

MANUAL DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Pinturas y plaños de pintura anticorrosiva para
mantenimiento industrial



Motores | Automatización | Energía | Transmisión & Distribución | Pinturas

WEG

LÍNEAS DE PRODUCTOS

Pinturas Liquidas

Línea de Producto	Descripción/composición de la línea
W-THANE	Primer / acabamiento poliuretano (aromático, alifático, acrílico alifático, antihongo)
W-POXI	Primer / acabamiento epoxi (amidas, aminas, alquitrán, rico en zinc, tolerantes a humedad, sellador, isocianato, novolac)
W-LACK	Primer / acabamiento Alquídico (lacas nitrocelulosa, Alquídicos secado a horno, Alquídicos secado al aire)
W-HIDRO	Primer / acabamiento hidrosoluble (Alquídicos, acrílicos, epoxi, poliuretano)
W-CRIL	Acabamiento (acrílica monocomponente)
W-ZINC	Primer rico en zinc (orgánico e inorgánico)
W-TERM	Primer / acabamiento epoxi fenólico (hasta 220°C) colores; Primer y acabamiento zinc, zinc/aluminio y aluminio silicona (hasta 600°C)
NOBAC®	Línea de revestimientos antimicrobiano
WEGLACK FRA 952	Pinturas con efecto retardante de llamas
W-POLI	Revestimiento protector en poliurea
Normas Petrobras	Pinturas normalizadas Petrobras
W-Thane PDA 514 Easy Clean	Pintado de paredes y fachadas
W-Term Eco Clean	Pintado de tejados, tanques y silos
New Tech	Nueva línea de pinturas líquidas con nanomateriales que promueven mayor resistencia anticorrosión, entre otras propiedades.

Pinturas en Polvo

Linha de Produto	Descrição/Composição da linha
WF	Línea poliéster durable con alta resistencia al intemperismo.
NOBAC®	Línea que cuenta con varios sistemas con acción antimicrobiana.
W-ECO	Línea exenta de varios metales pesados.
W-Zn	Pintura en polvo rica en zinc con alta resistencia anticorrosiva por el mecanismo de protección catódica.
Baixa Cura/Ultra Baixa Cura	Línea indicada para situaciones que necesitan reducción de costos de energía, aumento de productividad y sustratos sensibles al calor.
WFS	Línea poliéster súper durable con excelente resistencia a la intemperie con retención de brillo y color superiores que la línea poliéster durable.
Alta Camada	Línea que permite películas de pinturas más espesas en una sola aplicación, sustituyendo las aplicaciones de doble camada.
TF – TGIC Free	Línea poliéster durable o súper durable exenta del reticulante TGIC, que cumple con la legislación europea.
New Tech	Nueva línea de pinturas en polvo con nanomateriales que promueven una mayor resistencia anticorrosión entre otras propiedades.

NORMA ISO 12944

En línea con la última edición de la Norma Internacional ISO 12944 “Pinturas y barnices - Protección anticorrosiva de estructuras de acero por sistemas de pintura”, WEG Pinturas posee tecnología capaz de proteger contra la corrosión en todas las situaciones descritas abajo. Consulte a nuestro equipo para elegir el sistema más adecuado para su proyecto.

ISO 12944 (todas las partes) considera cuatro rangos de durabilidad diferentes (es decir, baja, media, alta y muy alta). El rango de durabilidad no es un “tiempo de garantía”. El tipo de condiciones ambientales y la durabilidad de los sistemas de recubrimiento son los parámetros principales para seleccionar los sistemas de recubrimiento.

El nivel de “fallas de pintura” previo al “primer mantenimiento mayor de pintura”, debe ser acordado por las partes interesadas y debe ser evaluado de acuerdo con las normas ISO 4628-1, 4628-2, 4628-3, 4628-4 e ISO 4628-5.

Por ejemplo, el “primer mantenimiento importante de la pintura” normalmente se llevará a cabo por razones de protección contra la corrosión, ya que alrededor del 10 % de los recubrimientos alcanzarán el valor Ri 3 tal como se define en la norma ISO 4628-3.

Categoría	Exterior	Interior
C1 muy baja	-	Edificios con calefacción y ambiente limpio, como oficinas, tiendas, escuelas y hoteles.
C2 baja	Entornos con un bajo nivel de contaminación, como zonas rurales.	Edificios sin calefacción donde puede producirse condensación, como almacenes y pabellones deportivos.
C3 media	Entornos urbanos e industriales con baja contaminación por dióxido de azufre. Zonas costeras de baja salinidad.	Salas de producción en lugares con mucha humedad y poca contaminación, como cervecerías y lecherías.
C4 alta	Zonas industriales y zonas costeras de salinidad media.	Industrias químicas, piscinas, astilleros.
C5 muy alta	Áreas industriales con alta humedad y atmósfera agresiva. Zonas costeras con alta cordura.	Edificios y áreas con condensación casi permanente y alta contaminación.
CX extremo	Zonas offshore con alta sanidad y zonas industriales con extrema humedad. Ambientes agresivos, tropicales y subtropicales.	Edificios y áreas con condensación casi permanente y alta contaminación.



Plataforma offshore: Entorno categoría CX extremo según ISO 12944.

PLAN DE PINTADO - PINTURAS LIQUIDAS

Nº	Clasificación ISO 12944	Plan de Pintado - Mantenimiento	Función	Espesor Total (μm) *	Expectativa de Durabilidad ISO 12944
1	C1 - muy bajo C2 - bajo	1 mano AL CVP 115 de 35μm	Primer Alquidico	105	Media (de 7 a 15 años)
		2 maños AL SRA 111 de 35μm cada	Acabamiento Alquidico		
2	C3 - medio	1 mano EP ERP 322 de 80μm	Primer Epóxi	130	Media (de 5 a 15 años)
		1 mano PU HPA 501 de 50μm	Acabamiento Poliuretano		
3	C4 - medio	1 mano EP 89 PW de 150μm	Primer Epóxi	200	Media (de 7 a 15 años)
		1 mano PU HPA 501 de 50μm	Acabamiento Poliuretano		
4	C5 - medio	1 mano EP 88 HT de 250μm	Primer Epóxi	300	Media (de 7 a 15 años)
		1 mano PU HPA 501 de 50μm	Acabamiento Poliuretano		
5	C5 - alto	3 maños W-POXI BLOCK HPP 402 ALUM de 150 μm	Primer Epóxi Novolac	500	Alta (de 15 a 25 años)
		1 mano PU N2677 de 50 μm	Acabamiento Poliuretano		
6	CX	1 mano N1277 de 85 μm	Primer Epóxi rico em zinco	325	Alta (de 15 a 25 años)
		1 mano W-POLI HPD 451 de 240 μm	Acabamiento Poliaspártico		

* Espesor total - Considere el espesor de película seca.

