

CENTRAL HIDROELÉCTRICA ITAIPU ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

5010-20-15200-E

PINTURA DE EQUIPOS PERMANENTES

5	Incluido Sistema de Pintura SPM-2	JBV/VLM	30-07-08
4	Cambio del Código MB985 por NBR 11003	JJM	24-01-07
3	Revisión para ser utilizada en la SEMD, ampliación de los sectores 3 y 4 – Patio de maniobras 220 y 500 kV TX/RX y T5/R5	MSM/JJM	11-01-07
2	Revisión realizada por CETAIPU para el montaje de las unidades U-9A / U-18 ^a	MJB/JJM	09-05-03
1	Modificado carátula, encabezado, numeración y condiciones climáticas (ítem 1.1)	EVC/CCF	22-02-2000
No.	DESCRIPCIÓN	FIRMA	FECHA
REVISIONES		ITAIPU	
Preparado: RMG 12/12/99		Revisado: JJM 26/08/99	
Verificado: JJM 26/08/99		Aprobado: CCF 27/08/99	
EM.DT - Superintendencia de Ingeniería			
ENE.DT – Departamento de Ingeniería Electrónica y Electromecánica			
DIRECCIÓN TÉCNICA		5010.20.15200-E	R5

ÍNDICE DEL CONTENIDO

		Página
1.	CONCEPTOS GENERALES	01
1.1	Condiciones Climáticas.....	01
2.	PREPARACIÓN DE LAS SUPERFICIES	02
2.1	Métodos.....	02
2.2	Condiciones Generales para la Limpieza a Chorro Abrasivo.....	04
2.3	Material Abrasivo para la Limpieza a Chorro.....	05
2.4	Granulometría del Material Abrasivo y Perfil Máximo Obtenido	05
2.5	Aire Comprimido	06
3.	PINTURA – NORMAS GENERALES	06
3.1	Aplicación de Pinturas	06
4.	ESPECIFICACIONES DE PINTURAS	07
4.1	Observaciones Generales	07
4.2	Especificaciones de Pinturas Epoxi de Gran Espesor TMF-6/TMF-8/TMA-10/TMA-12	08
4.3	Especificaciones de Pinturas Epoxi-Poliamídicas de Alquitrán de Hulla TMF-7/TMA-9.....	10
4.4	Especificaciones de Pinturas Esmalte de Poliuretano de Dos Componentes – TMA-11.....	11
4.5	Especificaciones de la Adherencia de Pinturas TMF-9	13
5.	SISTEMAS DE PINTURA	14
5.1	SPM-1 Sistema de Pintura para Superficies Metálicas de Equipos Externos/Expuestos a la Intemperie	14
5.2	SPM-2 Sistema de Pintura de Mantenimiento de Superficies Metálicas Inmersas, Parcial o Totalmente, en el Agua y/o con Humedad Excesiva.....	15
5.3	SPM-3 Sistema de Pintura para Equipos Ubicados en Áreas Cubiertas o Sin Aislamiento	18
5.4	SPM-4 Sistema de Pintura de Equipos con Pinturas con Elevado Contenido de Sólidos (HB) y Elevada Resistencia Química (AR)	18
5.5	SPM-5 Sistema de Pintura de Superficies de Aluminio en Ambientes Húmedos o Perjudiciales	19
5.6	SPM-6 Sistema de Pintura de Superficies Galvanizadas, Aluminio, Acero Inoxidable, Plástico Reforzado con Fibra, y Metales No-Ferrosos.....	20

6.	COLORES DE IDENTIFICACION Y DE SEGURIDAD	21
6.1	Objetivo.....	21
6.2	Identificación de Cañería.....	21
6.3	Colores de Seguridad.....	21
6.4	Identificación de Cañería	23
7.	INSPECCIÓN Y CONTROL	23
7.1	Conceptos Generales	23
7.2	Inspección Después de la Entrega del Equipo	23

PINTURA DE EQUIPOS PERMANENTES

1. CONCEPTOS GENERALES

La presente Especificación abarca todos los servicios de pintura de los equipos permanentes pertenecientes a la Central Hidroeléctrica de ITAIPU.

Esta Especificación define los requisitos mínimos a ser cumplidos en la ejecución de los sistemas de pintura establecidos para cada equipo, dentro de las normas de calidad deseadas.

Un sistema de pintura (SP) toma en consideración la preparación de la superficie, la mano de pintura de fondo y la mano de terminación. Cada sistema será definido por la especificación para la limpieza de la superficie, y por las especificaciones de los tipos de pintura y su aplicación.

A continuación se presentan los nombres de las entidades que podrán ser explícitamente citadas por sus abreviaturas en el texto de este manual:

ABNT – “Associação Brasileira de Normas Técnicas” (BR).

INTN – “Instituto Nacional de Tecnología y Normalización” (PY).

ASTM – American Society for Testing and Materials (USA)

FTMS – Federal Test Method Standard (USA)

SSPC – Steel Structures Painting Council (USA)

SIS - Sveriges Standaddiseringskommision (SW)

PETROBRÁS – “Petróleo Brasileiro S.A.”

1.1 CONDICIONES CLIMÁTICAS

Deben ser consideradas las siguientes condiciones climáticas:

❖	Clima	:	Tropical
❖	Altura sobre el nivel del mar	:	240 m
❖	Temperatura		
	• Máxima	:	40° C
	• Mínima	:	-5° C
	• Promedio máximo diario	:	30° C

❖ Humedad relativa del aire		
• Máxima	:	100%
• Promedio anual	:	80%
❖ Velocidad del viento		
• Máxima	:	172 km/h
• Mínima	:	2 km/h
❖ Radiación solar		
• Máxima	:	520 W/m ²
❖ Precipitación		
• Promedio anual	:	2000 mm
❖ Descargas atmosféricas		
• Densidad	:	10 rayos/km ² /año
• Nivel cerámico	:	100 días/año

2. PREPARACIÓN DE LAS SUPERFICIES

2.1 MÉTODOS

Serán considerados los siguientes métodos que cumplen con las normas SIS 055900-1967 y con las normas correspondientes al SSPC, que presentan las siguientes equivalencias:

TIPOS DE LIMPIEZA DE SUPERFICIES	GRADO DE PREPARACIÓN	
	NORMA SIS.05.5900	NORMA VIS.1 SSPC
COM CHORRO ABRASIVO		
Metal Blanco (Limpieza por Chorro Abrasivo hasta Metal Blanco)	Sa 3	SSPC-SP-5
Metal Casi Blanco (Limpieza por Chorro Abrasivo hasta Metal casi Blanco)	Sa 2 ½	SSPC-SP-10
Comercial (Limpieza por Chorro Abrasivo Comercial)	Sa 2	SSPC-SP-6
Liviano (Limpieza por Chorro Abras. Liviano)	Sa 1	SSPC-SP-7

COM HERRAMIENTAS MECÁNICAS		
Limpieza Mecánica (Limpieza por Herramientas a Motor)	St 3	SSPC-SP-3
Limpieza Manual (Limpieza con Herramientas de Mano)	St 2	SSPC-SP-2

Luego de determinar las normas a ser seguidas, las correspondientes especificaciones serán cumplidas a través de todo el proceso de la limpieza.

- NORMA Sa 3 o SSPC-SP-5: LIMPIEZA HASTA EL METAL BLANCO, A CHORRO DE ARENA U OTRO MATERIAL ABRASIVO.

Este es el método más perfeccionado de limpieza a chorro abrasivo mediante el cual la superficie limpia queda totalmente libre de escamas de la laminación, óxido, pintura o cualquier otro material extraño, y presenta un aspecto plateado apagado (gris claro, con lustre metálico y gran uniformidad de color) y una aspereza apropiada para una buena adherencia de la pintura especificada.

- NORMA Sa 2½ o SSPC-SP-10: LIMPIEZA HASTA EL METAL CASI BLANCO, A CHORRO ABRASIVO

Las escamas de laminación, óxido y material extraño, serán removidas tan completamente que sus vestigios aparecen solamente como ligeras manchas o marcas de rayas.

- NORMA Sa 2 o SSPC-SP-6: LIMPIEZA A CHORRO COMERCIAL – CON ARENA U OTRO ABRASIVO DEL TIPO COMERCIAL

Luego de la limpieza, la superficie no necesita presentar un color uniforme y puede tener manchas y un aspecto de listas, ya que este método, en sus requisitos mínimos, no exige la completa remoción de las escamas de laminación o rastros de óxido que estén fuertemente adheridos.

- NORMA Sa 1 o SSPC-SP-7: LIMPIEZA A CHORRO LIVIANO CON ARENA U OTRO TIPO DE MATERIAL ABRASIVO LIVIANO

Éste es el menos perfecto de los métodos de limpieza a chorro, eliminando las escamas de laminación, la capa de óxido y la pintura que no esté fuertemente adherido. Permite obtener una superficie con aspereza apropiada para una buena adherencia de la pintura.

- NORMA St 3 o SSPC-SP-3: LIMPIEZA MECÁNICA

Este método de limpieza retira las escamas de laminación, el óxido y la pintura que solamente estén ligeramente adheridas, por medio de un cepillo metálico rotativo, herramientas mecánicas de impacto, esmeriladora,

lijadora, o mediante una combinación de estas herramientas. Cualquier otro material extraño será removido.

- **NORMA St 2 – SSPC-SP-2: LIMPIEZA MANUAL**

Este método de limpieza retira las escamas de laminación, el óxido y la pintura que estén débilmente adheridos por medio de un cepillo metálico, lijadora, raspador, martillo de albañil u otras herramientas manuales de impacto, o mediante una combinación de estas herramientas. Cualquier otro material extraño será removido.

2.2 CONDICIONES GENERALES PARA LA LIMPIEZA A CHORRO ABRASIVO

Los trabajos de limpieza a chorro serán realizados de forma a no causar daño a las partes de la obra ya completadas.

El aceite o la grasa serán removidos por medio de un solvente de baja toxicidad con punto de inflamación superior a 40° C (determinado por el método Pensky Martens) antes de cualquier limpieza mecánica o manual, de manera que la remoción sea restringida en la mayor medida posible al área contaminada con aceite o grasa, y aún antes de cualquier limpieza a chorro abrasivo.

En los puntos con residuos de concreto, salpiques de soldadura o de escoria, los mismos serán removidos mediante herramientas de impacto manuales o mecánicos, antes de la limpieza a chorro.

Durante el proceso de la limpieza se dedicará atención especial a las ubicaciones de soldaduras y las áreas adyacentes, hasta una distancia de aproximadamente veinte (20) centímetros desde las soldaduras, para que todas las salpicadas, productos condensados y escoria de la soldadura sean completamente removidos. La aspereza de las superficies de soldaduras no será mayor que la obtenida con el método de limpieza adoptado.

Luego de la limpieza a chorro, la superficie será revisada para verificar el completo cumplimiento de las especificaciones del método de limpieza.

Antes de iniciar la pintura se realizará una limpieza cuidadosa de la superficie mediante el uso de aire comprimido, una aspiradora y/o un cepillo de cerdas. Al limpiar superficies en áreas con poca ventilación, se utilizará una aspiradora industrial.

No se realizará limpieza a chorro abrasivo cuando las superficies a ser tratadas estén a temperatura inferior al punto de rocío ambiente, incrementado en 3° C, o cuando la humedad relativa del aire sea mayor que el 85%.

Las superficies limpiadas por Limpieza a Chorro Abrasivo Hasta el Metal Blanco, serán protegidas con una pintura de base o de terminación dentro de un máximo de ocho (8) horas después de recibir limpieza como preparación de sus superficies para la pintura. Para los otros métodos considerados, la primera mano de pintura de base o de terminación debe ser aplicada lo antes posible y antes de observar cualquier indicio de la reanudación del proceso de la oxidación.

Las superficies maquinadas de bridas y conexiones serán protegidas del chorro abrasivo por tapas de madera o al ser envueltas en una lona plástica.

El servicio de limpieza será sobrepuesto encima de las interfaces de las superficies a ser pintadas que se hallaren en varias etapas de preparación.

