



NRF – 053 – PEMEX - 2005	 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS
Rev.: 0	
Fecha 15 de Mayo de 2006	SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE PEMEX-GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA
PÁGINA 1 DE 54	

SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 2 DE 57
--	---	--

HOJA DE APROBACIÓN

ELABORA

ING. JOSÉ ROBERTO RAMÍREZ VIVAS

COORDINADOR DEL GRUPO DE TRABAJO

PROPONE:


DR. ROBERTO RAMÍREZ SOBERON

PRESIDENTE DEL COMITÉ DE NORMALIZACIÓN PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

APRUEBA:


ING. VICTOR RAGASOL BARBEY

PRESIDENTE SUPLENTE DEL COMITÉ DE NORMALIZACIÓN
DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 3 DE 54
---	---	---

CONTENIDO

CAPITULO		PÁGINA
0. INTRODUCCIÓN		4
1. OBJETIVOS.....		5
2. ALCANCE.....		5
3. CAMPO DE APLICACIÓN		5
4. ACTUALIZACIÓN		5
5. REFERENCIAS		6
6. DEFINICIONES.....		7
7. SIMBOLOS Y ABREVIATURAS.....		12
8. DESARROLLO		13
8.1 Requisitos mínimos de los sistemas de recubrimientos anticorrosivos		13
8.2 Preparación de las superficiales.....		15
8.3 Tipos genéricos de recubrimientos y sus características.....		21
8.4 Inspección de la preparación de la superficie		28
8.5 Pruebas de laboratorios.....		31
8.6 Aplicación de los recubrimientos		38
8.7 Inspección de la aplicación.....		38
9. RESPONSABILIDADES		46
10. CONCORDANCIA CON OTRAS NORMAS MEXICANAS O INTERNACIONALES.....		48
11. BIBLIOGRAFÍA		48
12. ANEXOS		51

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 4 DE 57
---	---	---

0 INTRODUCCIÓN.

En los últimos años, se ha reducido el uso de compuestos químicos orgánicos y volátiles (solventes) utilizados en la formulación de los sistemas de protección con la finalidad de controlar las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles a la Atmósfera (COV's), obligando a los fabricantes de pinturas a innovar tecnologías en los sistemas, cumpliendo las regulaciones gubernamentales que a nivel mundial se están enfocando en la seguridad, salud y protección ambiental.

De manera similar, se plantean alternativas tecnológicas que minimicen el uso de las técnicas de limpieza con arena sílica (sand blast) de los elementos metálicos en las instalaciones.

Con la finalidad de buscar un mejor funcionamiento en los recubrimientos, reducción de emisiones a la atmósfera y en cumplimiento a la Ley Federal de Metrología y Normalización, se requiere que Petróleos Mexicanos actualice las normas vigentes, desarrollando una Norma de Referencia para adquirir ó contratar este tipo de servicios, solicitando la utilización de nuevos sistemas de protección anticorrosiva con tecnología de punta, que permitan reducir las emisiones de partículas y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) a la atmósfera durante la aplicación de las pinturas, cumpliendo con las regulaciones ambientales.

Participaron en la elaboración las direcciones de Petróleos Mexicanos, Instituciones, empresas, que se indican a continuación:

PEMEX Exploración y Producción.

PEMEX Refinación.

PEMEX Petroquímica.

PEMEX Gas y Petroquímica Básica.

Petróleos Mexicanos.

Instituto Mexicano del Petróleo.

Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas, A.C. México (ANAFAPYT)

Cia Mexicana de Pinturas International, S.A. de C.V.

Amercoat Mexicana, S.A. de C.V. (Comex)

Grupo Stoncor, S.A. de C.V. (Carboline)


Cia Sherwin-Williams, S.A. de C.V.

Air Products & Chemicals de México, S.A. de C.V.

Napko, S.A. de C.V.

Protexa, S.A.

Chem Additives, S.A. de C.V. (Jotun Paints)

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 5 DE 54
---	---	--

1. OBJETIVO.

Establecer los requisitos técnicos que debe cumplir un sistema de protección anticorrosiva, aplicado a superficies de hierro y acero al carbono a diferentes condiciones ambientales.

2. ALCANCE.

Esta Norma de Referencia establece las especificaciones mínimas para la preparación de superficies, aplicación, inspección de la protección anticorrosiva así como las pruebas que deben cumplir los recubrimientos aplicados a superficies metálicas de las instalaciones de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

Esta norma no aplica a la NRF-004-PEMEX-2003 revisión 1 de "Protección con recubrimientos anticorrosivos a instalaciones superficiales de ductos", ni a la NRF-026-PEMEX-2001 de "Protección con recubrimientos anticorrosivos para tuberías enterradas y/o sumergidas.

3. CAMPO DE APLICACIÓN.

Esta norma de referencia es de aplicación general y es de observancia obligatoria en la adquisición de los bienes y servicios para preparación de superficies. Inspección y pruebas de laboratorio de los recubrimientos anticorrosivos a utilizar en plantas, áreas de almacenamiento, corredor de tuberías, plataformas marinas; que lleven a cabo los centros de trabajo de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios. Por lo que debe ser incluida en los procedimientos de contratación: licitación pública, invitación a cuando menos tres personas, o adjudicación directa, como parte de los requisitos que debe cumplir el proveedor, contratista o licitante.


4. ACTUALIZACIÓN.

Las sugerencias para la revisión y actualización de esta norma de referencia, deben enviarse al Secretario del Subcomité Técnico de Normalización de PGPB, que debe programar y realizar la actualización de acuerdo a la procedencia de las mismas, y en su caso, procederá a través del Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos u Organismos Subsidiarios, a inscribirla en el programa anual de Normalización de Petróleos Mexicanos.

Sin embargo, esta norma de referencia se debe revisar y actualizar, al menos cada 5 años ó antes, si las sugerencias y recomendaciones de cambio lo ameritan.


Las propuestas y sugerencias de cambio deben elaborarse en el formato CNPMOS-001-A01 y dirigirse por escrito al:

Subcomité Técnico de Normalización de PEMEX Gas y Petroquímica Básica
Av. Marina Nacional # 329.
Piso 15, Torre Ejecutiva Col. Huasteca, C.P. 11311. México D.F.
Teléfono Dir.: 19-44-5131, 19-44-5083, ; Conm.: 19-44-50-05 Ext.: 55.-131.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 6 DE 54
---	---	--

5. REFERENCIAS.

- 5.1.** NRF-004-PEMEX-2002, REV. 1.- Protección con recubrimientos anticorrosivos a instalaciones superficiales de ductos.
- 5.2.** NRF-026-PEMEX-2001.- Protección con recubrimientos anticorrosivos para tuberías enterradas y/o sumergidas.
- 5.3.** NOM-008-SCFI-2002.- Sistema general de unidades de medida.
- 5.4.** NOM-123-ECOL-1998 .- Que establece el contenido máximo permisible de compuestos orgánicos volátiles (COV's), en la fabricación de pinturas de secado al aire base disolvente para uso domestico y los procedimientos para la determinación del contenido de los mismos en pinturas y recubrimientos.
- 5.5.** NOM-121-ECOL-1997: Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de compuestos orgánicos volátiles (COV's) provenientes de las operaciones de recubrimientos de carrocerías nuevas en planta de automóviles, unidades de uso múltiple, de pasajeros y utilitarios; carga y camiones ligeros, así como el método para calcular sus emisiones.
- 5.6.** ISO 8504-1 2000 Preparation of Steel Substrates Before Application of Paints and Related Products - Surface Preparation Methods - Part 1: General Principles Second Edition (Preparación de sustratos de acero antes de la aplicación de pintura y productos relacionados – métodos de preparación superficial – Parte 1 Principios generales, segunda edición).
- 5.7.** ISO 2366-1974: Cryolite, Natural and Artificial / Determination of Sodium Content / Flame Emission and Atomic Absorption Spectrophotometric Methods First Edition (Criolita natural y artificial - Determinación de contenido de sodio – Métodos espectrofotométricos de Emisión de flama y absorción atómica, Primera Edición).
- 5.8.** ISO-8501-1-1988: Preparation of Steel Substrates Before Application of Paints and Related Products / Surface Preparation Methods / Part 1: General Principles Second Edition (Preparación de sustratos de acero antes de la aplicación de pintura y productos relacionados – Métodos de preparación de superficie – parte 1). ISO-8501/2 2000 Preparation of Steel Substrates Before Application of Paints and Related Products / Surface Preparation Methods / Part 2: Abrasive Blast/Cleaning second edition (Preparación de sustratos de acero antes de la aplicación de pintura y productos relacionados – Metodos de preparación de superficie – Parte 2 Limpieza con arena abrasiva segunda edición). ISO-8501/3 2000 Preparation of Steel Substrates Before Application of Paints and Related Products / Surface Preparation Methods / Part 3: Hand/ and Power/Tool Cleaning First Edition (Preparación de sustratos de acero antes de la aplicación de pintura y productos relacionados – Metodos de preparación de superficie – parte 3 Limpieza manual y con herramientas de poder).
- 5.9.** ISO-12944-1-8:1998.- Pinturas y barnices - protección anticorrosiva de estructuras de acero por sistemas de pintura protectores – parte 1: introducción general; parte 2: clasificación de ambientes; parte 3: consideraciones de diseño; parte 4: tipos de superficie y preparación de superficie; parte 5: sistemas de pinturas protectores; parte 6: métodos de prueba de comportamiento en laboratorio; parte 7: ejecución y supervisión de los trabajos de pintura y parte 8: desarrollo de especificaciones para nuevos trabajos y mantenimiento.
- 5.10.** ISO-4624-2002.- Paints and Varnishes / Pull/Off Test for Adhesión. (Pinturas y barnices - Prueba por tirón).
- 5.11.** ISO-2409-1992.- Paints and Varnishes /Cross/Cut Test:1994 (Pinturas y Barnices, Prueba de corte en cruz)

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 7 DE 54
---	---	--

5.12. ISO-4628-2-1982.- Paints and Varnishes / Evaluation of Degradation of Paint Coatings / Designation of Intensity, Quantity and Size of Common Types of Defect / Part 2: Designation of Degree of Blistering. (Pinturas y barnices - evaluación de la degradación de recubrimientos — designación de la cantidad y tamaño de defectos, y de la intensidad de cambios de apariencia uniformes— parte 2: verificación del grado de ampollamiento).

5.13. ISO-6270-1:1998.- Paints and Varnishes / Determination of Resistance to Humidity / Part 1: Continuous Condensation First Edition. (Pinturas y barnices - determinación de la resistencia a la humedad - Parte 1: condensación continua).

5.14. ISO-11507-1997.- Paints and Varnishes / Exposure of Coatings to Artificial Weathering / Exposure to Fluorescent UV and Water. (Pinturas y Barnices – Exposición de recubrimientos al desgaste por la acción atmosférica– Exposición a rayos UV fluorescentes y agua).

5.15. ISO II124 “Preparation of Steel Substrates Before Application of Paints and Related Products Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives”. (Preparación de Superficies de Acero antes de Aplicación de Pinturas y Especificaciones Productos Similares para limpieza Mecánica con abrasivos no metálicos)

6. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma se establecen las siguientes definiciones:

6.1 Abrasivo

Es una sustancia generalmente sólida en forma de partícula utilizada para efectuar la limpieza de una superficie metálica o no metálica, y que produce un perfil de anclaje cuando por medio de un dispositivo se impacta a presión sobre una superficie.

6.2 Acabado

Es la capa exterior de un sistema de recubrimiento. Proporciona resistencia adicional, ayudando a proteger al recubrimiento primario e intermedio del medio ambiente y de la acción de sustancias químicas.

6.3 Ambiente

Es el medio físico que rodea a la superficie metálica a proteger.

6.4 Ambiente húmedo.


Es el que predomina en zonas geográficas cuya humedad relativa promedio anual es de 60 % o mayor.

6.5 Ambiente húmedo, con o sin salinidad y gases derivados del azufre, entre otros contaminantes.

El que predomina en los Complejos Petroquímicos, Refinerías y Zonas hasta 10 kilómetros a su alrededor, con condiciones de salinidad y gases ácidos.

6.6 Ambiente húmedo y salino.

Es el que predomina en zonas geográficas cuya humedad relativa promedio anual es mayor del 60 %, con brisa marina, así como los que se localizan a una distancia de 10 kilómetros costa adentro.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 8 DE 54
---	---	--

6.7 Ambiente marino.

Es el que predomina en instalaciones que se encuentran sobre la superficie del mar, tales como las estructuras, equipos y tanques de almacenamiento de las plataformas marinas.

6.8 Ambiente seco.

Es el que predomina en zonas geográficas cuya humedad relativa promedio anual es menor al 60 %.

6.9 Aplicador

Es la persona física con experiencia mínima comprobable de 3 años en la aplicación de recubrimientos anticorrosivos.

6.10 Autoimprimante

Recubrimiento con propiedades anticorrosivas que funciona como primario y como acabado, el cual es tolerante para superficies con baja preparación.

6.11 Alta temperatura

Son las condiciones existentes en la superficie de equipos o materiales que operan a temperaturas desde 533 K a 833 K (260° a 560° C).

6.12 Condición de exposición

Ambiente donde se localiza la instalación a proteger.

6.13 Contaminación visible

Son todos aquellos contaminantes que se pueden ver a simple vista, encontrados en la superficie que se va a tratar, tales como óxido, cascarilla de laminación, pintura vieja, grasa, aceite o cualquier otro material extraño.

6.14 Contaminación no visible


Son todos aquellos contaminantes que no se pueden ver a simple vista, tales como sales de cloro, sales solubles de hierro y sulfatos.

6.15 Contratista.

La persona que celebre contratos de obras públicas o de servicios relacionados con las mismas

6.16 Condiciones de Operación.

Son las condiciones bajo las cuales opera un equipo, tuberías y accesorios como: Presión y Temperatura.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 9 DE 54
---	---	--

6.17 Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's).