PLAN DE PINTADO - GALVANIZADOS

Nº	Classificação ISO 12944	Plan de Pintado - Mantenimiento	Función	Espesor Total (μm) *	Expectativa de Durabilidad ISO 12944
1	C3 - medio	1 mano PU SRD 501 de 80μm	Primer e Acabamento Poliuretano	80	Media (de 7 a 15 años)
2	C5 - alto	1 mano EP GNP 415 de 25μm	Promotor de aderência	225	Alta (de 15 a 25 años)
		1 mano EP CVD 323 de 150μm	Intermediário Epóxi		
		1 mano PU N2677 de 50μm	Primer Epóxi		

* Espesor total - Considere el espesor de película seca.

Nota: Planos de pintura considerando la aplicación sobre soportes sin corrosión roja (los galvanizados pueden estar envejecidos, pero intactos).

PLAN DE PINTADO - PINTURA EN POLVO

Nº Sistema	Classificação ISO 12944	Ambiente	Plano de Pintura	Función	Espesor Total (μm) *	Expectativa de Durabilidad ISO 12944
1	C1 - muy bajo \ C2 - bajo	Interno	1 mano POLITHERM 20 ou 22 de 70 μm	Tinta Híbrida	70	Baja (até 5 años)
		Externo	1 mano POLITHERM 26 ou 27 de 70 μm	Tinta Poliéster	70	
2	C5 - alto	Interno	1 mano POLITHERM 50 HB de 120 μm	Tinta Híbrida	120	Media (de 5 a 15 años)
		Externo	1 mano POLITHERM 56 HB de 120 μm	Tinta Poliéster	120	
3	C1 - muy bajo \ C2 - bajo	Interno	1 mano POLITHERM 54 HB de 160 μm	Tinta Epóxi	160	Alta (acima de 15 años)
		Externo	1 mano POLITHERM 54 HB de 110 μm	Tinta Epóxi	170	
4	C3 - medio	Interno	1 mano POLITHERM 24 de 80 μm	Tinta Epóxi	160	Media (de 5 a 15 años)
		Externo	1 mano POLITHERM 20 ou 22 de 80 μm	Tinta Híbrida		
5	C3 - medio	Interno	1 mano POLITHERM 24 de 80 μm	Tinta Epóxi	160	Media (de 5 a 15 años)
		Externo	1 mano POLITHERM 26 ou 27 de 80 μm	Tinta Poliéster		
6	C4 - alto	Interno	1 mano POLITHERM 54 de 120 μm	Tinta Epóxi	200	Media (de 5 a 15 años)
		Externo	1 mano POLITHERM 20 ou 22 de 80 μm	Tinta Híbrida		
7	C5 - muy alto	Interno	1 mano POLITHERM 54 de 120 μm	Tinta Epóxi	200	Media (de 5 a 15 años)
		Externo	1 mano POLITHERM 26 ou 27 de 80 μm	Tinta Poliéster		
8	CX - Extremo	Interno	1 mano POLITHERM 55 HB C5H de 140 μm	Tinta Epóxi	240	Media (de 5 a 15 años)
		Externo	1 mano POLITHERM 55 HB C5H de 140 μm	Tinta Epóxi		
		Interno	1 mano POLITHERM 86 WFS de 140 μm	Poliéster SD	240	Media (de 5 a 15 años)
		Externo	1 mano POLITHERM 24 W-Zn de 80 μm	Tinta Epóxi Zinc		

*Los planes de pintado líquidas y en polvo que se muestran arriba son para sustratos de acero al carbono con un tratamiento estándar mínimo de chorro mecánico Sa 2½.

*Espesor total - Considere el espesor de película seca.

PRODUCTOS NORMALIZADOS PETROBRAS

Las normas Petrobras establecen sistemas de pintado estandarizados para cada caso específico de aplicación, además de las características de protección presentadas por estos tipos de productos, WEG Pinturas cuenta con una amplia línea de productos y planes de pintado específicos para la solución anticorrosiva en lo referente a mantenimiento industrial.

Normas	Descripción del producto	Ref. WEG
N 1277	Epoxi poliamida bicomponente rico en zinc.	LACKPOXI N1277 y W-POXI ZSP 315 R N 1277
N 1514 - Tipo I e II	Pintura indicadora de alta temperatura.	TERMOLACK N1514 I e II
N 1661	Pintura de etil silicato inorgánico de zinc bicomponente.	ETIL SILICATO ZINCO N1661
N 2231	Silicato inorgánico de zinc y aluminio.	ETIL SILICATO ZINCO N2231 ALUMÍNIO
N 2288	Epoxi poliamina aromática bicomponente con aluminio especial.	LACKPOXI N2288
N 2628	Acabado epoxi poliamida bicomponente, alto sólidos en volumen y alto espesor.	LACKPOXI N2628
N 2630	Primer epoxi poliamida bicomponente fosfato de zinc, alto sólidos en volumen y espesor.	LACKPOXI N2630
N 2677	Acabado poliuretano acrílico alifático bicomponente.	LACKTHANE N2677
N 2680	Pintura epoxi sin solvente para superficies húmedas.	LACKPOXI 76 WET SURFACE PRIMER / ACABAMIENTO
N 2912	Primer Epoxi Novolac de alto espesor.	WEGPOXI BLOCK N 2912 TIPOS I, II e III
(antiga N 2198)	Este producto sustituye el uso del LACKPOXI N2198. Promotor de adherencia libre de isocianatos para soportes galvanizados, aluminio, acero al carbono desengrasado y acero inoxidable.	GNP 415
N 2913 / N 2943	Revestimiento de poliaspártico.	W-POLI HPD 451
N 1374 / N 2943	Revestimiento de alto desempeño.	WEGPOXI BLOCK GFD 362
N 1374 / N 2943	Requisitos para la pintura antideslizante.	WEGPOXI BLOCK ADA 404
N 2943	Requisitos para la pintura antideslizante.	W-POLI ADA 462

COLORES ESTANDARIZADOS

Código WEG	Denominación del color	Código Petrobras	Codificación Munsell	Color
70000	Negro	0010	N 1	
10020	Gris Oscuro	0035	N 3,5	
10030	Gris Medio		N 5	
10010	Gris Claro	0065	N 6,5	
10000	Gris Hielo	0080	N 8	
60000	Blanco	0095	N 9,5	
30000	Aluminio	0170	*	
80000	Rojo seguridad	1547	5 R 4/14	
80740	Óxido de Hierro	1733	10 R 3/6	
75000	Marrón Canalización	1822	2,5 YR 2/4	
25000	Naranja Seguridad	1867	2,5 YR 6/14	
20040	Crema Canalización	2273	10 YR 7/6	
20010	Amarillo Oro	2287	10 YR 8/14	
21670	Amarillo Petrobras	2386	2,5 Y 8/12	
20000	Amarillo Seguridad	2586	5 Y 8/12	
20030	Crema Claro	2392	2,5 Y 9/4	
50010	Verde Seguridad	3263	10 GY 6/6	
50040	Verde Emblema		2,5 G 3/4	

* No posee codificación Munsell.