Cualquier y toda superficie que ya haya recibido una mano de pintura será suficientemente seca y protegida para no ser afectada por el proceso de limpieza de un área adyacente.

2.3 MATERIAL ABRASIVO PARA LA LIMPIEZA A CHORRO

El material abrasivo a ser utilizado en la limpieza a chorro será arena o perdigones de acero.

NOTA: SEGÚN ACTA DEL GOBIERNO, LA LIMPIEZA CON CHORRO ABRASIVO ESTÁ PROHIBIDA EN EL ESTADO DE PARANA Y EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ITAIPU.

2.3.1 Arena

La arena debe poseer bordes filosos, ser seca, tamizada, y libre de arcilla, mica, sal, polvo, humedad y otros materiales de contaminación.

Las partículas de arena tendrán dimensiones que suministren una superficie adherente de un perfil compatible con el espesor de la película seca de las pinturas a ser aplicadas.

2.3.2 Perdigones de Acero

Los perdigones de acero consistirán de piezas de acero debidamente endurecidas. El tamaño de la partícula será tal para que el perfil de adherencia de la superficie sea compatible con el espesor de la película seca de las pinturas a ser aplicadas.

Los perdigones de acero podrán ser reutilizados siempre que su estado de oxidación no permita la deposición de óxido de hierro sobre la superficie limpiada.

2.4 GRANULOMETRÍA DEL MATERIAL ABRASIVO Y EL PERFIL MÁXIMO OBTENIDO

La granulometría del material abrasivo a ser utilizado será seleccionada entre los valores indicados en la siguiente tabla, para obtener la aspereza media deseada. La altura máxima del perfil de la base de adherencia no será inferior a 1/3 del espesor total de la película seca de las múltiples manos de pintura aplicadas, y la altura correcta siempre será indicada en cada sistema de pintura.

TABLA I

MATERIALES ABRASIVOS	TAMAÑO MÁXIMO DE PARTÍCULA QUE PASA POR EL TAMIZ		ALTURA MÁXIMA PERFIL DE LA BASE DE ADHERENCIA μm
	ABERTURA mm	Nº DE MALLA (1)	
ARENA			
muy fina	0.2	80	38
fina	0.4	40	48
promedio	1.0	18	63
gruesa	1.7	12	71
PERDIGONES DE ACERO			
No. G-80 SAE	0.4	40	33-76
No. G-50 SAE	0.7	25	84
No. G-40 SAE	1.0	18	90
No. G-25 SAE	1.2	16	100

(1) Se refiere a tamices conforme la especificación ASTM E-11 o la serie U.S.

2.5 AIRE COMPRIMIDO

El aire comprimido utilizado en las operaciones de limpieza, como también para el pintado, debe ser filtrado y libre de aceite y humedad.

A tal efecto, será utilizado el siguiente equipo:

- Enfriadores, para que la temperatura del aire comprimido permanezca siempre igual, o casi igual, a la temperatura ambiente.
- Separadores de agua y de aceite, y filtros en la línea del aire comprimido.

3. PINTURA - NORMAS GENERALES

3.1 APLICACIÓN DE LA PINTURA

El máximo período de tiempo entre la limpieza de una superficie metálica y la aplicación de la primera mano de pintura estará indicado en cada sistema de pintura, y siempre será conforme al ítem 2.2 de la presente Especificación.

Inmediatamente antes de aplicar la primera mano de pintura sobre la superficie preparada y antes de aplicar la mano siguiente sobre una superficie ya pintada, la superficie será limpiada de todo polvo, aceite, grasa o cualquier material

extraño con el objeto de garantizar una perfecta adherencia de la pintura sobre la superficie preparada y entre las manos de pintura.

Toda mano de pintura de terminación será aplicada conforme indicado en el sistema de pintura.

Los períodos de tiempo entre dos manos consecutivas de pintura siempre serán aquellos estipulados en el sistema de pintura.

La pintura será aplicada de manera a obtener una capa protectora de espesor uniforme y que corresponda al sistema de pintura.

Siempre que haya sido especificado, el espesor de cada mano de pintura seca, será controlado.

En todos los casos, la aplicación de la pintura también será controlada por el consumo indicado por el fabricante.

Se tomarán precauciones en los bordes, cantos filosos, ranuras, soldaduras, remaches y toda irregularidad de la superficie, para que la capa de pintura no presente faltas de continuidad y mantenga un espesor uniforme.

Una superposición de la pintura es necesaria sobre las interfaces de la misma mano de pintura.

No será permitida ninguna superposición de las interfaces de diferentes manos de pintura, ni cualquier superposición de interfaces de pintura con las interfaces de limpieza. Existirá, necesariamente, una discontinuidad entre las interfaces diferentes.

Inmediatamente antes de la aplicación de cualquier mano de pintura, la superficie estará libre de cualquier humedad.

La pintura no presentará ningún defecto, poro, burbuja, aspereza, ondas o variaciones de color, textura o brillo.

Ninguna mano de pintura será aplicada cuando la temperatura ambiente es inferior a 5° C y/o la humedad relativa es mayor que el 85%.

4. ESPECIFICACIONES DE PINTURAS

4.1 OBSERVACIONES GENERALES

- Este capítulo describe los sistemas de pintura recomendados para los equipos.
- La selección del sistema de pintura a ser empleado dependerá de cada equipo y estará conforme con la aplicación de cada sistema.

4.1.1 Conceptos Generales

A continuación se describen los sistemas propuestos para el pintado de equipos ubicados en locales sometidos a condiciones ambientales extremadamente perjudiciales.

Los procesos de pintura son específicos para cada equipo y sus particularidades deben ser tomadas en consideración.

Las especificaciones de las pinturas de base (TMF) y de las pinturas de terminación (TMA) a ser usadas, están catalogadas.

Para el Control de Calidad total, es responsabilidad de los CONTRATISTAS de pinturas, solventes/diluyentes, que las partidas sean obligatoriamente adquiridas del mismo fabricante.