Es la cantidad de compuestos orgánicos y volátiles (solventes) contenidos en una pintura, que cuando se aplica a un sustrato estos ingresan a la atmósfera y participan en las reacciones fotoquímicas que con la luz solar y el calor forman ozono.

6.18 Chorro de agua a ultra alta presión.

Es la aplicación de chorro de agua a una superficie con el propósito de desincrustar y/o preparar una superficie dentro de un intervalo de presión que varía de 68.95 a 206.84 MPa (10,000 a 30,000 libras por pulgada cuadrada).

6.19 CWJ-1, 2, 3 y 4

Grados de limpieza de contaminantes visibles que se logran con el uso de chorro de agua a alta y ultra alta presión, en superficies de acero con condición de corrosión grado C.

6.20 CWAB6-10, 10 L, 10 M y 10 H

Grados de limpieza de contaminantes visibles que se logran con el uso de chorro abrasivo húmedo, en superficies con condición de corrosión grado C.

6.21 Destello de corrosión

Es una ligera oxidación del acero, la cual ocurre cuando se prepara la superficie con chorro abrasivo húmedo o agua a presión.

6.22 DWAB6-10, 6 L, 6 M y 6 H

Grado de limpieza de contaminantes visibles que se logran con el uso de chorro abrasivo húmedo, en superficies con condición de corrosión grado D.

6.23 DWJ-1, 2, 3 y 4

Grados de limpieza de contaminantes visibles que se logran en el uso de chorro de agua a alta y ultra alta presión, en superficies de acero con condición de corrosión grado D.

6.24 Enlace o intermedio


Es una película de recubrimiento que se aplica entre el primario y el acabado cuando entre éstos existe incompatibilidad, así como para incrementar la protección anticorrosiva del sistema y el espesor.

6.25 Exfoliar

Dividir en láminas o escamas.

6.26 EWJ-1, 2, 3 y 4

Grados de limpieza de contaminantes visibles que se logran con el uso de chorro de agua a alta y ultra alta presión, sobre superficies de acero previamente pintadas con condición de superficie E.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 10 DE 54
---	---	---

6.27 FWJ-1, 2, 3 y 4

Grados de limpieza de contaminantes visibles que se logran con el uso de chorro de agua o a alta y ultra alta presión en superficies de acero previamente pintadas con condición de superficie.

6.28 Fabricante de recubrimientos

Es la persona física o moral que fabrica los recubrimientos.

6.29 Grados de limpieza

Es una condición de limpieza que se alcanza en una superficie tratada con cualquiera de los métodos de limpieza conocidos y que se puede determinar objetiva y visualmente con los estándares establecidos.

6.30 GWJ-1, 2, 3 y 4

Grados de limpieza de contaminantes visibles que se logran con el uso de chorro de agua a alta y ultra alta presión, sobre superficies de acero previamente pintadas con condición de superficie G.

6.31 HWJ-1, 2, 3 y 4

Grados de limpieza de contaminantes visibles que se logran con el uso de chorro de agua a alta y ultra alta presión, sobre superficies de acero previamente pintadas con condición de superficie H.

6.32 Inhibidor de corrosión.

Es una sustancia líquida que retarda la oxidación sobre una superficie de acero.

6.33 Inspector.

Es la persona física calificada o certificada contratada por Petróleos Mexicanos o sus Organismos Subsidiarios, para certificar y hacer cumplir los requisitos de la obra y requerimientos específicos de operación.

6.34 Interior de tanques de almacenamiento.

Son las condiciones existentes en el interior de tanques y recipientes para diferentes fluidos, como: agua salada, agua potable, turbosina, destilados, crudos, entre otros.

6.35 Limpieza con abrasivo húmedo (Wet abrasive blast cleaning).


Limpieza de superficies con chorro abrasivo húmedo.

6.36 Mordentado.

Perfil de anclaje generado a partir de un ataque químico con productos comerciales.

6.37 Película de pintura.

Capa de recubrimiento o pintura.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 11 DE 54
---	---	---

6.38 Perfil de anclaje.

Es la profundidad y la forma de la rugosidad máxima, que se obtiene cuando la superficie de un material es impactado con un abrasivo a presión o cuando se le aplica un mordentado con solución química.

6.39 Primario.

Es un recubrimiento cuyas funciones principales son la obtención de una buena adherencia con el sustrato metálico, inhibir la corrosión y presentar una superficie áspera y compatible para que las capas de enlace o acabado logren una buena adherencia.

6.40 Pintura

Es una dispersión formada por un pigmento finamente dividido en una solución de resina, aditivos y diluyentes.

6.41 Pigmento

Partículas en forma de polvo finamente molidas de origen natural y sintético, insoluble que cuando se dispersan en un vehículo líquido para formar una película puedan proporcionar, en adición al color muchas de las propiedades esenciales como: opacidad, grado de brillo, dureza, durabilidad, resistencia al desgaste y a la corrosión, entre otros.

6.42 Polisiloxano.

Recubrimiento anticorrosivo de nueva tecnología, resultado de la combinación de ligaduras inorgánicas de silicio con polímeros orgánicos como epóxicos o acrílicos.

6.43 Preparación de superficie.

Es la acción de eliminar los contaminantes visibles y no visibles de la superficie del equipo o material a proteger mediante la aplicación de los métodos de limpieza conocidos.

6.44 Punto de rocío.

Temperatura en la que la humedad o agua satura el aire de ambiente y se empieza a condensar sobre la superficie del acero.

6.45 Recubrimiento anticorrosivo.


Es la pintura anticorrosiva que se aplica sobre la superficie de un metal, con la finalidad de protegerla del medio ambiente y evitar su corrosión.

6.46 Sistema de recubrimiento anticorrosivo.

Es la unión integral de dos o más recubrimientos anticorrosivos para formar una barrera protectora de un sustrato metálico.

6.47 Sustrato.

Es la superficie del material base sobre el que se aplica una capa de recubrimiento para protegerla de los efectos del ambiente de exposición permanente ó intermitente.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 12 DE 54
---	---	---

6.48 Temperatura moderada

Son las condiciones existentes en la superficie de equipos o materiales que operan a temperaturas desde 333 K hasta 533 K (60 hasta 260 °C).

6.49 Vehículo.

Es la parte líquida de la pintura, formado por resina, disolvente y aditivos, en la cual se dispersa el pigmento y esta compuesto de una(s) resina (s) sintética ó natural y el (los) disolvente (s).

6.50 WJ-1, 2, 3 y 4.

Grados de limpieza de contaminantes visibles que se logran con el uso de chorro de agua a alta y ultra alta presión.

6.51 Zona de Mareas y oleajes.

Son las condiciones existentes en zona de variación de mareas y oleajes en buquetanques, estructuras de muelles, diques, plataformas marinas de perforación e instalaciones de altas condensaciones.

6.52 Zona de Pisos de Helipuerto.

Son las áreas donde se requiere una superficie antiderrapante en ambientes agresivos como plataformas marinas, embarcaciones, con alta resistencia a la abrasión y al impacto.

7. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

ASTM	American Society for Testing and Materials) Sociedad Americana de Pruebas y Materiales.
°C	Grados Celsius.
(COV"s)	Compuestos Orgánicos Volátiles.
CNPMOS	Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.
ISO	(International Standards Organization) Organización Internacional de Normas.
K	Temperatura Termodinámica Kelvin.
kPa	kilo Pascal.
lb/pulg²	libras por pulgada cuadrada.
MPa	Mega Pascal
NACE	(National Association of Corrosion Engineers) Asociación Nacional de Ingenieros en Corrosión.
NRF	Norma de Referencia.

PEMEX Petróleos Mexicanos.

SSPC (Steel Structures Painting Council) Consejo de pintado de estructuras de acero.

UV rayos ultravioleta.

8. DESARROLLO.

8.1. Requisitos de mínimos de los de recubrimientos anticorrosivos.

8.1.1. Condiciones de exposición.

El primer paso consiste en determinar el tipo de condiciones de exposición, ambiente o servicio que debe resistir el recubrimiento, siendo las más comunes las que se indican en la Tabla 1.

1	Ambiente seco
2	Ambiente húmedo
3	Ambientes húmedo con salinidad y gases derivados del azufre y otros.
4	Ambiente marino
5	Interiores de tanques de almacenamiento o recipientes
6	Temperatura moderada desde 333 K hasta 533 K (60 hasta 260 grados centígrados)
7	Alta temperatura desde 533 K hasta 833 K (260 hasta 560 grados centígrados)
8	Zona de mareas y oleajes
9	Zona de Pisos de Helipuertos

Tabla No. 1 Clasificación de ambientes y condiciones de exposición.

Para información complementaria se puede recurrir a la norma ISO 12944-2, última revisión, que describe y clasifica las diferentes atmósferas a las que pueden estar expuestas las superficies.

8.1.2. Condiciones de superficie.

El segundo paso consiste en identificar las condiciones de la superficie a proteger; si el recubrimiento va a ser aplicado sobre un acero nuevo y recién preparado con chorro abrasivo, la determinación del sistema es más simple, pero si la superficie tiene un recubrimiento viejo y maltratado por el medio ambiente, entonces la determinación es crítica ya que se debe determinar si se encuentra en condiciones de mantenimiento o no; en caso de no eliminarse el recubrimiento existente, se debe efectuar una prueba de compatibilidad y determinar el tipo de limpieza y recubrimiento a aplicar. En caso de que deba retirarse el recubrimiento deteriorado, se debe determinar el método de limpieza más adecuado para no afectar instalaciones cercanas y al medio ambiente.

8.1.3. Grado de corrosión.

Todos los materiales de acero, antes de la preparación de la superficie, pueden encontrarse en cualquiera de las condiciones de oxidación listadas en la Tabla 2 y descritas con detalle para su consulta adicional en las normas ISO-8501-1-3 y SSPC- VIS 1 ó equivalente.

Condición	Según ISO 8501-1-3	Según SSPC-VIS 1 ó Equivalente
Grado A	Superficie de acero recubierta en gran medida por cascarilla de laminación adherida, pero con poco o nada de óxido.	Superficie de acero recubierta completamente con escama de laminación, con corrosión no visible.
Grado B	Superficie de acero con óxido incipiente, en la que ha empezado a exfoliarse la cascarilla de laminación.	Superficie de acero cubierta con escama de laminación con óxido.
Grado C	Superficie de acero cuya cascarilla de laminación ha desaparecido por la acción del óxido, o que puede eliminarse raspando, pero con algunas picaduras visibles a simple vista.	Superficie de acero cubierta con óxido y picaduras no visibles a simple vista.
Grado D	Superficie de acero cuya cascarilla de laminación ha desaparecido por la acción del óxido y en la que se ven a simple vista numerosas picaduras.	Superficie de acero cubierta con óxido y picaduras visibles.

Tabla No. 2 Diferentes grados de corrosión de superficies de acero sin pintar.


En el caso de superficies previamente pintadas, pueden encontrarse 4 grados de condiciones establecidas, las cuales se describen en la Tabla 3.

Condición	Según SSPC-VIS 4/NACE VIS 7 ó equivalente
Grado E	Superficie de acero previamente pintada, pintura ligeramente decolorada aplicada sobre una superficie tratada con abrasivo a presión; pintura casi intacta.
Grado F	Superficie de acero previamente pintada, con aplicación de primario a base de zinc (zinc rich primer) sobre una superficie tratada con abrasivo a presión; sistema de pintura ligeramente envejecida, la mayor parte intacta.
Grado G	Sistema de pintura aplicado sobre una superficie de acero con pequeñas escamas pero limpia.- sistema fuertemente intemperizado, ampollado y decolorado.
Grado H	Sistema de pintura, aplicado sobre acero.- sistema de pintura totalmente intemperizado, ampollado, decolorado y con desprendimiento de capas.

Tabla 3 Diferentes condiciones de superficies de acero pintadas.

8.1.4. Limitaciones en la preparación.

El tercer paso consiste en determinar si existen limitaciones para la preparación de la superficie. Aunque la limpieza con chorro de arena es el medio preferido, se advierte que éste puede no ser permitido en áreas residenciales, municipales, dentro de las plantas químicas, refinерías, plataformas marinas o cerca de otras instalaciones. Si la preparación de la superficie se efectúa con herramienta de mano o con chorro de agua a presión, se deberá usar un recubrimiento afín a ese tipo de preparación.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 15 DE 54
---	---	---

8.2. Preparación de Superficies.

8.2.1. Generalidades.

La preparación de las superficies debe dar cumplimiento a los siguientes objetivos:

- a) Remover todos los contaminantes visibles como son: cascarilla de laminación, óxido, grasa y aceite, y otros no visibles, tales como: sales solubles de cloro, hierro, sulfatos y silicatos.
- b) Eliminar las imperfecciones que producen aristas y vértices agudos, como: gotas de soldadura, bordes de maquinado, esquinas geométricas, filos, cantos, picos y curvas en general, dado que ahí el recubrimiento adopta bajos espesores y por abrasión se pierde la continuidad de la película dando inicio a la corrosión.
- c) Obtener en los aceros nuevos un perfil de anclaje que asegure la buena adherencia mecánica del recubrimiento sobre la superficie protegida.

Al usar el método de limpieza y el recubrimiento que se aplicará a la superficie, se debe dar cumplimiento a la legislación ambiental vigente y las especificaciones que PEMEX adopte al respecto.

8.2.1.1 Tiempo máximo para aplicar el recubrimiento.

Una vez alcanzado el grado de limpieza y el perfil de anclaje, la aplicación del recubrimiento no debe exceder más de 4 horas cuando la superficie se encuentre en ambiente seco; si el ambiente es húmedo, el recubrimiento se debe aplicar en el tiempo mínimo posible, dado que a mayor humedad más rápido se oxida la superficie; ante una humedad relativa mayor a 85%, no se debe continuar con los trabajos de limpieza.

No se debe efectuar ningún trabajo de limpieza de superficie con chorro abrasivo seco y aplicación de recubrimientos, si la temperatura de la misma no se encuentra por lo menos 276 K (3 °C) arriba del punto de rocío.

