this requirement.

5.2 Any of the following methods of surface preparation may be used to achieve a near-white metal blast cleaned surface:

5.2.1 Dry abrasive blasting using compressed air, blast nozzles, and abrasive.

5.2.2 Dry abrasive blasting using a closed-cycle, recirculating abrasive system with compressed air,

blast nozzle, and abrasive, with or without vacuum for dust and abrasive recovery.

5.2.3 Dry abrasive blasting using a closed-cycle, recirculating abrasive system with centrifugal wheels and abrasive.

5.3 Other methods of surface preparation (such as wet abrasive blast cleaning) may be used to achieve a near-white metal blast cleaned surface by mutual agreement between those responsible for establishing the requirements and those responsible for performing the work. Information on the use of inhibitors to prevent the formation of rust immediately after wet abrasive blast cleaning is in Paragraph A5 of Appendix A.

Section 6: Blast Cleaning Abrasives

6.1 The selection of abrasive size and type shall be based on the type, grade, and surface condition of the steel to be cleaned, the type of blast cleaning system used, the finished surface to be produced (cleanliness and surface profile [roughness]), and whether the abrasive will be recycled.

6.2 The cleanliness and size of recycled abrasives shall be maintained to ensure compliance with this standard.

6.3 The blast cleaning abrasive shall be dry and free of oil, grease, and other contaminants as determined by the test methods found in SSPC-AB 1, SSPC-AB 2, and SSPC-AB 3.

6.4 Any limitations on the use of specific abrasives, the quantity of contaminants, or the degree of allowable embedment shall be included in the procurement documents (project specification) covering the work, because abrasive embedment and abrasives containing contaminants may not be acceptable for some service requirements. Additional information on abrasive selection is in Paragraph A6 of Appendix A.

6.5 When a coating is specified, the cleaned surface shall be roughened to a degree suitable for the specified coating system. Additional information on surface profile and the film thickness of coating applied over the surface profile is in Paragraphs A7 and A8 of Appendix A.

Section 7: Procedures Following Blast Cleaning and Immediately Prior to Coating

7.1 Visible deposits of oil, grease, or other contaminants shall be removed according to SSPC-SP 1 or another method agreed upon by those parties responsible for establishing the requirements and those responsible for performing the work.

7.2 Dust and loose residues shall be removed from prepared surfaces by brushing; blowing off with clean, dry air; vacuum cleaning; or other methods agreed upon by those responsible for establishing the requirements and those responsible for performing the work.

7.2.1 The presence of toxic metals in the abrasives or coating being removed may place restrictions on the

methods of cleaning permitted. The chosen method shall comply with all applicable regulations.

7.2.2 Moisture separators, oil separators, traps, or other equipment may be necessary to achieve clean, dry air.

7.3 After blast cleaning, any remaining surface imperfections (e.g., sharp fins, sharp edges, weld spatter, burning slag, scabs, slivers) shall be removed to the extent required by the procurement documents (project specification). Any damage to the surface profile resulting from the removal of surface imperfections shall be corrected to meet the requirements of Paragraph 6.5.

Additional information on surface imperfections is in Paragraph A4 of Appendix A.

7.4 Immediately prior to coating application, the entire surface shall comply with the degree of cleaning specified in this standard. Any visible rust that forms on the surface of

the steel after blast cleaning shall be removed by recleaning the rusted areas before coating. Information on chemical contamination, rust-back (rerusting), and the effect of dew point (surface condensation) is in Paragraphs A9, A10, and A11 of Appendix A.

Section 8: Inspection

8.1 Work performed and materials supplied under this standard are subject to inspection by a representative of those responsible for establishing the requirements. Materials and work areas shall be accessible to the inspector. The procedures and times of inspection shall be as agreed upon by those responsible for establishing the requirements and those responsible for performing the work.

8.2 Conditions not complying with this standard shall be corrected. In the case of a dispute, an arbitration or

settlement procedure established in the procurement documents (project specification) shall be followed. If no arbitration or settlement procedure is established, a procedure mutually agreeable to purchaser and supplier shall be used.

8.3 The procurement documents (project specification) should establish the responsibility for inspection and for any required affidavit certifying compliance with the specification.

Section 9: Safety and Environmental Requirements

9.1 Because abrasive blast cleaning is a hazardous operation, all work shall be conducted in compliance with

applicable occupational and environmental health and safety rules and regulations.

Section 10: Comments (Nonmandatory)

10.1 Additional information and data relative to this standard are in Appendix A. Detailed information and data are presented in a separate document, SSPC-SP COM.⁶ The recommendations in Appendix A and SSPC-SP COM are believed to represent good practice, but are not to be considered requirements of the standard. The sections of SSPC-SP COM that discuss subjects related to near-white metal blast cleaning are listed below.

| Subject | Commentary Section |
|-----------------------------|--------------------|
| Abrasive Selection | 6 |
| Film Thickness | 10 |
| Maintenance Repainting | 4.2 |
| Reference Photographs | 11 |
| Rust-Back (Rerusting) | 8.3 |
| Surface Profile | 6.2 |
| Weld Spatter | 4.4.1 |
| Wet Abrasive Blast Cleaning | 8.2 |

References

1. NACE No. 3/SSPC-SP 6 (latest revision), "Commercial Blast Cleaning" (Houston, TX: NACE, and Pittsburgh, PA: SSPC).

2. NACE No. 1/SSPC-SP 5 (latest revision), "White Metal Blast Cleaning" (Houston, TX: NACE, and Pittsburgh, PA: SSPC).

3. SSPC-VIS 1 (latest revision), "Guide and Reference Photographs for Steel Surfaces Prepared by Dry Abrasive Blast Cleaning" (Pittsburgh, PA: SSPC).

4. SSPC-AB 1 (latest revision), "Mineral and Slag Abrasives" (Pittsburgh, PA: SSPC).

5. SSPC-AB 2 (latest revision), "Cleanliness of Recycled Ferrous Metallic Abrasives" (Pittsburgh, PA: SSPC).

6. SSPC-AB 3 (latest revision), "Ferrous Metallic Abrasives" (Pittsburgh, PA: SSPC).

7. SSPC-SP 1 (latest revision), "Solvent Cleaning" (Pittsburgh, PA: SSPC).

ANEXO A7



Item No. 21067

Joint Surface Preparation Standard

NACE No. 3/SSPC-SP 6 Commercial Blast Cleaning

This NACE International (NACE)/The Society for Protective Coatings (SSPC) standard represents a consensus of those individual members who have reviewed this document, its scope, and provisions. It is intended to aid the manufacturer, the consumer, and the general public. Its acceptance does not in any respect preclude anyone, whether he or she has adopted the standard or not, from manufacturing, marketing, purchasing, or using products, processes, or procedures not addressed in this standard. Nothing contained in this NACE/SSPC standard is to be construed as granting any right, by implication or otherwise, to manufacture, sell, or use in connection with any method, apparatus, or product covered by Letters Patent, or as indemnifying or protecting anyone against liability for infringement of Letters Patent. This standard represents current technology and should in no way be interpreted as a restriction on the use of better procedures or materials. Neither is this standard intended to apply in all cases relating to the subject. Unpredictable circumstances may negate the usefulness of this standard in specific instances. NACE and SSPC assume no responsibility for the interpretation or use of this standard by other parties and accept responsibility for only those official interpretations issued by NACE or SSPC in accordance with their governing procedures and policies which preclude the issuance of interpretations by individual volunteers.

Users of this NACE/SSPC standard are responsible for reviewing appropriate health, safety, environmental, and regulatory documents and for determining their applicability in relation to this standard prior to its use. This NACE/SSPC standard may not necessarily address all potential health and safety problems or environmental hazards associated with the use of materials, equipment, and/or operations detailed or referred to within this standard. Users of this NACE/SSPC standard are also responsible for establishing appropriate health, safety, and environmental protection practices, in consultation with appropriate regulatory authorities if necessary, to achieve compliance with any existing applicable regulatory requirements prior to the use of this standard.

CAUTIONARY NOTICE: NACE/SSPC standards are subject to periodic review, and may be revised or withdrawn at any time in accordance with technical committee procedures. The user is cautioned to obtain the latest edition. NACE and SSPC require that action be taken to reaffirm, revise, or withdraw this standard no later than five years from the date of initial publication.

Reaffirmed 2006-09-13
Reaffirmed 1999-09-07
Approved October 1994

ISBN 1-57590-109-9

©2006, SSPC: The Society for Protective Coatings and NACE International

NACE International
1440 South Creek Dr.
Houston, TX 77084-4906
(telephone +1 281/228-6200)

SSPC: The Society for Protective Coatings
40 24th Street, Sixth Floor
Pittsburgh, PA 15222
(telephone +1 412/281-2331)

Printed by NACE International

Section 1: General

1.1 This joint standard covers the requirements for commercial blast cleaning of uncoated or coated steel surfaces by the use of abrasives. These requirements include the end condition of the surface and materials and procedures necessary to achieve and verify the end condition.

1.2 The mandatory requirements are described in Sections 1 to 9. Section 10, "Comments," and Appendix A,

"Explanatory Notes," are not mandatory requirements of this standard.

1.3 Information about the function of commercial blast cleaning is in Paragraph A1 of Appendix A.

1.4 Information about use of this standard in maintenance coating work is in Paragraph A2 of Appendix A.

Section 2: Definitions

2.1 **Commercial Blast Cleaned Surface:** A commercial blast cleaned surface, when viewed without magnification, shall be free of all visible oil, grease, dust, dirt, mill scale, rust, coating, oxides, corrosion products, and other foreign matter. Random staining shall be limited to no more than 33 percent of each unit area of surface (approximately 5,800 mm² [9.0 in.²]) (i.e., a square 76 mm x 76 mm [3.0 in. x 3.0 in.]) and may consist of light shadows, slight streaks, or minor discolorations caused by stains of rust, stains of mill scale, or stains of previously applied coating.

2.1.1 Acceptable variations in appearance that do not affect surface cleanliness as defined in Paragraph

2.1 include variations caused by type of steel, original surface condition, thickness of the steel, weld metal, mill or fabrication marks, heat treating, heat-affected zones, blasting abrasives, and differences because of blasting technique.

2.1.2 SSPC-VIS 1³ may be specified to supplement the written definition. In any dispute, the written definition set forth in this standard shall take precedence over reference photographs and comparators. Additional information on reference photographs and comparators is in Paragraph A3 of Appendix A.

Section 3: Associated Documents

3.1 The latest issue, revision, or amendment of the documents listed in Paragraph 3.3 in effect on the date of invitation to bid shall govern unless otherwise specified.

3.2 If there is a conflict between the requirements of any of the documents listed in Paragraph 3.3 and this standard, the requirements of this standard shall prevail.

3.3 Documents cited in the mandatory sections of this standard include:

| Document | Title |
|------------------------|--|
| SSPC-AB 1 ⁴ | Mineral and Slag Abrasives |
| SSPC-AB 2 ⁵ | Cleanliness of Recycled Ferrous Metallic Abrasives |
| SSPC-AB 3 ⁶ | Ferrous Metallic Abrasives |
| SSPC-SP 1 ⁷ | Solvent Cleaning |
| SSPC-VIS 1 | Guide and Reference Photographs for Steel Surfaces Prepared by Dry Abrasive Blast Cleaning |

Section 4: Procedures Before Cleaning

4.1 Before blast cleaning, visible deposits of oil, grease, or other contaminants shall be removed in accordance with SSPC-SP 1 or other agreed-upon methods.

4.2 Before blast cleaning, surface imperfections such as sharp fins, sharp edges, weld spatter, or burning slag should be removed from the surface to the extent required by the procurement documents (project specification).

Additional information on surface imperfections is in Paragraph A4 of Appendix A.

4.3 If reference photographs or comparators are specified to supplement the written standard, the condition of the steel prior to blast cleaning should be determined before the blasting commences. Additional information on reference photographs and comparators is in Paragraph A3 of Appendix A.

Section 5: Blast Cleaning Methods and Operation

5.1 Clean, dry compressed air shall be used for nozzle blasting. Moisture separators, oil separators, traps, or other equipment may be necessary to achieve this requirement.

5.2 Any of the following methods of surface preparation may be used to achieve a commercial blast cleaned surface:

5.2.1 Dry abrasive blasting using compressed air, blast nozzles, and abrasive.

5.2.2 Dry abrasive blasting using a closed-cycle, recirculating abrasive system with compressed air,

blast nozzle, and abrasive, with or without vacuum for dust and abrasive recovery.

5.2.3 Dry abrasive blasting using a closed-cycle, recirculating abrasive system with centrifugal wheels and abrasive.

5.3 Other methods of surface preparation (such as wet abrasive blast cleaning) may be used to achieve a commercial blast cleaned surface by mutual agreement between those responsible for establishing the requirements and those responsible for performing the work. Information on the use of inhibitors to prevent the formation of rust immediately after wet abrasive blast cleaning is in Paragraph A5 of Appendix A.

Section 6: Blast Cleaning Abrasives

6.1 The selection of abrasive size and type shall be based on the type, grade, and surface condition of the steel to be cleaned, the type of blast cleaning system used, the finished surface to be produced (cleanliness and surface profile [roughness]), and whether the abrasive will be recycled.

6.2 The cleanliness and size of recycled abrasives shall be maintained to ensure compliance with this standard.

6.3 The blast cleaning abrasive shall be dry and free of oil, grease, and other contaminants as determined by the test methods found in SSPC-AB 1, SSPC-AB 2, and SSPC-AB 3.

6.4 Any limitations on the use of specific abrasives, the quantity of contaminants, or the degree of allowable embedment shall be included in the procurement documents (project specification) covering the work, because abrasive embedment and abrasives containing contaminants may not be acceptable for some service requirements. Additional information on abrasive selection is in Paragraph A6 of Appendix A.

6.5 When a coating is specified, the cleaned surface shall be roughened to a degree suitable for the specified coating system. Additional information on surface profile and the film thickness of coating applied over the surface profile is in Paragraphs A7 and A8 of Appendix A.

Section 7: Procedures Following Blast Cleaning and Immediately Prior to Coating

7.1 Visible deposits of oil, grease, or other contaminants shall be removed according to SSPC-SP 1 or another method agreed upon by those parties responsible for establishing the requirements and those responsible for performing the work.

7.2 Dust and loose residues shall be removed from prepared surfaces by brushing; blowing off with clean, dry air; vacuum cleaning; or other methods agreed upon by those responsible for establishing the requirements and those responsible for performing the work.

7.2.1 The presence of toxic metals in the abrasives or coating being removed may place restrictions on the methods of cleaning permitted. The chosen method shall comply with all applicable regulations.

7.2.2 Moisture separators, oil separators, traps, or other equipment may be necessary to achieve clean, dry air.

7.3 After blast cleaning, any remaining surface imperfections (e.g., sharp fins, sharp edges, weld spatter, burning slag, scabs, slivers) shall be removed to the extent required by the procurement documents (project specification). Any damage to the surface profile resulting from the removal of surface imperfections shall be corrected to meet the requirements of Paragraph 6.5. Additional information on surface imperfections is in Paragraph A4 of Appendix A.

7.4 Immediately prior to coating application, the entire surface shall comply with the degree of cleaning specified in this standard. Any visible rust that forms on the surface of

the steel after blast cleaning shall be removed by recleaning the rusted areas before coating. Information on chemical contamination, rust-back (rerusting), and the effect of dew

point (surface condensation) is in Paragraphs A9, A10, and A11 of Appendix A.

Section 8: Inspection

8.1 Work performed and materials supplied under this standard are subject to inspection by a representative of those responsible for establishing the requirements. Materials and work areas shall be accessible to the inspector. The procedures and times of inspection shall be as agreed upon by those responsible for establishing the requirements and those responsible for performing the work.

settlement procedure established in the procurement documents (project specification) shall be followed. If no arbitration or settlement procedure is established, a procedure mutually agreeable to purchaser and supplier shall be used.

8.2 Conditions not complying with this standard shall be corrected. In the case of a dispute, an arbitration or

8.3 The procurement documents (project specification) should establish the responsibility for inspection and for any required affidavit certifying compliance with the specification.

Section 9: Safety and Environmental Requirements

9.1 Because abrasive blast cleaning is a hazardous operation, all work shall be conducted in compliance with

applicable occupational and environmental health and safety rules and regulations.

Section 10: Comments (Nonmandatory)

10.1 Additional information and data relative to this standard are in Appendix A. Detailed information and data are presented in a separate document, SSPC-SP COM.⁵ The recommendations in Appendix A and SSPC-SP COM are believed to represent good practice, but are not to be considered requirements of the standard. The sections of SSPC-SP COM that discuss subjects related to commercial blast cleaning are listed below.

| Subject | Commentary Section |
|-----------------------------|--------------------|
| Abrasive Selection | 6 |
| Film Thickness | 10 |
| Maintenance Repainting | 4.2 |
| Reference Photographs | 11 |
| Rust-Back (Rerusting) | 8.3 |
| Surface Profile | 6.2 |
| Weld Spatter | 4.4.1 |
| Wet Abrasive Blast Cleaning | 8.2 |

References

1. NACE No. 8/SSPC-SP 14 (latest revision), "Industrial Blast Cleaning" (Houston, TX: NACE, and Pittsburgh, PA: SSPC).
2. NACE No. 2/SSPC-SP 10 (latest revision), "Near-White Metal Blast Cleaning" (Houston, TX: NACE, and Pittsburgh, PA: SSPC).
3. SSPC-VIS 1 (latest revision), "Guide and Reference Photographs for Steel Surfaces Prepared by Dry Abrasive Blast Cleaning" (Pittsburgh, PA: SSPC).
4. SSPC-AB 1 (latest revision), "Mineral and Slag Abrasives" (Pittsburgh, PA: SSPC).
5. SSPC-AB 2 (latest revision), "Cleanliness of Recycled Ferrous Metallic Abrasives" (Pittsburgh, PA: SSPC).
6. SSPC-AB 3 (latest revision), "Ferrous Metallic Abrasives" (Pittsburgh, PA: SSPC).
7. SSPC-SP 1 (latest revision), "Solvent Cleaning" (Pittsburgh, PA: SSPC).
8. SSPC-SP COM (latest revision), "Surface Preparation Commentary for Steel and Concrete Substrates" (Pittsburgh, PA: SSPC).

ANEXO A8

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
8502-4

First edition
1993-04-01

**Preparation of steel substrates before
application of paint and related
products — Tests for the assessment of
surface cleanliness —**

Part 4:

Guidance on the estimation of the probability
of condensation prior to paint application

*Préparation des subjectiles d'acier avant application de peintures et de
produits assimilés — Essais pour apprécier la propreté d'une surface —*

*Partie 4: Principes directeurs pour l'estimation de la probabilité de
condensation avant application de peinture*



Reference number
ISO 8502-4:1993(E)

Preparation of steel substrates before application of paint and related products — Tests for the assessment of surface cleanliness —

Part 4:

Guidance on the estimation of the probability of condensation prior to paint application

1 Scope

This International Standard gives guidance on the estimation of the probability of condensation on a surface to be painted. It may be used to establish whether conditions at the job site are suitable for painting or not.

2 Normative references

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of ISO 8502. At the time of publication, the editions indicated were valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this part of ISO 8502 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the standards indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

ISO 4677-1:1985, *Atmospheres for conditioning and testing — Determination of relative humidity — Part 1: Aspirated psychrometer method.*

ISO 4677-2:1985, *Atmospheres for conditioning and testing — Determination of relative humidity — Part 2: Whirling psychrometer method.*

ISO 8601:1988, *Data elements and interchange formats — Information interchange — Representation of dates and times.*

3 Probability of condensation

The relative humidity of the air and the steel surface temperature are the basis for the estimation of the probability of condensation, but there is no simple rule to employ. The situation is complex because there are a multitude of factors which have an influence on the condensation and evaporation of moisture, such as

- heat conductance of the structure;
- solar radiation on the surface;
- flow of ambient air around the structure;
- contamination by hygroscopic substances on the surface.

These factors sometimes provoke wetting or prevent drying locally on the surface, e.g. where the surface temperature remains low or tends to fall due to heat losses or where the air becomes quickly saturated due to reduced ventilation. Naturally, the same factors sometimes have the opposite effect. Therefore any test results should be interpreted with the greatest care.

Unless otherwise agreed, the steel surface temperature generally should be at least 3 °C above the dew-point when paints are used.

NOTE 1 For paints that are tolerant to moisture on the surface, a temperature difference less than 3 °C may be acceptable.

Other temperature differences may be specified by the paint manufacturer, or agreed by the interested parties.

If the difference between the surface temperature and the dew-point is below or will fall below the required and/or agreed minimum, the probability of condensation should be considered as being "high".

If the difference is above and will remain above the required and/or agreed minimum, the probability of condensation should be considered as being "low".

It is important to judge whether a temperature drop, sufficient to cause condensation, is likely to occur during the critical period. Table 1 may be used to help with this determination.

If the relative humidity is 85 % or higher, then painting should be judged critically as the dew-point is a maximum of 2,5 °C away.

If the relative humidity is high (92 % or dew-point 1,3 °C away), painting should only be considered if conditions can be confidently expected to remain static or improve during the application and drying period.

NOTE 2 This period is usually approximately 6 h.

If the relative humidity is apparently satisfactory (for example 80 % or dew-point 3,4 °C away), the environmental conditions over an appropriate time period ahead, often about 6 h, should still be considered in order to ascertain that dew conditions will not occur.

4 Instruments

The following instruments should be used, although instruments other than those described may be used provided they have an equivalent or greater accuracy.

- a) For air temperature measurements, mercury thermometers or digital electronic thermometers, accurate to ± 0,5 °C.

- b) For air humidity measurements, any of the following instruments:

- 1) Aspirated psychrometers and whirling (sling) hygrometers, including tables for calculation of humidity (see ISO 4677-1 and ISO 4677-2, respectively), accurate to ± 3 % RH.

NOTE 3 The aspirated psychrometer is the reference instrument type according to the World Meteorological Organization (WMO).

- 2) Digital electronic hygrometers based on measurement of capacitance change of polymer films, accurate to ± 3 % RH and capable of operating at any relative humidity in the range 0 % RH to 100 % RH and at any temperature in the range - 40 °C to + 80 °C.

- 3) Digital electronic hygrometers based on measuring the resistance change in a salt bridge, accurate to ± 2 % RH and capable of operating at any relative humidity in the range 0 % RH to 97 % RH and at any temperature in the range 0 °C to 70 °C.

- c) For surface temperature measurements, digital electronic thermometers, accurate to ± 0,5 °C.

NOTE 4 Magnetic surface thermometers may be used provided they have the required accuracy and are left on the surface for sufficient time to reach the surface temperature.

5 Procedure

5.1 Using the instruments described in 4 a) and 4 b), measure the air temperature to the nearest 0,5 °C and the relative humidity.

5.2 Calculate the dew-point, which is a logarithmic function of the vapour pressure at the actual temperature. There are tables or charts from which the dew-point can be determined. Their parameters are air temperature and relative humidity. Such a table is given in annex A. Commercial dew-point calculators of sufficient accuracy may also be used.

Table 1 — Temperature drop needed for condensation to occur, as a function of the relative humidity

| | | | | | | |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Relative humidity, % | 98 | 95 | 92 | 90 | 85 | 80 |
| Temperature drop, °C | 0,3 | 0,8 | 1,3 | 1,6 | 2,5 | 3,4 |

NOTE — The figures are mean values for air temperatures from 0 °C to 35 °C. For a given air temperature, more accurate figures can be obtained from annex A.

5.3 Using the instrument described in 4 c), measure the steel surface temperature. Take at least one temperature measurement for every 10 m² of the surface and adopt the lowest measured temperature in calculating the dew point.

NOTE 5 When selecting locations for temperature measurements, any variation in the thickness of the steel and the effect of shade should be considered.

5.4 Estimate the minimum surface temperature (above the dew-point) that is needed to avoid condensation under the prevailing environmental conditions.

6 Test report

The test report should include the following:

- a) a reference to this part of ISO 8502 (i.e. ISO 8502-4);
- b) the date of carrying out the measurements (including the day and hour), expressed in accordance with ISO 8601;
- c) a description of the instruments used;
- d) the calculated dew-point;
- e) the measured steel surface temperature;
- f) the difference between the steel surface temperature and the dew-point;
- g) the minimum temperature difference needed to avoid condensation;
- h) an estimate of the probability of condensation as being "high" or "low".

ANEXO A9



NACE Standard RP0287-2002
Item No. 21035

Standard Recommended Practice

Field Measurement of Surface Profile of Abrasive Blast-Cleaned Steel Surfaces Using a Replica Tape

This NACE International standard represents a consensus of those individual members who have reviewed this document, its scope, and provisions. Its acceptance does not in any respect preclude anyone, whether he has adopted the standard or not, from manufacturing, marketing, purchasing, or using products, processes, or procedures not in conformance with this standard. Nothing contained in this NACE International standard is to be construed as granting any right, by implication or otherwise, to manufacture, sell, or use in connection with any method, apparatus, or product covered by Letters Patent, or as indemnifying or protecting anyone against liability for infringement of Letters Patent. This standard represents minimum requirements and should in no way be interpreted as a restriction on the use of better procedures or materials. Neither is this standard intended to apply in all cases relating to the subject. Unpredictable circumstances may negate the usefulness of this standard in specific instances. NACE International assumes no responsibility for the interpretation or use of this standard by other parties and accepts responsibility for only those official NACE International interpretations issued by NACE International in accordance with its governing procedures and policies which preclude the issuance of interpretations by individual volunteers.

Users of this NACE International standard are responsible for reviewing appropriate health, safety, environmental, and regulatory documents and for determining their applicability in relation to this standard prior to its use. This NACE International standard may not necessarily address all potential health and safety problems or environmental hazards associated with the use of materials, equipment, and/or operations detailed or referred to within this standard. Users of this NACE International standard are also responsible for establishing appropriate health, safety, and environmental protection practices, in consultation with appropriate regulatory authorities if necessary, to achieve compliance with any existing applicable regulatory requirements prior to the use of this standard.

CAUTIONARY NOTICE: NACE International standards are subject to periodic review, and may be revised or withdrawn at any time without prior notice. NACE International requires that action be taken to reaffirm, revise, or withdraw this standard no later than five years from the date of initial publication. The user is cautioned to obtain the latest edition. Purchasers of NACE International standards may receive current information on all standards and other NACE International publications by contacting the NACE International Membership Services Department, 1440 South Creek Drive, Houston, Texas 77084-4906 (telephone +1 [281] 228-6200).