4.2 ESPECIFICACIONES PARA PINTURAS EPOXI DE GRAN ESPESOR

- TMF-6 - Pintura de base (fondo) epoxi-poliamídica de elevado contenido de sólidos (HB).
- TMF-8 - Pintura de base (fondo) epoxi-poliamínica de elevado contenido de sólidos (HB) y alta resistencia química (AR).
- TMA-10 - Pintura de terminación epoxi-poliamídica de elevado contenido de sólidos (HB).
- TMA-12 - Pintura de terminación epoxi-poliamínica de elevado contenido de sólidos (HB).

Ver Doc. 5010-20-00001-P-R13 (página 33 – Parte V)

4.2.1 Generalidades

Estas Especificaciones incluyen dos tipos de productos como resultado del agente de curación utilizado en el componente B.

- Tipo I - Agente de curación de base amídica.
- Tipo II - Agente de curación de base amínica.

4.2.2 Normas a Ser Consultadas

- **De la Petrobrás**
 - a) N-1340 - Determinación del Brillo Specular de las Películas de Pintura Seca.

- b) N-1377 - Determinación de la Curación Total y la Resistencia a los Solventes de las Películas de Pintura.
 - c) N-1529 - Determinación en Laboratorio del Espesor de las Películas de Pintura Seca.
 - d) N-1537 - Ensayo de Resistencia de las Películas de Pintura a la Inmersión en Agua Destilada.
 - e) N-1538 - Resistencia de Películas de Pintura al Dióxido de Azufre, usando el Aparato Kesternich.
 - f) N-1539 - Ensayo de Películas de Pintura a la Humedad Relativa del 100%.
- **De la ABNT** (Associação Brasileira de Normas Técnicas)
 - a) MB-787 - Realización de Ensayos de Resistencia al Vapor Salino para las Superficies Pintadas o con Revestimientos Similares.
 - b) NBR 11003 - Ensayos de Adherencia de Pinturas y Revestimientos Similares.
 - **ITAIPU Binacional**
 - a) Los Colores conforme están indicados en esta Especificación.

4.2.3 Características de la Película Seca

- La Tabla II establece las características de la película seca.

TABLA II: CARACTERÍSTICAS DE LA PELÍCULA SECA

ENSAYOS	ESPESTORES $\mu\text{m} \pm 10\%$	REQUISITOS MÍNIMOS	PROCEDIMIENTO DE ENSAYOS PETROBRÁS
- Espesor cada mano, μm		120	N-1529
- Adherencia	120	Gr 0B	ABNT-NBR 11003
- Dureza Koning, segundos	120	25	N-1373
- Brillo a 60 °C, %	240	50	N-1340
- Resistencia a niebla salina, horas	240	480	ABNT-MB-787
- Resistencia al 100% humedad relativa, horas	240	960	N-1539
- Resistencia al SO ₂ , horas (2,0)	240	5	N-1538
- Resistencia a solventes, inclusive aromáticos y alifáticos, horas	240	480	N-1377
- Resistencia a inmersión en agua destilada a 40 °C, horas	240	960	N-1537
- Resistencia a inmersión en agua salada (3,5 % NaCl) a 40 °C, horas	240	480	N-1338

- Resistencia a inmersión en NaOH, al 10%, horas.	240	720	N-1338
---	-----	-----	--------

4.3 ESPECIFICACIONES PARA PINTURAS EPOXI-POLIAMÍDICAS DE ALQUITRÁN DE HULLA

- TMF-7 - Pintura de base (fondo) de alquitrán de hulla y resina epoxi con excipientes minerales, poliamídica marrón. (N 2677)
- TMA-9 - Pintura de terminación de alquitrán de hulla y resina epoxi con excipientes minerales, poliamídica negra.

4.3.1 Normas a Ser Consultadas

- **De la Petrobrás**
 - a) N-1338 - Determinación de la Resistencia de las Películas de Pintura a la Inmersión.
 - b) N-1529 - Determinación en Laboratorio del Espesor de las Películas de Pintura Seca
 - c) N-1537 - Ensayo de la Resistencia de las Películas de Pintura a la Inmersión en Agua Destilada
 - d) N-1538 - Resistencia de Películas de Pintura al Dióxido de Azufre, usando el Aparato Kesternich.
 - e) N-1539 - Ensayo de Películas de Pintura a la Humedad Relativa del 100%.
- **De la ABNT** (Associação Brasileira de Normas Técnicas)
 - a) MB-787 - Realización de Ensayos de Resistencia al Vapor Salino para las Superficies Pintadas o con Revestimientos Similares.
 - b) NBR 11003 - Ensayos de Adherencia de Pinturas y Revestimientos Similares.

4.3.2 Características de la Película Seca

La Tabla III establece las características de la película seca, como sigue:

TABLA III: CARACTERÍSTICAS DE LA PELÍCULA SECA

ENSAYOS	REQUISITOS		PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS PETROBRÁS
	MIN.	MÁX.	
Espesor por mano, a pincel, μm	125	175	N-1529
- Adherencia	--	Gr 1B	ABNT NBR 11003
- Resistencia a vapor salino, horas	480	--	ABNT NBR 11003
- Resistencia a 100% humedad relativa, horas	480	--	N-1539
- Resistencia al SO_2 , horas (2,0)	4	--	N-1538

- Resistencia a inmersión en agua destilada, a 40 °C, días	30	--	N-1537
- Resistencia a inmersión en agua salada (3,5% de NaCl), a 40 °C, días	30	--	N-1338
- Resistencia al aceite de esquisto, a 50° C, días (inmersión)	30	--	N-1338
- Resistencia al H ₂ SO ₄ , al 30% a 25° C, días (inmersión)	15	--	N-1338

4.4 ESPECIFICACIONES DE ESMALTE DE POLIURETANO DE DOS COMPONENTES

- TMA-11 - Esmalte de terminación de poliuretano acrílico alifático.

4.4.1 Generalidades

Estas Especificaciones se aplican al esmalte de poliuretano de cualquier color.

El esmalte de estas Especificaciones tiene el objetivo de proporcionar protección externa anticorrosiva, como terminación para tanques y equipos, a ser aplicado encima de la pintura de base de resina epoxi poliamídica con alto contenido de sólidos, usado en el sistema SMP1.