Código WEG	Denominación del color	Código Petrobras	Codificación Munsell	Color
51820	Verde Petrobras	3355	2,5 G 5/10	
50000	Verde Pastel	3582	5 G 8/4	
51210	Verde		7,5 G 6/4	
40010	Azul Seguridad	4845	2,5 PB 4/10	
40000	Azul Pastel	4882	2,5 PB 8/4	
41340	Azul		5 PB 2/4	
40400	Azul		5 PB 6/8	
40810	Azul Petrobras	5134	7,5 PB 3/8	
81840	Vinho	1523	5 R 2/6	

Importante

La tonalidad de color y brillo presentadas en este muestuario deben ser usadas solamente como orientación, no pudiendo ser garantizada una conformidad con la pintura original, de esa forma no es recomendado usarla como estándar de color en la evaluación de superficies pintadas.

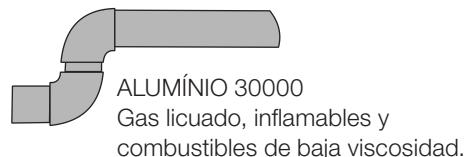
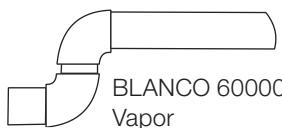
UTILIZACIÓN DE LOS COLORES

Además de ser un elemento imprescindible en la composición de ambientes, el color es también un valioso auxilio para la obtención de señalización, sea delimitando áreas, suministrando indicaciones o alertando sobre las condiciones del ambiente.

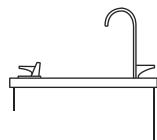
El uso del color en la señalización permite una reacción automática del observador, evitando que la persona tenga que detenerse delante de la señal, leer, analizar y entonces actuar de acuerdo con su finalidad. Para eso, se torna necesario que haya una uniformidad o normalización en la aplicación de los colores, de modo que su significado sea siempre el mismo, permitiendo una identificación inmediata.

Con el objetivo de orientar y definir este trabajo, puede ser consultada la norma NBR 6493 y NBR 7195, la cual complementa y normaliza los colores fundamentales para señalización y seguridad dentro de las empresas.

Sugerimos establecer colores estandarizados por el sistema Munsell o Ral, conforme son presentados en nuestro muestrario de colores.



COLORES PARA SEGURIDAD



BLANCO 60000
Área destinada a recolectores de residuo, bebederos, áreas en torno a equipos de emergencia, para demarcar corredores por los cuales circulan exclusivamente personas.



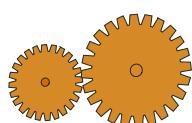
VERDE 50010
Identificación de símbolos y equipos de seguridad.



AMARILLO 20000
Indica "cuidado", como avisos de advertencia, atención a lugares peligrosos.



AZUL 40010
Empleado para indicar una acción obligatoria, como el uso de EPI, así como para impedir el movimiento o la energización de equipos (por ejemplo: "no accione esta llave").



NARANJA 25000
Señala "peligro" con partes móviles en máquinas y equipos, y caras de protecciones internas de cajas y dispositivos eléctricos que puedan ser abiertas.



NEGRO 70000
Identifica recolectores de residuos, excepto los de origen de servicios de salud.



ROJO 80000
Identifica equipos de protección y combate a incendios, así como su localización, inclusive puertas y salida de emergencia.

1 - GRADOS DE OXIDACIÓN

Son especificados cuatro grados de oxidación, designados por las letras A, B, C y D, respectivamente, conforme a Norma ISO 8501-1.

El óxido de laminación no es acero y su tendencia natural es la de desprenderse del acero. Se forma durante el proceso de laminación del acero cuando este se calienta a 1.250 °C y resulta de la reacción del oxígeno del aire y el agua de enfriamiento en forma de una lámina dura y quebradiza de color azul tornasolada visible en la superficie del acero.

Grado A

Superficie de acero con óxido de laminación intacto y adherido, con poca o ninguna oxidación a lo largo de su superficie.

Grado B

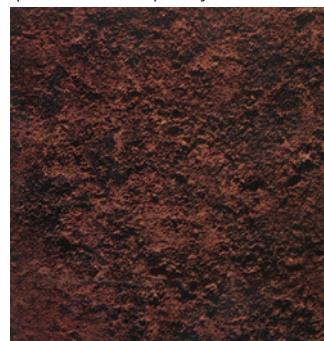
Superficie de acero con inicio de oxidación y de la cual el óxido de laminación comenzó a desprenderse, o donde sufrió una pequeña acción de la intemperie.

Grado C

Superficie de acero donde todo el óxido de laminación se ha desprendido y en la cual se observa una corrosión atmosférica uniforme generalizada en la superficie del acero.

Grado D

Superficie de acero donde todo el óxido de laminación se ha desprendido y en la cual se observa una corrosión atmosférica severa y generalizada en la superficie del acero, presentando *pits* y alvéolos.



2 - GRADOS DE PREPARACIÓN | NORMA ISO 8501-1

2.1 - Limpieza con Herramientas Manuales y Mecánicas

- La preparación de la superficie por medio de la limpieza con herramientas manuales y mecánicas (como raspaje, lijado, cepillado con cepillos o discos) son designadas por las letras "St".
- Del mismo modo, aceite, grasas u otros contaminantes, también deben ser removidos por medio de limpieza con solvente o uso de desengrasantes (de acuerdo con la norma SSPC-SP1).
- Luego de la preparación, la superficie deberá presentarse exenta de polvo o fragmentos sueltos.

Limpieza Manual St 2 (de Acuerdo con la Norma SSPC-SP2)

Consiste en la remoción de óxidos y otros materiales no muy adherentes por medio de herramientas manuales tales como: lijas, cepillos y raspadores. (Estándares fotográficos: B St 2; C St 2 y D St 2).

Limpieza Mecánica St 3 (de acuerdo com a norma SSPC-SP3)

Consiste en la remoción de la camada de óxidos y de otros materiales no muy adherentes, por medio de herramientas mecánicas manuales, tales como: cepillos rotativos, martillos neumáticos de aguja, lijadoras. (Estándar fotográficos: B St 3; C St 3 y D St 3).

Grado A - El método de limpieza St 2 no es recomendado para este grado de corrosión.



Grado A - El método de limpieza St 3 no es recomendado para este grado de corrosión.