8.2.2. Métodos de limpieza.


Una vez identificado el sistema de protección anticorrosiva, la condición de superficie requerida y las restricciones operacionales del lugar, se procede a determinar el método de limpieza. A continuación se describen los diferentes métodos:

8.2.2.1. Limpieza Química.

El método SSPC-SP 1 ó equivalente, se utiliza para la remoción preliminar de contaminantes, como aceite, grasa, crudo u otros químicos que se encuentren sobre la superficie a tratar antes de iniciar la operación de limpieza con chorro abrasivo seco, húmedo o agua a presión. Los productos desengrasantes que se utilicen para la limpieza química mediante el método SSPC-SP 1 o equivalente deben ser biodegradables.

8.2.2.2. Limpieza con herramienta manual.

El método SSPC-SP 2 ó equivalente, se utiliza para limpiar pequeñas áreas donde se tengan que eliminar el óxido, las escamas y los restos de soldadura y pintura en mal estado. Se debe garantizar que los materiales de las herramientas no contaminen con residuos las superficies a limpiar.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 16 DE 54
---	---	---

8.2.2.3. Limpieza con herramienta mecánica.

Este método se utiliza en áreas de tamaño regular donde se tengan que eliminar el óxido, las escamas y los restos de soldadura y pintura en mal estado; es más eficiente que el de herramienta manual.

Para esta limpieza se deben usar cardas, cepillos, esmeriles o cualquier otra herramienta neumática, eléctrica o de transmisión mecánica. Se debe tener cuidado al utilizar estas herramientas, ya que su uso excesivo puede pulir la superficie y eliminar o disminuir su perfil de anclaje.

La calidad de la limpieza obtenida mediante este método, debe ser igual a la indicada en el método SSPC-SP 3 o equivalente.

8.2.2.4. Limpieza con chorro abrasivo seco.

La preparación de superficie con chorro abrasivo seco en aceros nuevos u oxidados sin pintar requiere de un perfil de anclaje.

Cuando existan restricciones por la generación de polvo derivada por la limpieza con chorro de abrasivo seco, se puede utilizar un abrasivo que no lo genere y además, aislando o encapsulando el área circundante de la superficie o el objeto a limpiar utilizando colectores de partículas y residuos para evitar que éstos se incorporen al ambiente, por ejemplo: elastómeros de poliuretano con partículas abrasivas. Cuando no se puedan cumplir las condiciones anteriores, se debe aplicar la alternativa 8.2.2.5.

SSPC	ISO	NACE	DESCRIPCIÓN
SP-5: Limpieza a metal blanco	Sa 3	1	Remover toda corrosión y contaminación visible, escama de laminación, pintura y cualquier material extraño hasta 100%
SP-10: Limpieza a metal cercano a blanco	Sa 2 1/2	2	Remover contaminantes hasta que un 95% de cada 9 pulgadas cuadradas (3 pulg. X 3 pulg.) esté libre de corrosión visible, escama de laminación, pintura y material extraño.
SP-6: Limpieza a metal comercial	Sa 2	3	Remover toda corrosión hasta que aproximadamente dos tercios de cada 9 pulgadas cuadradas (3 pulg. X 3 pulg.) esté libre de todo residuo visible.
SP-7: Limpieza a ráfaga	Sa 1	4	Remover todo residuo, excepto escamas de laminación, óxido y pintura fuertemente adheridas.

Tabla 4 Grados de limpieza de superficies que se logran con chorro abrasivo seco.

8.2.2.5. Limpieza con chorro abrasivo húmedo.

Este método se debe aplicar como lo establece la Tabla No.10. El agua utilizada para esta técnica debe ser tratada, con una calidad tal que la superficie preparada no rebase los límites de contaminantes de acuerdo a los valores mencionados en la Tabla 8. Las técnicas del procedimiento y equipos de este método se describen en el reporte técnico SSPC-TR2/NACE6G198 ó equivalente, y las condiciones visuales en la guía fotográfica SSPC-Vis 5/NACE Vis 9 ó equivalente.

Los grados de limpieza de contaminantes **visibles y no visibles** con chorro abrasivo húmedo, se describen en las Tablas 5 y 8.

Referencia pictórica SSPC VIS 5/NACE VIS 9 ó equivalente

Condición de la superficie	Condición "C" 100% corrosión con picaduras visibles y no visibles	Condición "D" 100% corrosión con picaduras muy visibles	Equivalente o comparable con	
			ISO 8501-1-1988	SSPC/NACE
Grados de limpieza	CWAB-6	DWAB-6	Sa 2	SP6/NACE 3 METAL COMERCIAL
	CWAB-10	DWAB-10	Sa 2½	SP10/NACE 2 CERCANO A METAL BLANCO
	CWAB-10L	DWAB-6L	Sa 2	SP-6/ NACE 3 METAL COMERCIAL
	CWAB-10M	DWAB-6M	Sa 1	SP-7/NACE 4 METAL O RÁFAGA
	CWAB-10H	DWAB-6H	-----	SP-14/NACE 8

Tabla 5 Grados de limpieza de contaminantes visible que se logran con chorro abrasivo húmedo en superficies de acero sin pintar y con corrosión.


8.2.2.6. Limpieza con chorro de agua a alta y ultra alta presión.

En este tipo de limpieza no se utilizan abrasivos, el agua hace la limpieza de la superficie a presiones desde 34 hasta 280 MPa (4 935 a 40 638 lb/pulg²). En la Tabla 6 se describen los tipos e intervalos de operación de la limpieza con este método.

Tipo	Designación	Rangos
Limpieza con agua a baja presión. (Low-Pressure Water Cleaning)	LPWC	Menores a 34 MPa (5000 lb/pulg ²)
Limpieza con agua a alta presión (High Pressure Water Cleaning)	HPWC	Desde 34 a 70 MPa. (5000 a 10 000 lb/pulg ²)
Limpieza con agua a chorro de alta presión (High Pressure Water Jetting)	HP WJ	Desde 70 a 170 MPa (10 000 a 25 000 lb/pulg ²)
Limpieza con agua a chorro a ultra alta presión (Ultrahigh Pressure Water Jetting)	UHP WJ	Arriba de 170 MPa (Arriba de 25 000 lb/pulg ²)

Tabla 6 Diferentes designaciones y rangos de operación de limpieza con agua a presión.

Este método se debe aplicar según se indica en la Tabla No. 10. El grado de limpieza de contaminantes visibles que se logran con chorro de agua a alta y ultra alta presión, se especifica en la Tabla 7.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 18 DE 54
---	---	---

Referencia PICTORICA NACE No. 5 / SSPC-SP 12 ó equivalente.

Condición	Descripción de la limpieza de la superficie cuando se inspecciona sin la ayuda de equipo visual	Equivalente o comparable	
		SSPC/NACE	ISO 8501:1
WJ-1	Toda la superficie debe estar totalmente libre de corrosión visible, pintura, escama de laminación y cualquier otro material extraño y tener un acabado gris acero mate.	SP-5/NACE 1	Sa 3
WJ-2	La superficie se debe tratar hasta un acabado mate libre de corrosión y material extraño hasta un 95% de la superficie y el 5% restante conteniendo solamente ligeras manchas dispersas de óxido, pintura y material extraño.	SP-10/NACE 2	Sa 2 ½
WJ-3	Toda la superficie se debe tratar hasta un acabado mate y 2 tercios de la superficie libre de residuos visibles, excepto escamas de laminación; el tercio restante podrá tener pequeñas manchas de óxido, pintura y material extraño.	SP-6/NACE 3	Sa 2
WJ-4	En toda la superficie se debe remover el óxido, la pintura y la cáscara de laminación suelta pudiendo quedar manchas de óxido, pintura fuertemente adherida y algo de material extraño.	SP-7/NACE 4	Sa 1

Tabla 7 Grados de limpieza que se logran con chorro de agua a alta y ultra alta presión.

La apariencia visual final de estos dos últimos métodos de limpieza debe apoyarse en los patrones fotográficos emitidos en la guía NACE VIS 7/SSPC-VIS 4 ó equivalente para contaminantes visibles y el estándar SSPC-SP 12/NACE No. 5 ó equivalente para contaminantes no visibles.

Referencia. NACE No. 5/SSPC-SP 12 ó equivalente.

Condición	Descripción de la limpieza de la superficie
SC-1	La superficie debe estar libre de niveles detectables de contaminantes, utilizando un equipo para prueba de campo con la sensibilidad aproximada de un equipo para pruebas de laboratorio. Para propósitos de esta norma de referencia, contaminantes son: cloruros solubles al agua, sales solubles de hierro y sulfatos.
SC-2	La superficie debe tener menos de 7 microgramos / cm ² de contaminantes cloruros, menos de 10 microgramos / cm ² de iones solubles ferrosos y menos de 17 microgramos / cm ² de contaminantes sulfatos, utilizando un equipo de prueba de campo con la sensibilidad aproximada de un equipo de pruebas para laboratorio.
SC-3	La superficie debe tener menos de 50 microgramos/ cm ² de contaminantes cloruros y sulfatos, utilizando un equipo de prueba de campo con la sensibilidad aproximada de un equipo para pruebas de laboratorio.

Tabla 8 Grados de limpieza de contaminantes no visible que se deben requerir cuando se usa chorro abrasivo húmedo o agua a alta y ultra alta presión.

NOTA: Como especificar la limpieza requerida cuando se usa chorro abrasivo húmedo y agua a alta y ultra alta presión. Ejemplo: toda la superficie antes de ser pintada se debe tratar conforme a la condición de limpieza NACE/SSPC-DWAB-10.SC-2 ó equivalente. DWAB-10 quiere decir: limpieza a metal cercano a blanco de contaminantes visibles. SC-2 quiere decir: la superficie debe tener máximo 6 microgramos / cm². de contaminantes cloruros, máximo 9 microgramos / cm² de iones solubles férricos y máximo 16 microgramos / cm² de contaminantes sulfatos.(Contaminantes no visibles).

REFERENCIA PICTÓRICA SSPC VIS – 4/NACE VIS – 7 ó equivalente.

Grado de limpieza	Condición inicial de superficie					
	Aceros sin pintar con corrosión		Superficies de acero previamente pintadas			
	Grado C	Grado D	Grado E	Grado F	Grado G	Grado H
WJ-1	CWJ-1	DWJ-1	EWJ-1	FWJ-1	GWJ-1	HWJ-1
WJ-2	CWJ-2	DWJ-2	EWJ-2	FWJ-2	GWJ-2	HWJ-2
WJ-3	CWJ-3	DWJ-3	EWJ-3	FWJ-3	GWJ-3	HWJ-3
WJ-4	CWJ-4	DWJ-4	EWJ-4	FWJ-4	GWJ-4	HWJ-4

Tabla 9 Grado de limpieza de contaminantes visibles para varias condiciones de superficie cuando se usa agua a alta y ultra alta presión.

Los grados de limpieza que no aparecen en esta Tabla, que corresponden a varios grados de “destellos” de corrosión y que en algún momento pudieran ser requeridos, deben consultarse en la guía de referencias fotográficas SSPC VIS - 4/NACE VIS - 7 ó equivalente, la cual contiene también la descripción de cada uno de ellos y que se adoptan en este documento.

8.2.3. Equipos.

Los equipos utilizados para la limpieza por abrasión en seco, deben garantizar los requisitos de calidad establecidos en esta norma.

8.2.4. Requerimientos ambientales.

Cuando el método de limpieza por abrasivo seco se utilice para la remoción de pintura en mal estado u otro material que contenga compuestos que causan algún daño ecológico, los residuos deben ser colectados y confinados en un lugar destinado para este fin y de acuerdo con lo indicado por las normas de seguridad establecidas en PEMEX.

8.2.5. Métodos de limpieza y sus aplicaciones.

Todos los métodos de limpieza, con o sin el uso de abrasivo, tienen restricciones, las cuales se describen en la Tabla 10.

No.	Método	Aplicación en	Áreas de restricción
1	Chorro de arena o abrasivo a presión, seco ISO 8504	Superficies de acero nuevas con corrosión grados A y B, donde se requiere formar perfil de anclaje; no está restringido para grados de corrosión C y D, donde ya existe perfil de anclaje provocado por la corrosión, previo estudio de la condición de superficie.	Dentro de Plataformas, Refinerías, Complejos Petroquímicos, Terminales de Almacenamiento y Distribución, áreas de trabajo con equipo mecánico rotatorio cercano y Zonas urbanizadas.

Tabla 10 Aplicación de los métodos de preparación de superficies (continua).

No.	Método	Aplicación en	Áreas de restricción
2	Chorro de arena o abrasivo a presión, húmedo 2/NACE 6 G198SSPC-TR o equivalente	Superficies de acero nuevas con corrosión grados A y B, donde se requiere formar perfil de anclaje; no esta restringido para grados de corrosión C y D y superficies previamente pintadas, donde ya existe perfil de anclaje.	Ninguna Solamente evitar proyectar directamente el chorro de agua sobre instalaciones de madera, aislamientos, instrumentos o instalaciones eléctricas; que pueden ser dañadas.
3	Chorro de agua a alta y ultra alta presión NACE No. 5 SSPC/SP 12 ó equivalente	Superficies de acero previamente pintadas, cuando se requiere eliminar toda la pintura, o en superficies de acero con grados de corrosión C y D, donde en ambos casos ya existe perfil de anclaje. En superficies de acero previamente pintadas, cuando solo se requiere preparar la superficie para repintado.	Ninguna Solamente evitar proyectar directamente el chorro de agua sobre instalaciones de madera, aislamientos, instrumentos o instalaciones eléctricas; que pueden ser dañadas.

Tabla 10 Aplicación de los métodos de preparación de superficies (continua).