Reaffirmed 2002-09-10
Reaffirmed September 1995
Reaffirmed March 1991
Approved 1987
NACE International
1440 South Creek Drive
Houston, TX 77084-4906
+1 281/228-6200

ISBN 1-57590-151-X
©2002, NACE International

Section 1: General

1.1 This standard describes a procedure for on-site measurement of the surface profile of abrasive blast-cleaned steel surfaces that have a surface profile, as defined in Section 2, between 38 and 114 μm (1.5 and 4.5 mils). The procedure has been demonstrated to correlate well with the

measurements obtained by the defined laboratory procedure on nonrusted panels prepared to NACE No. 1/SSPC⁽¹⁾-SP 5,¹ NACE No. 2/SSPC-SP 10,² or NACE No. 3/SSPC-SP 6.³ Suggestions are given regarding the implementation and use of this procedure.

Section 2: Definitions

Surface Profile: For the purposes of this standard, surface profile is defined as that value obtained when the profile of a surface is measured using an optical microscope as described in NACE Publication 6G176.⁴ The laboratory procedure described in 6G176 entails averaging a stat-

istically significant number of readings (20 to 30) using an optical microscope, magnification of 250 to 280X, with a field of 0.41 to 0.46 mm (0.016 to 0.018 in.) diameter, and recording the distance measured from the top of the highest peak to the bottom of the lowest valley in the field of view.

Section 3: Equipment

3.1 Replica Tape

3.1.1 The replica tape consists of a compressible foam containing microscopic bubbles attached to a polyester film 50 μm (2 mils) thick. The film has a

circular cut-out 9.5 mm (0.38 in.) in diameter that exposes the underlying foam.

3.2 Calibrated spring-loaded dial micrometer, precise to within 3 μm (0.1 mils). The anvil feet should be flat and approximately 6.6 mm (0.25 in.) in diameter.

Section 4: Procedure

4.1 A clean representative surface site shall be identified. Surface dirt and dust shall have been removed from the surface, because contaminants distort the results. The tape shall not be used on surfaces with a temperature higher than 54°C (130°F).

4.2 The micrometer shall be adjusted to zero with the anvils closed.

4.3 The wax paper backing shall be removed from the replica tape. The specimen of replica tape shall be inspected; the tape should not be used if it is visually damaged or distorted. The unexposed compressible foam in the circular cut-out shall be measured with the spring micrometer, because its thickness may vary. The thickness of the compressible foam is the micrometer reading minus 50 μm (2 mils) for the polyester film. The premeasured thickness of the compressible foam is the maximum profile height for which the replica tape may be used.

4.4 The replica tape film shall be placed on the blast-cleaned surface, dull side down. The tape shall be held firmly to avoid movement. A burnishing tool (a hard plastic rod with a spherical end could be used) shall be rubbed over the circular cut-out portion of the replica tape. The tape shall be rubbed repeatedly until the entire circular area has uniformly darkened. Excessively hard rubbing should be avoided because the polyester film could become distorted.

4.5 The replica shall be removed and placed between the anvils of the micrometer. The profile measurement is the gauge reading minus 50 μm (2 mils) to compensate for the polyester film. If most of the profile measurements closely approach the premeasured thickness of the compressible foam, alternative procedures should be considered because the accuracy of the procedure may be affected.

4.6 If desired, and if the dial micrometer can be so adjusted, the micrometer may be set at -50 μm (-2 mils) with the anvils closed, and subsequent readings of the compressible foam may be made directly.

⁽¹⁾ SSPC: The Society for Protective Coatings, 40 24th St., Pittsburgh, PA 15222.

RP0287-2002

4.7 If a reading exceeds the thickness of the compressible foam found in Paragraph 3.3, it shall be disregarded. Such a reading indicates that contaminant (dirt, abrasive, etc.) is attached to the compressible foam.

4.8 Three individual readings should be taken on any given local area and averaged to determine the surface profile measurement. The number of such measurements to be

taken on a given area should be as agreed or specified by contracting parties.

4.9 This procedure should be routinely verified using a surface with a known surface profile, such as a visual comparator. While a comparator cannot be used for exact calibration because of design differences, verification should ensure consistent, reproducible results.

References

1. NACE No. 1/SSPC-SP 5 (latest revision), "White Metal Blast Cleaning" (Houston, TX: NACE and Pittsburgh, PA: SSPC).
2. NACE No. 2/SSPC-SP 10 (latest revision), "Near-White Metal Blast Cleaning" (Houston, TX: NACE and Pittsburgh, PA: SSPC).
3. NACE No. 3/SSPC-SP 6 (latest revision), "Commercial Blast Cleaning" (Houston, TX: NACE and Pittsburgh, PA: SSPC).
4. NACE Publication 6G176 (withdrawn), "Cleanliness and Anchor Patterns Available Through Centrifugal Blast Cleaning of New Steel" (Houston, TX: NACE International). (Available from NACE International as an historical document only.)

Appendix A: Results of NACE Task Group T-6G-19 Round-Robin Tests

Figures A1 through A14 depict the results of the NACE Task Group T-6G-19 round-robin tests. The solid line

represents the profile as determined by NACE Technical Committee Report 6G176.

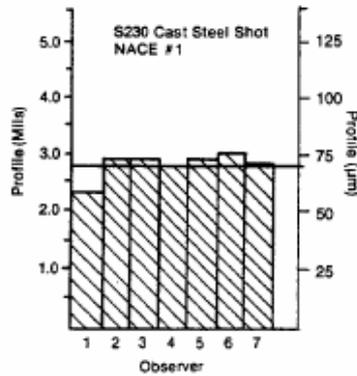


Figure A1

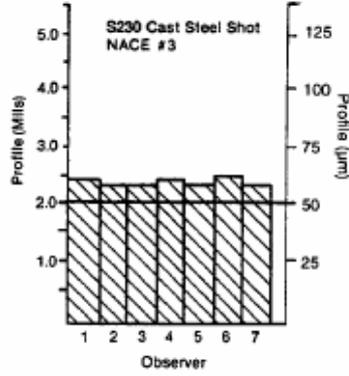


Figure A2

ANEXO A10

SSPC: The Society for Protective Coatings

SSPC-PA 2

Measurement of Dry Coating Thickness With Magnetic Gages

1. Scope

1.1 GENERAL: This standard describes the procedures to measure the thickness of a dry film of a nonmagnetic coating applied on a magnetic substrate using commercially available magnetic gages. These procedures are intended to supplement manufacturers' operating instructions for the manual operation of the gages and are not intended to replace them.

1.2 The procedures for adjustment and measurement are described for two types of gages: pull-off gages (Type 1) and electronic gages (Type 2).

1.3 The standard defines a procedure to determine if the film thickness over an extended area conforms to the minimum and the maximum levels specified. This procedure may be modified when measuring dry film thickness on overcoated surfaces (see Note 7.1).

2. Description and Use

2.1 DEFINITIONS

2.1.1 Gage Reading: A single reading at one point.

2.1.2 Spot Measurement: The average of at least three gage readings made within a 4 cm (1.5 inch) diameter circle.

2.1.3 Calibration: The controlled and documented process of measuring traceable calibration standards and verifying that the results are within the stated accuracy of the gage. Calibrations are typically performed by the gage manufacturer or by a qualified laboratory in a controlled environment using a documented process. The standards used in the calibration are such that the combined uncertainties of the resultant measurement are less than the stated accuracy of the gage.

2.1.4 Verification: An accuracy check performed by the user using known reference standards.

2.1.5 Adjustment: The act of aligning the gage's thickness readings to match those of a known sample in order to improve

the accuracy of the gage on a specific surface or in a specific portion of its measurement range. Most Type 2 gages can be adjusted on a coated part or on a shim, where the thickness of the coating or of the shim is known.

2.1.6 Coating Thickness Standard (Test Block): A smooth ferromagnetic substrate with a nonmagnetic coating of known thickness that is traceable to national standards.

2.1.7 Shim (Foil): A thin strip of non-magnetic plastic, metal, or other material of known uniform thickness used to verify the accuracy of coating dry film thickness gages.

2.1.8 Dry Film Thickness Reference Standard: A sample of known thickness used to verify the accuracy of the gage, such as coated thickness standards or shims. In some instances with the owner's permission, a sample part (a particular piece of coated steel) is used as a thickness standard for a particular job.

2.1.9 Accuracy: Consistency between a measured value and the true value of the thickness standard.

2.1.10 Structure: A unit composed of one or more connected steel members comprising a bridge, tank, ship, etc. It is possible for a single steel shape (beam, angle, tee, pipe, channel, etc.) to be considered a structure, if it is painted in a shop.

2.2 DESCRIPTION OF GAGES

2.2.1 Gage Types: The gage type is determined by the specific magnetic properties employed in measuring the thickness and is not determined by the mode of data readout, i.e. digital or analog. This standard does not cover gages that measure the effect of eddy currents produced in the substrate (see Note 7.2).

2.2.2 Type 1 – Pull-Off Gages: In pull-off gages, a permanent magnet is brought into direct contact with the coated surface. The force necessary to pull the magnet from the surface is measured and interpreted as the coating thickness value on

a scale or display on the gage. Less force is required to remove the magnet from a thick coating. The scale is nonlinear.

2.2.3 Type 2—Electronic Gages: An electronic gage uses electronic circuitry to convert a reference signal into coating thickness.

2.3 USE OF PAINT APPLICATION STANDARD NO. 2:

This document contains the following:

- Calibration, verification, adjustment, and measurement procedures (Section 3);
- Required number of measurements for conformance to a thickness specification (Section 4);
- Notes on gage principles and various factors affecting thickness measurement (Notes 7.2 to 7.18);
- A numerical example of thickness measurement over an extended area (Appendix 1);
- A numerical example of the calibration adjustment of Type 2 gages using plastic shims (Appendix 2);
- An example protocol for measuring DFT on beams or girders (Appendix 3);
- An example protocol for measuring DFT for a laydown painted in a shop (Appendix 4);
- An example protocol for measuring DFT on test panels (Appendix 5);
- An example protocol for measuring DFT of thin coatings on blast cleaned test panels (Appendix 6).

3. Calibration, Verification, Adjustment, and Measurement Procedures

3.1 GENERAL

3.1.1 ACCESS TO BARE SUBSTRATE: All gages are affected to some degree by substrate conditions such as roughness, shape, thickness, and composition (see Notes 7.3 to 7.8). To correct for this effect, access to the uncoated substrate is recommended. Another option is to use separate uncoated reference panels with similar roughness, shape, thickness, and composition (see Notes 7.3 to 7.8). These would be used as the bare substrate in the procedures of Sections 3.2, 3.3 and 3.4. Reference panels shall be of sufficient size to preclude edge effects (see Note 7.9). Other conditions that could affect measurements are described in Notes 7.10 to 7.14. Measurements on the bare substrate are taken before the coating is applied or by masking off small representative areas during painting. If the coating has already been applied to the entire surface, it is customary to remove small areas of coating for measurement and later patch them. Do not allow the removal process to alter the condition of the substrate. If chemical paint strippers are used, the existing profile will be retained (see Section A2.3).

3.1.2 SPOT MEASUREMENT: Repeated gage readings, even at points close together, often differ due to small surface irregularities of the coating and the substrate. Therefore, a minimum of three (3) gage readings shall be made for each spot measurement of either the substrate or the coating. For each new gage reading, move the probe to a new location within the 4 cm (1.5 inch) diameter circle defining the spot. Discard any unusually high or low gage reading that is not repeated consistently. Take the average of the acceptable gage readings as the spot measurement.

3.1.3 CALIBRATION: Gages must be calibrated by the manufacturer or a qualified lab. A Certificate of Calibration or other documentation showing traceability to a national standard is required. There is no standard time interval for re-calibration, nor is one absolutely required. Calibration intervals are usually established based upon experience and the work environment. A one-year calibration interval is a typical starting point suggested by gage manufacturers.

3.2 VERIFICATION OF ACCURACY

3.2.1 Measure the thickness of a series of reference standards covering the expected range of coating thickness (see Note 7.15). To guard against measuring with an inaccurate gage, the gage shall be checked at least at the beginning and the end of each work shift with one or more of the reference standards. If the gage is dropped or suspected of giving erroneous readings during the work shift, its accuracy shall be rechecked.

3.2.2 Record the serial number of the gage, the reference standard used, the stated thickness of the reference standard as well as the measured thickness value obtained, and the method used to verify gage accuracy. If the same gage, reference standard, and method of verification are used throughout a job, they need to be recorded only once. The stated value of the standard and the measured value must be recorded each time calibration is verified.

3.2.3 If readings do not agree with the reference standard, all measurements made since the last accuracy check are suspect. In the event of physical damage, wear, or high usage, or after an established calibration interval, the gage shall be rechecked for accuracy of measurement. If the gage is not measuring accurately, it shall not be used until it is repaired and/or recalibrated (usually by the manufacturer).

3.2.4 Shims of plastic or of non-magnetic metals which are acceptable for verifying the accuracy of Type 2 (electronic) gages are not used for verifying the accuracy of the Type 1 gages (see Note 7.2.1).

3.3 ADJUSTMENT AND MEASUREMENT - TYPE 1, PULL-OFF GAGES

3.3.1 Type 1 gages have nonlinear scales and any adjusting feature is linear in nature. Any adjustment of these gages will limit the DFT range for which the gage will provide accurate readings, and is not recommended.

3.3.2 Measure the bare substrate at a number of spots to obtain a representative average value. This average value is the base metal reading (BMR). CAUTION: the gage is not to be adjusted to read zero on the bare substrate.

3.3.3 Measure the dry coating at the number of spots specified in Section 4.

3.3.4 Subtract the base metal reading from the gage reading to obtain the thickness of the coating.

3.4 ADJUSTMENT AND MEASUREMENT - TYPE 2, ELECTRONIC GAGES

3.4.1 Different manufacturers of Type 2 (electronic) gages follow different methods of adjustment for measuring dry film thickness over a blast-cleaned surface. Adjust the gage according to the manufacturer's instructions (see Appendix 2).

3.4.2 Measure the dry coating at the number of spots specified in Section 4.

4. Required Number of Measurements for Conformance to a Thickness Specification

4.1 NUMBER OF MEASUREMENTS: Make five (5) separate spot measurements (average of the gage readings, see Section 3.1.2) spaced arbitrarily over each 10 m² (100 ft²) area to be measured. If the contracting parties agree, more than five (5) spot measurements may be taken in a given area (see Section 4.1.5). The five spot measurements shall be made for each 10 m² (100 ft²) of area as follows:

4.1.1 For structures not exceeding 30 m² (300 ft²) in area, each 10 m² (100 ft²) area shall be measured.

4.1.2 For structures not exceeding 100 m² (1,000 ft²) in area, three 10 m² (100 ft²) areas shall be arbitrarily selected by the inspector and measured.

4.1.3 For structures exceeding 100 m² (1,000 ft²) in area, the first 100 m² (1,000 ft²) shall be measured as stated in Section 4.1.2 and for each additional 100 m² (1,000 ft²) of area or increment thereof, one 10 m² (100 ft²) area shall be arbitrarily selected by the inspector and measured.

4.1.4 If the dry film thickness for any 10 m² (100 ft²) area (see Sections 4.1.2 and 4.1.3) is not in compliance with the requirements of Sections 4.3.1 and 4.3.2, then additional measurements must be made to isolate the non-conforming area, and each 10 m² (100 ft²) area painted during that work shift shall be measured.

4.1.5 Other size areas or number of spot measurements may be specified by the owner in the job specifications as appropriate for the size and shape of the structure to be coated (see Appendices 3, 4, 5, and 6).

4.2 SPECIFYING THICKNESS: It is recommended that both a maximum and a minimum DFT thickness be specified for the coating. If a maximum thickness value is not explicitly specified, the specified thickness shall be the minimum and Section 4.3.2 would not apply.

4.3 CONFORMANCE TO SPECIFIED THICKNESS

4.3.1 Minimum Thickness: The average of the spot measurements for each 10 m² (100 ft²) area shall not be less than the specified minimum thickness. Although *no single spot measurement* in any 10 m² (100 ft²) area shall be less than 80% of the specified minimum thickness, it is possible for *any single gage reading* to under-run by a greater amount. If the average of the spot measurements for a given 10 m² (100 ft²) area meets or exceeds the specified minimum thickness, but one or more spot measurements is less than 80% of the specified minimum thickness, additional measurements will more precisely define the non-conforming area and facilitate repair (see Appendix 1 and Notes 7.16 and 7.17).

4.3.2 Maximum Thickness: The average of the spot measurements for each 10 m² (100 ft²) area shall not be more than the specified maximum thickness. Although *no single spot measurement* in any 10 m² (100 ft²) area shall be more than 120% of the specified maximum thickness, it is possible for *any single gage reading* to over-run by a greater amount. If the average of the spot measurements for a given 10 m² (100 ft²) area meets or falls below the specified maximum thickness, but one or more spot measurements is more than 120% of the specified maximum thickness, additional measurements will more precisely define the non-conforming area and facilitate repair (see Appendix 1 and Notes 7.16 and 7.17).

5. Accuracy

5.1 To qualify under this standard, a gage must have an accuracy at least within $\pm 5\%$ (see Note 7.18). For thicknesses less than 25 μm (1 mil), the gage must have an accuracy at least within $\pm 2.5 \mu\text{m}$ (0.1 mil).

6. Disclaimer

6.1 While every precaution is taken to ensure that all information furnished in SSPC standards and specifications is as accurate, complete, and useful as possible, SSPC cannot assume responsibility nor incur any obligation resulting from the use of any materials, coatings or methods specified therein, or of the specification or standard itself.

6.2 This standard does not attempt to address problems concerning safety associated with its use. The user of this standard, as well as the user of all products or practices described herein, is responsible for instituting appropriate health and safety practices and for ensuring compliance with all governmental regulations.

7. Notes

Notes are not requirements of this standard.

7.1 OVERCOATING: Maintenance painting often involves application of a new coating over an existing coating system. It is very difficult to accurately measure the DFT of this newly applied coating using non-destructive methods. First, access to the profile is not available, compromising the accuracy of the BMR or the adjustment of a Type 2 gage. Second, unevenness in the DFT of the existing coating necessitates careful mapping of the "before and after" DFT readings. This unevenness also adds to the statistical variation in trying to establish a base DFT reading to be subtracted from the final DFT.

A paint inspection gage (sometimes called a Tooke or PIG gage) will give accurate DFT measurements, but it cuts through the coating, so each measurement site must be repaired. Ultrasound gages may be used, but their accuracy is much less than a Type 1 or a Type 2 gage. A practical approach to monitoring DFT when overcoating is to compute DFT from wet film thickness readings and the volume solids of the coating being applied.

If the DFT of the existing coating is not too uneven, the average DFT of the existing coating can be measured to establish a base DFT. This base DFT is then subtracted from the total DFT to get the thickness of the overcoat(s).

7.2 PRINCIPLES OF THE MAGNETIC GAGE: Each of these gages can sense and indicate only the distance between the magnetic surface of the steel and the small rounded tip of the magnet or probe that rests on the top surface of the coating. For this measured distance (from the top surface of the coating to the magnetic zero) to equal the coating thickness above the peaks, the gage readings must be corrected for the profile of the steel surface and to a lesser extent the composition and shape of the steel. Such correction is made as described in Section 3.3 for Type 1 gages and Section 3.4 for Type 2 gages.

7.2.1 Type 1 (pull-off) gages measure the force needed to pull a small permanent magnet from the surface of the coated steel. The magnetic force holding the magnet to the surface varies inversely as a non-linear function of the distance between magnet and steel, i.e., the thickness of the dry coating (plus any other films present).

Normally, Type 1 gages are not adjusted or reset for each new series of measurements. Shims of sheet plastic or of non-magnetic metals, which are permissible for adjusting Type 2 (electronic) gages should not be used for adjusting Type 1 gages. Such shims are usually fairly rigid and curved and do not lie perfectly flat, even on a smooth steel test surface. Near the pull-off point of the measurement with any Type 1 gage, the shim frequently springs back from the steel surface, raising the magnet too soon and causing an erroneous reading.

7.2.2 Type 2 (electronic) gages operate on two different magnetic principles. Some Type 2 gages use a permanent magnet. When the magnet is brought near steel, the magnetic flux density at the tip of the magnet is increased. By measuring this change in flux density, which varies inversely to the distance between the magnet and the steel substrate, the coating thickness can be determined. Hall elements and magnet resistance elements positioned at the tip of the magnet are the most common ways that this change in magnetic flux density is measured. Other Type 2 gages operate on the principle of electromagnetic induction. A coil containing a soft iron rod is energized with an AC current thereby producing a changing magnetic field at the tip of the probe. As with a permanent magnet, the magnetic flux density within the rod increases when the probe is brought near the steel substrate. This change is easy to detect by using additional coils. The output of these coils is related to coating thickness.

7.3 REPEATABILITY: Magnetic gages are necessarily sensitive to very small irregularities of the coating surface or of the steel surface directly below the probe center. Repeated gage readings on a rough surface, even at points very close together, frequently differ considerably, particularly for thin films over a rough surface with a high profile.

7.4 ZERO SETTING: Type 1 magnetic gages should not be adjusted or set at the scale zero (0) with the gage applied to either a rough or a smooth uncoated steel surface. Some Type 2 gages can be adjusted to read zero (0) on an uncoated blast cleaned surface. In all cases follow the manufacturer's recommendations.

7.5 ROUGHNESS OF THE STEEL SURFACE: If the steel surface is smooth and even, its surface plane is the effective magnetic surface. If the steel is roughened, as by blast cleaning, the "apparent" or effective magnetic surface that the gage

senses is an imaginary plane located between the peaks and valleys of the surface profile. Gages read thickness above the imaginary magnetic plane. If a Type 1 gage is used, the coating thickness above the peaks is obtained by subtracting the base metal reading (see Section 3.3). With a correctly calibrated and adjusted Type 2 gage, the reading obtained indicates the coating thickness above the peaks (see Section 3.4).

7.6 DIRTY, TACKY, OR SOFT FILMS: The surface of the coating and the probe of the gage must be free from dust, grease, and other foreign matter in order to obtain close contact of the probe with the coating. The accuracy of the measurement will be affected if the coating is tacky or excessively soft. Tacky coating films may cause unwanted adhesion of the magnet of a Type 1 gage. Unusually soft films may be dented by the pressure of the probe of a Type 1 or a Type 2 gage. Soft or tacky films can sometimes be measured satisfactorily with Type 2 gages by putting a shim on the film, measuring total thickness of coating plus shim, and subtracting shim thickness.

7.6.1 Ordinary dirt and grease can be removed from a probe by wiping with a soft cloth. Magnetic particles adhering to the probe can be removed using an adhesive backed tape. Any adhesive residue left on the probe must then be removed.

7.7 ALLOY STEEL SUBSTRATES: Differences among most mild low-carbon steels and high strength low alloy (HSLA) steels will not significantly affect magnetic gage readings. For higher alloy steels, the gage response should be checked. Regardless of the alloy type, the gage should be adjusted to the same steel over which the coating has been applied.

7.8 CURVATURE OF STEEL SURFACE: Magnetic gage readings may be affected by surface curvature. If the curvature is appreciable, valid measurements may still be obtained by adjusting the gage on a similarly curved surface.

7.9 PROXIMITY TO EDGES: Magnetic gages are sensitive to geometrical discontinuities of the steel, such as holes, corners or edges. The sensitivity to edge effects and discontinuities varies from gage to gage. Measurements closer than 2.5 cm (1 inch) from the discontinuity may not be valid unless the gage is adjusted specifically for that location.

7.10 PROXIMITY TO OTHER MASS OF STEEL: The older two-pole gages with permanent magnets are sensitive to the presence of another mass of steel close to the body of the gage. This effect may extend as much as 8 cm (3 inches) from an inside angle.

7.11 TILT OF PROBE: All of the magnets or probes must be held perpendicular to the coated surface to produce valid measurements.

7.12 OTHER MAGNETIC FIELDS: Strong magnetic fields, such as those from welding equipment or nearby power lines, may interfere with operation of the gages. Residual magnetism in the steel substrate may also affect gage readings. With fixed probe two-pole gages in such cases, it is recommended that the readings before and after reversing the pole positions be averaged. Other gages may require demagnetization of the steel.

7.13 EXTREMES OF TEMPERATURE: Most of the magnetic gages operate satisfactorily at 4°C and 49°C (40°F and 120°F). Some gages function well at much higher temperatures. However, if such temperature extremes are met in the field, the gage might well be checked with at least one reference standard after both the standard and the gage are brought to the same ambient temperature. Most electronic gages compensate for temperature differences among the gage, the probe, and the surface.

7.14 VIBRATION: The accuracy of the Type 1 (pull-off) gages is affected by traffic, machinery, concussions, etc. When these gages are set up for verification of calibration or measurement of coating films, there should be no apparent vibration.

7.15 COATING THICKNESS STANDARDS: Coating thickness standards consisting of coated steel plates with assigned thickness values traceable to national standards are available from several sources, including most manufacturers of coating thickness gages. Shims of known thicknesses are also available from most of these same sources.

7.16 VARIATION IN THICKNESS – 80% of MINIMUM/ 120% of MAXIMUM: In any measurement there is a certain level of uncertainty. Two inspectors using the same gage will not necessarily record the exact same number for a given spot measurement using the same 4 cm (1.5 inch) diameter circle. To allow for this natural fluctuation, an individual spot measurement is permitted to be below the specified minimum thickness as long as other spots in the 10 m² (100 ft²) area are high enough to make the average thickness meet or exceed the specified minimum thickness. Similar reasoning applies to maximum thickness. The 80% of specified minimum and 120% of specified maximum allow for the accuracy of the gage and reference standards and for variations in the substrate.

7.17 CORRECTING LOW OR HIGH THICKNESS: The contracting parties should agree upon the method of correcting film thicknesses that are above the maximum or below the minimum specification. This method may be specified in the procurement documents, may follow manufacturer's instructions, or may be a compromise reached after the non-conforming area is discovered.

ANEXO A11



Designation: D 4541 – 95^{e1}

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS
100 Barr Harbor Dr., West Conshohocken, PA 19428
Reprinted from the Annual Book of ASTM Standards. Copyright ASTM
If not listed in the current combined index, will appear in the next edition.

Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers¹

This standard is issued under the fixed designation D 4541; 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 (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

^{e1} NOTE—Research report added editorially in August 1995.

1. Scope

1.1 This test method covers a procedure for evaluating the pull-off strength (commonly referred to as adhesion) of a coating by determining either the greatest perpendicular force (in tension) that a surface area can bear before a plug of material is detached, or whether the surface remains intact at a prescribed force (pass/fail). Failure will occur along the weakest plane within the system comprised of the test fixture, adhesive, coating system, and substrate, and will be exposed by the fracture surface. This test method maximizes tensile stress as compared to the shear stress applied by other methods, such as scratch or knife adhesion, and results may not be comparable. Further, pull-off strength measurements depend upon both material and instrumental parameters. Results obtained using different devices or results for the same coatings on substrates having different stiffness may not be comparable.

1.2 This test method uses a class of apparatus known as portable pull-off adhesion testers.² They are capable of applying a concentric load and counter load to a single surface so that coatings can be tested even though only one side is accessible. Measurements are limited by the strength of adhesion bonds between the loading fixture and the specimen surface or the cohesive strengths of the adhesive, coating layers, and substrate.

1.3 This test can be destructive and spot repairs may be necessary.

1.4 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are 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.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D-1 on Paint and Related Coatings, Materials, and Applications and is the direct responsibility of Subcommittee D01.46 on Industrial Protective Coating.

Current edition approved Feb. 15, 1995. Published April 1995. Originally published as D 4541 – 93. Last previous edition D 4541 – 93.

² The term adhesion tester may be somewhat of a misnomer, but its adoption by two manufacturers and at least two patents indicates continued usage.

D2651 Guide for Preparation of Metal Surfaces for Adhesive Bonding³

D3933 Guide for Preparation of Aluminum Surfaces for Structural Adhesives Bonding (Phosphoric Acid Anodizing)³

D3980 Practice for Interlaboratory Testing of Paint and Related Materials⁴

2.2 ANSI Standard:

N 512 Protective Coatings (Paints) for the Nuclear Industry⁵

2.3 ISO Standard:

4624 Paints and Varnish—Pull-Off Test for Adhesion⁵

3. Summary of Test Method

3.1 The general pull-off test is performed by securing a loading fixture (dolly, stud) normal (perpendicular) to the surface of the coating with an adhesive. After the adhesive is cured, a testing apparatus is attached to the loading fixture and aligned to apply tension normal to the test surface. The force applied to the loading fixture is then gradually increased and monitored until either a plug of material is detached, or a specified value is reached. When a plug of material is detached, the exposed surface represents the plane of limiting strength within the system. The nature of the failure is qualified in accordance with the percent of adhesive and cohesive failures, and the actual interfaces and layers involved. The pull-off strength is computed based on the maximum indicated load, the instrument calibration data, and the original surface area stressed. Pull-off strength results obtained using different devices may be different because the results depend on instrumental parameters (see Appendix X1).

4. Significance and Use

4.1 The pull-off strength of a coating is an important performance property that has been used in specifications. This test method serves as a means for uniformly preparing and testing coated surfaces, and evaluating and reporting the results. This test method is applicable to any portable apparatus meeting the basic requirements for determining the pull-off strength of a coating.

4.2 Variations in results obtained using different devices

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.06.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 06.01.

⁵ Available from American National Standards Institute, 11 W. 42nd St., 13th Floor, New York, NY 10036.

or different substrates with the same coating are possible (see Appendix X1). Therefore, it is recommended that the type of apparatus and the substrate be mutually agreed upon between the interested parties.

5. Apparatus

5.1 *Adhesion Tester*, commercially available, or comparable apparatus specific examples of which are listed in Annexes A1 to A4.

5.1.1 *Loading Fixtures*, having a flat surface on one end that can be adhered to the coating and a means of attachment to the tester on the other end.

5.1.2 *Detaching Assembly* (adhesion tester), having a central grip for engaging the fixture.

5.1.3 *Base*, on the detaching assembly, or an annular bearing ring if needed for uniformly pressing against the coating surface around the fixture either directly, or by way of an intermediate bearing ring. A means of aligning the base is needed so that the resultant force is normal to the surface.

5.1.4 Means of moving the grip away from the base in as smooth and continuous a manner as possible so that a torsion free, co-axial (opposing pull of the grip and push of the base along the same axis) force results between them.

5.1.5 *Timer*, or means of limiting the rate of stress to less than 150 psi/s (1 MPa/s) so that the maximum stress is obtained in less than about 100 s. A timer is the minimum equipment when used by the operator along with the force indicator in 5.1.6.

NOTE 1—Obtaining the maximum stress in 100 s or less by keeping the maximum rate of shear to less than 150 psi/s (1 MPa/s) is valid for the levels of pull-off strength measured with these types of apparatuses.

5.1.6 *Force Indicator and Calibration Information*, for determining the actual force delivered to the loading fixture.

5.2 *Solvent*, or other means for cleaning the loading fixture surface. Finger prints, moisture, and oxides tend to be the primary contaminants.

5.3 *Fine Sandpaper*, or other means of cleaning the coating that will not alter its integrity by chemical or solvent attack. If any light sanding is anticipated, choose only a very fine grade abrasive (400 grit or finer) that will not introduce flaws or leave a residue.

5.4 *Adhesive*, for securing the fixture to the coating that does not affect the coating properties. Two component epoxies⁶ and acrylics⁷ have been found to be the most versatile.

5.5 *Magnetic or Mechanical Clamps*, if needed, for holding the fixture in place while the adhesive cures.

5.6 *Cotton Swabs*, or other means for removing excess adhesive and defining the adhered area. Any method for removing excess adhesive that damages the surface, such as scoring, must generally be avoided since induced surface flaws may cause premature failure of the coating.

⁶ Araldite Adhesive, available from Ciba-Geigy Plastics, Duxford, Cambridge, CB2 4QA, England, Hysol Epoxy Patch Kit 907, available from Hysol Div., The Dexter Corp., Willow Pass Rd., Pittsburg, CA 94565, and Scotch Weld Adhesive 1838B/A, available from 3M, Adhesives, Coatings and Sealers Div., 3M Center, St. Paul, MN 55144, have been found satisfactory for this purpose.

⁷ Versilac 201 and 204 with accelerator, available from Lord Corp., Industrial Adhesive Div., 2000 W. Grandview Blvd., P.O. Box 10038, Erie, PA 16514, have been found satisfactory for this purpose.

5.7 *Circular Hole Cutter* (optional), to score through to the substrate around the loading fixture.

6. Test Preparation

6.1 The method for selecting the coating sites to be prepared for testing depends upon the objectives of the test and agreements between the contracting parties. There are, however, a few physical restrictions imposed by the general method and apparatus. The following requirements apply to all sites:

6.1.1 The selected test area must be a flat surface large enough to accommodate the specified number of replicate tests. The surface may have any orientation with reference to gravitational pull. Each test site must be separated by at least the distance needed to accommodate the detaching apparatus. The size of a test site is essentially that of the secured loading fixture. At least three replications are usually required in order to statistically characterize the test area.

6.1.2 The selected test areas must also have enough perpendicular and radial clearance to accommodate the apparatus, be flat enough to permit alignment, and be rigid enough to support the counter force. It should be noted that measurements close to an edge may not be representative of the coating as a whole.

6.2 Since the rigidity of the substrate affects pull-off strength results and is not a controllable test variable in field measurements, some knowledge of the substrate thickness and composition should be reported for subsequent analysis or laboratory comparisons. For example, steel substrate of less than 1/8-in. (3.2-mm) thickness usually reduce pull-off strength results compared to 1/4-in. (6.4-mm) thick steel substrates.

6.3 Subject to the requirements of 6.1, select representative test areas and clean the surfaces in a manner that will not affect integrity of the coating or leave a residue. Surface abrasion may introduce flaws and should generally be avoided. A fine abrasive (see 5.3) should only be used if needed to remove loose or weakly adhered surface contaminants.

6.4 Clean the loading fixture surface as indicated by the apparatus manufacturer. Failures at the fixture-adhesive interface can often be avoided by treating the fixture surfaces in accordance with an appropriate ASTM standard practice for preparing metal surfaces for adhesive bonding.

NOTE 2—Guides D 2651 and D 3933 are typical of well-proven methods for improving adhesive bond strengths to metal surfaces.

6.5 Prepare the adhesive in accordance with the adhesive manufacturer's recommendations. Apply the adhesive to the fixture or the surface to be tested, or both, using a method recommended by the adhesive manufacturer. Be certain to apply the adhesive across the entire surface. Position fixture on the surface to be tested. Carefully remove the excess adhesive from around the fixture.

NOTE 3: **Caution**—Movement, especially twisting, can cause tiny bubbles to coalesce into large holidays that constitute stress discontinuities during testing.

6.6 Based on the adhesive manufacturer's recommendations and the anticipated environmental conditions, allow enough time for the adhesive to set up and reach the recommended cure. During the adhesive set and early cure

stage, a constant contact pressure should be maintained on the fixture. Magnetic or mechanical clamping systems work well, but systems relying on tack, such as masking tape, should be used with care to ensure that they do not relax with time and allow air to intrude between the fixture and the test area.

6.7 Scoring around the fixture violates the fundamental in-situ test criterion that an unaltered coating be tested. If scoring around the test surface is employed, extreme care is required to prevent micro-cracking in the coating, since such cracks may cause failures at diminished strengths. Scored samples constitute a different test, and this procedure should be clearly reported with the results.

6.8 Note the approximate temperature and relative humidity during the time of test.

7. Test Procedure

7.1 The general procedure for conducting pull-off tests is described in this section. More specific procedures are given in Annexes A1 to A4 for the types of testers used in the round-robin.

7.2 Select an adhesion-tester with a detaching assembly having a force calibration spanning the range of expected values along with its compatible loading fixture. Mid-range measurements are usually the best, but read the manufacturer's operating instructions before proceeding.

7.3 If a bearing ring or comparable device (5.1.3) is to be used, place it concentrically around the loading fixture on the coating surface. If shims are required when a bearing ring is employed, place them between the tester base and bearing ring rather than on the coating surface.

7.4 Carefully connect the central grip of the detaching assembly to the loading fixture without bumping, bending, or otherwise prestressing the sample and connect the detaching assembly to its control mechanism, if necessary. For nonhorizontal surfaces, support the detaching assembly so that its weight does not contribute to the force exerted in the test.

7.5 Align the device according to the manufacturer's instructions and set the force indicator to zero.

NOTE 4—Proper alignment is critical, see Appendix X2. If alignment is required, use the procedure recommended by the manufacturer of the adhesion tester and report the procedure used.

7.6 Increase the load to the fixture in as smooth and continuous a manner as possible, at a rate of less than 150 psi/s (1 MPa/s) so that failure occurs or the maximum stress is reached in about 100 s or less (see Note 1).

7.7 Record the force attained at failure or the maximum force applied.

7.8 If a plug of material is detached, label and store the fixture for qualification of the failed surface in accordance with 8.3.

7.9 Report any departures from the procedure such as possible misalignment, hesitations in the force application, etc.

8. Calculation and Interpretation of Results

8.1 If instructed by the manufacturer, use the instrument calibration factors to convert the indicated force for each test into the actual force applied in units of pounds-force (1 N = 0.1 kgf).

8.2 Either use the calibration chart supplied by the manufacturer or compute the relative stress applied to each coating sample as follows:

$$X = 4F/\pi d^2$$

where:

X = greatest mean pull-off stress applied during a pass/fail test, or the pull-off strength achieved at failure. Both have units of psi (MPa = 1 N/mm²).

F = actual force applied to the test surface as determined in 8.1, and

d = equivalent diameter of the original surface area stressed having units of inches (or millimetres). This is usually equal to the diameter of the loading fixture.

8.3 For all tests to failure, estimate the percent of adhesive and cohesive failures in accordance to their respective areas and location within the test system comprised of coating and adhesive layers. A convenient scheme that describes the total test system is outlined in 8.3.1 through 8.3.3. (See ISO 4624.)

NOTE 5—A laboratory tensile testing machine is used in ISO 4624.

8.3.1 Describe the specimen as substrate A , upon which successive coating layers B , C , D , etc., have been applied, including the adhesive, Y , that secures the fixture, Z , to the top coat.

8.3.2 Designate cohesive failures by the layers within which they occur as A , B , C , etc., and the percent of each.

8.3.3 Designate adhesive failures by the interfaces at which they occur as A/B , B/C , C/D , etc., and the percent of each.

8.4 A result that is very different from most of the results may be caused by a mistake in recording or calculating. If either of these is not the cause, then examine the experimental circumstances surrounding this run. If an irregular result can be attributed to an experimental cause, drop this result from the analysis. However, do not discard a result unless there are valid nonstatistical reasons for doing so or unless the result is a statistical outlier. Valid nonstatistical reasons for dropping results include alignment of the apparatus that is not normal to the surface, poor definition of the area stressed due to improper application of the adhesive, poorly defined glue lines and boundaries, holidays in the adhesive caused by voids or inclusions, improperly prepared surfaces, and sliding or twisting the fixture during the initial cure. Scratched or scored samples may contain stress concentrations leading to premature fractures. Dixon's test, as described in Practice D 3980, may be used to detect outliers.

8.5 Further information relative to the interpretation of the test results is given in Appendix A2.

9. Report

9.1 Report the following information:

9.1.1 Brief description of the general nature of the test, such as, field or laboratory testing, generic type of coating, etc.

9.1.2 Temperature and relative humidity and any other pertinent environmental conditions during the test period.

9.1.3 Description of the apparatus used, including: apparatus manufacturer and model number, loading fixture type and dimensions, and bearing ring type and dimensions.

9.1.4 Description of the test system, if possible, by the indexing scheme outlined in 8.3 including: product identity

and generic type for each coat and any other information supplied, the substrate identity (thickness, type, orientation, etc.), and the adhesive used.

9.1.5 Test results.

9.1.5.1 Date, test location, testing agent.

9.1.5.2 For pass/fail tests, stress applied along with the result, for example, pass or fail and note the plane of any failure (see 8.3 and ANSI N512).

9.1.5.3 For tests to failure, report all values computed in 8.2 along with the nature and location of the failures as specified in 8.3, or, if only the average strength is required, report the average strength along with the statistics.

9.1.5.4 If corrections of the results have been made, or if certain values have been omitted such as the lowest or highest values or others, reasons for the adjustments and criteria used.

9.1.5.5 For any test where scoring was employed, indicate it by placing a footnote superscript beside each data point affected and a footnote to that effect at the bottom of each page on which such data appears. Note any other deviations from the procedure.

10. Precision and Bias⁸

10.1 Precision—In an interlaboratory study of this test method, operators made measurements, generally in triplicate but in a few cases in duplicate, on coated panels covering a moderate range at the intermediate adhesion level using four different types of instruments (see Annexes A1 to A4 and Appendix X1). The number of participating laboratories varied with each instrument and in the case of one instrument with the material. Only two laboratories had access to Type I instruments but two operators in each made the triplicate tests. During the statistical analysis of the results three individual results and one set of triplicates obtained with Type II instruments were rejected as outliers; one single test with Type III instruments and three single

results with Type I instruments were rejected. The pooled intra- and inter-laboratory coefficients of variation were found to be those shown in Table I. Based on these coefficients the following criteria should be used for judging, at the 95 % confidence level, the acceptability of results:

10.1.1 Replicate Repeatability—Triplicate results obtained by the same operator using instruments from the same category should be considered suspect if they differ in percent relative by more than the values given in Table 1.

NOTE 6—Difference in percent relative to two results, x_1 and x_2 , is the absolute value of

$$\frac{(x_1 - x_2)}{(x_1 + x_2)/2} \times 100.$$

10.1.2 Reproducibility—Two results, each the mean of triplicates, obtained by operators in different laboratories using instruments of the same category should be considered suspect if they differ in percent relative by more than the values given in Table 1.

10.2 Bias—This test method has no bias statement since there is no acceptable reference material suitable for determining the bias of this test method.

11. Keywords

11.1 adhesion; coatings; field; paint; portable; pull-off strength; tensile test

TABLE 1 Precision of Adhesion Pull-Off Measurements

| Instrument | Coefficient of Variation, v, % | Degrees of Freedom | Maximum Acceptable Difference, % |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| Intralaboratory Instrument: | | | |
| Type IV | 8.5 | 48 | 29.0 |
| Type I | 12.2 | 129 | 41.0 |
| Type II | | | |
| Type III | | | |
| Total | | 177 | |
| Interlaboratory Instrument: | | | |
| Type IV | 8.7 | 20 | 25.5 |
| Type I | 20.6 | 58 | 58.7 |
| Type II | | | |
| Type III | | | |
| Total | | 78 | |

⁸ Supporting data are available from ASTM Headquarters. Request RR: D01-1094.

ANNEXES

(Mandatory Information)

A1. FIXED-ALIGNMENT ADHESION TESTER, TYPE I

A1.1 Apparatus:

A1.1.1 A fixed-alignment portable tester as shown in Fig. A1.1⁹

NOTE A.1.1—Precision data for Type I instruments described in Table 1 were obtained using the devices illustrated in Fig. A.1.1.

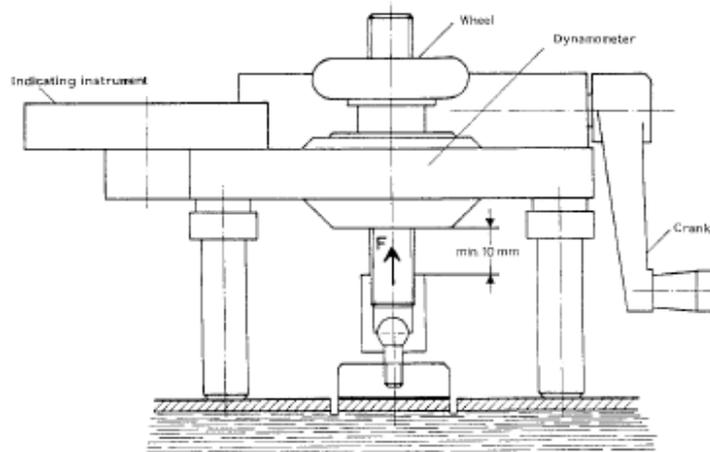
⁹ The Dyna Z5 tester is available from PROCEQ SA, Riesbachstrasse 57, CH-8034, Zurich, Switzerland.

A1.1.2 The tester is comprised of detachable aluminum loading fixtures, 1.97 in. (50 mm) in diameter, screws with spherical heads that are screwed into the center of a fixture, a socket in the testing assembly that holds the head of the screw, pressure gage, dynamometer, wheel and crank.

A1.1.3 The testers are available in four models, with maximum tensile forces of 1125, 3375, 5625, and 11 250 lb (5, 15, 25, and 50 kN) respectively. For a fixture having a 1.97-in. (50-mm) diameter, a 5 kN device corresponds to a range of 0 to 360 psi (2.5 MPa).



(a)



(b)

FIG. A1.1 Photograph (a) and sketch (b) of Type I instruments

A1.2 Procedure:

A1.2.1 Follow the general procedures described in Sections 6 and 7. Procedures specific to this instrument are described in this section.

A1.2.2 Set the pointer on the zero mark by first pressing the push-button located on the left of the indicator. While holding the push-button, turn the little knob located on the upper part of the indicator to set the pointer at zero. Set the zero after testing by pressing the push-button.

A1.2.3 After fixing a loading fixture to a substrate, insert a screw with a spherical head into the center of the fixture. Position the testing equipment on the metal disc. Then by means of the notched wheel, fix the head of the spherical screw into the socket at the base of the equipment. For the first mechanical approach, stop screwing down the wheel when the pointer on the indicator shifts from the ZERO mark. Tests are done by turning the crank. After each test, turn the crank in the opposite direction until it stops.

A2. FIXED-ALIGNMENT ADHESION TESTER TYPE II

A2.1 Apparatus:

A2.1.1 This is a fixed-alignment portable tester, as shown in Fig. A2.1.¹⁰

NOTE A2.1—Precision data for Table 1 were obtained using the devices illustrated in Fig. A2.1.

A2.1.2 The tester is comprised of detachable aluminum loading fixtures having a flat conic base that is 0.8 in. (20 mm) in diameter on one end for securing to the coating, and a circular T-bolt head on the other end, a central grip for engaging the loading fixture that is forced away from a tripod base by the interaction of a handwheel (or nut), and a coaxial bolt connected through a series of belleville washers, or springs in later models, that acts as both a torsion relief and a spring that displaces a dragging indicator with respect to a scale.

A2.1.3 The force is indicated by measuring the maximum spring displacement when loaded. Care should be taken to see that substrate bending does not influence its final position or the actual force delivered by the spring arrangement.

A2.1.4 The devices are available in four ranges: From 0 to 500, 0 to 1000, 0 to 2000, and 0 to 4000 psi (3.5, 7.0, 14, and 28 MPa).

A2.2 Procedure:

A2.2.1 Center the bearing ring on the coating surface concentric with the loading fixture. Turn the hand wheel or nut of the tester counter-clockwise, lowering the grip so that it slips under the head of the loading fixture.

A2.2.2 Align or shim the three instrument swivel pads of the tripod base so that the instrument will pull perpendicularly to the surface at the bearing ring.

A2.2.3 Take up the slack between the various members and slide the dragging (force) indicator located on the tester to zero.

A2.2.4 Firmly hold the instrument with one hand. Do not allow the base to move or slide during the test. With the other hand, turn the handwheel clockwise using as smooth and constant motion as possible. Do not jerk or exceed a stress rate of 150 psi/s (1 Mpa/s) that is attained by allowing in excess of 7 s/1000 psi (7 s/7 MPa), stress. If the 2000 or 4000 psi (14 or 28 MPa) models are used, the handwheel is replaced with a nut requiring a wrench for tightening. The wrench must be used in a plane parallel to the substrate so that the loading fixture will not be removed by a shearing force or misalignment, thus negating the results. The maximum stress must be reached within about 100 s.

A2.2.5 The pulling force applied to the loading fixture is increased to a maximum or until the system fails at its weakest locus. Upon failure, the scale will rise slightly, while the dragging indicator retains the apparent load. The apparatus scale indicates an approximate stress directly in pounds

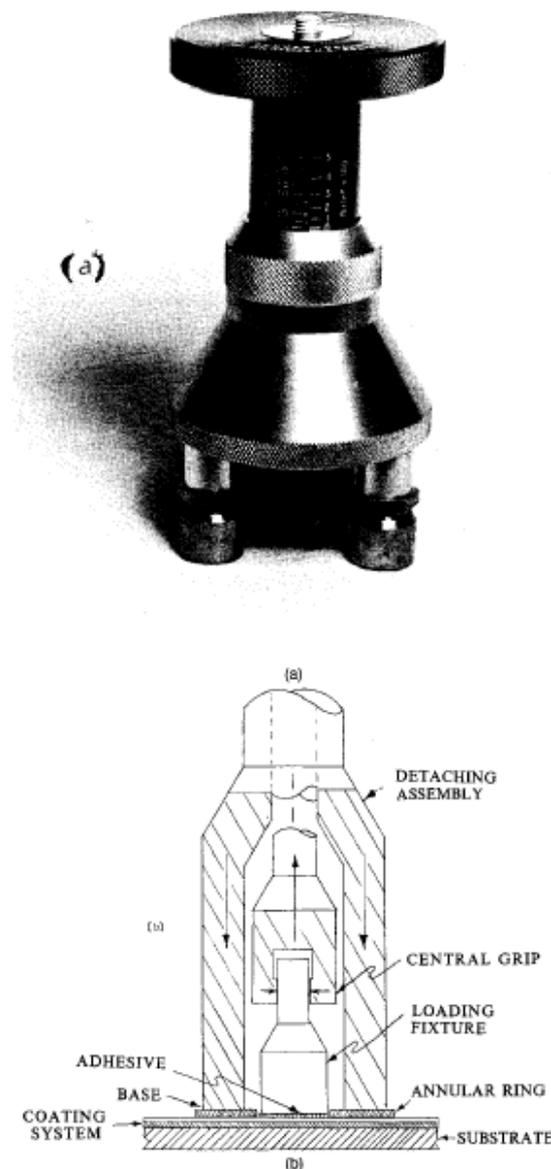


FIG. A2.1 Photograph (a) and schematic (b) of Type II, Fixed Alignment Pull-Off Tester

per square inch, but may be compared to a calibration curve.

A2.2.6 Record the highest value attained by reading along the bottom of the dragging indicator.

¹⁰The Elcometer, Model 106, adhesion tester is available from Elcometer Instruments, Ltd., Edge Lane, Droylston, Manchester M35 6UB, United Kingdom, England.

A3. SELF-ALIGNING ADHESION TESTER TYPE III

A3.1 Apparatus:

A3.1.2 This is a self-aligning tester, as shown in Fig. A3.1.¹¹

NOTE A3.1—Precision data for Type II instruments shown in Table 1 were obtained using the devices described in Fig. A3.1.

A3.1.2 Load is applied through the center of the dolly by a hydraulic piston and pin. The diameter of the piston bore is sized so that the area of the bore is equal to the net area of the dolly. Therefore, the pressure reacted by the dolly is the same as the pressure in the bore and is transmitted directly to a pressure gage.

A3.1.2 The apparatus is comprised of: a dolly, 0.75-in. (19-mm) outside diameter, 0.125-in. (3-mm) inside diameter, hydraulic piston and pin by which load is applied to the dolly, hose, pressure gage, threaded plunger and handle.

A3.1.3 The force is indicated by the maximum hydraulic pressure as displayed on the gage, since the effective areas of the piston bore and the dolly are the same.

A3.1.4 The testers are available in three standard working

ranges: 0 to 1500 psi (0 to 10 MPa), 0 to 2250 psi (0 to 15 MPa), 0 to 3000 psi (0 to 20 MPa). Special dollies shaped to test tubular sections are available.

A3.2 Procedure:

A3.2.1 Follow the general procedures described in Sections 6 and 7. Procedures specific to this instrument are described in this section.