2.2 - Limpieza por Chorreado Abrasivo

Es obtenido por la proyección, sobre la superficie, de partículas de abrasivo impulsadas por un fluido, en general aire comprimido, creando un perfil de rugosidad.

- La preparación de la superficie por chorreado abrasivo es designada por las letras "Sa".
- Antes de que la pieza siga hacia la cabina de chorreado, deben ser removidos el aceite, la grasa por medio de la limpieza con solvente o uso de desengrasante (conforme la norma SSPC-SP1).
- Luego del chorreado, deberán ser removidos de la superficie el polvo y las partículas sueltas.
- En la inspección visual debe ser verificado si la superficie se encuentra exenta de aceite, grasas, escoria de laminación, oxidación, pintura, materias extrañas de ligera adherencia y analizar si el estándar de chorreado cumple la norma ISO 8501-1.

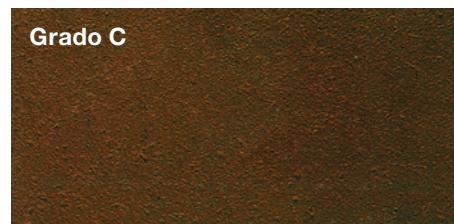
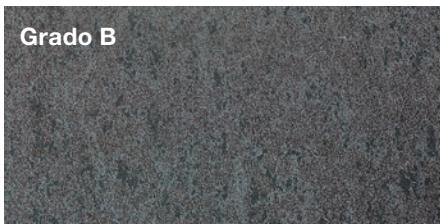
Estándar Sa 1

Conocido como chorreado "ligero" (brush-off) o chorreado de cepillado, en general poco empleado para pintado, excepto en algunas situaciones en el repintado. La remoción de producto adherente se sitúa en el rango de 5%. (Estándares fotográficos: B Sa 1; C Sa 1 y D Sa 1).

Estándar Sa 2 (de Acuerdo con la Norma SSPC-SP6)

Conocido como chorreado comercial, constituye una limpieza de la superficie con retirada de óxidos, escoria de laminación, pinturas y otras, en cerca de 50% de la superficie. Todos los contaminantes residuales deben permanecer fuertemente adheridos. (Estándares fotográficos: B Sa 2; C Sa 2 y D Sa 2).

Grado A - El método de limpieza Sa 1 no es recomendado para este grado de corrosión.

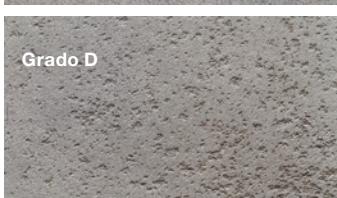
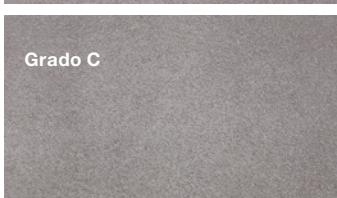
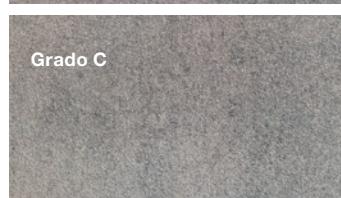
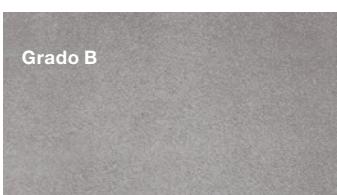
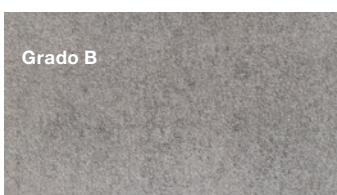
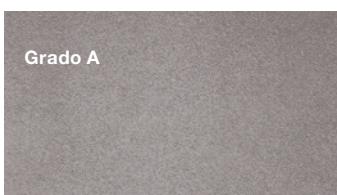
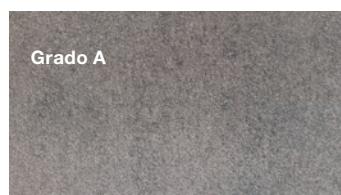


Estándar Sa 2 ½ (de Acuerdo con la Norma SSPC-SP10)

Definida como chorreado al metal casi blanco. Limpieza promoviendo la retirada casi el total de los óxidos y de la escoria. Se admite cerca de 5% del área limpia con ligeras manchas o sombras. (Estándares fotográficos: A Sa 2 ½; B Sa 2 ½; C Sa 2 ½; y D Sa 2 ½).

Padrão Sa 3 (de acordo com a norma SSPC-SP5)

También llamada de chorreado al metal blanco, constituye una limpieza con total remoción de óxidos y escorias, dejando la superficie del metal completamente limpia. Debe presentar un aspecto metálico uniforme. (Estándares fotográficos: A Sa 3, B Sa 3; C Sa 3 y D Sa 3).



2.3 - Perfil de Rugosidad

En la especificación de un pintado es aconsejable que se determine el perfil de rugosidad y que la espesura de la película de pintura cubra los picos. La vida de la pintura dependerá de ese factor. Es recomendado que el perfil de rugosidad deba situarse entre 1/4 y 1/3 de la espesura total del esquema de pintado o en un máximo de hasta 2/3 de la espesura de la pintura de fondo. La altura del perfil de rugosidad debe ser determinada, mediante el uso de rugosímetro.

Perfil muy utilizado: 40 - 85 µm.

Tabla 1

Abrasivo	Tamaño máximo de la partícula que atraviesa el colador		Altura máxima del perfil (µm)
	Abertura mm	Colador ABNT NBR 5734	
Granalla de acero (partículas angulosas) conforme norma RP - SAE - J - 444a			
Nº - G 80	0,42	40	60
Nº - G 50	0,7	25	85
Nº - G 40	1,0	18	90
Nº - G 25	1,2	16	100
Nº - G 16	1,7	12	200
Granalla de acero (esféricas) conforme norma RP - SAE - J - 444a			
Nº S-110	0,6	30	50
Nº S-230	1,0	18	80
Nº S-280	1,2	16	85
Nº S-330	1,4	14	90
Nº S-390	1,7	12	95
Bauxita sinterizada	0,4	40	80

Notas:

1 - No existen estándares fotográficos representando "A Sa 1; A Sa 2; A St 2 ni A St 3", porque estos grados de preparación no pueden ser alcanzados.

2 - Además del tipo de método de limpieza utilizado, los siguientes factores pueden influir en el resultado de la evaluación visual:

- a) Otro estado inicial de la superficie del acero, además de los grados normalizados de oxidación, A; B; C y D;
- b) El propio color del acero;
- c) Zonas de rugosidad diferentes, resultantes de ataques irregulares de corrosión o de remoción no uniforme del material;
- d) Irregularidades de la superficie;
- e) Marcas causadas por herramientas;
- f) Iluminación no uniforme;
- g) Sombreados en el perfil de la superficie causados por proyección oblicua del abrasivo;
- h) Graños de abrasivo incrustados.