8.2.6. Materiales.

8.2.6.1. Abrasivos.

El fabricante es responsable de señalar el perfil de anclaje requerido por sus recubrimientos, por lo que debe considerarse que un perfil menor de 0.0254 mm (1 milésima de pulgada), puede ser insuficiente para un primario con altos sólidos y uno de más de 0.1016 mm (4 milésimas de pulgada) ser demasiado profundo para un primario con bajos sólidos; también depende del espesor del primario y total del sistema, por lo que se deben considerar estos dos factores para definir la profundidad. Así mismo el perfil de anclaje no deberá ser mayor al espesor mínimo de película seca del primario. El control de calidad de los abrasivos metálicos para la limpieza de superficies antes de la aplicación de los recubrimientos anticorrosivos debe realizarse conforme a: la norma ISO 11124, secciones 1,2,3,4 y las especificaciones SSPC-AB 3 y SSPC(Capítulo 2.2).El control de calidad de los abrasivos no metálicos para la limpieza de superficie antes de la aplicación de los recubrimientos anticorrosivos debe realizarse conforme a: la norma ISO 11126, secciones 1,2,3,4,5,6,7,8,9, y las especificaciones SSPC-AB 1 y SSPC (capítulo 2.3)

En la Tabla 11 se describen los perfiles de anclaje que se obtienen de acuerdo con el tamaño del abrasivo.

Material	Profundidad en milésimas de milímetro (milésimas de pulgada)			
	38.1 (1.5)	50.8 (2)	63.4 (2,5)	63.4-101.6 (3-4)
Arena sílica (malla)	16/35	16/35	8/35	8/20
Cascajo de acero	G-50	G-40	G-40	G-25
Perdigón de acero	S-170	S-230	S-280	S-330
Granate (malla)	36	36	16	16
Cascajo de aluminio	50	36	24	16
Elastómero de poliuretano con abrasivo	S-16	S-30	G-40	S-12

Tabla 11 Guía de abrasivos para obtener perfiles de anclaje específicos.

La Tabla No. 11. incluye los abrasivos más usados en PEMEX actualmente, no obstante es posible utilizar cualquier otro que exista en el mercado siempre y cuando cumpla con los requisitos de calidad y grados de limpieza en la preparación de superficie considerados en esta norma.

8.2.6.2 Agua.

En virtud de que la pureza del agua utilizada para la limpieza con chorro abrasivo húmedo o agua a alta y ultra alta presión puede afectar la calidad de la limpieza del sustrato si no se considera el suministro y la calidad requerida, es necesario emplear agua desmineralizada ó agua tipo IV según la clasificación ASTM-D 1193-99 ó equivalente. Norma para especificación de Agua (Standar Specification for Reagent Water) con un pH entre 5 y 8, filtrada en malla de 5 micrones. La contaminación del sustrato después del tratamiento debe ser comprobada y cumplir con los requisitos de la Tabla 8, por lo que no se debe reciclar el agua sin previo tratamiento.

Al seleccionar este método de limpieza, es muy importante asegurarse que en el área o zona de trabajo existan las instalaciones de tratamiento de agua para el abastecimiento suficiente y seguro con la calidad requerida.

8.2.6.3 Inhibidores de corrosión.

Para evitar la oxidación de la superficie preparada, se deben agregar al agua inhibidores que retarden el inicio de la corrosión (destellos). Estos inhibidores deben cumplir con las regulaciones ecológicas actuales y ser compatibles con los recubrimientos que se apliquen. Para información más detallada sobre compatibilidad de inhibidores con los recubrimientos, debe consultarse el método ASTM D-5367 ó equivalente – (Evaluating Coatings Applied Over Treated with Inhibitors used to Prevent Flash Rusting of Steel when Water/ Abrasive Blasted), o bien las recomendaciones del fabricante; así como también el tiempo máximo permisible para aplicar el recubrimiento.

8.3. Tipos Genéricos de recubrimientos y sus características.

8.3.1. Clasificación de recubrimientos

PRIMARIOS	RP-4 B MODIFICADO	Primario Inorgánico rico en zinc, autocurante base solvente.
	RP-6 MODIFICADO	Primario epóxico-poliamida de dos componentes.
	RP-10 MODIFICADO	Epóxico aducto-amina de dos componentes.
	RP-13	Recubrimiento epóxico o poliuretano anticorrosivo 100% sólidos
	RP-15	Primario epóxico catalizado de altos sólidos de dos componentes.
	RP-21	Recubrimiento Epóxico 100% sólidos de dos componentes
	RP-22	Primario epóxico rico en zinc de dos o tres componentes.
	RP-23	Primario epóxico rico en zinc de dos ó tres componentes
INTE RME DIOS	RI-35	Enlace epóxico catalizado cicloalifático con pigmento aluminio, autoimprimante.
	RI-41	Enlace Epóxico Modificado Autoimprimante de dos componentes.
	RI-43	Enlace de poliuretano o epoxico elastomérico altos sólidos de dos componentes.
ACABADOS	RA-26 MODIFICADO	Acabado epóxico catalizado poliamida de dos componentes altos sólidos.
	RA-28 MODIFICADO	Acabado poliuretano acrílico alifático de dos componentes.
	RA-29 MODIFICADO	Acabado epóxico catalizado aducto-amina de dos componentes altos sólidos.
	RA-35	Acabado epóxico o acrílico polisiloxano de dos componentes altos sólidos de alta resistencia.

Tabla 12 Clasificación de los recubrimientos anticorrosivos nuevos y modificados para cumplir normas ambientales vigentes.

ESPECIALES	RE-30 A MODIFICADO	Recubrimiento Especial a base de resina acrílica siliconizada con pigmento de aluminio, que resiste temperaturas de 353 K hasta 563 K. (de 80 °C a 260 °C)
	RE-30 B MODIFICADO	Recubrimiento Especial a base de resina de silicón con pigmento de aluminio, para temperaturas de 533 K hasta 833 K. (de 260 °C a 560 °C)
	RE-36 ESPECIAL MODIFICADO	Recubrimiento epóxico 100 % sólidos de dos o tres componentes para zona de mareas y oleajes.
	RE-37	Especial Epóxico Fenólico de dos componentes
	RE-38	Acabado poliuretano o epoxico elastomérico antiderrapante de dos componentes
	RE-39	Acabado polisiloxano de dos componentes para temperaturas desde 673 K hasta 873 K (400 hasta 600°C).
	RE-41 ESPECIAL	Acabado polisiloxano de dos componentes para altas temperaturas desde 353 K hasta 673 K (80°C hasta 400°C).

Tabla 12 Clasificación de los recubrimientos anticorrosivos nuevos y modificados para cumplir normas ambientales vigentes.

Se utiliza el calificativo de MODIFICADO en la lista de Sistemas, de la Tabla 14, debido a que estos materiales genéricamente siguen siendo de la misma naturaleza que los especificados por PEMEX en varios años, pero son nuevos sistemas tratados química y físicamente con mecanismos apropiados para no afectar el medio entorno ecológico, lo que conlleva a un aumento en su contenido de sólidos y una disminución de volátiles orgánicos; por ejemplo:

En los primarios INORGANICOS DE ZINC, se aumenta hasta 10 % de polvo de zinc, un proporción calculada de carga (micas) y vehículo silicatos y/o aminas, aumentando el volumen de sólidos para que el recubrimiento mantenga sus propiedades físicas.

En los EPÓXICOS Y URETANOS, las resinas bases han sido tratadas con modificadores reológicos, lo que permite a las resinas adoptar morfológicamente mayor fluidez, razón por la cual se pueden lograr recubrimientos de hasta 100 % de sólidos en forma líquida, los que se pueden aplicar con equipos de aspersión convencional.

La determinación del % de sólidos en peso de un recubrimiento nos proporciona el peso de solventes en la fórmula, con lo cual se determina la cantidad de COVs, en tanto que la determinación del % de sólidos en volumen, permite calcular el rendimiento teórico de cubrimiento en m²/l.

El rendimiento teórico de cada producto ó componente del sistema se calculará de la siguiente forma:

$$\text{RENDIMIENTO TEÓRICO} = \text{Área de recubrimiento} \times (\% \text{ sol} \times \text{Vol.}) / \text{Espesor (milésimas)} \times 100$$

El área de recubrimiento se refiere a los metros cuadrados (39.4 m²/litro) que tiene de rendimiento cada componente conteniendo 100 % de sólidos en volumen, aplicado a 1 milésima de espesor de película seca.

8.3.2. Condiciones mínimas para determinar un sistema de protección anticorrosiva.

En la Tabla 13 se describen las condiciones para determinar un sistema de acuerdo con lo especificado anteriormente, así como los sistemas genéricos.

En la Tabla 14 se describen cada uno de los sistemas con sus requisitos de preparación de superficie y tipo de primario y acabado número de manos, espesor por capa seca en micras y el por ciento de sólidos en volumen.

Ambiente	Condición de superficie (Ver Tablas 2 y 3)	Sistemas de recubrimientos (Ver Tabla 14 Opciones)	Preparación de superficie		Observaciones (Ver Tabla 4)
			Método (Ver Tabla 10)	Grado de limpieza (Ver Tabla 4, 5, 7 8 y 9)	
1.-Seco	Grado A, B, C y D Aceros nuevos y con corrosión sin pintar	1, 2, 4 y 13	2 ó 1	CWAB-10 DWAB-10 SP 10/NACE 2 ISO Sa 2/1/2	Limpieza a metal cercano a blanco
	Grado E, F, G y H Aceros previamente pintados o con corrosión grados C y D	1, 2, 4, 10 y 13	3 ó 2	CWJ-2 DWJ-2 CWAB-10 M DWAB-10 M SP6/NACE 3	Limpieza a pintura vieja para repintado Limpieza a metal comercial o ráfaga si se elimina toda la pintura suelta
2.-Húmedo	Grados A, B, C y D Aceros nuevos y con corrosión sin pintar	1, 3, 4, 12 y 13	2 ó 1	CWAB-6 DWAB-6 SP 5/NACE 1 ISO Sa 3	Limpieza a metal blanco
	Grados E, F, G y H Aceros previamente pintados o con corrosión grados C y D.	1, 2, 3, 4, 10, 12 y 13	3 ó 2	CWJ-2 DWJ-2 CWAB-10 DWAB-10 SP6/NACE 3	Limpieza de pintura vieja para repintado Limpieza a metal comercial si se elimina toda la pintura
3.- Húmedo con salinidad y gases derivados del azufre	Grados A, B, C y D Aceros nuevos o con corrosión sin pintar	2, 3, 4 y 12	2 ó 1	CWAB-6 DWAB-6 SP 5/NACE 1 ISO Sa 3	Limpieza a metal blanco
	Grados E, F, G y H Aceros previamente pintados o con corrosión grados C y D.	1, 2, 3, 4 y 12	3 ó 2	CWAB-10 L DWAB-10 L SP6/NACE 3	Limpieza a metal comercial si se elimina toda la pintura
4.- Marino	Grados A, B, C y D Aceros nuevos o con corrosión sin pintar.	2, 3, 4 y 12	2 ó 1	CWAB-6 DWAB-6 SP 5/NACE 1 ISO Sa 3	Limpieza a metal blanco
	Grados E, F, G y H Aceros previamente pintados o con corrosión grados C y D.	2, 3, 4 y 12	3 ó 2	CWAB-10 L DWAB-10 L SP6/NACE 3	Limpieza a metal comercial si se elimina toda la pintura

Tabla 13 Sistemas de protección anticorrosiva que pueden ser utilizados para superficies metálicas expuestas a diferentes ambientes.

Ambiente	Condición de superficie (Ver Tablas 2 y 3)	Sistemas de recubrimientos (Ver Tabla 14 Opciones)	Preparación de superficie		Observaciones (Ver Tabla 4)
			Método (Ver Tabla 10)	Grado de limpieza (Ver Tabla 4, 5, 7 8 y 9)	
5.- Interior de tanques	Grados A, B, C y D Aceros nuevos o con corrosión sin pintar	6, 7, 14 y 18	2 ó 1	CWAB-6 DWAB-6 SP 5/NACE 1 ISO Sa 3	Limpieza a metal blanco
	Grados E, F, G y H Aceros previamente pintados o con corrosión grados C y D.	6, 7, 14 y 18	2 ó 1		
6.- Moderada Temperatura	Grados A, B, C y D Aceros nuevos o con corrosión sin pintar.	8 y 15 533 K (260°)	2 ó 3	CWAB-10 L DWAB-10 L SP6/NACE 3	Limpieza a metal comercial
7.- Alta Temperatura	Grados E, F, G y H Aceros previamente pintados o con corrosión grados C y D.	9 y 16 833 K (560°)	2 ó 1	CWAB-6 DWAB-6 SP 5/NACE 1 ISO Sa3	Limpieza a metal blanco.
8.- Zona de mareas y oleajes y ductos ascendentes	Grados A, B, C y D Aceros nuevos o con corrosión sin pintar.	5	1 ó 2	SP6/NACE 3	Limpieza a metal comercial
9.- Zona de pisos de helipuertos	Grados A, B, C y D Aceros nuevos o con corrosión sin pintar.	11	2 ó 1	CWAB6 DWAB6 SP5/NACE 1	Limpieza a metal blanco
10.- Recubrimiento bajo aislamiento hasta 205°C	Grados A, B, C y D Aceros nuevos o con corrosión sin pintar.	17	2 ó 1	CWAB6 DWAB6 SP5/NACE 1	Limpieza a metal blanco

Tabla 13 Sistemas de protección anticorrosiva que pueden ser utilizados para superficies metálicas expuestas a diferentes ambientes (Continuación).

8.3.3. Espesores mínimos de los sistemas de protección anticorrosiva.

Los sólidos en volumen indicados en esta Tabla sirven como referencia para estimar el volumen teórico del recubrimiento, así como para determinar los espesores húmedos requeridos para alcanzar los espesores secos especificados para cada sistema.

El volumen real de recubrimiento está en función de las mermas propias de cada obra; las variables que más afectan al rendimiento teórico son: velocidad de viento, geometría de la superficie, condición del sustrato (rugosidad, porosidad, perfil de anclaje), técnicas de aplicación, etc.