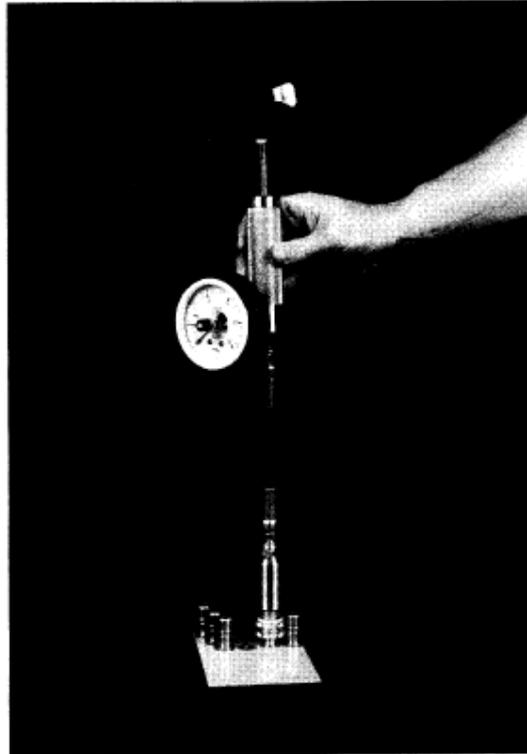
A3.2.2 Insert a decreased TFE-fluorocarbon plug into the dolly until the tip protrudes from the surface of the dolly. When applying adhesive to the dolly, avoid getting adhesive on the plug. Remove plug after holding the dolly in place for 10 s.

A3.2.3 Ensure that the black needle of the tester is reading zero. Connect a test dolly to the head and increase the pressure by turning the handle clockwise until the pin protrudes from the dolly. Decrease pressure to zero and remove the test dolly.

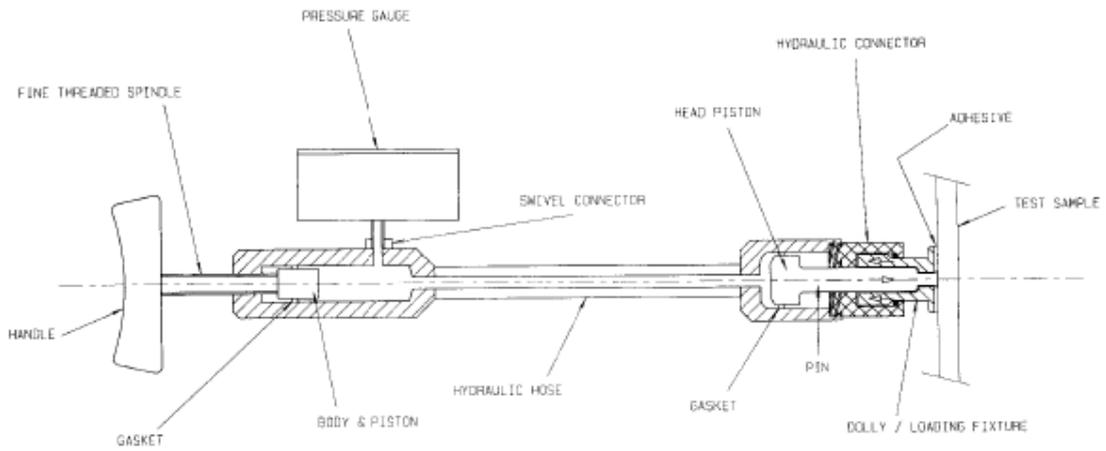
A3.2.4 Connect the head to the dolly to be tested, by pulling back the snap-on ring, pushing the head and releasing the snap-on ring. Ensure the tester is held normal to the surface to be tested and that the hose is straight.

A3.2.5 Increase the pressure slowly by turning the handle clockwise until either the maximum stress or failure is reached.

¹¹ The Hate Mark VII adhesion tester is available from Hydraulic Adhesion Test Equipment, Ltd., 12 Portland Square, Wapping, London, England, E1 9QR.



(a)



HYDRAULIC ADHESION TESTER

(b)

FIG. A3.1 Photograph (a) and schematic (b) of Type III, Self-Alignment Tester

A4. SELF-ALIGNMENT ADHESION TESTER TYPE IV

A4.1 Apparatus:

A4.1.1 This is a self-aligning tester, which may have a self-contained pressure source and has a measuring system that controls a choice of different load range detaching assemblies. It is shown in Fig. A4.1.¹²

NOTE A4.1—Precision data for Type IV instruments shown in Table 1 were obtained using the devices illustrated in Fig. A4.1.

A4.1.2 The apparatus is comprised of: (1) a loading fixture having a flat cylindrical base that is 0.5 in. (12.5 mm) in diameter on one end for attachment to the test coating and a cut-off ring used with the fixture to reproducibly define the area of adhesive. The other end of the fixture has 3/8-16 UNC threads; (2) a central threaded grip for engaging the loading fixture through the center of the detaching assembly that is forced away by the interaction of a self-aligning seal; and (3) a pressurized gas that enters the detaching assembly through a flexible hose connected to a pressurization rate controller and a pressure gage (or electronic sensor).

A4.1.3 The force is indicated by the maximum gas pressure times the active area of the detaching assembly and can be directly calibrated.

A4.1.4 The detaching assemblies are available in six

standard ranges in multiples of two from 0 to 500 psi (3.5 MPa) to 10 000 psi (70 MPa). Special ranges are available.

A4.1.5 Three models of control modules that control all ranges of detaching assemblies are available.

A4.2 Procedure:

A4.2.1 Follow the general procedures described in Sections 6 and 7. Procedures specific to Type IV testers are described in the following section.

A4.2.2 Position the annular detaching assembly over the fixture attached to the coating to be tested, and loosely engage the fixture via the central threaded grip. Leave at least 1.16-in. (1.6-mm) clearance between the detaching assembly and the bottom of the threaded grip so that the seal can protrude enough to align itself when pressurized.

A4.2.3 Make the appropriate pneumatic connections and open the rate valve 1/4 turn.

A4.2.4 Zero the pressure measuring system.

A4.2.5 Press the run button to control the gas flow to the detaching assembly and make final adjustment of rate valve so that rate of stress does not exceed 150 psi/s (1-MPa/s) yet reaches its maximum within 100 s.

A4.2.6 Record both the maximum pressure attained and the specific detaching assembly. Conversion to coating stress for 1/2-in. (12-mm) stud is found in a table supplied for each detaching assembly.

¹² The PATTI self-alignment adhesion tester is available from SEMicro Corp., 15817 Crabbs Branch Way, Rockville, MD 20855.

ANEXO A 12



Designation: D3359 – 09^{e2}

Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test¹

This standard is issued under the fixed designation D3359; 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 (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

¹ Norm—Footnote 5 and 5.2 were corrected editorially in June 2010.

² Norm—Footnote 5 and 5.2 were corrected editorially and moved into Note 4 in 5.3 in July 2010.

1. Scope*

1.1 These test methods cover procedures for assessing the adhesion of coating films to metallic substrates by applying and removing pressure-sensitive tape over cuts made in the film.

NOTE 1—This test method has been reported being used to measure adhesion of organic coatings on soft substrates (for example, wood and plastic). Issues with plastic substrates are noted in Appendix X1. A similar test method, ISO 2409, permits tests on soft substrates (for example, wood and plaster). Precision and bias data on the latter is lacking. Test Methods D3359 was developed with metal as the substrate and, in the absence of supporting precision and bias data, is so limited.

1.2 Test Method A is primarily intended for use at job sites while Test Method B is more suitable for use in the laboratory. Also, Test Method B is not considered suitable for films thicker than 5 mils (125 μ m).

NOTE 2—Subject to agreement between the purchaser and the seller, Test Method B can be used for thicker films if wider spaced cuts are employed.

1.3 These test methods are used to establish whether the adhesion of a coating to a substrate is at a generally adequate level. They do not distinguish between higher levels of adhesion for which more sophisticated methods of measurement are required.

NOTE 3—It should be recognized that differences in adherability of the coating surface can affect the results obtained with coatings having the same inherent adhesion.

1.4 This test method is similar in content (but not technically equivalent) to ISO 2409.

1.5 In multicoat systems adhesion failure may occur between coats so that the adhesion of the coating system to the substrate is not determined.

1.6 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.

1.7 *This standard does not purport to address 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.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

- D609 Practice for Preparation of Cold-Rolled Steel Panels for Testing Paint, Varnish, Conversion Coatings, and Related Coating Products
- D823 Practices for Producing Films of Uniform Thickness of Paint, Varnish, and Related Products on Test Panels
- D1000 Test Methods for Pressure-Sensitive Adhesive-Coated Tapes Used for Electrical and Electronic Applications
- D1730 Practices for Preparation of Aluminum and Aluminum-Alloy Surfaces for Painting
- D2092 Guide for Preparation of Zinc-Coated (Galvanized) Steel Surfaces for Painting³
- D2370 Test Method for Tensile Properties of Organic Coatings
- D3330/D3330M Test Method for Peel Adhesion of Pressure-Sensitive Tape
- D3924 Specification for Environment for Conditioning and Testing Paint, Varnish, Lacquer, and Related Materials
- D4060 Test Method for Abrasion Resistance of Organic Coatings by the Taber Abraser

¹ These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee D01 on Paint and Related Coatings, Materials, and Applications and are the direct responsibility of Subcommittee D01.23 on Physical Properties of Applied Paint Films.

Current edition approved June 1, 2009. Published June 2009. Originally approved in 1974. Last previous edition approved in 2008 as D3359 – 08. DOI: 10.1520/D3359-09E02.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

³ Withdrawn. The last approved version of this historical standard is referenced on www.astm.org.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

2.2 *Other Standard:*
ISO 2409 Paint and Varnishes — Cross-cut test⁴

3. Summary of Test Methods

3.1 *Test Method A*—An X-cut is made through the film to the substrate, pressure-sensitive tape is applied over the cut and then removed, and adhesion is assessed qualitatively on the 0 to 5 scale.

3.2 *Test Method B*—A lattice pattern with either six or eleven cuts in each direction is made in the film to the substrate, pressure-sensitive tape is applied over the lattice and then removed, and adhesion is evaluated by comparison with descriptions and illustrations.

4. Significance and Use

4.1 If a coating is to fulfill its function of protecting or decorating a substrate, it must adhere to it for the expected service life. Because the substrate and its surface preparation (or lack of it) have a drastic effect on the adhesion of coatings, a method to evaluate adhesion of a coating to different substrates or surface treatments, or of different coatings to the same substrate and treatment, is of considerable usefulness in the industry.

4.2 The limitations of all adhesion methods and the specific limitation of this test method to lower levels of adhesion (see 1.3) should be recognized before using it. The intra- and inter-laboratory precision of this test method is similar to other widely-accepted tests for coated substrates (for example, Test Method D2370 and Test Method D4060), but this is partly the result of it being insensitive to all but large differences in adhesion. The limited scale of 0 to 5 was selected deliberately to avoid a false impression of being sensitive.

TEST METHOD A—X-CUT TAPE TEST

5. Apparatus and Materials

5.1 *Cutting Tool*—Sharp razor blade, scalpel, knife or other cutting devices. It is of particular importance that the cutting edges be in good condition.

5.2 *Cutting Guide*—Steel or other hard metal straightedge to ensure straight cuts.

5.3 *Tape*—25-mm (1.0-in.) wide semitransparent pressure-sensitive tape with an adhesion strength agreed upon by the supplier and the user is needed. Because of the variability in adhesion strength from batch-to-batch and with time, it is essential that tape from the same batch be used when tests are to be run in different laboratories. If this is not possible the test method should be used only for ranking a series of test coatings.

Note: 4—Permacel P99 tape, previously identified as suitable for this purpose, was withdrawn from manufacture in July 2009. Current supplies of Permacel 99 on the market at this time have a shelf life that runs out in July 2010. Subcommittee D01.23 is assessing alternative tapes and a new interlaboratory study is planned to take place in 2010. Alternative tapes with specifications similar to that of Permacel P99 tape are available. Users of alternative tapes should check whether the alternative tapes give

comparable results to the Permacel P99 tape. If more information is required about the tapes being evaluated in the D01.23 interlaboratory study, please contact the Committee D01 staff manager.

5.4 *Rubber Eraser*, on the end of a pencil.

5.5 *Illumination*—A light source is helpful in determining whether the cuts have been made through the film to the substrate.

6. Test Specimens

6.1 When this test method is used in the field, the specimen is the coated structure or article on which the adhesion is to be evaluated.

6.2 For laboratory use apply the materials to be tested to panels of the composition and surface conditions on which it is desired to determine the adhesion.

Note: 5—Applicable test panel description and surface preparation methods are given in Practice D609 and Practices D1730 and D2092.

Note: 6—Coatings should be applied in accordance with Practice D823, or as agreed upon between the purchaser and the seller.

Note: 7—If desired or specified, the coated test panels may be subjected to a preliminary exposure such as water immersion, salt spray, or high humidity before conducting the tape test. The conditions and time of exposure will be governed by ultimate coating use or shall be agreed upon between the purchaser and seller.

7. Procedure

7.1 Select an area free of blemishes and minor surface imperfections. For tests in the field, ensure that the surface is clean and dry. Extremes in temperature or relative humidity may affect the adhesion of the tape or the coating.

7.1.1 For specimens which have been immersed: After immersion, clean and wipe the surface with an appropriate solvent which will not harm the integrity of the coating. Then dry or prepare the surface, or both, as agreed upon between the purchaser and the seller.

7.2 Make two cuts in the film each about 40 mm (1.5 in.) long that intersect near their middle with a smaller angle of between 30 and 45°. When making the incisions, use the straightedge and cut through the coating to the substrate in one steady motion.

7.3 Inspect the incisions for reflection of light from the metal substrate to establish that the coating film has been penetrated. If the substrate has not been reached make another X in a different location. Do not attempt to deepen a previous cut as this may affect adhesion along the incision.

7.4 At each day of testing, before initiation of testing, remove two complete laps of the pressure-sensitive tape from the roll and discard. Remove an additional length at a steady (that is, not jerked) rate and cut a piece about 75 mm (3 in.) long.

7.5 Place the center of the tape at the intersection of the cuts with the tape running in the same direction as the smaller angles. Smooth the tape into place by finger in the area of the incisions and then rub firmly with the eraser on the end of a pencil. The color under the transparent tape is a useful indication of when good contact has been made.

7.6 Within 90 ± 30 s of application, remove the tape by seizing the free end and pulling it off rapidly (not jerked) back upon itself at as close to an angle of 180° as possible.

⁴ Available from American National Standards Institute (ANSI), 25 W. 43rd St., 4th Floor, New York, NY 10036, <http://www.ansi.org>.

7.7 Inspect the X-cut area for removal of coating from the substrate or previous coating and rate the adhesion in accordance with the following scale:

- 5A No peeling or removal.
- 4A Trace peeling or removal along incisions or at their intersection.
- 3A Jagged removal along incisions up to 1.6 mm (1/16 in.) on either side.
- 2A Jagged removal along most of incisions up to 3.2 mm (1/8 in.) on either side.
- 1A Removal from most of the area of the X under the tape, and
- 0A Removal beyond the area of the X.

7.8 Repeat the test in two other locations on each test panel. For large structures make sufficient tests to ensure that the adhesion evaluation is representative of the whole surface.

7.9 After making several cuts examine the cutting edge and, if necessary, remove any flat spots or wire-edge by abrading lightly on a fine oil stone before using again. Discard cutting tools that develop nicks or other defects that tear the film.

8. Report

8.1 Report the number of tests, their mean and range, and for coating systems, where the failure occurred that is, between first coat and substrate, between first and second coat, etc.

8.2 For field tests report the structure or article tested, the location and the environmental conditions at the time of testing.

8.3 For test panels report the substrate employed, the type of coating, the method of cure, and the environmental conditions at the time of testing.

8.4 If the adhesion strength of the tape has been determined in accordance with Test Methods D1000 or D3330/D3330M, report the results with the adhesion rating(s). If the adhesion strength of the tape has not been determined, report the specific tape used and its manufacturer.

8.5 If the test is performed after immersion, report immersion conditions and method of sample preparation.

9. Precision and Bias⁵

9.1 In an interlaboratory study of this test method in which operators in six laboratories made one adhesion measurement on three panels each of three coatings covering a wide range of adhesion, the within-laboratories standard deviation was found to be 0.33 and the between-laboratories 0.44. Based on these standard deviations, the following criteria should be used for judging the acceptability of results at the 95 % confidence level:

9.1.1 *Repeatability*—Provided adhesion is uniform over a large surface, results obtained by the same operator should be considered suspect if they differ by more than 1 rating unit for two measurements.

9.1.2 *Reproducibility*—Two results, each the mean of triplicates, obtained by different operators should be considered suspect if they differ by more than 1.5 rating units.

9.2 Bias cannot be established for these test methods.

⁵ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR:D01-1008.

TEST METHOD B—CROSS-CUT TAPE TEST

10. Apparatus and Materials

10.1 *Cutting Tool*⁶—Sharp razor blade, scalpel, knife or other cutting device having a cutting edge angle between 15 and 30° that will make either a single cut or several cuts at once. It is of particular importance that the cutting edge or edges be in good condition.

10.2 *Cutting Guide*—If cuts are made manually (as opposed to a mechanical apparatus) a steel or other hard metal straight-edge or template to ensure straight cuts.

10.3 *Rule*—Tempered steel rule graduated in 0.5 mm for measuring individual cuts.

10.4 *Tape*, as described in 5.3.

10.5 *Rubber Eraser*, on the end of a pencil.

10.6 *Illumination*, as described in 5.5.

10.7 *Magnifying Glass*—An illuminated magnifier to be used while making individual cuts and examining the test area.

11. Test Specimens

11.1 Test specimens shall be as described in Section 6. It should be noted, however, that multitip cutters⁷ provide good results only on test areas sufficiently plane that all cutting edges contact the substrate to the same degree. Check for flatness with a straight edge such as that of the tempered steel rule (10.3).

12. Procedure

12.1 Where required or when agreed upon, subject the specimens to a preliminary test before conducting the tape test (see Note 5). After drying or testing the coating, conduct the tape test at room temperature as defined in Specification D3924, unless D3924 standard temperature is required or agreed.

12.1.1 For specimens which have been immersed: After immersion, clean and wipe the surface with an appropriate solvent which will not harm the integrity of the coating. Then dry or prepare the surface, or both, as agreed upon between the purchaser and the seller.

12.2 Select an area free of blemishes and minor surface imperfections, place on a firm base, and under the illuminated magnifier, make parallel cuts as follows:

12.2.1 For coatings having a dry film thickness up to and including 2.0 mils (50 μm) space the cuts 1 mm apart and make eleven cuts unless otherwise agreed upon.

⁶ Multiblade cutters are available from a few sources that specialize in testing equipment for the paint industry.

⁷ The sole source of supply of the multitip cutter for coated pipe surfaces known to the committee at this time is Paul N. Gardner Co., 316 NE First St., Pompano Beach, FL 33060. If you are aware of alternative suppliers, please provide this information to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee,⁸ which you may attend.

12.2.2 For coatings having a dry film thickness between 2.0 mils (50 µm) and 5 mils (125 µm), space the cuts 2 mm apart and make six cuts. For films thicker than 5 mils (125 µm), use Test Method A.⁸

12.2.3 Make all cuts about 20 mm (¾ in.) long. Cut through the film to the substrate in one steady motion using just sufficient pressure on the cutting tool to have the cutting edge reach the substrate. When making successive single cuts with the aid of a guide, place the guide on the uncut area.

12.3 After making the required cuts brush the film lightly with a soft brush or tissue to remove any detached flakes or ribbons of coatings.

12.4 Examine the cutting edge and, if necessary, remove any flat spots or wire-edge by abrading lightly on a fine oil stone. Make the additional number of cuts at 90° to and centered on the original cuts.

12.5 Brush the area as before and inspect the incisions for reflection of light from the substrate. If the metal has not been reached make another grid in a different location.

12.6 At each day of testing, before initiation of testing, remove two complete laps of tape and discard. Remove an additional length at a steady (that is, not jerked) rate and cut a piece about 75 mm (3 in.) long.

12.7 Place the center of the tape over the grid and in the area of the grid smooth into place by a finger. To ensure good contact with the film rub the tape firmly with the eraser on the end of a pencil. The color under the tape is a useful indication of when good contact has been made.

12.8 Within 90 ± 30 s of application, remove the tape by seizing the free end and rapidly (not jerked) back upon itself at as close to an angle of 180° as possible.

12.9 Inspect the grid area for removal of coating from the substrate or from a previous coating using the illuminated magnifier. Rate the adhesion in accordance with the following scale illustrated in Fig. 1:

- 5B The edges of the cuts are completely smooth; none of the squares of the lattice is detached.
- 4B Small flakes of the coating are detached at intersections; less than 5% of the area is affected.
- 3B Small flakes of the coating are detached along edges and at intersections of cuts. The area affected is 5 to 15% of the lattice.
- 2B The coating has flaked along the edges and on parts of the squares. The area affected is 15 to 35% of the lattice.
- 1B The coating has flaked along the edges of cuts in large ribbons and whole squares have detached. The area affected is 35 to 65% of the lattice.
- 0B Flaking and detachment worse than Grade 1.

12.10 Repeat the test in two other locations on each test panel.

13. Report

13.1 Report the number of tests, their mean and range, and for coating systems, where the failure occurred, that is, between first coat and substrate, between first and second coat, etc.

⁸ Test Method B has been used successfully by some people on coatings greater than 5 mils (0.13 mm) by spacing the cuts 5 mm apart. However, the precision values given in 14.1 do not apply as they are based on coatings less than 5 mils (0.13 mm) in thickness.

| CLASSIFICATION OF ADHESION TEST RESULTS | | |
|---|----------------------|---|
| CLASSIFICATION | PERCENT AREA REMOVED | SURFACE OF CROSS-CUT AREA FROM WHICH FLAKING HAS OCCURRED FOR SIX PARALLEL CUTS AND ADHESION RANGE BY PERCENT |
| 5B | 0% None | |
| 4B | Less than 5% | |
| 3B | 5 - 15% | |
| 2B | 15 - 35% | |
| 1B | 35 - 65% | |
| 0B | Greater than 65% | |

FIG. 1 Classification of Adhesion Test Results

13.2 Report the substrate employed, the type of coating and the method of cure.

13.3 If the adhesion strength has been determined in accordance with Test Methods D1000 or D3330/D3330M, report the results with the adhesion rating(s). If the adhesion strength of the tape has not been determined, report the specific tape used and its manufacturer.

13.4 If the test is performed after immersion, report immersion conditions and method of sample preparation.

14. Precision and Bias⁵

14.1 On the basis of two interlaboratory tests of this test method in one of which operators in six laboratories made one adhesion measurement on three panels each of three coatings covering a wide range of adhesion and in the other operators in six laboratories made three measurements on two panels each of four different coatings applied over two other coatings, the pooled standard deviations for within- and between-laboratories were found to be 0.37 and 0.7. Based on these standard deviations, the following criteria should be used for judging the acceptability of results at the 95% confidence level:

14.1.1 *Repeatability*—Provided adhesion is uniform over a large surface, results obtained by the same operator should be

ANEXO A13



Designation: D 4414 – 95

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 Measurement of Wet Film Thickness by Notch Gages¹

This standard is issued under the fixed designation D 4414; 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 (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This practice describes the use of thin rigid metal notched gages, also called step or comb gages, in the measurement of wet film thickness of organic coatings, such as paint, varnish, and lacquer.

1.2 Notched gage measurements are neither accurate nor sensitive, but they are useful in determining approximate wet film thickness of coatings on articles where size(s) and shape(s) prohibit the use of the more precise methods given in Methods D 1212.

1.3 This practice is divided into the following two procedures:

1.3.1 *Procedure A*—A square or rectangular rigid metal gage with notched sides is used to measure wet film thicknesses ranging from 0.5 to 80 mils (13 to 2000 μm). Such a gage is applicable to coatings on flat substrates and to coatings on articles of various sizes and complex shapes where it is possible to get the end tabs of the gage to rest in the same plane on the substrate.

1.3.2 *Procedure B*—A circular thin rigid metal notched gage is used to measure wet film thicknesses ranging from 1 to 100 mils (25 to 2500 μm). Such a gage is applicable to coatings on flat substrates and to coatings on objects of various sizes and complex shapes.

1.4 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are 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.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

D 1212 Test Methods for Measurement of Wet Film Thickness of Organic Coatings²

¹ This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee D-1 on Paint and Related Coatings, Materials, and Applications and is the direct responsibility of Subcommittee D01.23 on Physical Properties of Applied Paint Films.

Current edition approved Nov. 10, 1995. Published January 1996. Originally published as D 4414 – 84. Last previous edition D 4414 – 84 (1990)¹.

² *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 06.01.

3. Summary of Practice

3.1 The material is applied to the articles to be coated and the wet film thickness measured with a notched gage.

3.2 *Procedure A*—A square or rectangular thin rigid metal gage with notched sides, having tabs of varying lengths, is pushed perpendicularly into the film. After removal from the film, the gage is examined and the film thickness is determined to lie between the clearance of the shortest tab wet by the film and the clearance of the next shorter tab not wetted by the film.

3.3 *Procedure B*—A circular thin rigid metal gage having spaced notches of varying depths around its periphery is rolled perpendicularly across the film. After removal from the film, the gage is examined and the film thickness is determined as being between the clearance of the deepest face wetted and the clearance of the next deepest notch face not wetted by the film.

4. Significance and Use

4.1 Wet film thickness measurements of coatings applied on articles can be very helpful in controlling the thickness of the final dry coating, although in some specifications the wet film thickness is specified. Most protective and high performance coatings are applied to meet a requirement or specification for dry film thickness for each coat or for the completed coating system, or for both.

4.2 There is a direct relationship between dry film thickness and wet film thickness. The wet film/dry film ratio is determined by the volume of volatiles in the coating as applied, including permitted thinning. With some flat coatings the dry film thickness is higher than that calculated from the wet film thickness. Consequently, the results from the notch gage are not to be used to verify the nonvolatile content of a coating.

4.3 Measurement of wet film thickness at the time of application is most appropriate as it permits correction and adjustment of the film by the applicator at the time of application. Correction of the film after it has dried or chemically cured requires costly extra labor time, may lead to contamination of the film, and may introduce problems of adhesion and integrity of the coating system.