(1) Las condiciones iniciales A, B, C y D se refieren a los grados de oxidación A, B, C y D, respectivamente.

2.4 - Sales solubles - Contaminante no visible

La prueba de sales solubles tiene como objetivo analizar la limpieza de la superficie, a través de la celda adhesiva Bresle/Patche, extracción de contaminantes solubles (contaminación por sal) de una superficie arenada o hidrochorreada para evaluar la cantidad de masa de sal por área. Se coloca la celda adhesiva o Parches sobre la superficie y por medio de una jeringa se carga con agua desmineralizada y se extraen los cloruros y se cuantifica la concentración por conductividad, en unidades ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y densidad superficial (mg/m^2 o $\mu\text{g}/\text{cm}^2$) y temperatura, según ISO 8502-6, 8502-9.

Investigaciones recientes muestran que la contaminación debida a sales solubles, principalmente cloruros, es crítica para el desempeño de los recubrimientos protectores. Un pequeño aumento de $1 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ de cloruros (Cl^-) conduce a una disminución del 200 % en la vida útil del recubrimiento.

3 - GRADOS DE PREPARACIÓN POR HIDROCHORREADOO

El hidrochorreado es utilizado en la remoción de materiales sueltos, productos de corrosión, limpieza de superficies metálicas, remoción de pinturas, óxido e incrustaciones de difícil remoción en estructuras, pisos, corte de concreto y metal, tuberías internas y externas, etc., no obstante, no promueve perfil de rugosidad.

Consiste básicamente en la limpieza con agua a ultrapresión lanzada sobre la superficie. No son usados abrasivos, consecuentemente los problemas causados por la generación de polvo y por la disposición de abrasivos son eliminados. Es por lo tanto, propio para superficies anteriormente pintadas, donde ya existía perfil de rugosidad.

3.1 - Hidrochorreado - (SSPC-VIS 4/NACE VIS 7)

As referências fotográficas a seguir ilustram 5 das 7 condições iniciais⁽¹⁾ descritas antes da preparação da superfície.

3.1.1. Condiciones Iniciales

Condición A (No Ilustrada): superficie de acero completamente cubierta de escoria de laminación intacta y adherente, con poca o ninguna corrosión;

Condición B (No Ilustrada): superficie de acero con principio de corrosión atmosférica de la cual la escoria de laminación haya comenzado a desagregarse;

Condición C: superficie de acero de la cual la escoria de laminación haya sido removida por la corrosión atmosférica o pueda ser retirada por medio de raspaje, pudiendo, incluso, presentar algunos alvéolos;

Condición D: superficie de acero de la cual la escoria de laminación haya sido removida por la corrosión atmosférica y que presenta corrosión alveolar de severa intensidad;

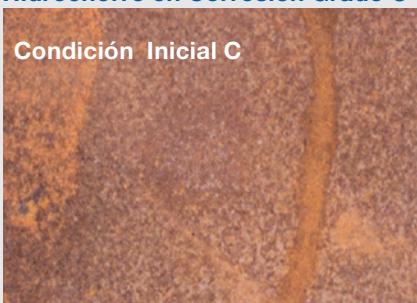
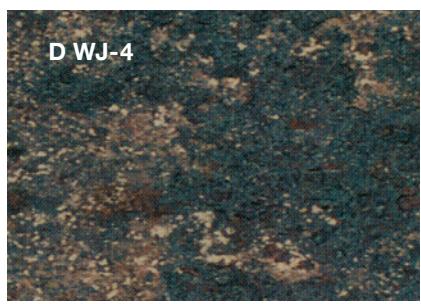
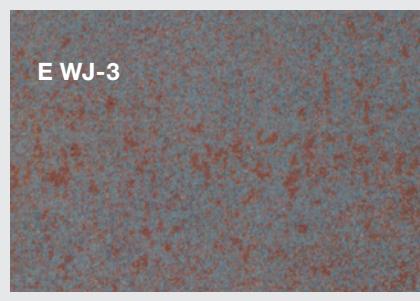
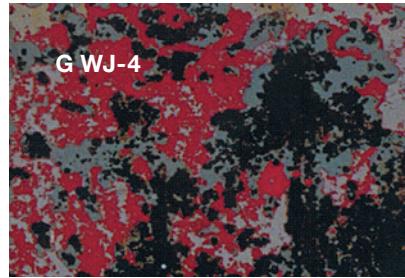
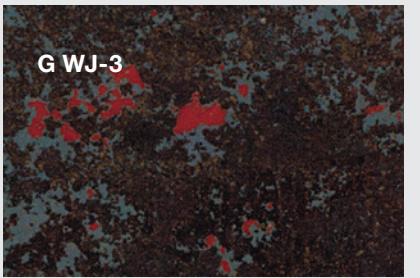
Condición E: superficie de acero previamente pintada; pintura levemente colorida aplicada sobre superficie limpiada por chorreado; pintura en su mayor parte intacta;

Condición F: superficie de acero previamente pintada; pintura rica en zinc, aplicada sobre acero limpio chorreado; pintura en su mayor parte intacta;

Condición G: sistema de pintado aplicado sobre acero contenido escoria de laminación; sistema completamente destrozado por la intemperie, completamente ampollado, o completamente manchado;

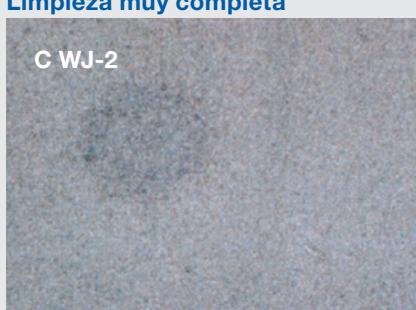
Condición H: sistema de pintado degradado aplicado sobre acero; sistema completamente destrozado por la intemperie, completamente ampollado, o completamente manchado.

A seguir, se presentan las series de fotografías que describen la condición inicial del acero para las condiciones iniciales C, D, E, F, G, y H (conforme sección 3.1.1), y el acero previamente limpiado para alcanzar la WJ-1, WJ-2, WJ-3 y WJ-4 de la SSPC-SP12/NACE.