Sistema No.	Descripción	% Sólidos en volumen (mínimo)	Perfil de Anclaje (micras)	Capas (micras)	Espesor por capa seca (micras)	Espesor total	Método de Aplicación	Usos
1	Primario epóxico-poliamida de dos componentes RP-6 Modificado	70	37.5 – 62.5	1	100-150	275-400	Aspersión convencional o sin aire	<p>Proporciona muy buena resistencia a ambientes secos y húmedos salinos, químicos, ácidos y álcalis; el primario contiene inhibidores de corrosión, el intermedio proporciona mayor resistencia y el acabado le da excelente apariencia.</p> <p>Adecuado para instalaciones superficiales en refinerías, complejos petroquímicos, equipos y tuberías de proceso.</p>
	+ Acabado epóxico catalizado-poliamida de dos componentes altos sólidos RA-26 Modificado	70	No aplica	1	100-150			
	+ Acabado poliuretano acrílico-alifático de dos componentes RA-28 Modificado	65	No aplica	1	75-100			
2	Primario epóxico poliamida de dos componentes RP-6 Modificado	70	37.5 – 62.5	2	100-150	275-400	Aspersión convencional o sin aire	<p>Proporciona la misma protección que el sistema No. 1, con la ventaja de que disminuye costos de operación, ya que el autoimprimante solo requiere de limpieza a metal comercial y son solo dos componentes del sistema. además de usarse como sistema inicial es propio para uso en reparaciones en las mismas condiciones del sistema no. 1. Area de presa de lodos, cuarto de químicos, paquete de líquidos, parte interior de cuartos, patio de tuberías, talleres, barandales y cantiliver's</p>
	+ Acabado poliuretano acrílico alifático de dos componentes RA-28 Modificado	65	No aplica	1	75-100			

Tabla 14 Descripción de sistemas de protección anticorrosivo.

Sistema No.	Descripción	% Sólidos en volumen (mínimo)	Perfil de Anclaje (micras)	Capas	Espesor por capa seca (micras)	Espesor total (micras)	Método de Aplicación	Usos
3	Primario inorgánico rico en zinc autocurante base solvente RP-4B Modificado	65	37.5 – 62.5	1	75-100	275-350	Aspersión convencional o sin aire	Excelente protección anticorrosiva a los ambientes más severos; el primario actúa como ánodo de sacrificio y el intermedio y acabado proporcionan mayor resistencia adecuado para ambientes húmedos, con o sin salinidad y gases derivados del azufre y ambiente marino. Adecuado para tuberías operando hasta 93 °C continua, interior de instalaciones con aire acondicionado, cubiertas y casetería de embarcaciones, bajo helipuerto, paquete habitacional, cuartos de lodos, cuarto de silos, área de presa de lodos, cuarto de químicos, paquete de líquidos y parte interior de cuartos.
	o Primario epóxico rico en zinc de dos a tres componentes RP-22	70	No aplica	1	125-150			
	+ Acabado epóxico catalizado poliamida de dos componentes altos sólidos. RA-26 Modificado		65					
	+ Acabado poliuretano acrílico alifático de dos componentes RA-28 Modificado							
4	Primario inorgánico rico en zinc, autocurante base solvente RP-4B Modificado	65	37.5 – 62.5	1	75-100	150-200	Aspersión convencional o sin aire	Resistente a los ambientes severos, equipos y estructuras; el primario de zinc se adhiere electroquímicamente y actúa como ánodo de sacrificio, el acabado es producto de nueva tecnología de gran resistencia a los químicos ácidos, bases, área de presa de lodos, cuarto de químicos y paquete de líquidos.
	o Primario epóxico rico en zinc de dos a tres componentes RP-22	70	No aplica	1	75-100			
	+ Acabado polisiloxano epóxico o Acrílico de dos componentes altos sólidos de alta resistencia RA-35							
5	Recubrimiento epóxico 100% sólidos de dos o tres componentes RE-36	100	75-100	1	2500-3125	2500-3125	Aspersión, espátula, llana ó aplicación manual	Producto especial para inmersión en zonas de mareas y oleajes en áreas de plataformas marinas y ductos ascendentes (para mantenimiento emplee la versión de aplicación manual)

Tabla 14 Descripción de sistemas de protección anticorrosivo (continuación).

Sistema No.	Descripción	% Sólidos en volumen (mínimo)	Perfil de Anclaje (micras)	Capas	Espesor por capa seca (micras)	Espesor total (micras)	Método de Aplicación	Usos
6	Primario epóxico-ductoamina de dos componentes RP-10 Modificado + Acabado epóxico catalizado aductoamina de dos componentes altos sólidos RA-29 Modificado	60	75-100	1	125-175	250-350	Aspersión convencional o sin aire	Presenta excelente resistencia al crudo, gasolina amarga, agua cruda, salada y tratada, destilados sin tratar, metanol y aromáticos. Se usa en interiores de tanques y en ambientes húmedos, con o sin salinidad y gases derivados del azufre.
	Acabado epóxico catalizado aductoamina de dos componentes altos sólidos RA-29 Modificado	60	No aplica	1	125-175			
7	Primario epóxico poliamida de dos componentes RP-6 Modificado + Acabado epóxico catalizado poliamida de dos componentes altos sólidos RA-26 Modificado o Acabado poliuretano o epóxico elastomérico antiderrapante de dos componentes RE-38	70	37.5 – 62.5	1	100-125	375	Aspersión convencional o sin aire	Resistente a los ambientes húmedos con o sin salinidad, gases derivados del azufre y a los destilados sin tratar, gasolina amarga, combustóleo; interior de tanques de embarcaciones y tuberías que operan a bajas temperaturas, pero su resistencia a los aromáticos es pobre. El RE-38 es recomendable para pasillos, rutas de escape, escaleras, pasamanos, y pisos de alto tráfico, patio de tuberías, talleres.
	Acabado poliuretano o epóxico elastomérico antiderrapante de dos componentes RE-38	70	No aplica	2	100-125			
8	Recubrimiento especial a base de resina acrílica siliconizada con pigmento de aluminio RE-30 A Modificado	40	12.5-25	1	25-37.5	25-37.5	Aspersión convencional ó sin aire	Recomendable para temperaturas de hasta 533 K (260 °C)
9	Recubrimiento de resina de silicón con pigmento de aluminio RE-30 B Modificado	40	12.5-25	1	25-37.5	25-37.5	Aspersión convencional o sin aire	Recomendable para temperaturas de 563 K hasta 833 K (de 290 a 560 °C). Puede incluir una capa de primario inorgánico de zinc para evitar la corrosión bajo película.


Tabla 14 Descripción de sistemas de protección anticorrosivo (continuación).

Sistema No.	Descripción	% Sólidos en volumen (mínimo)	Perfil de anclaje (micras)	Capas	Espesor por capa seca (micras)	Espesor total (micras)	Método de Aplicación	Usos	
10	Enlace epóxico catalizado cicloalifático con pigmento de aluminio, autoimprimante RI-35	80	37.5 – 62.5	2	75-100	225-300	Aspersión convencional o sin aire	<p>Sistema recomendable para reparación de superficies previamente pintadas, sobre pinturas intemperizadas y superficies oxidadas, para ambientes secos o húmedos con o sin salinidad y gases derivados del azufre y ambiente marino. Recomendado también como recubrimiento inicial, cuarto de silos, patio de maniobras, cuartos de bombas de lodos, parte interior de cuartos, patio de tuberías, talleres y barandales, cantiliver.</p>	
	+	Acabado polisiloxano epóxico ó acrílico de dos componentes altos sólidos de alta resistencia RA-35	70	No aplica	1				75-100
11	Epóxico catalizado de dos componentes RP-15	70	37.5 – 62.5	1	75-100	3600	Aspersión convencional o sin aire	<p>Adecuado para cubiertas de acero para helipuertos en plataformas marinas.</p>	
	+	Enlace de poliuretano o epóxico elastomérico de dos componentes RI-43	90	No aplica	1				2500-3125
	+	Acabado elastomérico de A.S. de dos componentes RE-38	65	No aplica	1				800-1000
12	Primario orgánico rico en zinc de dos componentes RP-23	70	37.5 – 62.5	1	75-125	250-375	Aspersión convencional o sin aire (airless)	<p>Este sistema aplica a todas las superficies de las tuberías de acero sobre la cubierta en plataforma que estén expuestas a un medio ambiente húmedo marino e industrial, salinidad y gases derivados del petróleo. Recipientes, Acero Estructural y Tuberías sobre cubierta, por encima de la zona de mareas. Recomendado para obra nueva. Para el caso de módulos habitacionales se aplicará solamente el RP-23 y RI-41.</p>	
	+	Enlace Epóxico Modificado autoimprimante de dos componentes RI-41	80	No aplica	1				100-150
	+	Acabado epóxico o acrílico polisiloxano de dos componentes altos sólidos de alta resistencia. RA-35	70	No aplica	1				75-100

Tabla 14 Descripción de sistemas de protección anticorrosiva (continuación).

Sistema No.	Descripción	% Sólidos en volumen (mínimo)	Perfil de anclaje (micras)	Capas	Espesor por capa seca (micras)	Espesor total (micras)	Método de Aplicación	Usos
13	Primario epóxico rico en zinc de dos o tres componentes RP-22	65	37.5 – 62.5	1	75-100	150-200	Aspersión convencional o sin aire (airless)	Recomendado para protección anticorrosiva en ambientes secos, resistente a gases derivados del azufre, ácidos y álcalis, propio para instalaciones exteriores en refinerías, complejos petroquímicos y estructuras exteriores
	+ Acabado poliuretano acrílico alifático de dos componentes RA-28 Modificado	65	No aplica	1	75-100			
14	Recubrimiento Epóxico 100% sólidos de dos componentes RP-21	100	75 – 100	2	150-200	300-400	Aspersión convencional o sin aire (airless)	Para interiores de tanques de agua potable. Debe cumplir con certificación para agua potable
15	Acabado polisiloxano de dos componentes RE-41 Especial	70	37.5 – 62.5	1	125-175	125-175	Aspersión convencional o sin aire (airless)	Recomendado para temperaturas desde (80 hasta 400° C). En el caso de obra nueva y zona seca en ducto ascendente, incluir una capa de primario inorgánico de zinc
16	Acabado polisiloxano de dos componentes RE-39 Especial	34	12.5-25	1	37.5-50	37.5-50	Aspersión convencional o sin aire (airless)	Recomendado para temperaturas desde (400 hasta 600° C)), en el caso de obra nueva, incluir una capa de primario inorgánico de zinc
17	Especial Epóxico Fenólico de dos componentes RE-37	65	37.5 – 62.5	1	125-175	125-175	Aspersión convencional o sin aire (airless)	Este sistema se aplica a la pintura exterior para todo el equipo de proceso aislado y tuberías, con temperatura de superficie hasta 205° C como máximo.
18	Recubrimiento Epóxico o Poliuretano anticorrosivo 100% sólidos de dos componentes. RP-13	100	50-75	2	250-300	500-600	Aspersión convencional o sin aire (airless)	Este sistema se aplica a los interiores del equipo de proceso a temperaturas elevadas de hasta 95° C para servicios de crudo y agua en los recipientes de proceso o separadores. Este sistema se aplica para pintar el interior de los tanques de almacenamiento para químicos y para el interior de los pedestales de la grúa que se usan para el almacenamiento de diesel, de glicol, etc.

Tabla 14 Descripción de sistemas de protección anticorrosiva (continuación).

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 30 DE 54
---	---	---

8.4. Inspección de la preparación de superficie.

8.4.1. Determinación del Grado de preparación de la superficie.

Es responsabilidad del contratista la inspección de la preparación de la superficie que fue sujeta a limpieza, antes de ser aplicado el recubrimiento, se debe medir el perfil de anclaje e inspeccionar visualmente la calidad de la limpieza requerida y garantizar que se cumpla con las recomendaciones del fabricante.

8.4.1.1. Resultados.

Los resultados obtenidos se deben evaluar con los criterios de aceptación especificados en las Tablas 4, 5, 7, 8 y 15.

8.4.1.2 Informe.

El contratista debe entregar un informe conteniendo los resultados de la inspección, el que debe contener como mínimo los siguientes datos:

- a) Identificación completa del elemento inspeccionado.
- b) Área inspeccionada.
- c) Condición de la superficie previa a la operación.
- d) Grado de limpieza requerido y método de limpieza seleccionado ó solicitado.
- e) Grado de limpieza alcanzado.
- f) Elementos visuales de apoyo.
- g) Identificación, descripción y localización de los defectos encontrados.
- h) Fecha de la inspección.
- i) Nombre y firma del inspector.

8.4.1.3 Criterios de aceptación.

Grado de limpieza	Especificación de referencias SSPC	Es motivo de rechazo:
Química	SP - 1	La área mínima en la cual se halle: polvo, aceite, grasa, manchas de pintura u otros contaminantes, así como la mínima presencia de costras de corrosión y pintura mal adherida que no hayan sido removidos al mismo grado indicado en la referencia.
Herramientas manuales	SP - 2	
Herramientas mecánicas	SP - 3	
Metal Blanco	Sa-3 Patrón fotográfico	Detectar la mínima área en la cual se observe polvo, aceite, grasa, manchas de pintura y otros contaminantes,

		así como la mínima presencia de costras de corrosión y pintura, Toda el área debe presentar un color gris claro uniforme como se indica en la referencia.
Cercano a metal blanco	Sa-2 1/2 Patrón fotográfico	Detectar más del 5% del área en la cual se observe polvo, aceite, grasa, manchas de pintura y otros contaminantes, así como la mínima presencia de costras de corrosión y pintura; el área debe presentar un color gris claro uniforme como se indica en la referencia.

Tabla 15 Criterios de aceptación para inspección visual

Grado de limpieza	Especificación de referencias SSPC	Es motivo de rechazo:
Grado comercial	Sa-2 Patrón fotográfico	Detectar más del 33% del área en la cual se observe polvo, aceite, grasa, manchas de pintura y otros contaminantes, así como la mínima presencia de costras de corrosión y pintura mal adherida; debe presentar una coloración uniforme.
Grado ráfaga	Sa-1 Patrón fotográfico	Examinada sin aumentos, la superficie debe estar exenta de aceite, grasa, y suciedad visible, así como de cascarilla, óxido y materias extrañas que presentan una escasa adherencia (cascarilla de laminación, de óxido ó pintura poco adherida que pueden desprenderse con una espátula roma).