4.4.2 Normas a Ser Consultadas

- **De la Petrobrás**

- N-1366 - Determinación de la Deflexión de Ruptura en Películas de Pintura.
- N-1373 - Determinación de la Dureza de Películas de Pintura por el Péndulo de Koenig.
- N-1377 - Determinación de la Curación Completa y Resistencia a los Solventes de las Películas de Pintura.

- **De la ABNT** (Associação Brasileira de Normas Técnicas)

- NBR 11003 Ensayos de Adherencia de Pinturas y Revestimientos Similares.

- **De la ASTM** (American Society of Technical and Material)

- B-117 - Rocío Salado (Ensayo de Niebla)
- D-522 - Ensayo de Alargamiento de la Película Orgánica Adherida con el Aparato del Mandril Cónico
- D-870 - Ensayo por Inmersión en Agua de Revestimientos Orgánicos sobre Acero
- D-1005 - Medición del Espesor de la Película de Revestimientos Orgánicos

- e) D-1308 - Ensayo del Efecto de Productos Químicos Domésticos sobre Terminaciones Orgánicas Transparentes y Pigmentadas
- f) D-2247 - Ensayo de Muestras de Metal Revestido con Humedad Relativa del 100 Por Ciento
- **De la DIN** (Deutsch Institut fur Normung)
 - a) DIN-50018 - Beanspruchung in Schwitzasser Wechselklima mit Schwefeldioxydhaltiger Atmosphäre (kesternich)
- **De la GSA** (General Services Administration)
 - a) FTMS-141a - Método 2141.1 - Aplicación de Películas a Píncel
- **De la UNI** (Ente Nazionale Italiano di Unificazione)
 - a) UNI-4715 - Pintura, Barniz y Esmalte - Propiedad y Método de Ensayo
- **ITAIPU Binacional**
 - a) Los colores estarán conformes con aquellos indicados en esta Especificación de Pintura.

Las características de la película seca se establecen a seguir:

TABLA IV: CARACTERÍSTICAS DE LA PELÍCULA SECA

ENSAYOS	ESPESORES $\mu\text{m} \pm 10\%$	REQUISITOS		PROCEDIMIENTO DE ENSAYO A SER USADO
		MIN.	MÁX.	
- Deflexión de Ruptura en películas mm	35 ± 5	5	-	PETROBRÁS N-1366
- Dureza, segundos	35 ± 5	140	-	PETROBRÁS N-1373
- Resistencia a solventes (% de variación propiedades físicas)	35 ± 5	-	5,0	PETROBRÁS N-1377
- Resistencia a niebla salina, horas	70 ± 10	192	-	ASTM B-117
- Resistencia al 100% humedad relativa, horas	70 ± 10	480	-	ASTM D-2247
- Resistencia a SO_2 , horas (2, 0 1)	70 ± 10	3	-	DIN 50018
- Resistencia a inmersión en agua destilada a 40° C, días	70 ± 10	30	-	ASTM D-870

- Resistencia a inmersión en agua salada (3,5% de NaCl) a 40° C, días	70 ± 10	30	-	ASTM D-1308
- Adherencia	35 ± 5	--	Gr 0B	ABNT NBR 11003
- Espesor por mano, a pincel, Φm	--	30	40	ASTM D-1005
- Brillo, %	70 ± 10	85	-	ASTM D-523
- Agrandamiento sobre mandril cónico, alargamiento %	35 ± 5	18	-	ASTM D-522

4.5 ESPECIFICACIONES DE LA ADHERENCIA DE PINTURAS

- TMF-9 - Pintura de fondo Epoxi-isocianato. (Ver Doc. 5010.20.00001-P-R13, página 60 Parte V)

4.5.1 Generalidades

Esta Especificación establece las características, verificables en el laboratorio y requeridas a la recepción, de Pintura Adherente a Base de Resina Epoxi, de dos componentes, curados con isocianato alifático y suministrado en dos botellas, una conteniendo resina epoxi (componente A) y la otra conteniendo el agente de curación (componente B) de base isocianato alifático. Esta pintura de fondo es utilizada como un tratamiento previo de acero, acero galvanizado, aluminio y otras superficies metálicas con el fin de proveer y aumentar la adherencia de la pintura de terminación a ser aplicada.

4.5.2 Normas a Ser Consultadas

- **De la Petrobrás**
 - a) N-1529 - Determinación en el Laboratorio del Espesor de Películas de Pintura Seca
 - b) N-1539 - Ensayos de Películas de Pintura con Humedad Relativa al 100%
 - c) N-1760 - Determinación de la Flexibilidad de las Películas de Pintura (Alargamiento sobre el Mandril Cónico)
- **De la ABNT** (Associação Brasileira de Normas Técnicas)
 - a) MB-787 - Realización de Ensayos de Resistencia a la Niebla Salina de Superficies Pintadas y Revestimientos Similares
 - b) NBR 11003-Ensayos de Adherencia en Pinturas y Revestimientos Similares

TABLA V

ENSAYOS	ESPESTORES PELÍCULA SECA $\mu\text{m} \pm 10\%$	REQUISITOS		PROCEDIMIENTO DE ENSAYOS A USAR
		MIN.	MÁX.	
- Espesor por mano, μm	-	15	20	N-1529
- Adherencia	15	-	Gr 1B	ABNT NBR 11003
- Resistencia niebla salina, horas	15	48	-	ABNT MB-787
- Resistencia al 100% humedad relativa, horas	15	24	-	N-1539
- Agrandamiento sobre el mandril cónico, alargamiento %	15	25	-	N-1760

5 SISTEMA DE PINTURA

5.1 SPM-1 - SISTEMA DE PINTURA DE SUPERFICIES METÁLICAS PARA EQUIPOS EXTERNOS / EXPUESTOS A LA INTEMPERIE

A - Normas

- i. Las normas generales (ítem 3 de esta Especificación) y las recomendaciones para limpieza y aplicaciones descriptas en los sistemas de pintura, deben ser cumplidas.
- ii. Limpieza a Chorro Abrasivo hasta el Metal Casi Blanco, Sa 2 ½ (SSPC/SP-10): luego de la limpieza a chorro de la superficie de anclaje, se debe inspeccionar el perfil de la aspereza.
- iii. En las superficies en que se realiza la limpieza a chorro abrasivo del Grado Sa 2 ½, se aplicará una mano de pintura de fondo de resina epoxi poliamídica de alto contenido de sólidos (HB), especificación TMF-6, con espesor medio de película seca de 125 μm .