Hidrochorro en Corrosión Grado C**Condición Inicial C****Limpieza leve****C WJ-4****Limpieza completa****C WJ-3****Hidrochorro en Corrosión Grado D****Condición Inicial D****D WJ-4****D WJ-3****Hidrojato em corrosão grau E****Condición Inicial E****E WJ-4****E WJ-3****Hidrojato em corrosão grau F****Condición Inicial F****F WJ-4****F WJ-3****Hidrojato em corrosão grau G****Condición Inicial G****G WJ-4****G WJ-3**

Limpieza muy completa

C WJ-2



Substrato limpio al metal desnudo

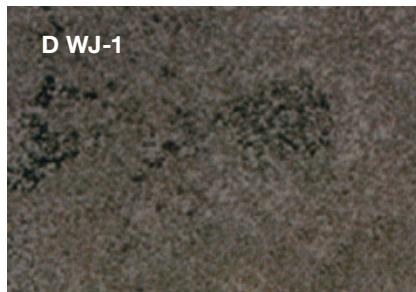
C WJ-1



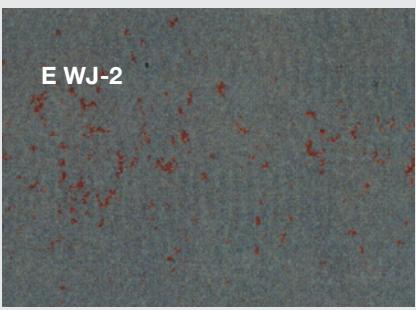
D WJ-2



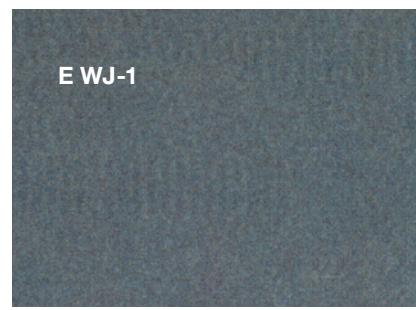
D WJ-1



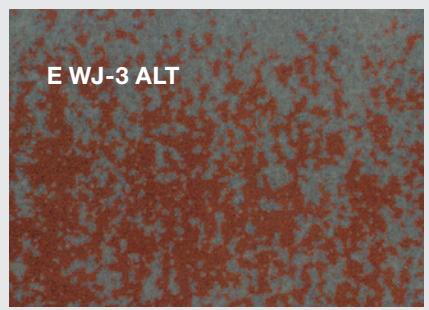
E WJ-2



E WJ-1



E WJ-3 ALT



* Nota: La E WJ-3 ALT es una ilustración alternativa de la condición WJ-3.

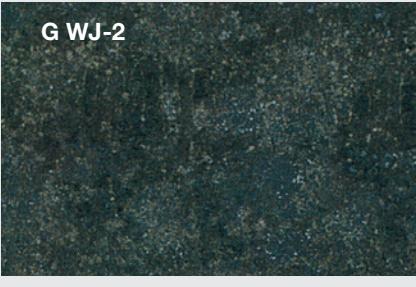
F WJ-2



F WJ-1

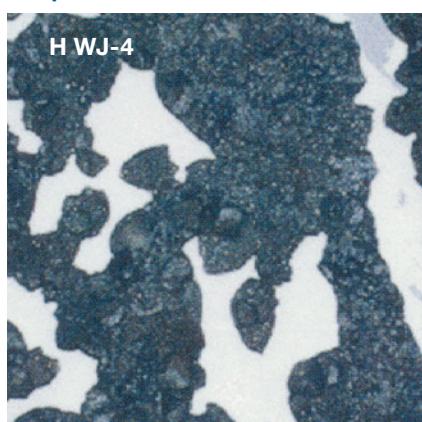
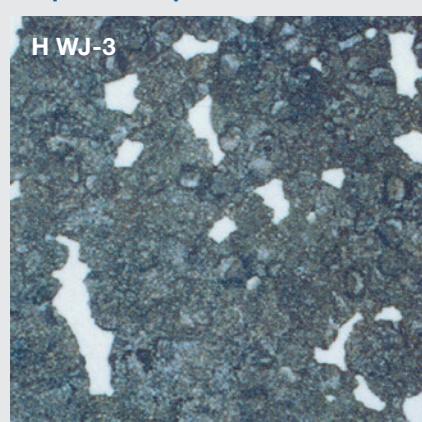


G WJ-2



G WJ-1



**Limpieza leve****Limpieza completa**

3.1.1.1. Otras Condiciones

Cuando es utilizado hidrochorro para remover pintura y otros contaminantes del acero contenido escoria de laminación (condiciones A, B, y G), la escoria de laminación generalmente no es removida. En este caso, la apariencia del acero limpio podrá ser muy similar a la de la condición A o B.

3.1.2. Condición Final

Los varios grados de limpieza, sin reoxidación (flash rusting), son descritos en SSPC-SP12/NACE nº 5 como:

WJ-1 Substrato limpiado al metal desnudo

WJ-2 Limpieza muy completa o limpieza rigurosa

WJ-3 Limpieza completa

WJ-4 Limpieza leve

3.1.3. Observaciones

Las superficies del acero muestran variaciones en la textura, tonalidad, color, tono, corrosión localizada (pitting), floculación y escoria, las cuales deberían ser consideradas cuando son hechas comparaciones con las fotografías de referencias. Las variaciones aceptables en la apariencia que no afectan la limpieza de la superficie son: variaciones causadas por el tipo de acero, condición original de la superficie, espesura del acero, metal soldado, marcas de fabricación de laminadoras, tratamiento térmico, zonas afectadas por el calor y las diferencias causadas por la técnica de limpieza inicial de chorreado abrasivo o por la limpieza estándar.

Sigue, también, una tabla explicativa (tabla 2) que complementa las ilustraciones.

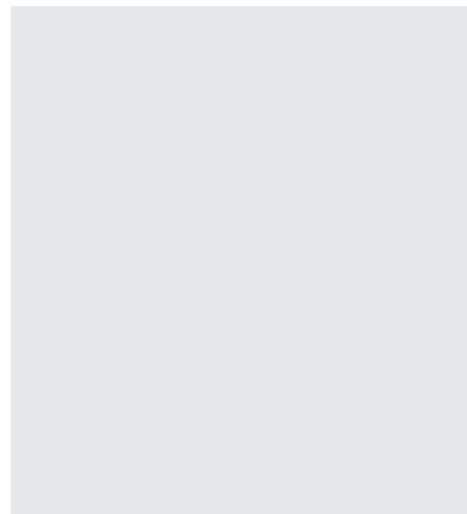
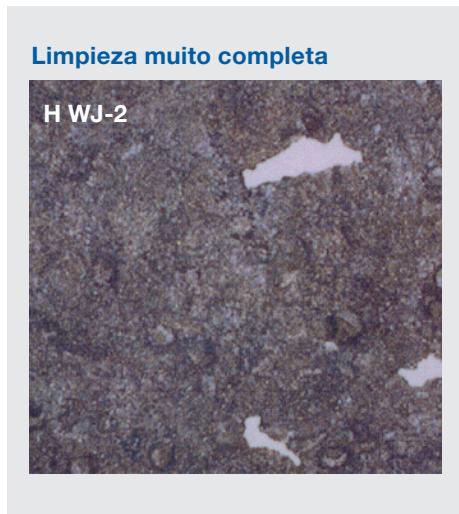
Tabla 2