4.4 The procedures using notched gages do not provide as accurate or sensitive measurements of wet film thickness as do the Interchemical and Pfund gages described in Methods D 1212. Notch gages may, however, be used on nonuniform surfaces, like concrete block, that are too rough to use the

Interchemical and Pfund gages. Also notched gages can be very useful in the shop and field for determining the approximate thickness of wet films over commercial articles where size(s) and shape(s) are not suitable for measurements by other types of gages. Examples of such items are ellipses, thin edges, and corners.

4.5 An operator experienced in the use of a notched gage can monitor the coating application well enough to ensure the minimum required film thickness will be obtained.

4.6 Application losses, such as overspray, loss on transfer, and coating residue in application equipment, are a significant unmeasurable part of the coating used on a job and are not accounted for by measurement of wet film thickness.

5. Report

5.1 Report the following information:

5.1.1 The mean and range of the readings taken and the number of readings.

5.1.2 The smallest graduation of the gage used.

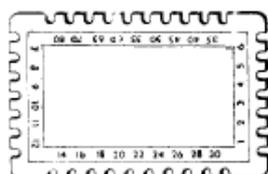


FIG. 1 Rectangular Notched Gage

6. Precision and Bias

6.1 The precision and bias of Procedure A or B for measuring wet film thickness with notch gages are very dependent on methods of film application, time that the measurement is taken after film application, mechanical condition of the notch gages, and the step range of the gages.

6.2 Generally, the agreement between notch gages is good because they are insensitive to small differences in film thickness, that is the step intervals of the gages are relatively large.

PROCEDURE A

7. Apparatus

7.1 *Notched Gage*, square or rectangular, thin rigid metal plate, with notched sides (see Fig. 1), made from steel or aluminum³ (Note 1). Nonmetallic gages shall not be used.

NOTE 1—Aluminum or aluminum alloy gages are more easily distorted and may exhibit greater wear than steel gages. Gages made of plastic or deformable metal are not suitable.

7.1.1 Each notched side shall consist of a series of tabs (between notches) varying in length and located in a line between two end tabs equal in length and longest in the row.

7.1.2 As an example, the tabs on one row of a gage may differ in length as follows:

³These gages are commercially available from various coating equipment and instrument suppliers.

By 0.5 mil (13 μm) between 0 and 6 mils (0 to 150 μm),
By 1 mil (25 μm) between 6 and 10 mils (150 to 250 μm),
By 2 mils (50 μm) between 10 and 30 mils (250 to 750 μm),
and
By 5 mils (125 μm) over 30 mils (750 μm).

8. Procedure

8.1 Apply the coating material to a rigid substrate and test with the gage immediately. The gage must be used immediately following application of the coating. Some coatings lose solvents quickly and spray application increases the speed. The resulting rapid reduction in wet film thickness can cause misleading readings.

8.2 Locate an area sufficiently large to permit both end tabs of the gage to rest on the substrate in the same plane.

8.3 Push the gage perpendicularly into the wet film so that the two end tabs rest firmly on the substrate at the same time.

8.4 Or, set one end tab firmly on the substrate and lower the gage until the other end tab is firmly in contact with the substrate.

8.5 Remove the gage from the film and examine the tabs. The film thickness is determined as being between the clearance of the shortest tab wetted and the clearance of the next shorter tab not wetted by the film.

8.6 Clean the gage immediately after each reading by wiping it on a dry or solvent-dampened cloth so that subsequent readings are not affected. Do not clean with metal scrapers.

8.7 Repeat the procedure in 8.2-8.5 for at least three locations on the film. The number of readings required to obtain a good estimate of the film thickness varies with the shape and size of the article being coated, with the operator's experience, and whether one or more of the following problems are encountered:

8.7.1 Some coatings may not wet (leave residue on) some metal gages. However, the film itself may show where contact was made. When reading the gage, look at both the gage and the film itself for verification of the reading.

8.7.2 The gage may slip on the surface. Ignore such readings.

8.7.3 The surface may be coarse and false readings produced. The spot where the gage is used must be as uniform as possible and questionable readings ignored.

8.8 Determine the mean and range of the readings.

9. Report

9.1 Report the mean and range of the readings.

PROCEDURE B

10. Apparatus

10.1 *Circular Notched Gage*,⁴ thin metal disk, with calibrated notches of various depths spaced around its periphery

⁴The "Hotcake" Wet Film Thickness Gage is covered by a patent held by Paul N. Gardner, Sr., 316 N.E. First Street, Pompano Beach, FL 33060. Interested parties are invited to submit information regarding the identification of acceptable alternatives to this patented item to the Committee on Standards, ASTM Headquarters, 100 Barr Harbor Drive., West Conshohocken, PA 19428. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend.

(see Fig. 2). Each notch has a recessed flat face. A hole is in the center of the disk.

10.2 Examples of the scale increments and ranges provided by the notches are:

10.2.1 1.0-mil increments between 1 to 4 mils (25 μm to 100 μm),

10.2.2 2-mil increments between 6 and 60 mils (150 μm to 1500 μm), and

10.2.3 4-mil increments between 60 and 80 mils (1500 μm to 2000 μm).

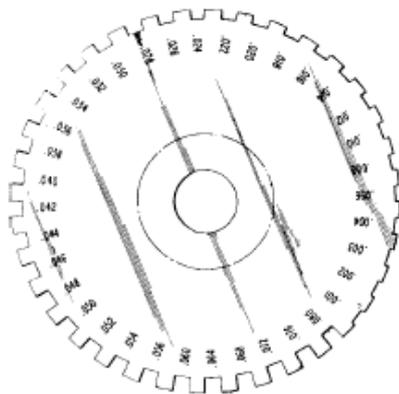


FIG. 2 Circular Notched Gage

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.

11. Procedure

11.1 Select a gage that has a segment with a thickness scale appropriate for the expected range of wet-film thickness.

11.2 Locate areas on the rigid substrate sufficiently large to permit the gage to roll for at least 1½ in. (40 mm).

11.3 Apply the liquid coating to the substrate and immediately place the selected segment perpendicularly on the wet film and in firm contact with the substrate. Roll the gage across the film, holding the disk with a thumb and index finger in the center hole.

11.4 Remove the gage from the film and inspect the notch faces. The wet-film thickness is determined as being between the clearance of the deepest notch face wetted and the clearance of the next deeper notch face not wetted by the film.

11.5 Clean the gage immediately after each reading by wiping on a dry or solvent-dampened cloth so that subsequent readings are not affected. Do not clean with metal scrapers.

11.6 Repeat the procedure from 11.1-11.5 as described in 8.7.

11.7 Determine the mean and range of the readings.

12. Report

12.1 Report the mean and range of the readings.

13. Keywords

13.1 circular notched gage; rectangular notched gage

ANEXO A14



NACE SP0188-2006
(formerly RP0188-99)
Item No. 21038

Standard Practice

Discontinuity (Holiday) Testing of New Protective Coatings on Conductive Substrates

This NACE International standard represents a consensus of those individual members who have reviewed this document, its scope, and provisions. Its acceptance does not in any respect preclude anyone, whether he or she has adopted the standard or not, from manufacturing, marketing, purchasing, or using products, processes, or procedures not in conformance with this standard. Nothing contained in this NACE International standard is to be construed as granting any right, by implication or otherwise, to manufacture, sell, or use in connection with any method, apparatus, or product covered by Letters Patent, or as indemnifying or protecting anyone against liability for infringement of Letters Patent. This standard represents minimum requirements and should in no way be interpreted as a restriction on the use of better procedures or materials. Neither is this standard intended to apply in all cases relating to the subject. Unpredictable circumstances may negate the usefulness of this standard in specific instances. NACE International assumes no responsibility for the interpretation or use of this standard by other parties and accepts responsibility for only those official NACE International interpretations issued by NACE International in accordance with its governing procedures and policies which preclude the issuance of interpretations by individual volunteers.

Users of this NACE International standard are responsible for reviewing appropriate health, safety, environmental, and regulatory documents and for determining their applicability in relation to this standard prior to its use. This NACE International standard may not necessarily address all potential health and safety problems or environmental hazards associated with the use of materials, equipment, and/or operations detailed or referred to within this standard. Users of this NACE International standard are also responsible for establishing appropriate health, safety, and environmental protection practices, in consultation with appropriate regulatory authorities if necessary, to achieve compliance with any existing applicable regulatory requirements prior to the use of this standard.

CAUTIONARY NOTICE: NACE International standards are subject to periodic review, and may be revised or withdrawn at any time in accordance with NACE technical committee procedures. NACE International requires that action be taken to reaffirm, revise, or withdraw this standard no later than five years from the date of initial publication. The user is cautioned to obtain the latest edition. Purchasers of NACE International standards may receive current information on all standards and other NACE International publications by contacting the NACE International FirstService Department, 1440 South Creek Drive, Houston, Texas 77084-4906 (telephone +1 [281] 228-6200).

Reaffirmed 2006-12-27
Revised March 1999
Reaffirmed September 1990
Approved 1988
NACE International
1440 South Creek Drive
Houston, Texas 77084-4906
+1 281/228-6200

ISBN 1-57590-074-2
©2006, NACE International

Section 1: General

1.1 This standard provides procedures for low-voltage wet sponge testing and high-voltage spark testing of new coatings on conductive substrates.

1.2 Electrical testing to determine the presence and number of discontinuities in a coating is performed on a nonconductive coating applied to a conductive substrate. The allowable number of discontinuities should be determined prior to conducting this test, because the acceptable number of discontinuities varies depending on coating thickness, design, and service conditions.

1.3 This standard is not intended to provide data on service life, adhesion, or film thickness of an applied coating system. Electrical testing does not detect areas where the coating is thin (even as thin as 25 μm [1.0 mil]).

1.4 This standard is intended for use only with new coatings applied to conductive substrates. Inspecting a coating previously exposed to an immersion condition could result in damage to the coating or could produce an erroneous detection of discontinuities due to permeation or moisture absorption of the coating. Deposits may also be present on the surface, causing telegraphing.

The use of a high-voltage spark tester on previously exposed coatings can result in a spark that damages an otherwise sound coating. A low-voltage wet sponge tester may be used without damaging the coating but can produce erroneous readings.

1.5 To prevent damage to a coating if a high-voltage spark tester is being used, the total film thickness and dielectric strength of the coating system shall be considered in selecting the appropriate voltage for detection of discontinuities.

1.6 The coating manufacturer shall be consulted to obtain the following information, which can affect the accuracy of the tests described in this standard to determine discontinuities:

(a) The length of time required to adequately dry or cure the applied coating prior to testing. Solvents retained in an uncured coating may form an electrically conductive path through the film to the substrate.

(b) Whether the coating contains electrically conductive fillers or pigments that may affect the normal dielectric properties.

Section 2: Definitions

Coating: A liquid, liquefiable, or mastic composition that, after application to a surface, is converted into a solid protective, decorative, or functional adherent film.

Discontinuity: (1) An interruption in the normal physical structure or configuration of a coating such as cracks, laps, seams, inclusions, or porosity. A discontinuity may or may not affect the usefulness of the coating. (2) A condition in which the electrical path of a structure is interrupted by a device that acts as a dielectric or insulated fitting. May also be identified as a holiday or pinhole.

Holiday: A discontinuity in a protective coating that exposes unprotected surface to the environment; in this standard, a term used interchangeably with discontinuity.

Holiday Detector: A device that locates discontinuities in a coating applied to a conductive substrate.

Pinhole: A minute hole through a coat or coats that exposes an underlying coat or the substrate.

Telegraphing: Current that travels through a moisture patch to a discontinuity, causing an erroneous discontinuity test result.

Section 3: Low-Voltage Wet Sponge Testing

3.1 Equipment

3.1.1 A low-voltage wet sponge tester is an electronic device powered by a self-contained battery with voltages ranging from 5 to 90 V direct current (DC), depending on the manufacturer's circuit design. It is used to locate discontinuities in a nonconductive coating applied to a conductive substrate. Operation

includes the use of an open-cell sponge electrode saturated with a solution for exploring the coating surface, a ground connection, and an audible or visual indicator for signaling a point of coating discontinuity.

3.1.2 The operating voltage of a low-voltage wet sponge tester is a function of the particular electronic

circuit design and does not affect the sensitivity of the device.

3.1.3 A number of industry accepted, low-voltage wet sponge testers are commercially available. The following electronic principles describe two types of devices generally used; others may be available but are not described in this standard.

3.1.3.1 One type of low-voltage wet sponge tester is a lightweight, self-contained, portable device based on the electrical principle of an electromagnetic sensitive relay or solid-state electronic relay circuit that energizes an audible or visual indicator when a coating discontinuity is detected. Generally, this type of tester can be recalibrated in the field by the user.

3.1.3.2 Another type of low-voltage wet sponge tester is a lightweight, self-contained, portable device based on the principle of an electronic relaxation oscillator circuit that reacts significantly to the abrupt drop in electrical resistance between the high dielectric value of the coating and the conductive substrate at the point of coating discontinuity. This results in a rise in oscillator frequency as well as in the audible signal from the device. Generally, this type of tester cannot be recalibrated in the field by the user.

3.2 Procedures for Use

3.2.1 Sufficient drying or curing of the coating shall be allowed prior to conducting a test. The length of time required for drying or curing shall be obtained from the coating manufacturer. Solvents retained in the coating could produce erroneous indications.

3.2.2 The film thickness of the coating shall be measured with a nondestructive dry film thickness gauge. If the coating exceeds 500 μm (20 mil), the procedures for high-voltage spark testing described in Section 4 shall be used. A low-voltage wet sponge tester shall not be used for determining the existence of discontinuities in coatings having a total thickness greater than 500 μm (20 mil), due to the relative inaccuracy and lack of sensitivity of low-voltage wet sponge testers.

3.2.3 The tester shall be tested for sensitivity in accordance with Paragraph 3.3.

3.2.4 The ground wire from the tester ground output terminal shall be attached to the conductive substrate, and positive electrical contact shall be ensured.

3.2.5 The exploring sponge lead shall be attached to the output terminal.

3.2.6 The sponge shall be saturated with tap water. The sensitivity of the test may be increased by adding a low-sudsing wetting agent (such as that used in photographic film development), combined at a ratio of 30 mL (1 fl oz) wetting agent to 3.8 L (1 gal) water. The sponge shall be wetted sufficiently to barely avoid dripping while it is moved over the coating.

3.2.7 If a wetting agent is used, it must be completely removed by rinsing the holiday area prior to repair. Additives can leave contaminants on the surface that can interfere with adhesion of topcoats or repair coats and may contaminate stored product.

3.2.8 If a test is conducted between coats of a multicoat system, a wetting agent shall not be used.

3.2.9 Sodium chloride (salt) shall not be added to the water because it can cause erroneous indications of discontinuities. The salt, after drying on the coated surface, can form a continuous path of conductivity. It also interferes with intercoat adhesion of additional coats.

3.2.10 A bare spot on the conductive substrate shall be contacted with the wetted sponge to verify that the tester is properly grounded. This procedure shall be repeated periodically during the test.

3.2.11 The sponge shall be moved over the surface of the coating at a moderate rate of approximately 0.3 m/s (1 ft/s), using a double pass over each area. Sufficient pressure shall be applied to maintain a wet surface. If a discontinuity is detected, the sponge should be turned on end to determine the exact location of the discontinuity.

3.2.12 Discontinuities that require repair shall be identified with a marker that is compatible with the repair coating or one that is easily removable.

3.2.13 To prevent telegraphing, care should be taken to ensure that the solution (tap water) is wiped dry from a previously detected discontinuity before continuing the test.

3.3 Verifying Sensitivity of Equipment

3.3.1 The tester shall be tested for sensitivity prior to initial use on each project and periodically thereafter during the project, in accordance with the manufacturer's instructions.

3.3.2 The battery shall be tested for proper voltage output according to the manufacturer's instructions.

3.3.3 The ground cable shall be connected to the tester ground output terminal.

3.3.4 The tester shall be switched to the "on" position, if necessary.

3.3.5 The sponge shall be saturated with a wetting solution consisting of tap water and a wetting agent (see Paragraph 3.2.6).

3.3.6 The ground-cable alligator clip shall be touched to the wetted sponge. The tester signal should actuate in accordance with the manufacturer's instructions.

3.3.7 If the tester fails to signal, it shall be considered inoperative.

3.4 Verifying Tester Calibration or Sensitivity

3.4.1 The following procedures shall be used to verify calibration of testers having an electromagnetic sensitive relay or solid-state electronic relay:

3.4.1.1 Test the battery for proper voltage output. Refer to the manufacturer's instructions.

3.4.1.2 Switch the tester to "on" or "calibrate," if necessary.

3.4.1.3 Connect an 80,000-ohm resistor with an accuracy tolerance of ±5% across the output terminals. The alarm should actuate.

3.4.1.4 Connect a 100,000-ohm resistor with an accuracy tolerance of ±5% across the output terminals. The alarm should not actuate if properly calibrated.

3.4.1.5 If the tester fails to perform as outlined in Paragraphs 3.4.1.3 and 3.4.1.4, adjust the alarm circuit or return the tester to the manufacturer.

3.4.2 The following procedures shall be used to verify sensitivity of testers having an electronic relaxation oscillator circuit:

3.4.2.1 Test the battery for proper voltage output. Refer to the manufacturer's instructions.

3.4.2.2 Switch the tester to "on."

3.4.2.3 At different intervals, a 10-megohm, 1-megohm, 100,000-ohm, and 10,000-ohm resistor should be connected across the output terminals.

3.4.2.4 A discernible increase in frequency should be detected as the resistance is decreased.

3.4.2.5 If the tester fails to indicate a frequency change, it shall be considered inoperative.

Section 4: High-Voltage Spark Testing

4.1 High-voltage spark testers are suitable for determining the existence of discontinuities in coatings of all thicknesses. The coating manufacturer should be consulted for proper test equipment and inspection voltage. Suggested starting voltages are provided in Table 1.

CAUTION: Coatings that are applied at thicknesses of less than 500 µm (20 mil) may be susceptible to damage if tested with a high-voltage spark tester.

4.2 A high-voltage spark tester may be used to determine discontinuities in coatings on conductive concrete substrates. The conductivity of concrete varies depending on moisture content, type, density, and location of rebars. Conductivity shall be tested by attaching a ground wire to the rebar or another metallic ground permanently installed in the concrete and touching the electrode to the bare concrete. If the metallic ground is not visible, the ground wire shall be placed directly against the bare concrete surface and weighted with a damp cloth or wet-sand-filled paper bag. If the test indicates that the concrete is not conductive, determining discontinuities with a high-voltage spark tester will be ineffective.

**Table 1
Suggested Voltages for High-Voltage Spark Testing**

| Total Dry Film Thickness | | Suggested Voltage (V) |
|--------------------------|------------|-----------------------|
| (µm) | (mil) | |
| 200 to 300 | 8 to 11 | 1,500 |
| 300 to 400 | 12 to 15 | 2,000 |
| 400 to 500 | 16 to 20 | 2,500 |
| 500 to 1,000 | 21 to 40 | 3,000 |
| 1,000 to 1,400 | 41 to 55 | 4,000 |
| 1,400 to 2,000 | 56 to 80 | 6,000 |
| 2,000 to 3,200 | 81 to 125 | 10,000 |
| 3,200 to 4,700 | 126 to 185 | 15,000 |

4.3 Equipment

4.3.1 A high-voltage (in excess of 800 V) spark tester is an electronic device used to locate discontinuities in a nonconductive protective coating. It consists of an electrical energy source, an exploring electrode, and a ground connection from the indicator signaling current flow through a coating discontinuity to the substrate.

4.3.2 The exploring electrode shall be of the type capable of maintaining continuous contact with the

ANEXO B

(HOJAS TECNICAS)

ANEXO B1

DATA

SIGMACOVER 280

Noviembre 2010
Revisión de Febrero 2010

| | |
|---|---|
| DESCRIPCION | imprimación de dos componentes epoxy curado con poliamida |
| PRINCIPALES CARACTERISTICAS | <ul style="list-style-type: none">- imprimación epoxy multi funcional para sistemas de pintado de protección para el acero y metales no ferrosos- buena adherencia al acero y acero galvanizado- buena adherencia a metales no ferrosos- buenas propiedades de nivelación y humectación- buena resistencia al agua y a la corrosión- cura a temperaturas de hasta +5°C- apropiado para parcheos de cordones de soldadura y daños de revestimientos epoxy durante la ejecución de la obra- excelente repintabilidad- puede recubrirse con la mayoría de los revestimientos alquídicos, clorocauchos, vinílicos, epoxy y poliuretanos de dos componentes- adecuado para sustratos chorreados con agua (húmedo o seco)- compatible con sistemas de protección catódica bien diseñada |
| COLORES Y BRILLO | amarillo verdoso (rojo, bajo petición) - satinado |
| DATOS BASICOS A 20°C | (1 g/cm ³ = 8,25 lb/US gal; 1 m ² /l = 40,7 ft ² /US gal) (datos para producto mezclado) |
| Densidad | 1,3 g/cm ³ |
| Volumen de sólidos | 57 ± 2% |
| VOC (suministro) | máx. 327 g/kg (Directiva 1999/13/EC, SED) máx. 432 g/l (aprox. 3,6 lb/gal) |
| Espesor de película seca recomendado | 50 - 100 micras, dependiendo del sistema |
| Rendimiento teórico | 11,4 m ² /l para 50 micras, 5,7 m ² /l para 100 micras * |
| Secado al tacto | 1,5 horas |
| Intervalo de repintado | mínimo ver tablas * máx. ver tablas * |
| Curado total al cabo de | 7 días * |
| | (datos por componentes) |
| Estabilidad del envase (lugar frío y seco) | al menos 24 meses * ver datos adicionales |
| CONDICIONES RECOMENDADAS DEL SUBSTRATO Y TEMPERATURA | <ul style="list-style-type: none">- para exposición de inmersión:<ul style="list-style-type: none">• acero ó acero imprimado con un shop primer no aprobado tipo silicato de zinc, chorro (seco ó húmedo) a grado ISO-Sa 2,5; perfil de rugosidad 30-75 micras• acero con shop primer aprobado tipo silicato de zinc , soldaduras y zonas dañadas o rotas en el shop primer deberán de ser chorreadas |

SIGMACOVER 280

Noviembre 2010

- a grado ISO-Sa2,5, perfil de rugosidad 30-75 micras o tratamiento con herramienta mecánica a grado SPSS-P13
- acero pintado, ultra alta presión a grado VIS WJ2L (perfil de chorro 30-75 µm)
- **IMO-MSC.215(82) Requerimientos para Tanques de Lastre:**
 - acero; ISO 8501-3:2006 grado P2, con todos los bordes redondeados a un radio mínimo de 2 mm ó con tres pasadas de amoladora.
 - acero ó acero imprimado con un shop primer no aprobado tipo silicato de zinc , chorrear a grado ISO-Sa 2,5; perfil de rugosidad 30-75 micras
 - acero con shop primer aprobado tipo silicato de zinc , soldaduras y zonas dañadas o rotas en el shop primer deberán de ser chorreadas a grado ISO-Sa2,5, perfil de rugosidad 30-75 micras
 - para shop primer con homologación (type approval) IMO; no necesita requerimientos adicionales
 - para shop primer sin homologación (type approval) IMO; chorreado abrasivo a grado ISO-Sa2 eliminando al menos el 70% del shop primer intacto , perfil de rugosidad 30-75 micras
 - grado "1" de cantidad de polvo para tamaño de partícula de las clases "3", "4" o "5", para tamaños de partícula de polvo de clases inferiores debe ser eliminado si es visible a simple vista en la superficie a revestir (ISO 8502-3:1992)
- **para condiciones de exposición atmosférica:**
 - acero, chorro abrasivo a grado ISO-Sa 2,5, perfil de rugosidad 30-75 micras ó preparación a grado ISO-St3
 - acero imprimado con imprimación de taller; limpieza con cepillo mecánico según SPSS-P13
 - acero galvanizado; limpio sin grasa, sales, ni contaminación y con rugosidad suficiente
- la temperatura del sustrato debe estar por encima de los 5°C y al menos 3°C por encima del punto de rocío durante la aplicación y curado
- la máxima humedad relativa permitida durante la aplicación y curado será del 85%

ESPECIFICACION DE SISTEMA marinas

fichas de sistemas: 3101, 3102, 3103, 3104, 3105, 3106 (spec. 5,7), 3107, 3108

SIGMACOVER 280

Noviembre 2010

| | |
|----------------------------------|---|
| INSTRUCCIONES DE USO | <p>proporción de mezcla en volumen: base a endurecedor 80 : 20</p> <ul style="list-style-type: none"> - la temperatura de la mezcla entre la base y el endurecedor debería ser preferiblemente superior a 15°C, si no podría ser necesario disolvente adicional para obtener viscosidad de aplicación - demasiado disolvente causa reducida resistencia a los descuelgues y curado más lento - de ser necesario, se debe añadir el disolvente después de mezclar los componentes |
| Tiempo de inducción | ninguno |
| Vida de la mezcla | 8 horas a 20°C * * ver datos adicionales |
| PISTOLA SIN AIRE | |
| Disolvente recomendado | Thinner 91-92 |
| Volumen de disolvente | 0 - 10%, dependiendo del espesor especificado y las condiciones de aplicación |
| Orificio de boquilla | aprox. 0,46 mm (= 0,018 in) |
| Presión de boquilla | 15 MPa (= aprox. 150 bar; 2130 p.s.i.) |
| PISTOLA CON AIRE | |
| Disolvente recomendado | Thinner 91-92 |
| Volumen de disolvente | 0 - 10%, dependiendo del espesor especificado y las condiciones de aplicación |
| Orificio de boquilla | 1,5 - 2 mm |
| Presión de boquilla | 0,3 - 0,4 MPa (= aprox. 3 - 4 bar; 43 - 57 p.s.i.) |
| BROCHA/RODILLO | |
| Disolvente recomendado | no hace falta disolvente, |
| Volumen de disolvente | si se requiere, hasta 5% se puede añadir Thinner 91-92 |
| DISOLVENTE DE LIMPIEZA | Thinner 90-53 |
| PRECAUCIONES DE SEGURIDAD | <p>para pintura y disolventes recomendados, ver fichas de seguridad 1430, 1431 y ficha de seguridad del producto</p> <p>es una pintura base disolvente y se debe evitar la inhalación de la niebla atomizada o vapor, al igual que el contacto de la pintura húmeda con la piel y los ojos</p> |