Para la terminación se aplicará dos manos de pintura de base poliuretano acrílica alifática, especificación TMA-11, o equivalente. Espesor promedio de cada mano de pintura seca será 30 μm , formando un total de 60 μm .

B - Aplicación

Este sistema de pintura (SPM-1) será aplicado en los siguientes equipos:

UBICACIÓN	EQUIPO	COLOR TERMINACIÓN
SUBESTACIONES	Transformadores, Transformadores de Corriente, Transformadores de Potencial	MUNSELL 5 BG 7/1
	Tableros de Maniobras y otros Paneles Eléctricos	RAL 7032

5.2 SPM-2 - SISTEMA DE PINTURA DE MANTENIMIENTO DE SUPERFICIES METALICAS INMERSAS, PARCIAL O TOTALMENTE, EM EL AGUA Y/O COM HUMEDAD EXCESIVA

5.2.1 Normas

- i. Deberán ser obedecidas las recomendaciones y normas generales especificadas en este Manual para pintura de equipos nuevos y/o conforme descripto abajo.
- ii. Limpieza de las Superficies
- iii. Para superficies internas de vasos de presión de acero y reservatórios de acero, la limpieza de la pintura original interna deberá remover totalmente las pinturas aplicadas y toda oxidación y corrosión através de:
- iv.- Limpieza con solvente adecuado, conforme SSPC/SP-1, seguido de lavado con água dulce y secado con aire comprimido.
 - Luego, limpieza con chorro abrasivo al metal blanco padrón Sa3(SSPC/SP-5).

OBS.: Si es empleada pintura de fondo a base de alquitrán de hulla y resinas epoxídicas curada com poliamida, especificación TMF-7 (N-1761), es imperativo que la limpieza sea em el grado Sa 3. Caso sea empleada sólo pintura de acabado a base de alquitrán de hulla y resinas epoxídicas con excipientes minerales, curada con poliamida, especificación TMA-9 (N-1761), (sin uso de fondo) se tolera limpieza en el grado Sa 2 ½, o sea, al metal casi blanco.

- v. Para interiores de equipos, para tuberías, válvulas y accesorios, la limpieza deberá ser conforme sigue:
- vi. - Limpieza previa con solvente adecuado, conforme SSPC/SP-1, seguido de lavado con agua dulce y secado con aire comprimido.
- vii. - Luego limpieza con chorro abrasivo, al metal casi blanco padrón Sa 2 ½ (SSPC/SP-10), debiendo ser inspeccionado, después del tratamiento, el perfil de rugosidad para anclaje conforme ítem 8.4.1 de este Manual.

Ejecución de la Pintura

Después de la limpieza efectuar la pintura de las superficies internas de vasos de presión de acero y reservorios de acero, conforme especificado en el sistema de pintura SP-1, con fondo a base de alquitrán de hulla y resinas epoxídicas curada con poliamina, especificación TMF-7, y pintura de acabado a base de alquitrán de hulla y resinas epoxídicas con excipientes minerales, curada con poliamina, especificación TMA-9.

Como alternativa, las superficies internas podrán ser pintadas directamente con pintura de acabado a base de alquitrán de hulla y resinas epoxídicas con excipientes minerales, curada con poliamina, especificación TMA-9, através de la aplicación de dos (02) manos con espesor de película seca de 200 µm, mínima

Después de la limpieza de equipos, de tuberías, válvulas y accesorios, efectuar la pintura, siguiendo las directrices del sistema SPM-2 y aplicándose, como mínimo, dos (02) manos de pintura de acabado a base de alquitrán de hulla y resinas epoxídicas con excipientes minerales, curada con poliamina, especificación TMF-7 y TMA-9, con espesor de película seca por mano de 200 µm, y espesor de película seca total mínima de 400 µm.

5.2.2 Aplicación

Este sistema de pintura (SPM-2) será aplicado en la repintura de mantenimiento en los interiores de equipos, tuberías, válvulas, accesorios, localizados en las elevaciones inferiores (Cota 98 m) de la Casa de Máquinas y en las fundaciones de la Presa Principal, superficies inmersas en el agua y/o con humedad excesiva, así como en la repintura de mantenimiento de superficies internas de vasos de presión de acero y reservorios de acero, y, específicamente conforme indicado en el cuadro siguiente.

LOCALIZACION	EQUIPO
VERTEDERO	Compuertas de Segmento – Face de Aguas Arriba Stop-logs: Guías y Soleras Perímetro Externo Viga Pescadora
TOMADA DE AGUA	Rejas: Rejas Guías y Soleras Vigas Pescadoras Stop-logs: Guías y Soleras Vigas Pescadoras Perímetro Externo Compuertas: Compuertas Guías y Soleras
CONDUCTO FORZADO	Superficies internas Superficies externas cubiertas
CASA DE MAQUINAS	Compuertas Ataguías: Guías y Soleras Vigas Pescadoras Perímetro externo Turbinas: Caja espiral – parte interna Paletas fijas del pre-distribuidor Paletas móviles del distribuidor Tubo de succión – parte interna Drenaje del tubo de succión – parte interna Puerta de acceso al tubo de succión – parte interna Revestimiento del muro de separación del tubo de succión Tapa – face interna Anillo intermediario de la caja de vedación - superficie en contacto con el agua Anillo inferior Anillo de descarga Eje de turbina – superficie interna Cuerpo superior del sistema de aireación Tuberías para aireación de la turbina y drenaje de la válvula

5.3 SPM-3 - SISTEMA DE PINTURA PARA EQUIPOS UBICADOS EN AREAS CUBIERTAS O SIN AISLAMIENTO

5.3.1 Normas

- i. Las recomendaciones de limpieza y de aplicaciones descriptas en los sistemas normales de pinturas (para equipos nuevos) de esta Especificación serán cumplidas.
- ii. De ser factible, se limpiará a chorro abrasivo hasta el metal casi blanco, Sa 2 ½ (SSPC/SP-10).
- iii. De ser posible, se realizará la remoción, el transporte o el desmontaje de pieza(s) para permitir la limpieza a chorro abrasivo. Luego de la limpieza se realizará una inspección.
- iv. En las superficies y/o las piezas desmontadas que son sometidas a una limpieza a chorro abrasivo del Grado Sa 2 ½, será aplicada una pintura de fondo con base de resina epoxi poliamídica, de alto contenido de sólidos(HB), especificación TMF-6, con un espesor medio de la película seca de 100 a 125 µm.