Lista de fotografías de referencia (sin Flash Rust) para diversas condiciones iniciales y cuatro grados de limpieza						
Condición inicial de la superficie	Condición C 100% oxidación	Condición D 100% oxidación con PITS	Condición E Pintura de color leve aplicada sobre acero chorreado	Condición F Pintura rica en zinc aplicada sobre acero chorreado	Condición G Sistema de pintado con múltiples capas bien adheridas sobre acero con escoria de laminación	Condición H Sistema de pintado con múltiples capas deterioradas
WJ-1	C WJ-1	D WJ-1	E WJ-1	F WJ-1	G WJ-1	H WJ-1
WJ-2	C WJ-2	D WJ-2	E WJ-2	F WJ-2	G WJ-2	H WJ-2
WJ-3	C WJ-3	D WJ-3	E WJ-3	F WJ-3	G WJ-3	H WJ-3
WJ-4	C WJ-4	D WJ-4	E WJ-4	F WJ-4	G WJ-4	H WJ-4

3.1.4. Reoxidación (Flash Rust)

Las fotografías de referencia a seguir ilustran 3 grados de reoxidación (C WJ-2, C WJ 2M y C WJ-2 H, conforme será explicado en la tabla 3, y sus respectivas ilustraciones). La reoxidación o florescencia de oxidación es una leve oxidación del acero, que ocurre en el período de secado, tras el hidrochorreado. Éste cambia rápidamente de apariencia. El color de la reoxidación puede variar dependiendo de la edad y composición del acero y del tiempo en que el acero permaneció mojado, antes del secado.





Sigue la tabla 3 que complementa las ilustraciones de reoxidación.

Tabla 3

Lista de fotografías de referencia ilustrando niveles de Flash Rust				
Condición inicial de la superficie				
	Condición C 100% oxidación		Condición D 100% oxidación con PITS	
Grado de limpieza	WJ-2	WJ-3	WJ-2	WJ-3
Sin "flash rust"	C WJ-2	C WJ-3	D WJ-2	D WJ-3
"Flash rust" leve	C WJ-2 L	C WJ-3 L	D WJ-2 L	D WJ-3 L
"Flash rust" moderado	C WJ-2 M	C WJ-3 M	D WJ-2 M	D WJ-3 M
"Flash rust" intenso	C WJ-2 H	C WJ-3 H	D WJ-2 H	D WJ-3 H

3.1.4.1. Sin "Flash Rust"

La superficie del acero, cuando es vista a "simple vista" no presenta oxidación superficial visible.

3.1.4.2. "Flash Rust" Leve (L)

La superficie de acero, cuando vista a "simple vista", presenta una finísima camada de oxidación superficial de color amarillo/marrón, siendo fácilmente observada en el substrato de acero. La oxidación puede presentarse distribuida de forma uniforme, o a través de manchas localizadas, estando fuertemente adherida y de difícil remoción a través de la limpieza por medio de paños.

3.1.4.3. "Flash Rust" Moderado (M)

La superficie de acero, cuando vista a "simple vista", presenta una fina camada de oxidación superficial de color amarillo/marrón que oscurece la superficie original del acero. La camada de oxidación puede estar distribuida uniformemente, o a través de manchas localizadas, no obstante, está suficientemente adherida, causando ligeras marcas en un paño cuando éste es frotado levemente sobre la superficie.

3.1.4.4. "Flash Rust" Intenso (H)

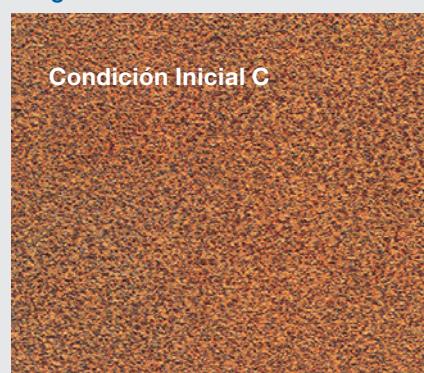
La superficie del acero, cuando vista a "simple vista" presenta una camada de oxidación intensa de color rojo/marrón que esconde completamente la condición inicial de la superficie. La camada de oxidación puede ser distribuida uniformemente o puede presentarse bajo la forma de manchas, no obstante, la oxidación está levemente adherida y es de fácil remoción, dejando marcas significativas en un paño cuando es frotado levemente sobre su superficie.

3.1.4.5. Apariencia

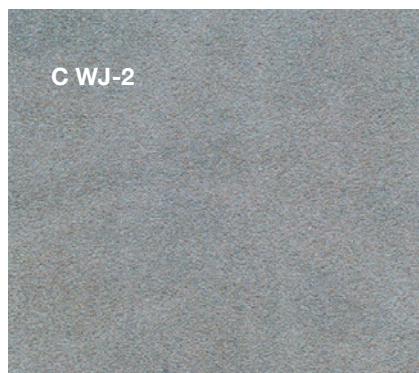
Es generalmente correcto que, cuando la superficie aún esté húmeda o mojada, ésta parezca ser más oscura, con defectos y variaciones en el color más ampliados. Como la superficie se está secando se forman franjas que necesariamente no son descritas en esta pequeña unidad de fotografías, pero que pueden ser vistas claramente en áreas mayores. Si estas franjas son aceptables o no, deberá ser discutido entre las partes contratantes. Un ejemplo de estas franjas puede ser visto en C WJ-3 y C WJ-2 M. Siguen las series fotográficas que ilustran los niveles de Flash Rust, y a una tabla explicativa que complementa las ilustraciones.