SIGMACOVER 280

Noviembre 2010

DATOS ADICIONALES

Espesor de película seca y rendimiento

| | | | | | |
|---------------------------------------|------|-----|-----|-------------------------|----|
| rendimiento teórico m ² /l | 11,4 | 7,6 | 5,7 | espesor en micras secas | 50 |
| | 75 | 100 | | | |

espesor máximo a brocha: 50 micras

Tabla de repintado para SigmaCover 280 con espesores de hasta 100 micras secas

con diferentes revestimientos de dos componentes, tipo epoxy o poliuretano
sa raznim dvokomponentnim epoksi premazima

| temperatura del substrato | 5°C | 10°C | 20°C | 30°C | 40°C |
|---|----------|----------|---------|---------|---------|
| intervalo mínimo | 36 horas | 16 horas | 8 horas | 6 horas | 4 horas |
| intervalo máximo cuando no está expuesto al sol | 6 meses | 6 meses | 6 meses | 4 meses | 3 meses |
| intervalo máximo cuando se expone directamente a la luz solar | 3 meses | 3 meses | 3 meses | 2 meses | 2 meses |

- la superficie debe estar seca y sin contaminación

SIGMACOVER 280

Noviembre 2010

Tabla de repintado para SigmaCover 280 con espesores de hasta 100 micras secas

con otros tipos de pinturas como: clorocauchos, vinílicas y alquídicas

| temperatura del sustrato | 5°C | 10°C | 20°C | 30°C | 40°C |
|--------------------------|----------|----------|---------|---------|---------|
| intervalo mínimo | 16 horas | 10 horas | 5 horas | 3 horas | 2 horas |
| intervalo máximo | 21 días | 21 días | 10 días | 7 días | 4 días |

- la superficie debe estar seca y sin contaminación
- los acabados brillantes necesitan su correspondiente capa intermedia

Tabla de curado para espesor de película seca hasta 100 micras

| temperatura del sustrato | seco al tacto |
|--------------------------|-----------------|
| seco para manipulación | curado completo |
| 5°C | 8 horas |
| 13 horas | 21 días |
| 10°C | 4 horas |
| 6 horas | 14 días |
| 20°C | 2 horas |
| 2,5 horas | 7 días |
| 30°C | 1 hora |
| 1,5 horas | 5 días |
| 40°C | 45 minutos |
| 1 hora | 3 días |

- es necesario una buena ventilación durante la aplicación y curado (ver fichas informativas 1433 y 1434)

Vida de la mezcla (a la viscosidad de aplicación)

| | |
|------|----------|
| 15°C | 10 horas |
| 20°C | 8 horas |
| 30°C | 5 horas |
| 35°C | 4 horas |

ANEXO B2

DATA

SIGMADUR 550



Globally
Available

4 páginas

Diciembre 2010
Revisión de Noviembre 2006

| | |
|---|---|
| DESCRIPCION | acabado de dos componentes de poliuretano alifático acrílico |
| PRINCIPALES CARACTERISTICAS | <ul style="list-style-type: none">- sin límite de repintabilidad- excelente resistencia a las condiciones de exposición atmosféricas- excelente retención de brillo y color- no calea, ni amarillea- cura a temperaturas de hasta -5°C- resistente a salpicaduras de aceites minerales y vegetales, parafinas, productos de petróleo alifáticos y productos químicos suaves- se puede repintar incluso después de una larga exposición atmosférica- buenas propiedades de aplicación |
| COLORES Y BRILLO | blanco y otros colores varios (ver carta de colores SigmaCare de PPG Protective & Marine Coatings) - brillante |
| DATOS BASICOS A 20°C | (1 g/cm ³ = 8,25 lb/US gal; 1 m ² /l = 40,7 ft ² /US gal) (datos para producto mezclado) |
| Densidad | 1,3 g/cm ³ |
| Volumen de sólidos | 55 ± 2% |
| VOC (suministro) | máx. 334 g/kg (Directiva 1999/13/EC, SED) máx. 430 g/l (aprox. 3,6 lb/gal) |
| Espesor de película seca recomendado | 50 - 60 micras, dependiendo del sistema |
| Rendimiento teórico | 11,0 m ² /l para 50 micras * |
| Secado al tacto | 1 hora |
| Intervalo de repintado | mín. 6 horas * máx. sin límite |
| Curado total al cabo de | 4 días * |
| | (datos por componentes) |
| Estabilidad del envase (lugar frío y seco) | al menos 24 meses * ver datos adicionales |
| CONDICIONES RECOMENDADAS DEL SUBSTRATO Y TEMPERATURA | <ul style="list-style-type: none">- capa anterior; (epoxy o poliuretano) seca y exerta de contaminación y con suficiente rugosidad en caso necesario- durante la aplicación y el curado es aceptable una temperatura de hasta -5°C siempre que el sustrato esté seco y sin hielo- la temperatura del sustrato debe estar al menos 3°C por encima del punto de rocío- la máxima humedad relativa permitida durante la aplicación y curado será del 85%- la exposición antes del curado a la condensación y la lluvia, pueden provocar cambios en el brillo y color |

SIGMADUR 550

Diciembre 2010

INSTRUCCIONES DE USO

proporción de mezcla en volumen : base a endurecedor 88 : 12

- la temperatura de la mezcla entre la base y el endurecedor debería ser preferiblemente superior a 10°C, si no podría ser necesario disolvente adicional para obtener viscosidad de aplicación
- un exceso de disolvente reduce su resistencia a los descuelgues
- de ser necesario, se debe añadir el disolvente después de mezclar los componentes

Tiempo de inducción

ninguno

Vida de la mezcla

5 horas a 20°C *

* ver datos adicionales

PISTOLA SIN AIRE

Disolvente recomendado

Thinner 21-06

Volumen de disolvente

3 - 5%, dependiendo del espesor especificado y las condiciones de aplicación

Orificio de boquilla

approx. 0,44 - 0,49 mm (= 0,017 - 0,019 in)

Presión de boquilla

20 MPa (= aprox. 200 bar; 2800 p.s.i.)

PISTOLA CON AIRE

Disolvente recomendado

Thinner 21-06

Volumen de disolvente

3 - 5%, dependiendo del espesor especificado y las condiciones de aplicación

Orificio de boquilla

1 - 1,5 mm

Presión de boquilla

0,3 - 0,4 MPa (= aprox. 3 - 4 bar; 43 - 57 p.s.i.)

BROCHA/RODILLO

Disolvente recomendado

Thinner 21-06

Volumen de disolvente

0 - 5%

DISOLVENTE DE LIMPIEZA

Thinner 90-53

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

para pintura y disolventes recomendados, ver fichas de seguridad 1430, 1431 y ficha de seguridad del producto

es una pintura base disolvente y se debe evitar la inhalación de la niebla atomizada o vapor, al igual que el contacto de la pintura húmeda con la piel y los ojos

- contiene un agente de curado tóxico de poliisocianato
- evitar en todo momento la inhalación de la pulverización generada durante la aplicación

DATOS ADICIONALES

Espesor de película seca y rendimiento

| | | |
|---------------------------------------|------|-----|
| rendimiento teórico m ² /l | 11,0 | 9,2 |
| espesor en micras secas | 50 | 60 |

SIGMADUR 550

Diciembre 2010

Tabla de repintado para productos SigmaDur

| temperatura del sustrato | -5°C | 0°C | 10°C | 20°C | 30°C | 40°C |
|--------------------------|------------|----------|---------|---------|---------|---------|
| intervalo mínimo | 24 horas | 16 horas | 8 horas | 6 horas | 5 horas | 3 horas |
| intervalo máximo | sin límite | | | | | |

- la superficie debe estar seca y sin contaminación

Tabla de curado

| temperatura del sustrato | seco para manipulación | curado completo |
|--------------------------|------------------------|-----------------|
| -5°C | 24 horas | 15 días |
| 0°C | 16 horas | 11 días |
| 10°C | 8 horas | 6 días |
| 20°C | 6 horas | 4 días |
| 30°C | 5 horas | 3 días |
| 40°C | 3 horas | 2 días |

- es necesario una buena ventilación durante la aplicación y curado (ver fichas informativas 1433 y 1434)
- la exposición antes del curado a la condensación y la lluvia, pueden provocar cambios en el brillo y color

Vida de la mezcla (a la viscosidad de aplicación)

| | |
|------|---------|
| 10°C | 7 horas |
| 20°C | 5 horas |
| 30°C | 3 horas |
| 40°C | 2 horas |

Disponibilidad mundial

Aunque el objetivo de PPG Protective & Marine Coatings es siempre suministrar la misma calidad de producto en todo el mundo, a veces son necesarias pequeñas modificaciones del mismo, para ajustarse a las normativas locales o nacionales. En estas circunstancias se utilizan fichas técnicas alternativas.

REFERENCIAS

| | |
|---|----------------------------|
| Explicación de fichas técnicas de productos | ver ficha informativa 1411 |
| Precauciones de seguridad | ver ficha informativa 1430 |
| Seguridad para la salud en espacios reducidos | |
| Peligros de exposición y toxicidad | ver ficha informativa 1431 |
| Seguridad del trabajo en espacios reducidos | ver ficha informativa 1433 |
| Directrices para el uso de la ventilación | ver ficha informativa 1434 |

ANEXO B3



Selection & Specification Data

| | |
|-----------------------------------|--|
| Generic Type | Solvent Based Inorganic Zinc |
| Description | Time-tested corrosion resistant primer that protects steel galvanically in the harshest environments. For over four decades, Carbozinc 11 (CZ 11) has been the industry standard for high-performance inorganic zinc protection on steel structures worldwide. |
| Features | <ul style="list-style-type: none"> • CZ 11 and CZ 11 FG meet Class B slip co-efficient and creep testing criteria for use on faying surfaces • Rapid cure. Dry to handle in 45 minutes at 60°F (18°C) and 50% relative humidity. • Low temperature cure down to 0°F (-18°C). • High zinc loading. • Meets FDA requirements in gray color. • Available in ASTM D520, Type II zinc version. • Very good resistance to salting. • May be applied with standard airless or conventional spray equipment. • VOC compliant in certain areas |
| CZ 11 FG | <ul style="list-style-type: none"> • Lower zinc loading for economics. • VOC compliant for shop/fabricator use only. |
| Color | Green (0300); Gray (0700) |
| Finish | Flat |
| Primers | Self Priming |
| Topcoats | Not required for certain exposures. Can be topcoated with Epoxies, Polyurethanes, Acrylics, High-Heat Silicones and others as recommended by your Carboline sales representative. Under certain conditions, a mist coat is required to minimize topcoat bubbling. |
| Dry Film Thickness | 2.0-3.0 mils (50-75 microns). Dry film thickness in excess of 6.0 mils (150 microns) per coat is not recommended. |
| Solids Content | By Weight: <u>CZ 11</u> 79% ± 2% <u>CZ 11 FG</u> 74% ± 2% |
| Zinc Content in dry film | By Weight: 85% ± 2% 79% ± 2% |
| Theoretical Coverage Rate | CZ 11: 1000 mil ft ² (22.8 m ² /l at 25 microns) 333 ft ² at 3.0 mils (8.2 m ² /l at 75 microns) CZ 11 FG: 850 mil ft ² (19.4 m ² /l at 25 microns) 263 ft ² at 3.0 mils (7.0 m ² /l at 75 microns) Allow for loss in mixing and application |
| VOC Values Carbozinc 11 | EPA Method 24: 4.0 lbs./gal (479 g/l) Thinned: 7 oz/gal w/ #21: 4.1 lbs./gal (492 g/l) 5 oz/gal w/ #26: 4.1 lbs./gal (492 g/l) 5 oz/gal w/ #33: 4.1 lbs./gal (492 g/l) These are nominal values. |
| VOC Values Carbozinc 11 FG | EPA Method 24: 4.3 lbs./gal (515 g/l) Thinned: For use in fabrication shops only to remain in VOC compliance in accordance with EPA Standards. 7 oz/gal w/ #21: 4.5 lbs./gal (539 g/l) 5 oz/gal w/ #26: 4.5 lbs./gal (539 g/l) 5 oz/gal w/ #33: 4.5 lbs./gal (539 g/l) These are nominal values. |
| Dry Temp. Resistance | <u>Untopcoated:</u> Continuous: 750°F (399°C) Non-Continuous: 800°F (427°C) <u>With recommended silicone topcoats:</u> Continuous: 1000°F (538°C) Non-Continuous: 1200°F (649°C) |

Substrates & Surface Preparation

| | |
|----------------|---|
| General | Surfaces must be clean and dry. Employ adequate methods to remove dirt, dust, oil and all other contaminants that could interfere with adhesion of the coating. |
| Steel | <u>Non-immersion:</u> SSPC-SP6 and obtain a 1.0-3.0 mil (25-75 micron) angular blast profile. |

Performance Data

| Test Method | System | Results | Report # |
|---|---|---|----------|
| ASTM A-325 Slip Co-efficient | Blasted steel 1 ct. CZ 11 | 0.668; meets requirements for Class B rating | 02722 |
| ASTM B117 Salt Spray | 1 ct. CZ 11 at 2 mils dry film thickness over blasted steel | No rusting or blistering, cracking or delamination after 43000 hrs. Moderate salting of the surface only. | SR 408 |
| ASTM D3363 Pencil Hardness | 1 ct. CZ 11 | Pencil Hardness "2H" | 03278 |
| AASHTO M300 Bullet Hole Immersion Paragraph 4.6.9 | 1 ct. CZ 11 over Abrasive blasted steel | No blistering or rusting of coating or rusting of bare steel area after 650 hrs. Immersion in 5% sodium chloride solution; 1.5" round bare area in coating. | 02514 |

Test reports and additional data available upon written request.

Application Equipment

Listed below are general equipment guidelines for the application of this product. Job site conditions may require modification to these guidelines to achieve the desired results.

General Guidelines:

| | |
|------------------------------------|--|
| Spray Application (General) | The following spray equipment has been found suitable and is available from manufacturers such as Binks, DeVilbiss and Graco. Keep material under mild agitation during application. If spraying stops for more than 10 minutes, recirculate the material remaining in the spray line. Do not leave mixed primer in the hoses during work stoppages. |
| Conventional Spray | Agitated pressure pot equipped with dual regulators, 3/8" I.D. minimum material hose, with a maximum length of 50', .070" I.D. fluid tip and appropriate air cap. |
| Airless Spray | Pump Ratio: 30:1 (min.) GPM Output: 3.0 (min.) Material Hose: 3/8" I.D. (min.) Tip Size: .019-.023" Output PSI: 1500-2000 Filter Size: 60 mesh Teflon packings are recommended and available from the pump manufacturer. |
| Brush | For touch-up of areas less than one square foot only. Use medium bristle brush and avoid rebrushing. |
| Roller | Not recommended |

October 2006 replaces September 2006

0250

To the best of our knowledge the technical data contained herein is true and accurate on the date of publication and is subject to change without prior notice. User must contact Carboline Company to verify correctness before specifying or ordering. No guarantee of accuracy is given or implied. We guarantee our products to conform to Carboline quality control. We assume no responsibility for coverage, performance or injuries resulting from use. Liability, if any, is limited to replacement of products. NO OTHER WARRANTY OR GUARANTEE OF ANY KIND IS MADE BY CARBOLINE, EXPRESS OR IMPLIED, STATUTORY, BY OPERATION OF LAW, OR OTHERWISE, INCLUDING MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Carboline and Carbozinc are registered trademarks of Carboline Company.

Carbozinc® 11

Mixing & Thinning

| | | | |
|-----------------|--|---|--|
| Mixing | Power mix base, then combine and power mix as follows. Pour zinc filler very slowly into premixed base with continuous agitation. Mix until free of lumps. Pour mixture through a 30 mesh screen. DO NOT MIX PARTIAL KITS. Tip: Sifting zinc through a window screen will aid in the mixing process by breaking up or catching dry zinc lumps. | | |
| Ratio | <u>CZ 11</u> 1 Gal Kit Part A: .75 gal. Zinc Filler: 14.6 lbs. | <u>CZ 11</u> 5 Gallon Kit 3.75 gallons 73 lbs. | <u>CZ 11 FG</u> 4.6 Gallon Kit 3.75 gallons 50 lbs. |
| Thinning | May be thinned up to 5 oz/gal (4%) with #26 for ambient and warm surfaces. For extremely warm or windy conditions, may be thinned up to 5 oz/gal (4%) with #33. In cool weather (below 40°F (4°C)), thin up to 7 oz/gal (6%) with #21. Use of thinners other than those supplied or recommended by Carboline may adversely affect product performance and void product warranty, whether expressed or implied. | | |
| Pot Life | 8 Hours at 75°F (24°C) and less at higher temperatures. Pot life ends when coating becomes too viscous to use. | | |

Cleanup & Safety

| | |
|--------------------|--|
| Cleanup | Use Thinner #21 or Isopropyl Alcohol. In case of spillage, absorb and dispose of in accordance with local applicable regulations. |
| Safety | Read and follow all caution statements on this product data sheet and on the MSDS for this product. Employ normal workmanlike safety precautions. Hypersensitive persons should wear protective clothing, gloves and use protective cream on face, hands and all exposed areas. |
| Ventilation | When used as a tank lining or in enclosed areas, thorough air circulation must be used during and after application until the coating is cured. The ventilation system should be capable of preventing the solvent vapor concentration from reaching the lower explosion limit for the solvents used. In addition to ensuring proper ventilation, appropriate respirators must be used by all application personnel. |
| Caution | This product contains flammable solvents. Keep away from sparks and open flames. All electrical equipment and installations should be made and grounded in accordance with the National Electric Code. In areas where explosion hazards exist, workmen should be required to use non-ferrous tools and wear conductive and non-sparking shoes. |

Application Conditions

| Condition | Material | Surface | Ambient | Humidity |
|-----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|----------|
| Normal | 40°-95°F (4°-35°C) | 40°-110°F (4°-43°C) | 40°-95°F (4°-35°C) | 40-90% |
| Minimum | 0°F (-18°C) | 0°F (-18°C) | 0°F (-18°C) | 30% |
| Maximum | 130°F (54°C) | 200°F (93°C) | 130°F (54°C) | 95% |

This product simply requires the substrate temperature to be above the dew point. Condensation due to substrate temperatures below the dew point can cause flash rusting on prepared steel and interfere with proper adhesion to the substrate. Special application techniques may be required above or below normal application conditions.

Curing Schedule

| Surface Temp. & 50% Relative Humidity | Dry to Handle | Dry to Topcoat/Recoat |
|---------------------------------------|---------------|-----------------------|
| 0°F (-18°C) | 4 Hours | 7 Days |
| 40°F (4°C) | 1 Hour | 48 Hours |
| 60°F (16°C) | ¼ Hour | 24 Hours |
| 80°F (27°C) | ¼ Hour | 18 Hours |
| 100°F (38°C) | ¼ Hour | 16 Hours |

These times are based on a 3.0-4.0 mil (75-100 micron) dry film thickness. Higher film thickness, insufficient ventilation or cooler temperatures will require longer cure times and could result in solvent entrapment and premature failure. Humidity levels below 50% will require longer cure times. Notes: Any salting that appears on the zinc surface as a result of prolonged weathering exposure must be removed prior to the application of additional coatings. Also, loose zinc must be removed from the cured film by rubbing with fiberglass screen wire if: 1) The Carbozinc 11 is to be used without a topcoat in immersion service and "zinc pick up" could be detrimental, or 2) When "dry spray/overspray" is evident on the cured film and a topcoat will be applied. For accelerated curing or where the relative humidity is below 40%, allow an initial 2-hour ambient cure. Follow 2 hour cure with water misting or steam to keep the coated surface wet for a minimum of 8 hours and until the coated surface achieves a "2H" pencil hardness per ASTM D3363.

Packaging, Handling & Storage

| | | |
|---|--|--|
| CZ 11 Shipping Weight (Approximate) | <u>1 Gallon Kit</u> 23 lbs (10 kg) | <u>5 Gallon Kit</u> 113 lbs (51 kg) |
| CZ 11 FG Shipping Weight (Approximate) | <u>4.6 Gallon Kit</u> 104 lbs. (47 kg) | |
| Flash Point (Setofflash) | Part A: 55°F (13°C) Zinc Filler: NA | |
| Storage (General) | Store Indoors. | |
| Storage Temperature & Humidity | 40° -100°F (4-38°C). 0-90% Relative Humidity | |
| Shelf Life: 11 & 11FG | Part A: 12 months at 75°F (24°C) Part B: 24 months at 75°F (24°C) | |
| *Shelf Life: (actual stated shelf life) when kept at recommended storage conditions and in original unopened containers. | | |



350 Hanley Industrial Court, St. Louis, MO 63144-5599
314/644-1000 314/644-4617 (fax) www.carboline.com



October 2006 replaces September 2006

To the best of our knowledge the technical data contained herein is true and accurate on the date of publication and is subject to change without prior notice. User must contact Carboline Company to verify correctness before specifying or ordering. No guarantee of accuracy is given or implied. We guarantee our products to conform to Carboline quality control. We assume no responsibility for coverage, performance or injuries resulting from use. Liability, if any, is limited to replacement of products. NO OTHER WARRANTY OR GUARANTEE OF ANY KIND IS MADE BY CARBOLINE, EXPRESS OR IMPLIED, STATUTORY, BY OPERATION OF LAW, OR OTHERWISE, INCLUDING MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Carboline® and Carbozinc® are registered trademarks of Carboline Company.

ANEXO B4



Selection & Specification Data

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---|---|------------|---------------|-------------|----------------------|---------------------|--------------|---|-----------------------------|---------------|---|---|
| Generic Type | Cycloaliphatic Amine Epoxy | | | | | | | | | | | | |
| Description | Highly chemical resistant epoxy mastic coating with exceptionally versatile uses in all industrial markets. Self-priming and suitable for application over most existing coatings, and tightly adherent to rust. Carboguard 890 serves as stand-alone system for a variety of chemical environments. Carboguard 890 is also designed for various immersion conditions. | | | | | | | | | | | | |
| Features | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Excellent chemical resistance ▪ Surface tolerant characteristics ▪ Conventional and low-temperature versions ▪ Self-priming and primer/finish capabilities ▪ Very good abrasion resistance ▪ VOC compliant to current AIM regulations ▪ Suitable for use in USDA inspected facilities | | | | | | | | | | | | |
| Color | Refer to Carboline Color Guide. Certain colors may require multiple coats for hiding. Note: The low temperature formulation will cause most colors to yellow or discolor more than normal in a short period of time. (Epoxyes lose gloss, discolor and chalk in sunlight exposure.) | | | | | | | | | | | | |
| Finish | Gloss | | | | | | | | | | | | |
| Primers | Self-priming. May be applied over inorganic zinc primers and other tightly adhering coatings. A mist coat may be required to minimize bubbling over inorganic zinc primers. | | | | | | | | | | | | |
| Topcoats | Acrylics, Epoxies, Polyurethanes | | | | | | | | | | | | |
| Dry Film Thickness | 4.0-6.0 mils (100-150 microns) per coat 6.0-8.0 mils (150-200 microns) over light rust and for uniform gloss over inorganic zincs. Don't exceed 10 mils (250 microns) in a single coat. Excessive film thickness over inorganic zincs may increase damage during shipping or erection. | | | | | | | | | | | | |
| Solids Content | By Volume (890): 75% ± 2% (890LT): 80% ± 2% | | | | | | | | | | | | |
| Theoretical Coverage Rate | 890: 1203 mil ft ² (30.0 m ² /ft at 25 microns) 241 ft ² at 5 mils (6.0 m ² /ft at 125 microns) 890LT: 1283 mil ft ² (31.0 m ² /ft at 25 microns) 257 ft ² at 5 mils (6.3 m ² /ft at 125 microns) Allow for loss in mixing and application | | | | | | | | | | | | |
| VOC Values | <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">890</td> <td style="text-align: center;">890 LT</td> </tr> <tr> <td>As supplied</td> <td>1.7lbs/gal (214 g/l)</td> <td>1.5lbs/gal (180g/l)</td> </tr> <tr> <td>Thinned w#2*</td> <td>7oz/gal=2.0lbs/gal (250gf) 13oz/gal=2.2lbs/gal (271gf)</td> <td>15oz/gal=2.0lbs/gal (250gf)</td> </tr> <tr> <td>Thinned w#33*</td> <td>7oz/gal=2.0lbs/gal (250gf) 16oz/gal=2.3lbs/gal (285gf)</td> <td>14oz/gal=2.0 lbs/gal (250gf) 16oz/gal=2.1lbs/gal (258gf)</td> </tr> </table> <p>*Use Thinner #76 up to 8 oz/gal for 890 and 16 oz/gal for 890 LT where non-photochemically reactive solvents are required.</p> | | 890 | 890 LT | As supplied | 1.7lbs/gal (214 g/l) | 1.5lbs/gal (180g/l) | Thinned w#2* | 7oz/gal=2.0lbs/gal (250gf) 13oz/gal=2.2lbs/gal (271gf) | 15oz/gal=2.0lbs/gal (250gf) | Thinned w#33* | 7oz/gal=2.0lbs/gal (250gf) 16oz/gal=2.3lbs/gal (285gf) | 14oz/gal=2.0 lbs/gal (250gf) 16oz/gal=2.1lbs/gal (258gf) |
| | 890 | 890 LT | | | | | | | | | | | |
| As supplied | 1.7lbs/gal (214 g/l) | 1.5lbs/gal (180g/l) | | | | | | | | | | | |
| Thinned w#2* | 7oz/gal=2.0lbs/gal (250gf) 13oz/gal=2.2lbs/gal (271gf) | 15oz/gal=2.0lbs/gal (250gf) | | | | | | | | | | | |
| Thinned w#33* | 7oz/gal=2.0lbs/gal (250gf) 16oz/gal=2.3lbs/gal (285gf) | 14oz/gal=2.0 lbs/gal (250gf) 16oz/gal=2.1lbs/gal (258gf) | | | | | | | | | | | |
| Dry Temp. Resistance | Continuous: 250°F (121°C) Non-Continuous: 300°F (149°C) Discoloration and loss of gloss is observed above 200°F (93°C). | | | | | | | | | | | | |

Limitations Do not apply over latex coatings. For immersion April 2007 replaces February 2007

projects use only factory made material in special colors. Consult Technical Service for specifics. Carboguard 890 LT should not be used for immersion and should only be used as a primer or intermediate coat. Discoloration may be objectionable if used as a topcoat.