Tabla 15 Criterios de aceptación para inspección visual

8.4.2 Determinación del perfil de anclaje.

El perfil de anclaje se debe determinar de acuerdo a los métodos señalados en ISO 12944-4 (Similar ASTM D – 4417 ó equivalente), los cuales se resumen a continuación:

8.4.2.1 Resultados.

El perfil de anclaje determinado debe cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla No. 14.

8.4.2.2. Informe.

Es obligación del contratista el control de calidad de los trabajos realizados y emitir los registros necesarios para cada caso en particular, los que deben contar por lo menos con los siguientes datos:

- a) Identificación completa del elemento a inspeccionar.
- b) Área inspeccionada.
- c) Condición de la superficie a tratar.
- d) Perfil de anclaje requerido.
- e) Perfil de anclaje obtenido.
- f) Método de prueba aplicado.
- g) Identificación, descripción y localización de áreas no aceptadas.
- h) Fecha de la inspección.
- i) Nombre y firma del inspector.
- j) Método de limpieza utilizado.

8.5. Pruebas de Laboratorio.

8.5.1 Generalidades.

Los sistemas de recubrimientos indicados en la Tabla 16 y que son suministrados bajo esta norma deben ser acompañados de un informe de pruebas que debe cumplir con los requisitos del párrafo 9.6.1 y además ser emitido por un laboratorio externo, acreditado ante ema, el cual debe contener invariablemente los resultados de todas las pruebas descritas y los resultados deben estar dentro de los límites de aceptación mostrados en las Tablas 16 y 17.

Para cada lote de producto que suministre, sea primario, enlace ó acabado, el fabricante debe emitir y entregar un reporte de los resultados de los análisis realizados.

Pruebas de adhesión:

La determinación de la adhesión se debe realizar aplicando el procedimiento "A" del método ASTM D-3359 ó equivalente, lo cual se indica en la Tabla No. 20 en función del espesor del sistema de recubrimientos.

8.5.1.1. Determinación de Sólidos en Volumen:

En caso de considerarse necesario la determinación de sólidos por volumen, se debe realizar aplicando el método ASTM D2697 ó equivalente, el que no aplica para inorgánicos ricos en zinc.

8.5.1.2. Determinación de resistencia a Niebla Salina.

La prueba debe efectuarse siguiendo el procedimiento indicado en el método ASTM B-117, última revisión ó equivalente.


Resultados:

Al término del tiempo de exposición, el espécimen debe ser inspeccionado conforme a los métodos descritos a continuación, considerando que la aparición de alguna falla será motivo de rechazo:

Falla	Método ASTM ó equivalente
Corrosión bajo película	D 610
Ampollamiento	D 714
Agrietamiento	D 661
Descascaramiento	D 772

8.5.1.3. Determinación de la resistencia a Humedad relativa de 100 %:

La prueba debe efectuarse siguiendo el método ASTM D-2247, última revisión ó equivalente.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 34 DE 54
---	---	---

Resultados: Al término del tiempo de exposición, el espécimen debe ser inspeccionado conforme a los métodos abajo designados considerando que la aparición de cualquier falla será motivo de rechazo.

Falla	Método ASTM ó equivalente
Corrosión bajo película	D – 610
Ampollamiento	D – 714
Descascaramiento	D – 772

8.5.1.4. Determinación de la Resistencia al Intemperismo.

La prueba debe efectuarse conforme al método ASTM D-154, última revisión ó equivalente, mediante la exposición del recubrimiento dentro de un equipo de intemperismo acelerado.

Resultados:

Al término del tiempo de exposición, el espécimen de prueba debe ser inspeccionado conforme a los métodos abajo designados considerando que cualquier falla es motivo de rechazo.


Falla	Método ASTM ó equivalente
Corrosión bajo película	D 610
Ampollamiento	D 714
Agrietamiento	D 661
Caleo	D 659
Descascaramiento	D 772
Cambio en color	Cualitativo

8.5.1.5. Resistencia química.

La resistencia química de recubrimientos y sistemas de recubrimientos se debe determinar por inmersión en reactivos por un tiempo y temperatura establecidos en la Tabla No. 17.

Método de Preparación de especímenes de prueba.

Los recubrimientos deben aplicarse sobre laminas de acero negro calibre No. 20, cuyas dimensiones sean apropiadas para el equipo disponible, pero en cualquier caso, el área no debe ser inferior a 50 cm². Deben seguirse los métodos de preparación de superficie, aplicación, espesor de película, primario, enlace y número de capas que indique la especificación correspondiente. Los especímenes de prueba se deben acondicionar por 7 días a 298 ± 275 K (25 ± 2 C), antes de la prueba.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 35 DE 54
---	---	---

Resultados:

Al término del tiempo de exposición, el espécimen debe inspeccionarse de acuerdo a los métodos abajo designados considerando que la aparición de cualquier falla es motivo de rechazo.

Falla	Método ASTM ó equivalente
Corrosión bajo película	D 610
Ampollamiento	D 714
Agrietamiento	D 661
Caleo	D 659
Descascaramiento	D 772
Cambio en color	Cualitativo

8.5.2. Criterios de aceptación.

Especificación	Prueba de Adherencia Método ASTM D-3359 Método "A" Cruz de Evans ó equivalente. Porcentaje de área removida	Cámara de niebla Salina Método ASTM B-117 ó equivalente Tiempo de Exposición (hrs.)	Cámara de humedad Método ASTM D-2247 ó equivalente Tiempo de Exposición (hrs.)	Resistencia a rayos Ultravioleta Método ASTM G-154 ó equivalente Tiempo de Exposición (hrs.)
RP-6 Modificado primario epóxico catalizado+RA-26 Modificado acabado epóxico de altos sólidos +RA-28 Modificado Acabado de poliuretano de dos componentes Sistema 1	Mínimo 3 "A"	1500	1000	1000
RP-6 Modificado primario epóxico catalizado +Acabado poliuretano alifático de dos componentes RA-28 Modificado Sistema 2	Mínimo 3 "A"	1500	1000	1000
RP-4 Tipo B Modificado base solvente o RP-22 +RA-26 Modificado Acabado epóxico catalizado de altos sólidos + Acabado de Poliuretano alifático de dos componentes RA-28 Modificado Sistema 3	Mínimo 3 "A"	1500	1000	1000
Primario de zinc 100% autocurante RP-4B Modificado ó RP-22+ Acabado polisiloxano epóxico o acrílico de dos componentes altos sólidos de alta resistencia RA-35 Sistema 4	Mínimo 3 "A"	2000	1500	1500
Recubrimiento epóxico 100 % sólidos de dos o tres componentes RE-36 Sistema 5	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

Tabla 16 Evaluación por Sistemas Propuesto.

Especificación	Prueba de Adherencia Método ASTM D-3359 Método "A" Cruz de Evans ó equivalente. Porcentaje de área removida	Cámara de niebla Salina Método ASTM B-117 ó equivalente Tiempo de Exposición (hrs.)	Cámara de humedad Método ASTM D-2247 ó equivalente Tiempo de Exposición (hrs.)	Resistencia a rayos Ultravioleta Método ASTM G-154 ó equivalente. Tiempo de Exposición (hrs.)
RP-10 Modificado Primario epóxico catalizado Aduc-Amina+RA-29 Modificado Acabado epóxico catalizado Aducto-Amina. Sistema 6	Mínimo 3 "A"	No aplica	No aplica	No aplica
Primario epóxico catalizado poliamida RP-6 Modificado +Acabado epóxico catalizado poliamida RA-26 modificado ó acabado antiderrapante RE-38 Sistema 7	Mínimo 3 "A"	No aplica	1000	No aplica
Recubrimiento Especial a base de resina acrílica siliconizada con pigmento de aluminio, que resiste temperaturas de 353 K hasta 563 K. (de 80 °C a 260 °C) RE-30 A Modificado Sistema 8	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Recubrimiento de resina de silicon con pigmento de aluminio, RE-30B Modificado Sistema 9	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Enlace epóxico catalizado cicloalifático con pigmento de aluminio, autoimprimante RI-35 + Acabado polisiloxano epóxico o acrílico de dos componentes altos sólidos de alta resistencia RA-35 Sistema 10	Mínimo 3 "A"	1000 con una limpieza SSPC-SP10 (ISO Sa 2 ½)	1500	1500
RP-15 Primario Epóxico Catalizado de altos sólidos de dos componentes +RI-43 Enlace poliuretano ó epóxico elastomerito altos sólidos de dos componentes +RE-38 Acabado Elastomérico antiderrapante de dos componentes. Sistema 11	Mínimo 3 "A"	1500	1000	No aplica

Tabla 16 Evaluación de Sistemas Propuestos. (Continuación)

Especificación	Prueba de Adherencia Método ASTM D-3359 Método "A" Cruz de Evans ó equivalente. Porcentaje de área removida	Cámara de niebla Salina Método ASTM B-117 ó equivalente Tiempo de Exposición (hrs.)	Cámara de humedad Método ASTM D-2247 ó equivalente Tiempo de Exposición (hrs.)	Resistencia a rayos Ultravioleta Método ASTM G-154 ó equivalente Tiempo de Exposición (hrs.)
RP-23 Primario orgánico rico en zinc + Enlace epóxico modificado autoimprimante de dos componentes RI-41+ Acabado epóxico o acrílico polisiloxano de dos componentes altos sólidos de alta resistencia RA-35 Sistema 12	Mínimo 3 "A"	1500	1500	1500
Primario epóxico rico en zinc de dos o tres componentes RP-22+Acabado poliuretano RA-28 modificado Sistema 13	Mínimo 3 "A"	1500	1500	1000
Recubrimiento epóxico 100% sólidos de dos componentes RP-21 Sistema 14	Mínimo 3 "A"	No aplica	1500	No aplica
RE-41 Especial polisiloxano de dos componentes de (80 a 400°C) Sistema 15	Mínimo 3 "A"	1000	1000	1000
RE-39 Especial polisiloxano de dos componentes de (400 a 600°C) Sistema 16	Mínimo 3 "A"	1000	1000	1000
Especial Epóxico Fenólico de dos componentes RE-37 Sistema 17	Mínimo 3 "A"	1000	1000	No aplica
Recubrimiento Epóxico o Poliuretano anticorrosivo 100% sólidos de dos componentes. RP-13 Sistema 18	Mínimo 3 "A"	No aplica	No aplica	No aplica


Tabla 16 Evaluación de Sistemas Propuestos. (Continuación)

Recubrimiento	Reactivo	Temperatura K (°C)	Tiempo (días)
RE – 36	Agua de mar	299 (26)	30
RP-21	Agua Potable	298 (25)	30
RP – 13	Crudo.	333 (60)	4
	Gasolina "sin tratar."	298 (25)	14
	Kerosina "sin tratar."	298 (25)	14
	Gasolina magna.	298 (25)	14
	Agua dulce.	298 (25)	14
	Agua de mar	298 (25)	14

Tabla 17 Pruebas de resistencia química para los diferentes recubrimientos.

Reactivo	Temperatura K (°C)	Tiempo total (horas)
Crudo	333 (60)	98
	298 (25)	336
Gasolina sin tratar.	298 (25)	336
Kerosina sin tratar.	298 (25)	336
Gasolina dulce.	298 (25)	336
Agua potable.	298 (25)	336
Agua de mar.	298 (25)	168
Agua destilada.	298 (25)	168
Agua hirviendo.	366 (113)	24
Vapor de agua.	298 (25)	252
Crudo – agua potable (2 ciclos).	333 (60)	120
Crudo. Agua potable.	333 (60)	120
Crudo – agua de mar (2 ciclos).	333 (60)	120
Crudo. Agua de mar.	333 (60)	120
Gasolina Magna– agua potable (2 ciclos).	298 (25)	120
Gasolina Premium. Agua dulce.	333 (60)	120
Gasolina Magna – agua de mar (2 ciclos).	298 (25)	120
Gasolina Magna. Agua de mar.	298 (25)	120
Gasolina Premium – agua potable (2 ciclos).	298 (25)	120
Gasolina Premium. Agua potable.	333 (60)	120
Gasolina Magna – agua de mar (2 ciclos).	298 (25)	120
Gasolina Premium. Agua de mar.	333 (60)	120
Hidróxido de sodio al 5%.	298 (25)	238
	333 (60)	98
Hidróxido de sodio al 15%.	298 (25)	336
Cloruro de sodio al 20%.	298 (25)	168

Para el sistema RP-10 Modificado / RA – 29 Modificado, acabado epóxico catalizado aductoamina

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 40 DE 54
---	---	---

8.6. Aplicación de los recubrimientos.

Se deben verificar las siguientes condiciones durante la aplicación de un recubrimiento:

8.6.1. Temperatura.

Los recubrimientos no se deben aplicar cuando la temperatura del medio ambiente sea inferior a 277 K (4 °C) o superior a 316 K (43 °C).

8.6.2. Humedad.

Se deben aplicar los recubrimientos cuando la humedad relativa ambiente sea menor al 85%.

8.6.3. Vida de mezcla (tiempo abierto de trabajo).

La vida de la mezcla es el tiempo de vida útil que transcurre después del mezclado y que permite una correcta aplicación del recubrimiento. Este tiempo debe de estar especificado en la ficha técnica que otorga el fabricante del recubrimiento.

8.7. Inspección de la aplicación.

8.7.1. Inspección del sistema total.

Es responsabilidad del contratista realizar la inspección final a todo el sistema aplicado, la que comprende la verificación de que el espesor de película seca del sistema total sea el especificado; que el color del acabado sea el que se especificó inicialmente; que franjas y marcas hayan sido colocadas adecuadamente.