Como mano de terminación, se aplicará dos manos de pintura con base de resina epoxi poliamídica con un elevado contenido de sólidos(HB), conforme la especificación TMA-10, con un espesor medio de la película seca de 100 µm. por mano, para un espesor total de 200 a 240 µm.

5.3.2 Aplicación

Se aplicará este sistema de pintura (SPM-3) para la pintura de los siguientes equipos:

UBICACIÓN	EQUIPOS	COLOR
SUBESTACIÓN	Tableros de Maniobras, Transformador y Otros Equipos Eléctricos o Paneles	RAL 7032

5.4 SPM-4 - Sistema de Pintura de Equipos con Pinturas con Elevado Contenido de Sólidos (HB) y Elevada Resistencia Química (AR)

5.4.1 Normas

- i. Las recomendaciones de limpieza y de aplicaciones descriptas en los sistemas de pinturas de esta Especificación serán cumplidas.
- ii. Se limpiará a chorro abrasivo hasta el metal casi blanco, Sa 2 ½ (SSPC/SP-10).

iii. De ser posible, se realizará la remoción, el transporte o el desmontaje de pieza(s) para permitir la limpieza a chorro abrasivo. Luego de la limpieza se realizará una inspección del perfil de aspereza de la superficie de la base para apreciar la adherencia.

iv. En las superficies y/o las piezas desmontadas que son sometidas a una limpieza a chorro del Grado Sa 2 ½, será aplicado una pintura de fondo con base de resina epoxi poliamídica, de alto contenido de sólidos (HB), especificación TMF-8, con un espesor medio de la película seca de 100 a 140 µm.

Como mano de terminación, se aplicará dos manos de pintura con base de resina epoxi poliamídica con un elevado tenor de sólidos (HB), y alta resistencia química, conforme la especificación TMA-12, con un espesor medio de la película seca de 100 µm por mano, para un espesor total de 200 a 240 µm.

5.4.2 Aplicación

Este sistema de pintura (SPM-4) será aplicado en la pintura de las superficies internas de los vasos de presión y reservorios en contacto con aceite lubricante, aceite aislante, aceite combustible, aceite hidráulico y sobre las superficies sujetas a la acción de agentes perjudiciales y localizadas en áreas cubiertas o sin aislación, color MUNSELL 5 Y 9/1.

5.5 SPM-5 - SISTEMA DE PINTURA PARA SUPERFICIES DE ALUMINIO EN AMBIENTES HÚMEDOS O PERJUDICIALES

5.5.1 Normas

i. Las recomendaciones de limpieza y de aplicación descritas en los sistemas de pintura normales de esta Especificación serán cumplidas.

ii. La limpieza de las superficies se efectuará con detergente seguida por el lavado con agua caliente y limpia. Se debe realizar la limpieza manual, Grado St-2, por medio del cepillado y/o lijado liviano cuando, y donde, sea necesario. Se debe limpiar y secar las superficies con aire comprimido.

iii. Ejecución de la Pintura

Se debe aplicar una mano de pintura de fondo con base resina epoxi curada con isocianato, especificación TMF-9, espesor de película seca 15 µm, después del secado removiendo cualquier exceso de la pintura de fondo que pueda haber permanecido en juntas, recovecos, etc.

Dentro de un período de 6 a 24 horas luego de haber aplicado la pintura de fondo, aplicar como terminación, en las ubicaciones y utilizaciones donde no esté contraindicada la pintura negra, una mano de pintura con base aceite de alquitrán de hulla y resinas epoxídicas, curada con poliamida, especificación TMA-9, espesor de la película seca 150 µm.

Alternativamente, donde el color sea importante, se debe aplicar dos manos de pintura de base poliuretano acrílica alifática, especificación TMA-11, espesor medio de la película seca por mano 30 μm , total 60 μm .

5.5.2 Aplicación

Este sistema de pintura (SPM-5) será aplicado en la pintura de superficies de aluminio, equipos instalados en ubicaciones con exceso de humedad y agentes ambientales perjudiciales que causen oxidación del aluminio.

NOTA: El color debe estar conforme con el ítem del equipo. Sin embargo, donde el color no esté especificado, se recomienda el gris RAL 7035 como un color neutro para aplicación general.

5.6 SPM-6 - SISTEMA DE PINTURA PARA SUPERFICIES GALVANIZADAS, ALUMINIO, ACERO INOXIDABLE, PLÁSTICO REFORZADO CON FIBRA, Y METALES NO-FERROSOS

5.6.1 Normas

i. Las recomendaciones de limpieza y de aplicaciones descriptas en los sistemas normales de pintura de esta Especificación y en las especificaciones descriptas a continuación, serán cumplidas.

ii. Limpieza de Superficies

Desengrase y remoción del aceite por medio de un solvente orgánico, Grado SSPC/SP-1, seguido por el lavado con agua caliente y limpia y el secado.

En los lugares donde existe gran oxidación y, de ser necesaria, se debe realizar la limpieza manual por medio del cepillado (cepillo duro, no-metálico) y lijado liviano, con papel de lija de agua de grano 400, prestando cuidado de no destruir el galvanizado que esté intacto, y seguido por una limpieza con un cepillo de cerdas y/o con aire comprimido.

iii. Ejecución de la Pintura

Se debe aplicar una mano de pintura de fondo con base resina epoxi curada con isocianato, especificación TMF-9, espesor de película seca 15 μm , después del secado removiendo cualquier exceso de la pintura de fondo que pueda haber permanecido en juntas, recovecos, etc.