Substrates & Surface Preparation

| | |
|------------------------------------|---|
| General | Surfaces must be clean and dry. Employ adequate methods to remove dirt, dust, oil and all other contaminants that could interfere with adhesion of the coating. |
| Steel | Immersion: SSPC-SP10 Non-immersion: SSPC-SP6 1.5-3.0 mils (38-75 microns) SSPC-SP2 or SP3 are suitable cleaning methods for mild environments. |
| Galvanized Steel | Prime with specific Carboline primers as recommended by your Carboline Sales Representative. Refer to the specific primer's Product Data Sheet for substrate preparation requirements. |
| Concrete or CMU | Concrete must be cured 28 days at 75°F (24°C) and 50% relative humidity or equivalent. Prepare surfaces in accordance with ASTM D4258 Surface Cleaning of Concrete and ASTM D4259 Abrading Concrete. Voids in concrete may require surfacing. Mortar joints should be cured a min of 15 days. Prime with itself, Carboguard® 1340, or suitable filler/sealer. |
| Drywall & Plaster | Joint compound and plaster should be fully cured prior to coating application. Prime with Carbocrylic® 120 or Carboguard 1340. |
| Previously Painted Surfaces | Lightly sand or abrade to roughen surface and degloss the surface. Existing paint must attain a minimum 3B rating in accordance with ASTM D3359 "X-Scratch" adhesion test. |

Performance Data

| Test Method | System | Results | Report # |
|-----------------------------|---|---|--------------|
| ASTM D3359 Adhesion | Blasted Steel 1 ct. 890 | 5A | 0270 |
| ASTM D4060 Abrasion | Blasted Steel 1 ct. Epoxy Pr. 1 ct. 890 | 85 mg. loss after 1000 cycles, CS17 wheel, 1000 gm. load | 02411 |
| ASTM B117 Salt Fog | Blasted Steel 2 cts. 890 | No effect on plane, rust in scribe, 1/16" undercutting at scribe after 2000 hours | 02994 |
| ASTM B117 Salt Fog | Blasted Steel 1 ct. IOZ 1 ct. 890 | No effect on plane, no rust in scribe and no undercutting after 4000 hours | L40-42,45,95 |
| ASTM D1735 Water Fog | Blasted Steel 1 ct. Epoxy Pr. 1 ct. 890 | No blistering, rusting or delamination after 2800 hours | 08564 |
| ASTM D3363 Pencil Hardness | Blasted Steel 2 cts. 890 | Greater than 8H | 02775 |
| ASTM D2486 Scrub Resistance | Blasted Steel 1 ct. 890 | 93% gloss retained after 10,000 cycles w/ liquid scrub medium | 03142 |
| ASTM E84 Flame and Smoke | 2 ct. 890 | 5 Flame 5 Smoke Class A | 03110 |

Test reports and additional data available upon written request.

0086/0983

To the best of our knowledge the technical data contained herein is true and accurate on the date of publication and is subject to change without prior notice. User must contact Carboline Company to verify correctness before specifying or ordering. No guarantee of accuracy is given or implied. We guarantee our products to conform to Carboline quality control. We assume no responsibility for coverage, performance or injuries resulting from use. Liability, if any, is limited to replacement of products. NO OTHER WARRANTY OR GUARANTEE OF ANY KIND IS MADE BY CARBOLINE. EXPRESS OR IMPLIED, STATUTORY, BY OPERATION OF LAW, OR OTHERWISE, INCLUDING MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Carboline® and Carboguard® are registered trademarks of Carboline Company.

Carboguard® 890 & 890 LT

Application Equipment

Listed below are general equipment guidelines for the application of this product. Job site conditions may require modifications to these guidelines to achieve the desired results. General Guidelines:

Spray Application (General) This is a high solids coating and may require adjustments in spray techniques. Wet film thickness is easily and quickly achieved. The following spray equipment has been found suitable and is available from manufacturers such as Binks, DeVilbiss and Graco.

Conventional Spray Pressure pot equipped with dual regulators, 3/8" I.D. minimum material hose, .070" I.D. fluid tip and appropriate air cap.

Airless Spray
 Pump Ratio: 30:1 (min.)*
 GPM Output: 3.0 (min.)
 Material Hose: 3/8" I.D. (min.)
 Tip Size: .017"-.021"
 Output PSI: 2100-2300
 Filter Size: 60 mesh

*Teflon packings are recommended and available from the pump manufacturer.

Brush & Roller (General) Multiple coats may be required to obtain desired appearance, recommended dry film thickness and adequate hiding. Avoid excessive re-brushing or re-rolling. For best results, tie-in within 10 minutes at 75°F (24°C).

Brush Use a medium bristle brush.

Roller Use a short-nap synthetic roller cover with phenolic core.

Mixing & Thinning

Mixing Power mix separately, then combine and power mix. DO NOT MIX PARTIAL KITS.

Ratio 890 and 890 LT 1:1 Ratio (A to B)

Thinning*
 Spray: Up to 13 oz/gal (10%) w/ #2
 Brush: Up to 16 oz/gal (12%) w/ #33
 Roller: Up to 16 oz/gal (12%) w/ #33
 Thinner #33 can be used for spray in hot/windy conditions. Use of thinners other than those supplied or recommended by Carboline may adversely affect product performance and void product warranty, whether expressed or implied.
 *See VOC values for thinning limits.

Pot Life 890 3 Hours at 75°F (24°C)
 890 LT 2 Hours at 75°F (24°C)
 Pot life ends when coating loses body and begins to sag. Pot life times will be less at higher temperatures.

Cleanup & Safety

Cleanup Use Thinner #2 or Acetone. In case of spillage, absorb and dispose of in accordance with local applicable regulations.

Safety Read and follow all caution statements on this product data sheet and on the MSDS for this product. Employ normal workmanlike safety precautions. Hypersensitive persons should wear protective clothing, gloves and use protective cream on face, hands and all exposed areas.

Ventilation When used as a tank lining or in enclosed areas, thorough air circulation must be used during and after application until the coating is cured. The ventilation system should be capable of preventing the solvent vapor concentration from reaching the lower explosion limit for the solvents used. User should test and monitor exposure levels to insure all personnel are below guidelines. If not sure or if not able to monitor levels, use MSHA/NIOSH approved supplied air respirator.

Caution This product contains flammable solvents. Keep away from sparks and open flames. All electrical equipment and installations should be made and grounded in accordance with the National Electric Code. In areas where explosion hazards exist, workmen should be required to use non-ferrous tools and wear conductive and non-sparking shoes.

April 2007 replaces February 2007

To the best of our knowledge the technical data contained herein is true and accurate on the date of publication and is subject to change without prior notice. User must contact Carboline Company to verify correctness before specifying or ordering. No guarantee of accuracy is given or implied. We guarantee our products to conform to Carboline quality control. We assume no responsibility for coverage, performance or injuries resulting from use. Liability, if any, is limited to replacement of products. NO OTHER WARRANTY OR GUARANTEE OF ANY KIND IS MADE BY CARBOLINE, EXPRESS OR IMPLIED, STATUTORY, BY OPERATION OF LAW, OR OTHERWISE, INCLUDING MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Carboline® and Carboguard® are registered trademarks of Carboline Company.

Application Conditions

| 890 | | | | |
|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|----------|
| Condition | Material | Surface | Ambient | Humidity |
| Normal | 60°-85°F (16°-29°C) | 60°-85°F (16°-29°C) | 60°-90°F (16°-32°C) | 0-80% |
| Minimum | 50°F (10°C) | 50°F (10°C) | 50°F (10°C) | 0% |
| Maximum | 90°F (32°C) | 125°F (52°C) | 110°F (43°C) | 80% |

| 890 LT | | | | |
|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| Condition | Material | Surface | Ambient | Humidity |
| Normal | 60-85°F (16-29°C) | 60-85°F (16-29°C) | 60-90°F (16-32°C) | 10-80% |
| Minimum | 40°F (4°C) | 35°F (2°C) | 35°F (2°C) | 0% |
| Maximum | 90°F (32°C) | 125°F (52°C) | 110°F (43°C) | 80% |

This product simply requires the substrate temperature to be above the dew point. Condensation due to substrate temperatures below the dew point can cause flash rusting on prepared steel and interfere with proper adhesion to the substrate. Special application techniques may be required above or below normal application conditions.

Curing Schedule

| 890 (Based on 4-8 mils, 100-200 microns dry film thickness.) | | | | |
|--|---------------|----------------------------------|------------|-----------|
| Surface Temp. & 50% Relative Humidity | Dry to Recoat | Dry to Topcoat w/ Other Finishes | Final Cure | |
| | | | General | Immersion |
| 50°F (10°C) | 12 Hours | 24 Hours | 3 Days | N/R |
| 60°F (16°C) | 8 Hours | 16 Hours | 2 Days | 10 Days |
| 75°F (24°C) | 4 Hours | 8 Hours | 1 Day | 5 Days |
| 90°F (32°C) | 2 Hours | 4 Hours | 16 Hours | 3 Days |

| 890 LT (Based on 5 mils, 125 microns dry film thickness.) | | | | |
|---|--------------|---------------|-----------------------------------|-----------------|
| Surface Temp. & 50% Relative Humidity | Dry to Touch | Dry to Handle | Dry to Recoat & Topcoat w/ Others | Final Cure |
| | | | | General Service |
| 35°F (2°C) | 5 Hours | 18 Hours | 20 Hours | 7 Days |
| 40°F (4°C) | 4.5 Hours | 15.5 Hours | 16 Hours | 5 Days |
| 50°F (10°C) | 3.5 Hours | 6.5 Hours | 12 Hours | 3 Days |
| 60°F (16°C) | 2 Hours | 5 Hours | 8 Hours | 2 Days |
| 75°F (24°C) | 1.5 Hours | 2 Hours | 4 Hours | 24 Hours |
| 90°F (32°C) | 1 Hour | 1.5 Hours | 2 Hours | 16 Hours |

Higher film thickness, insufficient ventilation or cooler temperatures will require longer cure times and could result in solvent entrapment and premature failure. Excessive humidity or condensation on the surface during curing can interfere with the cure, can cause discoloration and may result in a surface haze. Any haze or blush must be removed by water washing before recoating. During high humidity conditions, it is recommended that the application be done while temperatures are increasing. Maximum recoat/topcoat times are 30 days for epoxies and 90 days for polyurethanes at 75°F (24°C). If the maximum recoat times have been exceeded, the surface must be abraded by sweep blasting or sanding prior to the application of additional coats. 890 LT applied below 50°F (10°C) may temporarily soften as temperatures rise to 60°F (16°C). This is a normal condition and will not affect performance.

Packaging, Handling & Storage

Shipping Weight (Approximate) 2 Gallon Kit 29 lbs (13 kg) 10 Gallon Kit 145 lbs (66 kg)

Flash Point (Setflash) 89°F (32°C) for Part A; 890 & 890 LT 73°F (23°C) for Part B; 890 & 890 LT

Storage Temperature & Humidity 40°-110°F (4°-43°C) Store indoors. 0-100% Relative Humidity

Shelf Life: 890 & 890 LT Part A: Min. 36 months at 75°F (24°C)
 890 Part B: Min. 15 months at 75°F (24°C)
 890 LT Part B: Min. 15 months at 75°F (24°C)

*Shelf Life: (actual stated shelf life) when kept at recommended storage conditions and in original unopened containers.



350 Hanley Industrial Court, St. Louis, MO 63144-3599
 314/644-1000 314/644-4617 (fax) www.carboline.com



ANEXO B5

product data

carboline[®]

Carbothane 134 HG

Selection & Specification Data

| | |
|----------------------------------|---|
| Generic Type | Aliphatic Acrylic Polyurethane |
| Description | Thin film, high gloss finish with exceptional weathering performance characteristics. Used extensively in virtually all industrial markets, 134 HG provides a smooth, durable finish that has superior resistance to corrosion, abrasion and chemical exposure. |
| Features | <ul style="list-style-type: none"> ▪ High solids, low VOC content ▪ Excellent weatherability ▪ Exceeds SSPC Paint 36 specification for a Level 3 urethane ▪ Available in all Carboline colors including metallic-pigmented colors ▪ Excellent flow characteristics allow for application by spray or roller ▪ Superior impact and abrasion resistance ▪ Indefinite recoatability ▪ VOC compliant to current AIM regulations |
| Color | Refer to Carboline Color Guide. Certain colors, particularly in non-lead safety oranges, reds and yellows may require multiple coats for adequate hiding. Check color suitability before use. |
| Finish | Gloss |
| Primers | Refer to <i>Substrates & Surface Preparation</i> |
| Topcoats | Carbothane [®] Clear Coat when required |
| Dry Film Thickness | 2.0-2.5 mils (50-63 microns) |
| Solids Content | By Volume: 70% ± 2% |
| Theoretical Coverage Rate | 1123 mil ft ² (27.5 m ² /l at 25 microns) Allow for loss in mixing and application |
| VOC Values | As supplied: 2.2 lbs./gal (264 g/l) Thinned: 25 oz/gal w/ #25: 3.06 lbs./gal (366 g/l) 25 oz/gal w/ #214: 2.9 lbs./gal (348 g/l) 25 oz/gal w/ #215: 3.0 lbs./gal (362 g/l) These are nominal values and may vary slightly with color. |
| Dry Temp. | Continuous: 200°F (93°C) |
| Resistance | Non-Continuous: 250°F (121°C) Discoloration and loss of gloss is observed above 200°F (93°C). |

* The alignment of aluminum flakes in aluminum-filled finishes is very dependent on application conditions and techniques. Care must be taken to keep conditions as constant as possible to reduce variations in final appearance. It is also advisable to work from a single batch of material since variations can occur from batch to batch. For more information consult Carboline Technical Service Department.

Substrates & Surface Preparation

| | |
|------------------------------------|---|
| General | Surfaces must be clean and dry. Employ adequate methods to remove dirt, dust, oil and all other contaminants that could interfere with adhesion of the coating. For all surfaces prime with specific Carboline primer as recommended by your Carboline sales representative. Refer to the specific primer's Product Data Sheet for detailed requirements of the specified primer. |
| Galvanized Steel | Prime with specific Carboline primer as recommended by your Carboline Sales Representative. Refer to the specific primer's Product Data Sheet for substrate preparation requirements. |
| Previously Painted Surfaces | Lightly sand or abrade to roughen and degloss the surface. Existing paint must attain a minimum 3B rating in accordance with ASTM D3359 "X-Scribe" adhesion test. |

Performance Data

| Test Method | System | Results | Report # |
|--|---|--|----------|
| ASTM D4541 Adhesion | Blasted Steel 1 ct. Epoxy 1 ct. 134 HG | 2562 psi (Pneumatic) | 09360 |
| ASTM D3359 Adhesion | Blasted Steel 1 ct. Epoxy 1 ct. 134 HG | 5A | 09360 |
| ASTM D4060 Abrasion | Blasted Steel 1 ct. 134 HG | 70 mg. loss after 1000 cycles, CS17 wheel, 1000 gm. load | 09360 |
| ASTM G26 Weatherometer | Blasted Steel 1 ct. Epoxy 1 ct. 134 HG | No blistering, rusting or cracking; gloss retention of 85%; color change of 1 McAdam unit after 2000 hours. | 09360 |
| ASTM G53 ASTM D4587 Accelerated Weathering | Blasted Steel 1 ct. Org. Zinc 1 ct. Epoxy 1 ct. 134 HG | No rusting, blistering or loss of adhesion; less than 5% gloss loss after 3000 hours | 03390 |
| ASTM B117 Salt Fog | Blasted Steel 1 ct. Org. Zinc 1 ct. Epoxy 1 ct. 134 HG | No rusting, blistering, loss of bond or any measurable creepage from the scribe after 3000 hours. | 03390 |
| ASTM D3363 Hardness | Blasted Steel 1 ct. Epoxy 1 ct. 134 HG | H | 09360 |
| ASTM D2794 Impact Resistance | Blasted Steel 1 ct. 134 HG | 155 inch-pounds; no visible cracking. Gardner Impact Tester | 03259 |
| ASTM D870 Immersion Resistance | Blasted Steel 1 ct. Org. Zinc 1 ct. Epoxy 1 ct. 134 HG | No rusting in the scribe; no blistering, softening or discoloration after either 30 days of freshwater immersion or 30 days of salt water immersion at 75°F. | 03390 |

Test reports and additional data available upon written request.

August 2003 replaces May 2003

0859

To the best of our knowledge the technical data contained herein is true and accurate on the date of publication and is subject to change without prior notice. User must contact Carboline Company to verify correctness before specifying or ordering. No guarantee of accuracy is given or implied. We guarantee our products to conform to Carboline quality control. We assume no responsibility for coverage, performance or injuries resulting from use. Liability, if any, is limited to replacement of products. NO OTHER WARRANTY OR GUARANTEE OF ANY KIND IS MADE BY CARBOLINE, EXPRESS OR IMPLIED, STATUTORY, BY OPERATION OF LAW, OR OTHERWISE, INCLUDING MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Carboline[®] and Carbothane[®] are registered trademarks of Carboline Company.

Carbothane® 134 HG

Application Equipment

Listed below are general equipment guidelines for the application of this product. Job site conditions may require modification to these guidelines to achieve the desired results.

General Guidelines:

Spray Application (General) This is a high solids coating and may require adjustments in spray techniques. Wet film thickness is easily and quickly achieved. The following spray equipment has been found suitable and is available from manufacturers such as Binks, DeVilbiss and Graco.

Conventional Spray Pressure pot equipped with dual regulators, 3/8" I.D. minimum material hose, .070" I.D. fluid tip and appropriate air cap.

Airless Spray
Pump Ratio: 30:1 (min.)*
GPM Output: 3.0 (min.)
Material Hose: 3/8" I.D. (min.)
Tip Size: .015-.017"
Output PSI: 2100-2400
Filter Size: 60 mesh
*Teflon packings are recommended and available from the pump manufacturer.

Brush & Roller (General) Multiple coats may be required to obtain desired appearance, recommended dry film thickness and adequate hiding. Avoid excessive re-brushing or re-rolling. For best results, tie-in within 10 minutes at 75°F (24°C).

Brush Recommended for touch-up only. Use a medium, natural bristle brush.

Roller Use a short-nap mohair roller cover with phenolic core.

Mixing & Thinning

Mixing Power mix Part A separately, then combine and power mix. DO NOT MIX PARTIAL KITS.

Ratio (By Volume) 4:1 Ratio (A to B)

Thinning
Spray: Up to 25 oz/gal (20%) w/ #214 or #25
Brush: Up to 25 oz/gal (20%) w/ #215
Roller: Up to 25 oz/gal (20%) w/ #215
Use of thinners other than those supplied or recommended by Carboline may adversely affect product performance and void product warranty, whether expressed or implied.

Carboline Thinner #236E may also be used to thin this product to minimize HAP and VOC emissions. Consult Carboline Technical Service for guidance.

Pot Life 4 Hours at 75°F (24°C) and less at higher temperatures. Pot life ends when coating becomes too viscous to use. MOISTURE CONTAMINATION WILL SHORTEN POT LIFE AND CAUSE GELLATION.

Cleanup & Safety

Cleanup Use Thinner #2 or Acetone. In case of spillage, absorb and dispose of in accordance with local applicable regulations.

Safety Read and follow all caution statements on this product data sheet and on the MSDS for this product. Employ normal workmanlike safety precautions. Hypersensitive persons should wear protective clothing, gloves and use protective cream on face, hands and all exposed areas.

Ventilation When used in enclosed areas, thorough air circulation must be used during and after application until the coating is cured. The ventilation system should be capable of preventing the solvent vapor concentration from reaching the lower explosion limit for the solvents used. User should test and monitor exposure levels to insure all personnel are below guidelines. If not sure or if not able to monitor levels, use MSHA / NIOSH approved respirator.

August 2003 replaces May 2003

To the best of our knowledge the technical data contained herein is true and accurate on the date of publication and is subject to change without prior notice. User must contact Carboline Company to verify correctness before specifying or ordering. No guarantee of accuracy is given or implied. We guarantee our products to conform to Carboline quality control. We assume no responsibility for coverage, performance or injuries resulting from use. Liability, if any, is limited to replacement of products. NO OTHER WARRANTY OR GUARANTEE OF ANY KIND IS MADE BY CARBOLINE, EXPRESS OR IMPLIED, STATUTORY, BY OPERATION OF LAW, OR OTHERWISE, INCLUDING MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Carboline® and Carbothane® are registered trademarks of Carboline Company.

Cleanup & Safety Cont.

Caution

This product contains flammable solvents. Keep away from sparks and open flames. All electrical equipment and installations should be made and grounded in accordance with the National Electric Code. In areas where explosion hazards exist, workmen should be required to use non-ferrous tools and wear conductive and non-sparking shoes.

Application Conditions

| Condition | Material | Surface | Ambient | Humidity |
|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|----------|
| Normal | 60°-85°F (16°-29°C) | 65°-85°F (18°-29°C) | 65°-85°F (18°-29°C) | 40-60% |
| Minimum | 50°F (10°C) | 35°F (2°C) | 35°F (2°C) | 10% |
| Maximum | 100°F (38°C) | 120°F (49°C) | 95°F (35°C) | 80% |

Industry standards are for substrate temperatures to be above 5°F (3°C) the dew point.

Caution: This product is moisture sensitive in the liquid stage and until fully cured. Protect from high humidity, dew and direct moisture contact until fully cured. Application and/or curing in humidities above maximum, or exposure to moisture from rain or dew may result in a loss of gloss and/or microbubbling of the product.

Curing Schedule

| Surface Temp. & 50% Relative Humidity | Dry to Handle | Minimum Dry to Recoat* | Final Cure |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|------------|
| 35°F (2°C) | 36 Hours | 36 Hours | 14 Days |
| 50°F (10°C) | 16 Hours | 16 Hours | 10 Days |
| 75°F (24°C) | 8 Hours | 8 Hours | 7 Days |
| 90°F (32°C) | 4 Hours | 4 Hours | 5 Days |

These times are based on a 2.0 mil (50 micron) dry film thickness. Higher film thickness, insufficient ventilation or cooler temperatures will require longer cure times and could result in solvent entrapment and premature failure.

*Maximum recoat times are indefinite. Surface must be clean and dry. As part of good painting practice it is recommended to test for adhesion by wiping the surface with Thinner 214 or 215. If the film shows a slight "lack" the surface is suitable for recoating without extensive surface preparation such as abrading.

Packaging, Handling & Storage

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| Shipping Weight (Approximate) | 1 Gallon Kit 13 lbs (5kg) | 5 Gallon Kit 57 lbs (26 kg) |
| Flash Point (Setflash) | Carbothane 134 HG Part A: 50°F (10°C) Urethane Converter 811 Part B: 106°F (41°C) | |
| Storage (General) | Store Indoors. | |
| Storage Temperature & Humidity | 40° -110°F (4°-43°C) 0-80% Relative Humidity | |
| Shelf Life | Part A: Min. 36 months at 75°F (24°C) Part B: Min. 24 months at 75°F (24°C) | |

*Shelf Life: (actual stated shelf life) when kept at recommended storage conditions and in original unopened containers.