8.7.1.1. Pruebas de campo.

8.7.1.2. Inspección visual.

El contratista debe realizar una inspección visual con la finalidad de identificar los defectos típicos, así como las causas y la forma de reparación que se indican en la Tabla 18.

Descripción	Causa	Reparación
Ecurrido. También llamado acortinado, flujo excesivo de recubrimiento	Pistola muy cerca del sustrato, demasiado adelgazador, demasiado recubrimiento o superficie muy lisa o brillante.	Antes del curado, eliminar el exceso de recubrimiento y modificar las condiciones de aplicación. Después del lijado se debe de aplicar otra capa.
Cáscara de naranja, picos y valles en la superficie, parecidos a una cáscara de naranja.	Recubrimiento demasiado viscoso, pistola muy cerca de la superficie, evaporación rápida de solvente, baja presión de aire, inapropiada atomización.	

Tabla 18 Defectos típicos durante la aplicación (Continuación).

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 41 DE 54
---	---	---

Descripción	Causa	Reparación
Ojo de pescado. Separación o restirado de la película de recubrimiento húmeda, que deja descubierta la película inferior o el sustrato.	Aplicación sobre aceite, polvo, silicón o recubrimiento incompatible.	Remover todo el recubrimiento del área afectada, limpiar perfectamente y aplicar otra capa de recubrimiento.
Poros (Pinholes). Agujeros pequeños y profundos exponiendo el sustrato.	Insuficiente e inadecuada atomización del recubrimiento, pigmento mal incorporado o contaminación del recubrimiento.	Antes del curado, cepillar o lijar y aplicar nueva capa; ya curado, aplicar una capa adicional.
Sobre aspersion	Partículas de recubrimiento medio secas depositadas en la superficie.	Antes de curar, remover con cepillo y solvente; después de curado, lijar y aplicar otra capa.

Tabla 18 Defectos típicos durante la aplicación (Continuación).

8.7.1.3. Criterios de aceptación.

Defecto	Criterio	Observaciones
Colgado.	No se acepta ningún porcentaje, por mínimo que este sea.	Se debe reparar.
Cáscara de naranja, picos y valles en la superficie		
Ojo de pescado.		
Poros (Pinoles).		
Sobreaspersion		

8.7.2. Medición de espesores en película húmeda.

El contratista debe realizar las mediciones de espesores de película húmeda, siguiendo las instrucciones de los métodos ASTM D-4414-95 ó equivalente.

8.7.3. Medición de espesores en película seca.

El contratista debe realizar la medición de los espesores de película seca aplicando el método establecido en la norma ISO-2366.

8.7.3.1. Medición e inspección de película seca.

Al terminar la aplicación del sistema anticorrosivo y finalizado el período de tiempo especificado para el secado y curado del sistema, se deben efectuar las siguientes pruebas:

Inspección visual.	IV
Medición de espesores.	ME
Adherencia.	AD
Conductividad eléctrica.	CE

8.7.3.2. Tipos de defectos no aceptables.


Los defectos comunes no aceptables que se detectan por inspección visual, se encuentran listados en la Tabla 19.

Defecto	Descripción	Causas
Acocodrilamiento	La pintura ya aplicada presenta cuarteaduras que asemejan a la piel de cocodrilo.	Es el efecto de un secado deficiente de la película previo a la aplicación de capas subsecuentes, curado a alta temperatura, espesor arriba de los límites permisibles, impacto físico o incompatibilidad entre capas.
Agrietamiento imperceptible	Fracturas irregulares y angostas en la última capa, que por lo regular no llega al sustrato.	
Agrietamiento	Fracturas irregulares profundas directas de la película de pintura hasta el sustrato.	
Ampollas	Pequeñas áreas deformadas semejantes a ampollas.	La presencia de herrumbre, aceite, grasa por debajo de la película aplicada; la existencia de humedad en la línea del rociador o el recubrimiento fue aplicado en una superficie caliente.
Decoloración	El acabado presenta falta de color en la superficie.	Por la presencia de condensación de humedad del medio ambiente, solvente evaporado en un ambiente húmedo o condensación en una superficie fría (servicio a bajas temperaturas).
Caléo	Pérdida de brillo y superficie con polvo.	La última capa expuesta fue preparada de forma inconveniente; fueron utilizados solventes y adelgazadores en proporción inadecuada; se presentan problemas en la resina.
Burbuja	Pequeñas marcas uniformes en la película.	Aire atrapado durante la aplicación de la pintura.
Delaminación	Falta de adhesión entre capas de pintura o entre la pintura y el sustrato.	Mala preparación de la superficie, aplicación fuera del tiempo especificado.

Tabla 19 Defectos típicos en recubrimientos anticorrosivos.

Atomización seca	Superficie de textura granulosa con una rugosidad parecida a la de la lija; se presenta principalmente con recubrimientos de inorgánicos de zinc.	La pistola se encuentra a una distancia mayor a la recomendada para la aplicación de pintura; las partículas del recubrimiento llegan parcialmente secas la superficie.
Incrustaciones de contaminantes	Secciones con contaminantes incrustados en la película.	La aplicación fue llevada a cabo sobre estratos de polvo y contaminantes.
Ojo de pescado	Se forman cavidades entre las películas que se asemejan a hoyos o depresiones profundas de pintura.	La aplicación se hizo sobre una superficie contaminada con aceite, humedad, suciedad, silicones y otros contaminantes, así como recubrimientos incompatibles.
Grieta de desecación	Es un agrietamiento que ocurre durante el secado del recubrimiento semejante al lodo seco agrietado; por lo regular se presenta en inorgánicos de zinc.	Espesor de película por arriba de límite permisible o contaminación de la superficie por aceite o agua.
Cáscara de naranja	Cavidades en la superficie, apariencia similar a la cáscara de naranja.	Aplicación incorrecta debido a que la atomización se hace con poca presión; evaporación rápida del solvente.
Sobre atomización	Se presentan depósitos de humedad o partículas del recubrimiento secas.	Las partículas del recubrimiento se aglomeran en la superficie
Poros	Cavidades de tamaño suficiente para atravesar una o varias capas y se localizan en la superficie.	Sobre aplicación del recubrimiento, solvente atrapado o el recubrimiento es aplicado en superficies calientes
Puntos de herrumbre	Cavidades oxidadas en la superficie.	Discontinuidades debido a poros, bordes afilados y restos de soldadura, entre otros.
Manchas, Desprendimientos y relleno	Demasiado fluido o material en la superficie vertical.	Exceso de adelgazador, adelgazador inadecuado, espesor de película por arriba de los límites permitidos, condiciones iniciales de aplicación no adecuadas.
Ablandamiento	Película aparentemente seca por la superficie, pero el recubrimiento bajo ella se encuentra blando; al presionar con el dedo pulgar; queda plasmada la huella.	Tiempo de secado insuficiente, baja temperatura, contaminación con agua y aceite, espesor del recubrimiento excesivo, mezcla deficiente.
Efecto Adherente	Los recubrimientos tienen penetración parcial; la superficie se encuentra seca pero al tocarla se asemeja a una cinta adhesiva.	Demasiado adelgazador; tiempo de secado insuficiente, baja temperatura, ventilación insuficiente.
Corrugado	Superficie rugosa y áspera.	Recubrimiento aplicado sobre otro sin curar, demasiada viscosidad, clima extremoso, solvente concentrado aplicado con pintura incompatible.

Tabla 19 Defectos típicos en recubrimientos anticorrosivos (continuación).

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 44 DE 54
---	---	---

8.7.3.3. Número de lecturas.

A causa de la variabilidad normal de instrumento, es necesario tomar diversas lecturas en cada área de referencia (tres lecturas) para obtener el espesor local. El número y la distribución de áreas de referencia necesarias para conseguir el espesor promedio de una superficie con recubrimiento, se describen a continuación:

Para determinar el espesor de película seca aplicada, el tipo de muestreo y la cantidad de lecturas se deben hacer de la manera siguiente:

Para superficies menores o iguales a 10 m², se toman 5 niveles de medición al azar; para formar un nivel de medición se debe trazar un círculo con un diámetro igual a 4,0 cm; dentro del área del círculo trazado, se toman 3 lecturas al azar, siendo el promedio simple de estas lecturas el espesor del nivel.

Para áreas que no excedan los 30 m², el área total se divide entre 3 y se debe aplicar la distribución en cada área de 10 m², de acuerdo a lo establecido para áreas de 10 m².

Para áreas que no excedan los 100 m², se toman al azar tres áreas de 10 m² cada una los cuales se deben medir de acuerdo a lo establecido para áreas de 10 m².

Para superficies que excedan los 100 m², los primeros 100 m² se miden de acuerdo a lo indicado para áreas que no excedan de 100 m²; adicionalmente se toman 10 m² al azar, los cuales se deben medir de acuerdo a establecido para áreas de 10 m².

Si algunos de los espesores de alguna área de 10 m² no cumplen con lo especificado, se deben tomar lecturas adicionales para delimitar el área que presenta el problema.

Nivel de medición: Para formar un nivel de medición se debe trazar un círculo con un diámetro igual a 4,0 cm; dentro del área del círculo trazado, se toman 3 lecturas al azar, siendo el promedio simple de estas lecturas el espesor del nivel.

Una vez obtenidos los resultados, éstos se deben calificar de acuerdo con los criterios de aceptación establecidos en la Tabla No.- 22 de la Sección 8.7.5.8.


Espesor mínimo: El promedio de las medidas de cada nivel para cada 10 m² de área, no debe ser menor al valor mínimo especificado. Ninguna lectura de un punto de cualquier a nivel en el área de 10 m², debe ser menor al 80 % del espesor mínimo especificado; en el caso de detectar no conformidades, se deben hacer mediciones adicionales para delimitar el área que presente el problema.

Espesor máximo: El promedio de las medidas de cada nivel para cada 10 m² de área, no debe ser mayor al valor máximo especificado. Ninguna lectura de algún punto de cualquier nivel en el área de 10 m², debe ser mayor al 120 % del espesor máximo especificado; en el caso de detectar no conformidades, se deben hacer mediciones adicionales para delimitar el área que presenta el problema y solicitar mas información acerca del comportamiento del recubrimiento con el fabricante del recubrimiento.

8.7.3.4. Informe.

El informe de resultados debe de proporcionar por lo menos con lo siguientes datos:

- a) Identificación completa del elemento a inspeccionar.
- b) Área inspeccionada.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 45 DE 54
---	---	---

- c) Recubrimiento aplicado.
- d) Espesor especificado del recubrimiento por sistema o por capa.
- e) Patrones de referencia empleados.
- f) Identificación, descripción y localización de las áreas donde se detecten problemas.
- g) Fecha de la inspección.
- h) Equipo utilizado en la inspección (marca, modelo, número de serie y fecha de calibración).
- i) Nombre y firma del inspector.

8.7.4. Detección Dieléctrica de poros o discontinuidades.

El contratista debe realizar la detección dieléctrica de poros en el recubrimiento aplicando la norma ASTM G 62-87 ó equivalente,

8.7.4.1 Informe.

El informe debe de incluir, como mínimo:

- a) Nombres y código del sistema anticorrosivo.
- b) Nombre y tipo de instrumento usado, así como el tipo de método utilizado.

8.7.4.2 Criterio de aceptación.

No se debe admitir la presencia de poros o discontinuidades en el sistema de recubrimientos. En caso de detectarse fallas en el sistema de recubrimientos se debe realizar la reparación conforme se indica en el punto 8.7.8.

8.7.5 Determinación de adherencia.

El contratista debe realizar la determinación de adherencia del sistema de recubrimientos con el método de prueba ASTM D-3359 ó equivalente.

8.7.5.1. Informe.

El informe de resultados debe contar por lo menos con lo siguientes datos:

- a) Identificación completa del elemento a inspeccionar.
- b) El área inspeccionada.
- c) Recubrimiento aplicado.

- d) Espesor del recubrimiento.
- e) Modelo, marca tipo, No de serie del equipo utilizado.
- f) Identificación completa de las condiciones encontradas.
- g) Nombre y firma del inspector.

8.7.6 Criterios de aceptación.

8.7.6.1 Inspección Visual.

Una vez identificados los defectos, éstos deben ser calificados de acuerdo con lo señalado en la Tabla 21.

Defecto	Criterio	Observaciones
Acocodrilamiento	No se acepta ningún porcentaje, por mínimo que sea.	Toda aquella indicación encontrada, se debe reparar.
Agrietamiento imperceptible		
Agrietamiento		
Ampollas		
Decoloración		
Caléo		
Burbuja		
Delaminación		
Atomización seca		
Incrustaciones de contaminantes		
Ojo de pescado		

Tabla 20 Criterios de aceptación para inspección visual.

Defecto	Criterio	Observaciones
Grietas de desecación		
Cáscara de naranja	No se acepta ningún porcentaje, por mínimo que sea.	Toda aquella indicación encontrada, se debe reparar.
Sobre – atomización		
Poros		
Puntos de herrumbre		
Manchas, desprendimientos y relleno		
Ablandamiento		
Efecto adherente		
Corrugado		

Tabla 20 Criterios de aceptación para inspección visual (continua).

8.7.7 Vida útil en servicio de los sistemas para diversos ambientes.


Un sistema a base de recubrimiento anticorrosivo se debe evaluar para programar su mantenimiento mediante criterios que establezcan los parámetros de los fabricantes para garantizar un periodo mínimo de vida útil en servicio de 5 años.

8.7.8 Reparaciones.

Todas las indicaciones que fueron calificadas como defectos y que de acuerdo con las especificaciones de esta norma, necesitan ser reparadas y deben de cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Se debe identificar en forma exacta el área que presenta el problema.
- b) Se debe aplicar el mismo sistema con el cual está protegida la superficie.
- c) Se debe retirar el recubrimiento del área no conforme.
- d) Se deben tener en cuenta todas las consideraciones técnicas especificadas para el sistema durante la reparación.
- e) El método de preparación de superficie y de aplicación, puede ser cualquiera que cumpla con todos los parámetros que se especifican en los Capítulos 8.2 y 8.6.