Para los equipos situados en ubicaciones a la intemperie y luego del secado de la pintura de fondo, dentro de un período de 6 horas a 24 horas después de haber aplicado el fondo, se debe aplicar dos manos de pintura de terminación de base poliuretano, acrílico alifático, especificación TMA-11, espesor de la película seca 30 μm , para un total de 60 μm .

Para los equipos situados en locales cubiertos, y luego del secado de la pintura de fondo y dentro de un período de 6 a 24 horas después de haber aplicado el fondo, se debe aplicar dos manos de pintura de terminación de base epoxi poliamídica, con alto contenido de sólidos (HB), especificación TMA-10, espesor de la película seca por mano 45 µm, para un total de 80 a 100 µm.

6. COLORES DE IDENTIFICACIÓN Y DE SEGURIDAD

6.1 OBJETIVO

La normalización presente tiene el objetivo de determinar los criterios para la utilización de los colores de terminación, con respecto a cañería, equipos e indicaciones, para tornarlos identificables y preservar las condiciones de seguridad de las instalaciones y de sus operarios.

6.2 IDENTIFICACIÓN DE LA CAÑERÍA

Toda la cañería y sus soportes, soportes colgantes, puntales, etc., tendrán como color de terminación el color standard RAL 6019, excepto los tubos de acero inoxidable los cuales no serán pintados.

6.3 COLORES DE SEGURIDAD

Los siguientes colores de seguridad serán adoptados para los ítems de los equipos:

6.3.1 Rojo - Munsell 5 R 4/14

Este color es utilizado para distinguir e identificar los elementos de equipos y dispositivos de protección y combate a incendios. No será usado para señalar peligro dado que su visibilidad es pobre en comparación con el amarillo (de alta visibilidad) y el naranja (que significa - alerta).

Se usa para identificar:

- Cajas de alarma de incendio
- Bombas contra incendio
- Sirenas de alarma de incendio
- Cajas con tapas para sofocar incendios
- Matafuegos y su localización
- Indicación de matafuegos (visibles a distancia, dentro del área del uso del matafuego)
- Localización de mangueras contra incendio (el color será utilizado sobre un carretel, soporte, borde de una caja o nicho)
- Cañería, válvulas y vástagos del sistema de rociado de agua
- Transporte de equipos de combate al incendio.

6.3.2 Naranja - Munsell 2,5 YR 6/16

Se usa para identificar:

- Partes móviles y peligrosas de máquinas y equipos
- Caras internas de las cajas de protección de dispositivos eléctricos.

6.3.3 Amarillo - Munsell 5 Y 8/12

Este color es usado para indicar "Alerta"

Se usa para identificar:

- Las partes inferiores de escaleras portátiles
- Barandas, plataformas, pisos y partes inferiores de escaleras que representan peligro
- Contra-peldaños de escaleras
- Bordes desprotegidos de aberturas en el piso (fosas, entradas subterráneas, etc.) y de plataformas sin barandas
- Caballetes, barreras y cancelas de barreras
- Banderas como indicación de advertencia (combinado con negro)
- Controles y equipos suspendidos cuando representan peligro.

6.3.4 Verde - Munsell 2,5 G 4/6

Este color es usado para indicar "Seguridad".

Se usa para identificar:

- Cajas de equipo de primeros auxilios
- Cajas que contienen máscaras de gas
- Rociadores de seguridad
- Camillas
- Fuentes para el lavado de los ojos
- Puertas de entrada a las salas de primeros auxilios.

6.3.5 Blanco - Munsell 5 Y 9/1

Se usa para designar:

- Pasillos y corredores de circulación por medio de fajas de tránsito (ubicación y ancho)
- Sentido y circulación, por medio de signos
- Localización de recipientes para residuos
- Localización de bebederos de agua
- Áreas alrededor de equipos de primeros auxilios de emergencia y de combate al incendio, y otros equipos de emergencia
- Áreas dedicadas al almacenamiento.

6.4 IDENTIFICACIÓN DE CAÑERÍA

FLUIDOS	COLORES
	NORMAS
COMBATE AL INCENDIO	MUNSELL 5 R 4/14
AGUA (excepto para combate al incendio)	MUNSELL 2.5 G 4/6
AIRE COMPRIMIDO	
- para Servicio	RAL 5009
- para Control e Instrumentos	MUNSELL 7.5 B 6/6
ACEITE	
- Aceite Lubricante y de Sellado	MUNSELL 7.5 YR 3/6
- Aceite Aislante	MUNSELL 7.5 YR 3/6
- Combustible Diesel	ALUMINIO
CONDUCTOS ELÉCTRICOS	MUNSELL N-5
CAÑERÍA CO ₂ DEL GENERADOR	MUNSELL 2.5 R 8/4
DRENAJE DE ACEITE SUCIO	
- Anillo Pintado sobre el Color que identifica el Fluido a ser Drenado	MUNSELL N-1
CANALETAS (EXPUESTAS)	NEGRO BITUMINOSO

7 INSPECCION Y CONTROL

7.1 CONCEPTOS GENERALES

- Los controles y las inspecciones a ser efectuadas están indicadas en la Especificación N° 003/99 - Capítulo 01 "Especificación General".
- Todos los servicios de pintura y los materiales suministrados conforme esta Especificación están sujetas a inspección por ITAIPU.
- ITAIPU podrá, conforme su propio criterio, inspeccionar los equipos que reciben protección anticorrosiva durante todas las fases de preparación de las superficies y del proceso de pintado (fondo y terminación).
- El Inspector de ITAIPU tendrá acceso a todas las áreas en que se ejecuta trabajos de pintura.

7.2 INSPECCIÓN DESPUÉS DE LA ENTREGA DEL EQUIPO

Luego de un período de tres a seis meses, ITAIPU observará los puntos que presenten defectos de aplicación, áreas descubiertas o con preparación deficiente, y otras fallas que no fuesen verificadas o advertidas durante el pintado. Cualquier defecto descubierto por casualidad será reparado inmediatamente según el esquema apropiado y especificado de pintura, sin costo adicional para ITAIPU.