350 Hanley Industrial Court, St. Louis, MO 63144-1599
314/644-1000 314/644-1617 (fax) www.carboline.com

An RPM Company

ANEXO B6

DATA

NOVAGUARD 840



5 páginas

Marzo 2011
Revisión de Abril 2009

| | |
|---|---|
| DESCRIPCION | Revestimiento epoxi fenólico novolaca, sin disolventes, de dos componentes curado con aminas. |
| PRINCIPALES CARACTERISTICAS | <ul style="list-style-type: none">- sistema de revestimiento de tanques de una capa- versión transparente para sistemas de fondo de tanques sin disolvente reforzado con malla de fibra de vidrio (ver ficha de sistema 4145)- excelente resistencia al crudo hasta 90°C- adecuado para almacenamiento de gasolinas sin plomo- buena resistencia contra disolventes y una amplia gama de productos químicos- buena visibilidad gracias al color claro- apariencia lisa y brillante- fácil de limpiar- se puede aplicar con equipo de pistola sin aire de alimentación única (60:1)- reduce el riesgo de incendio y explosión- aprobado por "Air BP F2D2 sección 2.1." para el almacenamiento de combustibles para aviones |
| COLORES Y BRILLO | verde, crema, transparente - brillante |
| DATOS BASICOS A 20°C | (1 g/cm ³ = 8,25 lb/US gal; 1 m ² /l = 40,7 ft ² /US gal) (datos para producto mezclado) |
| Densidad | 1,3 g/cm ³ |
| Volumen de sólidos | 100% |
| VOC (suministro) | máx. 106 g/kg (Directiva 1999/13/EC, SED) máx. 142 g/l (aprox. 1,2 lb/gal) 73 g/ltr (0,9 lb/gal) (por metodo 24 de la EPA) ver ficha informativa 1411 |
| Espesor de película seca recomendado | 300 - 600 micras dependiendo del sistema |
| Rendimiento teórico | 3,3 m ² /l para 300 micras * |
| Secado al tacto | 6 horas |
| Intervalo de repintado | mín. 24 horas * máx. 2 meses * |
| Curado total al cabo de | 5 días * |
| | (datos por componentes) |
| Estabilidad del envase (lugar frío y seco) | al menos 12 meses * ver datos adicionales |
| CONDICIONES RECOMENDADAS DEL SUBSTRATO Y TEMPERATURA | <ul style="list-style-type: none">- acero; chorreado según ISO-Sa2½, perfil de rugosidad 50 - 100 micras- la temperatura del sustrato debe estar por encima de los 5°C y al menos 3°C por encima del punto de rocío, durante la aplicación y curado- acero con imprimación adecuada (SigmaGuard 260) que debe estar seco, limpio y exento de contaminación |

NOVAGUARD 840

Marzo 2011

| | |
|----------------------------------|---|
| INSTRUCCIONES DE USO | <p>proporción de mezcla en volumen: base a endurecedor 80 : 20</p> <ul style="list-style-type: none"> - la temperatura de la mezcla entre la base y el endurecedor debe estar preferentemente al menos a 20°C - con una temperatura inferior, la viscosidad será demasiado alta para su aplicación por pulverización - no se debe añadir disolvente - instrucciones de aplicación recomendadas: ver procedimiento de trabajo |
| Tiempo de inducción | ninguno |
| Vida de la mezcla | 1 hora a 20°C * * ver datos adicionales |
| PISTOLA SIN AIRE | <ul style="list-style-type: none"> - adecuado para equipo de pulverización sin aire de alimentación simple preferentemente con relación de la bomba 60:1 y mangueras de alta presión - el calentamiento de la línea y aislamiento de las mangueras puede ser necesario para evitar el enfriamiento de la pintura en las mangueras cuando la temperatura ambiente esté baja - la longitud de las mangueras debe ser lo más corta posible |
| Disolvente recomendado | no se debe añadir disolvente |
| Orificio de boquilla | aprox. 0,53 mm (= 0,021 in) |
| Presión de boquilla | a 20°C (temperatura de la pintura) mín. 28 MPa (= aprox. 280 bar, 4000 p.s.i.) a 30°C (temperatura de la pintura) mín. 22 MPa (= aprox. 220 bar, 3000 p.s.i.) |
| BROCHA/RODILLO | sólo para retoques y pequeñas reparaciones |
| Disolvente recomendado | no se debe añadir disolvente |
| DISOLVENTE DE LIMPIEZA | <p>Thinner 90-83 (preferible) ó Thinner 90-53</p> <ul style="list-style-type: none"> - se debe limpiar todo el equipo utilizado en la aplicación después de su uso - la pintura dentro del equipo de pulverización debe eliminarse antes de que haya expirado la vida de la mezcla |
| PRECAUCIONES DE SEGURIDAD | <p>para pintura y disolventes recomendados, ver fichas de seguridad 1430, 1431 y ficha de seguridad del producto</p> <p>aunque es una pintura sin disolvente, hay que tomar precauciones para evitar la inhalación del nebulizado, al igual que evitar el contacto de la pintura húmeda con la piel y los ojos</p> <ul style="list-style-type: none"> - no contiene disolvente; sin embargo, el pulverizado no es inocuo, se debe usar mascarilla durante la pulverización - tiene que haber ventilación en los espacios cerrados para que haya buena visibilidad |

NOVAGUARD 840

Marzo 2011

DATOS ADICIONALES

Espesor de película seca y rendimiento

| | | |
|---------------------------------------|-----|-----|
| rendimiento teórico m ² /l | 3,3 | 1,7 |
| espesor en micras secas | 300 | 600 |

espesor máximo a brocha: 150 micras

medición del espesor de película húmeda

- con frecuencia se obtiene una desviación entre el espesor de película húmeda aparente y el realmente aplicado
- se debe a la tixotropía y a la tensión superficial de la pintura que retarda la liberación del aire atrapado en la película durante algún tiempo
- se recomienda aplicar espesor de película húmeda igual al de película seca especificado más 60 micras secas

medición del espesor de película seca

- a causa de la ligera dureza inicial, no se puede medir el espesor de película seca durante algunos días debido a la penetración del aparato medidor dentro de la película de pintura blanda
- el espesor de película seca debe medirse usando una lámina de calibración, de espesor conocido, situada como revestimiento y el aparato medidor

Repintado con Novaguard 840 (reparación puntual y recorte)

| temperatura del sustrato | 5°C | 10°C | 20°C | 30°C |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|
| intervalo mínimo | 80 horas | 36 horas | 24 horas | 16 horas |
| intervalo máximo | 3 meses | 3 meses | 2 meses | 1 mes |

- la superficie debe estar seca y sin contaminación

Tabla de curado

| temperatura del sustrato | seco para manipulación | curado completo |
|--------------------------|------------------------|-----------------|
| 5°C | 60 horas | 15 días |
| 10°C | 30 horas | 7 días |
| 20°C | 16 horas | 5 días |
| 30°C | 10 horas | 3 días |

- es necesario una buena ventilación durante la aplicación y curado (ver fichas informativas 1433 y 1434)
- para almacenamiento y transporte de agua potable, se debe contemplar el procedimiento de trabajo recomendado

NOVAGUARD 840

Marzo 2011

- PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA
- todo el personal debe llevar trajes ligeros, botas y guantes lavados apropiadamente con una solución de hipoclorito de sodio (1% de cloro activo por litro)
- todos los costados de los tanques, fondos y techos de cubierta, etc., se deben lavar o limpiar con pulverización a alta presión de una solución de 1% de cloro como se indica en la nota anterior : también se puede hacer por el procedimiento "butterworth" impregnando y lavando
- todas las partes deben limpiarse con agua corriente a alta presión y desaguar los tanques
- la solución de cloro activa concentrada se debe rociar sobre el fondo; aprox. 1 ltr/10 m²
- se deben llenar los tanques con agua corriente a una profundidad aprox. de 20 cm y el agua debe permanecer en el tanque al menos 2 horas (máx. 24 horas)
- deben baldearse a fondo los tanques con agua corriente
- dependiendo de las leyes locales puede que haga falta tomar muestras de agua, después de llenar el tanque por completo, para revisar si hay bacterias
- después de este procedimiento están preparados los tanques para llevar agua potable

Vida de la mezcla (a la viscosidad de aplicación)

| | |
|------|------------|
| 20°C | 60 minutos |
| 30°C | 45 minutos |

- debido a la reacción exotérmica, la temperatura durante y después de la mezcla puede aumentar

Disponibilidad mundial

Aunque el objetivo de PPG Protective & Marine Coatings es siempre suministrar la misma calidad de producto en todo el mundo, a veces son necesarias pequeñas modificaciones del mismo, para ajustarse a las normativas locales o nacionales. En estas circunstancias se utilizan fichas técnicas alternativas.

REFERENCIAS

| | |
|---|----------------------------|
| Explicación de fichas técnicas de productos | ver ficha informativa 1411 |
| Precauciones de seguridad | ver ficha informativa 1430 |
| Seguridad para la salud en espacios reducidos | |
| Peligros de exposición y toxicidad | ver ficha informativa 1431 |
| Seguridad del trabajo en espacios reducidos | ver ficha informativa 1433 |
| Directrices para el uso de la ventilación | ver ficha informativa 1434 |
| Preparación de las superficies | ver ficha informativa 1490 |
| Especificación para abrasivos minerales | ver ficha informativa 1491 |

ANEXOS C

(CERTIFICADOS DE
CALIBRACION DE EQUIPOS)

ANEXO C1

|  | |  | |
|---|-----------------------------|--|-----------------|
| www.eie-equipment.com.ec | | | |
| Certificado de Calibración: E&E-INV-12-0360 | | Fecha de Calibración: 13/11/2012 | |
| 1. Descripción | | | |
| Objeto | MEDIDOR MICROMETRO | Próxima Calib: | 13/11/2013 |
| Marca: | ELCOMETER | Rango: | 5 mm |
| Modelo o Tipo: | E124—3M | | |
| Serie: | LJ02860 | | |
| Solicitante: | SAURUS | | |
| Dirección: | QUITO | | |
| 2. Condiciones Ambientales | | | |
| TEMPERATURA: | (17 ± 5) °C | PRESION ATM: | (740 a 745) hPa |
| HUMEDAD REL.: | (43 ± 10) % HR | | |
| 3. Metodo | | | |
| Calibración por comparación, se utilizaron como Patrón cuatro Bloques de caras paralelas de grado 2, con trazabilidad INEN. | | | |
| 4. Resultados | | | |
| Lectura Promedio Patrón | Lectura Promedio Calibrando | Error | Incert. |
| <i>mm</i> | <i>mm</i> | <i>mm</i> | <i>mm</i> |
| 1,2 | 1,21 | 0,01 | 0,01 |
| 1,7 | 1,699 | -0,001 | |
| 2 | 2,001 | 0,001 | |
| 4 | 4,001 | -0,001 | |
| 5 | 4,99 | -0,01 | |
| La incertidumbre se estimo con un nivel de confianza del 95% que corresponde aun factor de cobertura de K=2. | | | |
|  | | | |
| EQUIPMENT RUC 1714822598001 | | | |
| Página 1 de 1 | | | |

ANEXO C2

Test Certificate

Certificat d'essai • Testzertifikat

elcometer
www.elcometer.com

Certificate Number: 456-MG13764-G
Numéro de Certificat:
Bescheinigungsnummer:

Instrument Part Number: A456CFNFTS
Code Article d'instrument:
Artikelnummer des Geräts:

Instrument Type: Elcometer 456 Model T Dual FNF Separate
Instrument Modèle: Elcometer 456 Modèle T Dual FNF à sonde séparée
Gerätetyp: Elcometer 456 Modell T mit separater Korbbi-Sonde für Eisen und Nicht-Eisen (FNF)

Instrument Serial Number: MG13764²
Instrument Numéro de Série:
Seriennummer des Geräts:

Instrument PCB Serial Number: ME02441-000
Circuit imprimé Numéro de Série:
Seriennummer der Leiterplatte:

Certificate Date: 01/08/2012
Date de Certificat:
Zertifikatdatum:

Measurement Date: 01/08/2012
Date de Mesure:
Maß-datum:

The instrument was calibrated using factory reference probe Serial Number LL06771 using a smooth calibration, with the factory zero plate and the thickest certified foil listed below in accordance with Elcometer's Certification Procedure.

L'instrument a été étalonné à l'aide d'un étalonnage lisse, en utilisant une Sonde de référence LL06771, une plaque zéro et la feuille d'étalonnage certifiée la plus épaisse qui sont énumérées ci-dessous, selon les Procédures d'Étalonnage d'Elcometer.

Das Gerät wurde mit einer Referenz-Sonde (Seriennummer LL06771) nach einer glatten Kalibriermethode kalibriert, durch Einsetzen einer Nullplatte und die dickste zertifizierte Folie, die unten aufgelistet ist. Die Kalibriermethode wurde gemäß Elcometer's Zertifizierungsprotokolls durchgeführt.

Measurement Results: Ferrous • Resultats de Mesure: Ferreux • Messergebnisse: Eisenmetall

| Foil / Substrate ¹ Feuille d'Étalonnage / Substrat ¹ Folie / Untergrund ¹ | | | Actual Measured Value ¹ Valeur mesurée exacte ¹ Aktuelle Messwert ¹ | | Allowable Value ¹ Valeur admissible ¹ Zulässigen Wert ¹ | | | |
|--|-------|---|--|-------|--|-----------------|---------------|---------------------------|
| Value • Valeur • Wert | | Serial Number ² Numéro de Série ² Seriennummer ² | µm | mils | ±1% | µm | mils | |
| µm | mils | | | | | | | |
| 1524.0 | 60.00 | MG16935 | 1526.5 | 60.10 | | 1508.8 - 1539.2 | 59.40 - 60.60 | Pass • Réussi • Bestanden |
| 751.0 | 29.57 | MG16934 | 752.0 | 29.61 | ±3% | 728.5 - 773.5 | 28.68 - 30.45 | Pass • Réussi • Bestanden |
| 0 | 0 | S01154 | 0.1 | 0.00 | ±1µm | -1.0 - 1.0 | -0.04 - 0.04 | Pass • Réussi • Bestanden |

Measurement Results: Non Ferrous • Resultats de Mesure: Non-Ferreux • Messergebnisse: Nichteisenmetall

| Foil / Substrate ¹ Feuille d'Étalonnage / Substrat ¹ Folie / Untergrund ¹ | | | Actual Measured Value ¹ Valeur mesurée exacte ¹ Aktuelle Messwert ¹ | | Allowable Value ¹ Valeur admissible ¹ Zulässigen Wert ¹ | | | |
|--|-------|---|--|-------|--|-----------------|---------------|---------------------------|
| Value • Valeur • Wert | | Serial Number ² Numéro de Série ² Seriennummer ² | µm | mils | ±1% | µm | mils | |
| µm | mils | | | | | | | |
| 1524.0 | 60.00 | MG16935 | 1526.7 | 60.11 | | 1508.8 - 1539.2 | 59.40 - 60.60 | Pass • Réussi • Bestanden |
| 751.0 | 29.57 | MG16934 | 765.4 | 30.13 | ±3% | 728.5 - 773.5 | 28.68 - 30.45 | Pass • Réussi • Bestanden |
| 0 | 0 | S00105 | -0.2 | -0.01 | ±1µm | -1.0 - 1.0 | -0.04 - 0.04 | Pass • Réussi • Bestanden |

Signed on behalf of Elcometer Limited • Signé au nom d'Elcometer Limited • Unterzeichnet im Namen Elcometer Limited

Name:
Nom:
Name:

A. Smith

Quality Manager • Responsable Qualité • Qualitätsbetriebsleiter

¹ Measurements taken in microns, mils values are calculated using 1µm = 0.03937mil
¹ Les valeurs sont prises en microns. Les valeurs en "mils" sont calculées en utilisant 1µm = 0.03937mil
¹ Messwerte sind in Microns gezeigt. Um auf „mils“ umzurechnen, benutzen Sie 1µm = 0.03937mil

² Certificate Number: 43627
² Numéro de Certificat: 43627
² Bescheinigungsnummer: 43627



elcometer
coatings inspection

elcometer
concrete inspection

elcometer
ultrasonic inspection

ANEXO C3

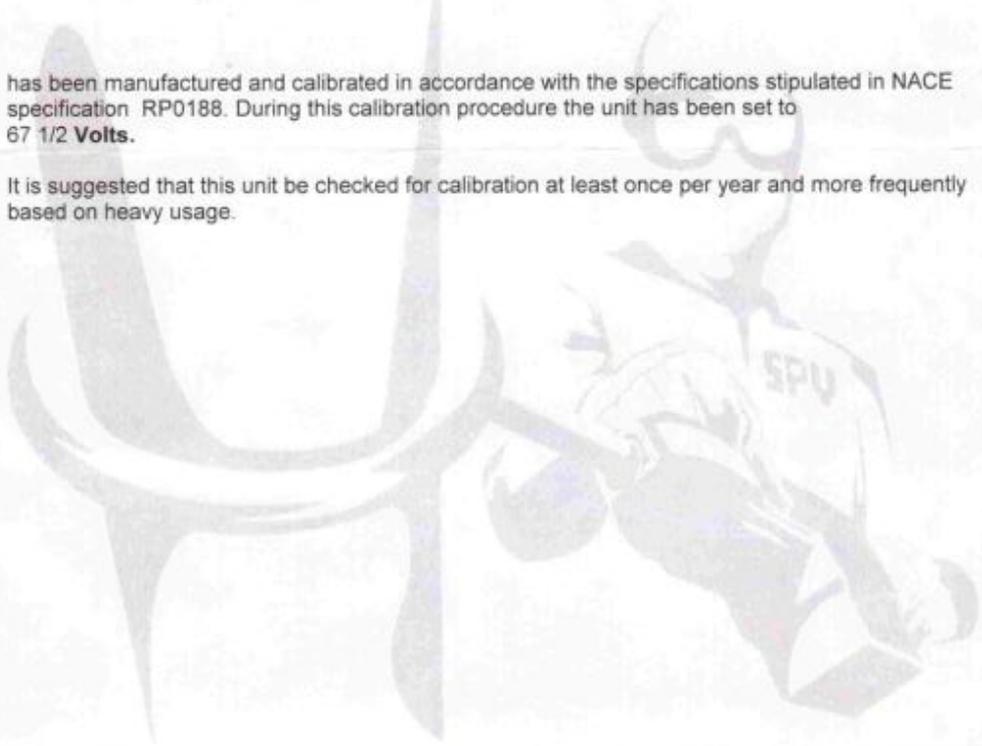
CERTIFICATE OF CALIBRATION

Pipeline Inspection Co., Ltd. Certifies
SPY Holiday Detector Model No. 670

Serial No. 670-002001

has been manufactured and calibrated in accordance with the specifications stipulated in NACE specification RP0188. During this calibration procedure the unit has been set to 67 1/2 **Volts**.

It is suggested that this unit be checked for calibration at least once per year and more frequently based on heavy usage.



Certified this the 27 day of July, 2012

By: *T. Phan*

T. Phan
Technician
PIPELINE INSPECTION CO., LTD.

SPY[®]

Pipeline Inspection Co., Ltd.

1919 Antoine Dr.
Houston, TX 77055

(Ph 713-681-5837 (Fax) 713-681-4838

ANEXO C4

Calibration Certificate • Certificat d'étalonnage • Kalibrierzertifikat

elcometer
www.elcometer.com
Elcometer Limited
Edge Lane, Manchester
M43 6BU, England

Our Reference:
Notre Référence:
Unser Zeichen:

Customer Reference:
Référence Client:
Kundenreferenz:

Certificate Number:
Numéro de certificat:
Zertifikat Nummer: 416

Serial Number:
Numéro de série:
Seriennummer des Geräts: MG16245

Calibration Date:
Date d'étalonnage:
Kalibrierdatum: 27/07/2012

Part Number:
Code Article d'instrument:
Artikelnummer des Geräts: G319---T

Issue Date:
Date d'émission:
Ausstellungsdatum:

Model:
Modèle:
Modell: Elcometer 319 Top Dewpoint Meter
Mesureur de point de rosée Elcometer 319 modèle Top
Elcometer 319 Modell, Top Taupunktmessgerät

Measurement Results • Résultats de Mesure • Messergebnisse

| Table 1: Air Temperature (Ta) And Relative Humidity (RH) Table 1: Température de l'air (Ta) et Humidité Relative (HR) Tabelle 1: Lufttemperatur (Ti) und Relative Feuchtigkeit (RF) | | | | | | |
|---|------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|---|------------------------------------|---------------------------|
| Parameter Paramètre Parameter | Units Unités Einheiten | Reference Référence Referenz | Gauge Jauge Messgerät | Difference Différence Unterschied | Tolerance Tolérance Toleranz | |
| RH Low • Valeur Basse HR • RF Untere | %RH | 45.55 | 46.27 | 0.72 | ± 3.00 | Pass • Réussi • Bestanden |
| Ta Low • Valeur Basse Ta • TI Untere | °C (°F) | 15.39 (59.7) | 15.38 (59.7) | -0.01 (0.0) | ± 0.50 (0.9) | Pass • Réussi • Bestanden |
| RH High • Valeur Haute HR • RF Obere | %RH | 70.91 | 69.18 | -1.73 | ± 3.00 | Pass • Réussi • Bestanden |
| Ta High • Valeur Haute Ta • TI Obere | °C (°F) | 34.94 (94.8) | 35.14 (95.3) | 0.20 (0.4) | ± 0.50 (0.9) | Pass • Réussi • Bestanden |

| Table 2: Surface Temperature (Ts) Table 2: Surface Temperature (Ts) Tabelle 2: Oberflächentemperatur (To) | | | | | | |
|---|------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|---|------------------------------------|---------------------------|
| Parameter Paramètre Parameter | Units Unités Einheiten | Reference Référence Referenz | Gauge Jauge Messgerät | Difference Différence Unterschied | Tolerance Tolérance Toleranz | |
| Ts Low • Valeur Basse Ts • RF Untere | °C (°F) | 15.25 (59.5) | 15.18 (59.3) | -0.07 (-0.2) | ± 0.50 (0.9) | Pass • Réussi • Bestanden |
| Ts High • Valeur Haute Ts • To Obere | °C (°F) | 34.98 (95.0) | 35.06 (95.1) | 0.08 (0.1) | ± 0.50 (0.9) | Pass • Réussi • Bestanden |

| Table 3: External Probe Temperature (Te) Table 3: Température de sonde extérieure (Te) Tabelle 3: Externe Sondentemperatur (Te) | | | | | | |
|---|------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|---|------------------------------------|---------------------------|
| Parameter Paramètre Parameter | Units Unités Einheiten | Reference Référence Referenz | Gauge Jauge Messgerät | Difference Différence Unterschied | Tolerance Tolérance Toleranz | |
| Test 1 • Essai 1 • Prüfung 1 | °C (°F) | -40.00 (-40.0) | -40.25 (-40.5) | -0.25 (-0.5) | ± 0.50 (0.9) | Pass • Réussi • Bestanden |
| Test 2 • Essai 2 • Prüfung 2 | °C (°F) | 30.00 (86.0) | 29.82 (85.7) | -0.18 (-0.3) | ± 0.50 (0.9) | Pass • Réussi • Bestanden |
| Test 3 • Essai 3 • Prüfung 3 | °C (°F) | 100.00 (212.0) | 99.82 (211.7) | -0.18 (-0.3) | ± 0.50 (0.9) | Pass • Réussi • Bestanden |
| Test 4 • Essai 4 • Prüfung 4 | °C (°F) | 200.00 (392.0) | 199.81 (391.7) | -0.19 (-0.3) | ± 0.50 (0.9) | Pass • Réussi • Bestanden |

| Calibration Traceability Traçabilité de calibration Rückführbarkeit der Kalibrierung | | |
|--|--|---|
| Traceability to National Standards and/or International Standards. Traçabilité selon les standards nationaux et/ou internationaux Rückführbarkeit zu Nationalen und/oder internationalen Standards | | |
| Equipment Équipement Ausrüstung | Serial Number Numéro de série Seriennummer | Calibration Certificate Certificat de calibration Kalibrierzertifikat |
| ISOTECH TTI-7 | Z34-0702 | 12-07-38 |
| Hygroclip2 | 60204751 | 20809 |
| Beamex MC5 | 25517938 | SGS/IMT25826/1 |

Name: *A. Smith*
Nom: *A. Smith*
Name: *A. Smith*
Quality Manager • Responsable Qualité • Qualitätsbetriebsleiter



elcometer
coatings inspection

elcometer
concrete inspection

elcometer
ultrasonic inspection NDT

ANEXO C5

Certificate of Accuracy

elcometer

Model number:
 Numéro de Modèle:
 Modelnummer: 108

Serial number:
 Numéro de série:
 Seriennummer: 4403689

Date of Purchase:
 Date d'achat:
 Datum des Erwerbs: 21/12/2011

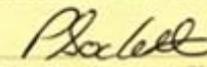
Elcometer hereby certify that this instrument has been tested in accordance with the appropriate quality instruction which forms part of Elcometer's ISO 9001 Quality System and meets the approved specification. To ensure that this product continues to perform to specification, Elcometer recommend that the instrument is returned twelve months after the date of purchase for re-certification.

Elcometer products meet the EMC directive 89/336/EEC, amended 93/21/EEC & 93/68/EEC where applicable. UGA certification demonstrates compliance of the quality management system with ISO 9001. It does not imply compliance with EN43001 or that UKAS accreditation is held.

Elcometer certifie que cet instrument a été testé conformément aux instructions qualité appropriées mentionnées dans notre système qualité ISO 9001 et qu'il est conforme aux spécifications. Afin de s'assurer que ce produit est toujours dans les tolérances requises, Elcometer vous recommande de le retourner dans les 12 mois suivants sa date d'achat pour re-certification.

Les produits Elcometer sont conformes à la directive 89/336/EEC, révisée aux 93/21/EEC ainsi qu'à 93/68/EEC. La certification UGA prouve la conformité du système qualité à l'ISO 9001 - cela n'implique la conformité à EN43001 ou que l'accréditation UKAS est maintenue.

Elcometer bestätigt hiermit, dass dieses Produkt geprüft wurde gemäß den geltenden Qualitätsrichtlinien des Qualitätssicherungssystems der Firma Elcometer nach ISO 9001. Um sicher zu stellen, dass dieses Produkt weiterhin nach den Spezifikationen arbeitet, empfiehlt Elcometer, dass es 12 Monate nach dem Erwerb zur Neu-Zertifizierung zurück geschickt wird. Die Produkte von Elcometer erfüllen die EMC Richtlinie 89/336/EEC, geändert durch die Richtlinie 93/21/EEC, soweit anwendbar. Das UGA-Zertifikat belegt die Überstimmung des Qualitätssicherungssystems mit ISO 9001. Es liegt nicht de Überstimmung mit EN43001 oder der UKAS-Akkreditierung vor.

Signed / Signé / Unterzeichnet: 

Quality Assurance • Assurance qualité • Qualitätssicherung




Elcometer certifica que este instrumento ha sido ensayado de acuerdo con las instrucciones de calidad, las cuales forman parte del sistema de calidad ISO 9001 de Elcometer y cumple con la especificación aprobada. Para asegurarse de que este producto continúe funcionando de acuerdo a la especificación aprobada, Elcometer recomienda que el instrumento se devuelva cada 12 meses después de la fecha de la compra para su recalibración.

Les produits Elcometer remplissent la directive EMC 89/336 et les modifications 93/21/EEC & 93/68/EEC dans les cas applicables. Le certificat UGA démontre que l'ensemble du système de gestion de la qualité ISO 9001, sans toutefois impliquer le respect de la norme EN43001 ou de l'accréditation UKAS.

Elcometer certifica che questo strumento è stato testato in accordo alle idonee istruzioni di qualità che fanno parte dell'Elcometer ISO 9001 Quality System e rispondono alle specifiche approvate. Al fine di assicurare che lo strumento continui a rispondere alle specifiche, Elcometer raccomanda di rimandarlo ogni anno dalla data di acquisto per una nuova certificazione.

Les produits Elcometer répondent aux directives EMC 89/336/EEC, modifiées 93/21/EEC & 93/68/EEC dans les cas applicables. La certification UGA démontre l'adéquation du système de gestion qualité ISO 9001, sans toutefois impliquer le respect de la norme EN43001 ou de l'accréditation UKAS.

A Elcometer, vem por este meio certificar que o instrumento foi testado de acordo com parte do sistema Elcometer ISO 9001 Sistema de qualidade e especificações aprovadas. Assegura-se que este Produto continua com o performance especificada. A Elcometer recomenda que o instrumento retorne à fábrica a cada doze meses, depois da data de aquisição, para re-certificação.

Os produtos do Elcometer cumprem a diretiva EMC 89/336/EEC, 93/21/EEC & 93/68/EEC. A Certificação UGA demonstra conformidade pelo sistema de Qualidade ISO 9001, não implicando cumprimento com EN43001 ou certificação pelo UKAS.

Elcometer 特此证明：该仪器已经按照 Elcometer 的 ISO 9001 质量管理体系中相应的规定做过测试，结果符合标准。为保证该产品继续符合标准，Elcometer 建议客户自购买之日起 12 个月后将仪器送回，以便重新出具证书。

Elcometer 符合 EMC 89/336/EEC 指令，并符合 93/21/EEC 和 93/68/EEC 中相应的规定。UQA 证书证明 UGA 质量管理体系符合 ISO 9001 标准，但不表示符合 EN43001 或 UKAS 认证。

UQA 2011 Issue 02
Part No. 12313

www.elcometer.com
www.elcometer.com