Una vez efectuada la reparación, se deben de aplicar todas las pruebas especificadas en este capítulo

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 48 DE 54
---	---	---

8.7.9 Registros de inspección.

Durante todas y cada una de las etapas de inspección y como evidencia del trabajo realizado, el contratista debe hacer los registros propios de cada prueba.

Se pueden utilizar los formatos tipo sugeridos en los anexos 1, 2 y 3.

9 RESPONSABILIDADES

9.1. Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios

En base a un estudio previo de ingeniería, es responsabilidad de PEMEX el definir la condición de exposición, la condición de superficie deseada y la selección del recubrimiento, el sistema y vigilar el cumplimiento de los requisitos y recomendaciones de esta norma para la preparación, aplicación, inspección, seguridad, salud ocupacional y protección al ambiente para la protección anticorrosiva a los elementos metálicos de hierro y de acero al carbono.

9.2. Subcomité Técnico de Normalización.

Promover el conocimiento de esta norma entre las áreas usuarias de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, firmas de ingeniería, prestadores de servicios, proveedores y contratista, involucradas en él o los procesos técnicos y administrativos generados por la necesidad de aplicar protección anticorrosiva a elementos metálicos de hierro y de acero.

9.3. Área usuaria de Petróleos Mexicanos y Organismos subsidiarios.

La verificación del cumplimiento de esta norma, se debe llevar a cabo por el supervisor de Petróleos Mexicanos, solicitando en las bases técnicas que los licitantes acrediten con documentos vigentes, que cuentan con personal técnico especializado con experiencia en el manejo e interpretación de esta norma.

9.4. Inspector verificador ó supervisor de PEMEX.


9.4.1. Verificar, vigilar y hacer cumplir los requerimientos especificados en esta norma.

9.4.2. Llevar un registro de las condiciones ambientales diarias.

9.4.3. El supervisor debe contar con los programas, normas, reglamentos, códigos, especificaciones y procedimientos aplicables a la especialidad.

9.4.4. El supervisor debe contar, con los equipos e instrumentos de medición de los diferentes parámetros, debidamente calibrados.

9.4.5. El supervisor también debe contar con un programa o plan de inspección previamente elaborado con el fabricante y el contratista, que cubra todas las fases, iniciando desde la recepción y almacenaje de los productos hasta la fase final del curado del recubrimiento.


 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 49 DE 54
---	---	---

9.5. Del contratista.

- 9.5.1.** Es obligación contar con un sistema de control de calidad, así como de procedimientos específicos para preparación de superficie y aplicación de recubrimientos, que garanticen la calidad de los trabajos realizados, en los cuales se indiquen a detalle las etapas de trabajo.
- 9.5.2.** Contar con documentos que demuestren que los componentes del sistema de recubrimiento cumplen con las propiedades fisicoquímicas y de comportamiento indicadas en esta norma para el sistema particular de recubrimiento. Reporte de los resultados del laboratorio que hizo las pruebas acorde a lo indicado en esta norma.
- 9.5.3.** Contar con el equipo, herramientas y accesorios con un uso no mayor a 3 años de servicio (comprobando con documentos) de cómo hace la aplicación del recubrimiento indicado en los procedimientos correspondientes de aplicación.
- 9.5.4.** Efectuar las revisiones y pruebas correspondientes a las etapas antes, durante y después de la aplicación del sistema de recubrimiento.
- 9.5.5.** Promover la capacitación y acreditación de sus aplicadores, emitiendo cartas de validación (interna) que indiquen que estos cuentan con el conocimiento y habilidades para aplicar sus productos.
- 9.5.6.** El contratista debe contar con un experto en protección anticorrosiva para trabajar en común acuerdo con el técnico del fabricante de la pintura, para garantizar por escrito (puede ser una póliza) los años de servicio de la protección anticorrosiva solicitada por PEMEX.
- 9.5.7.** Efectuar la detección de defectos, identificar, registrar y reparar las zonas con falla.
- 9.5.8.** Elaborar informe – memoria de los trabajos que se desarrollaron en las instalaciones superficiales
- 9.5.9.** Efectuar los trabajos utilizando los materiales especificados en el contrato.
- 9.5.10.** Todo contratista o personal relacionado con las actividades de esta norma, está obligado a cumplir con las disposiciones en materia de seguridad y protección ambiental que establezca de centro de trabajo de Pemex ó el área donde realiza sus actividades. Además, debe portar el equipo de protección personal recomendado por el fabricante del equipo de limpieza y especificado en los manuales de operación, mantenimiento y seguridad de PEMEX.

9.6. Del fabricante de recubrimientos o proveedor.

- 9.6.1.** Hacer las pruebas a los recubrimientos en laboratorios especializados, estos resultados deben ser hechos por un laboratorio acreditado por ema ó por un organismo internacional de acreditación que tenga reconocimiento mutuo con ema. Los informes de las muestras evaluadas por el laboratorio de pruebas serán vigentes hasta que exista modificación en estos sistemas, máximo 5 años. Cuando exista una modificación a esta norma NRF-053, los nuevos sistemas, y los que se modifiquen, deberán ser sujetos a nuevas evaluaciones.
- 9.6.2.** En caso necesario, proporcionar asistencia técnica al personal de PEMEX y al aplicador de los trabajos cuando se utilicen sus productos.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 50 DE 54
---	---	---


- 9.6.3. Proporcionar la hoja técnica de todos los componentes del sistema de recubrimiento anticorrosivo; especificar las temperaturas máxima y mínima de aplicación y curado, así como otras limitantes relevantes relacionadas con las condiciones de aplicación y curado.
- 9.6.4. Promover la capacitación de sus clientes.
- 9.6.5. Garantizar por escrito que los productos suministrados deben ser nuevos, no haber alcanzado el 20% de su vida de almacenamiento y cumplir el 100% de esta.
- 9.6.6. Acompañar a cada lote de entrega la hoja de resultados de análisis del laboratorio. Se debe analizar cada lote.
- 9.6.7. No utilizar pigmentos basados en óxido de plomo y cromatos. Anexar sus hojas de seguridad (MSDS's)

10. CONCORDANCIA CON OTRAS NORMAS MEXICANAS O INTERNACIONALES.


Esta Norma coincide parcialmente con las normas ISO 12944 (1998) "Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems", sobre los sistemas de protección anticorrosiva a estructuras de acero y la NRF-004-PEMEX-2003 "Protección con Recubrimientos Anticorrosivos a Instalaciones Superficiales de Ductos".

11. BIBLIOGRAFÍA.

- 11.1. NACE STANDAR No 5 Surface Preparation and Cleaning of Steel and Other Hard Materials by High and Ultrahigh/Pressure Water Jetting Prior to Recoating SSPC/SP 12.(Preparación de Superficies y Limpieza por limpieza de materiales con chorro de agua alta y ultra alta presión).
- 11.2. NACE STANDAR 6G198 Wet Abrasive Blast Cleaning SSPC/TR 2:1998.(Limpieza con chorro abrasivo húmedo).
- 11.3. ESPECIFICACIÓN Y MÉTODOS DE PRUEBA PARA RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS P.4.0351.01 PRIMERA EDICIÓN DE PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN.
- 11.4. STRUCTURE STEEL PAINTING COUNCIL SSPC-VIS 1 Visual Standard for Abrasive Blast Cleaned Steel (Standard Reference Photographs). (Guía y referencia para elementos de acero limpiados por un sistema abrasivo).
- 11.5. JOINT TECHNICAL REPORT.- SSPC-TR 2. Wet Abrasive Blast Clearing. NACE 6G198:1998 (Limpieza con chorro abrasivo húmedo).
- 11.6. JOINT SURFACE PREPARATION STANDARD NACE No. 5:2002- Surface Preparation and Cleaning of Cleaning of Metals by Waterjetting Prior to Recoating. SSPC-SP 12.(Preparación y limpieza de superficies de acero con abrasivos y agua a alta y ultra alta presión).
- 11.7. SSPC-VI 5/NACE VIS 9.- SSPC-VI 5.- Reference Photographs for Steel Wet Abrasive Blast Clearing .NACE VIS 9. (Referencia fotográfica para superficies preparadas con limpieza con chorro abrasivo húmedo).

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 51 DE 54
---	---	---

- 11.8. NACE No. 7 1998 Interim Guide to Visual Reference Photographs for Steel Cleaned by Water Jetting SSPC/VIS 4(I):2000 (Guía y referencia fotográfica para superficies preparadas por limpieza con agua a presión)
- 11.9. ASTM D-5367 2000 Standard Practice for Evaluating Coatings Applied over Surfaces Treated with Inhibitors Used to Prevent Flash Rusting of Steel When Water or Water/Abrasive Blasted (Estándar practico para la Evaluación de la protección aplicada sobre superficies de acero utilizando inhibidores para prevenir la oxidación instantánea, con limpieza abrasiva húmeda ó con agua).
- 11.10. ASTM D-4417 2003 Standard Test Methods for Field Measurement of Surface Profile of Blast Cleaned Steel (R 1999).-(Método Estándar de de Prueba para Medición del perfil de anclaje de limpieza abrasiva).
- 11.11. ASTM D-4414 1995 Standard Practice for Measurement of Wet Film Thickness by Notch Gages R(2001) (Estándar de práctico para Medición de espesor de película húmeda).
- 11.12. ASTM D-1212 1991 Standard Test Methods for Measurement of Wet Film Thickness of Organic Coatings R(2001) (Método estándar de prueba para la Medición del espesor de película húmeda).
- 11.13. ASTM D-3359 2003 Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test.- (Método Estándar de Prueba de adherencia).
- 11.14. ASTM G 62 1987 Standard Test Methods for Holiday Detection in Pipeline Coatings R(1998) (Método Estándar de Prueba para detección de puntos sin pintar de los recubrimiento en tuberías).
- 11.15. ASTM G-154 2001 Standard Practice for Operating Fluorescent Light Apparatus for UV Exposure of Nonmetallic Materials-Replaces ASTM G53; E1-2001 (Prueba práctica para la exposición con rayos UV, a materiales no metálicos).
- 11.16. ASTM D-522 1993 REV A. Standard Test Methods for Mandrel Bend Test of Attached Organic Coatings R (2001). (Prueba de doblez).
- 11.17. ASTM D-4541 2002 Standard Test Method for Pull/Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers. (Prueba de adherencia mediante cortes en el recubrimiento utilizando cinta adhesiva).
- 11.18. ASTM B-117 2003 Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus (Prueba de condiciones requeridas para mantener una aspersión con sal).
- 11.19. ASTM D-2247 2002 Standard Practice for Testing Water Resistance of Coatings in 100 % Relative Humidity (Prueba de resistencia a la humedad con un 100 % de humedad relativa).
- 11.20. ASTM D-1193 1999 Standard Specification for Reagent Water (Agentes Reactivos).
- 11.21. ASTM D-4228 1999 Standard Practice for Qualification of Coating Applicators for Application of Coatings to Steel Surfaces (Calificación de pintores para superficies de acero en plantas).
- 11.22. ASTM D-610 2001 Standard Test Method for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces SSPC/VIS/2 (Método de prueba estándar para la evaluación del grado de oxidación en superficies de acero pintado).

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA A BASE DE RECUBRIMIENTOS PARA INSTALACIONES SUPERFICIALES	NRF-053-PEMEX-2005 Revisión: 0 PÁGINA 52 DE 54
---	---	---

- 11.23.** ASTM D-714 1987 Standard Test Method for Evaluating Degree of Blistering of Paints R (2000) (Método de prueba estándar para la evaluación del grado de anpollamiento en las pinturas).
- 11.24.** ASTM D-661 1993 Standard Test Method for Evaluating Degree of Cracking of Exterior Paints R(2000) (Método de prueba estándar para la evaluación del grado de agrietamiento en las pinturas exteriores).
- 11.25.** ASTM D-772 1986 Standard Test Method for Evaluating Degree of Flaking (Scaling) of Exterior Paints R(2000) (Método de prueba para la evaluación del grado de descascaramiento en pinturas exteriores).
- 11.26.** P.2.0351.01.- Sistemas de Protección anticorrosivo a base de recubrimientos. Primera edición Noviembre del 2001, PEMEX.
- 11.27.** P.3.0351.01.- Aplicación e inspección de recubrimientos para protección anticorrosiva. Primera Edición julio de 2000, PEMEX.
- 11.28.** P.4.0351.01.- Especificaciones y métodos de prueba para recubrimientos anticorrosivos. Primera Edición diciembre del 2001 PEMEX.
- 11.29.** DG-SASIPA-SI-08301.-"Especificaciones de recubrimientos anticorrosivos para superficies metálicas".
- 11.30.** ASTM D 2697.- Standard Test Method for Volume Nonvolatile Matter in Clear or Pigmented Coatings R(1998).(Método de prueba estándar para volumen de materiales no volátiles en recubrimientos decolorados o pigmentados).
- 11.31.** SSPC-AB 1 "Mineral and Slag Abrasives. Editorial Changes September 1, 2000. (Minerales y Escorias Abrasivas)
- 11.32.** SSPC Good Painting Practice Steel Structures Painting Manual Volume 1. (Buenas Practicas de Pintura, Manual de Pinturas de Estructuras de Acero Volumen 1).

Anexo 2

Formato de medición de espesores

Datos generales del contratista o responsable de la inspección					
Datos generales de la superficie a inspeccionar					
Condiciones de la inspección					
Características del equipo de medición					
Nivel	Localización	Punto No 1	Punto No 2	Punto No 3	Promedio
Criterios de aceptación, resultado de la inspección y observaciones					
Datos generales del inspector y de quien autoriza					

Anexo 3

Formato de prueba de adherencia

Datos generales del contratista o responsable de la inspección			
Datos generales de la superficie a inspeccionar			
Condiciones de la inspección			
Características del equipo			
Punto	Localización	Grado de desprendimiento	Observaciones
Criterios de aceptación, resultado de la inspección y observaciones			
Datos generales del inspector y de quien autoriza			