**Niveles de “Flash Rust” en Grado C
Luego de WJ2**



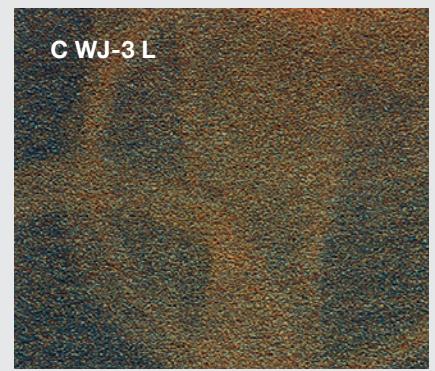
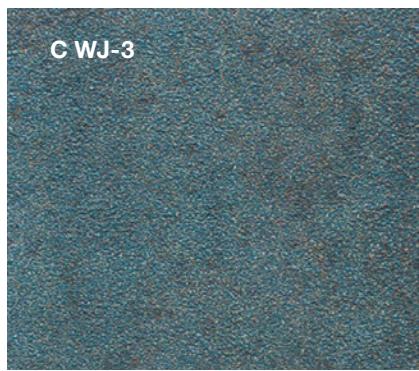
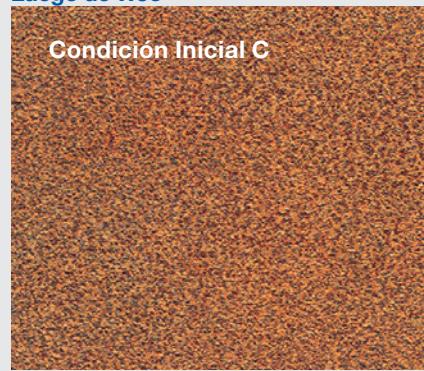
Sin “Flash Rust”



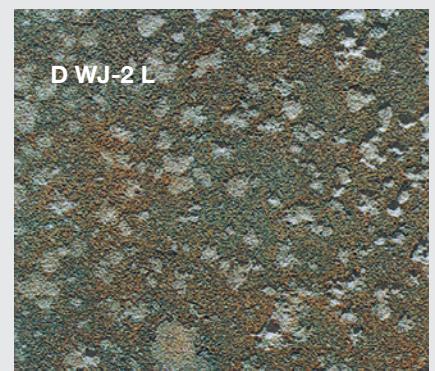
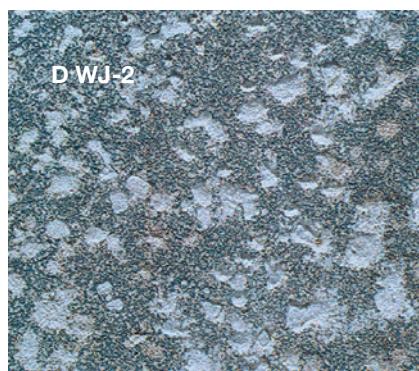
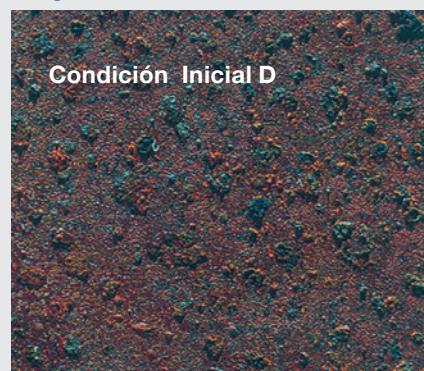
“Flash Rust” Leve



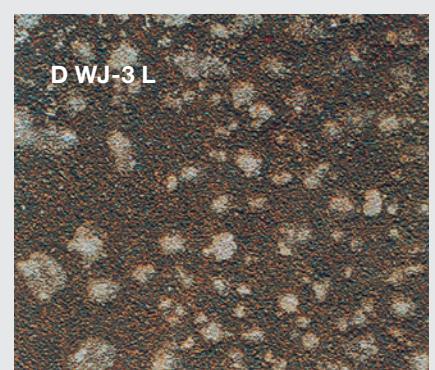
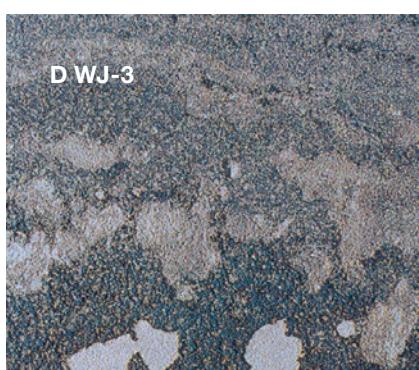
**Niveles de “Flash Rust” en Grado C
Luego de WJ3**



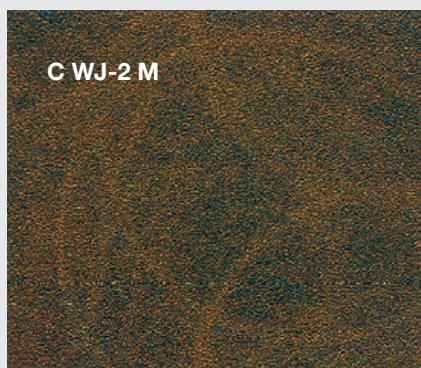
**Niveles de “Flash Rust” en Grado D
Luego de WJ2**



**Níveis de Flash Rust em grau D após
WJ3**



"Flash Rust" Moderado



"Flash Rust" Intenso



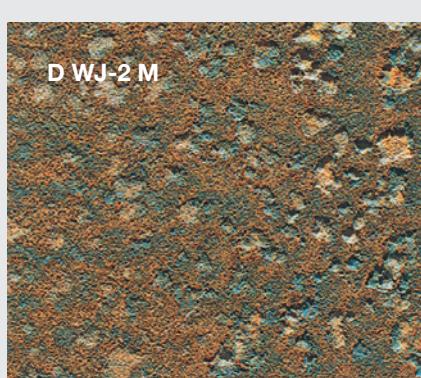
C WJ-3 M



C WJ-3 H



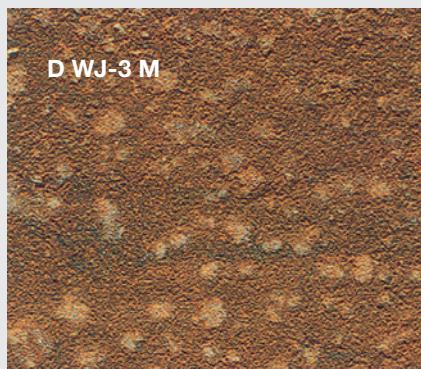
D WJ-2 M



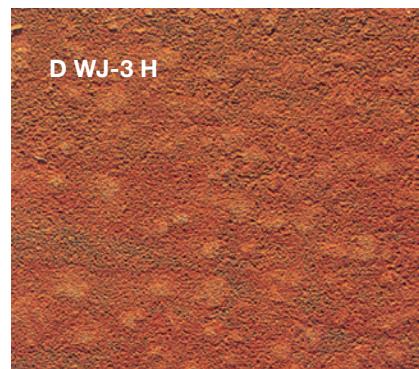
D WJ-2 H



D WJ-3 M



D WJ-3 H



4 - ADHERENCIA

La adherencia de una pintura, o de un sistema de pintado, es una importante propiedad del revestimiento a ser evaluada, no obstante, las conocidas pruebas en "X" y en "#" ejecutadas conforme la norma de la ABNT NBR 11003 presentan pocas informaciones y resultados sobre las nuevas y más modernas pinturas, que a cada año evolucionan considerablemente.

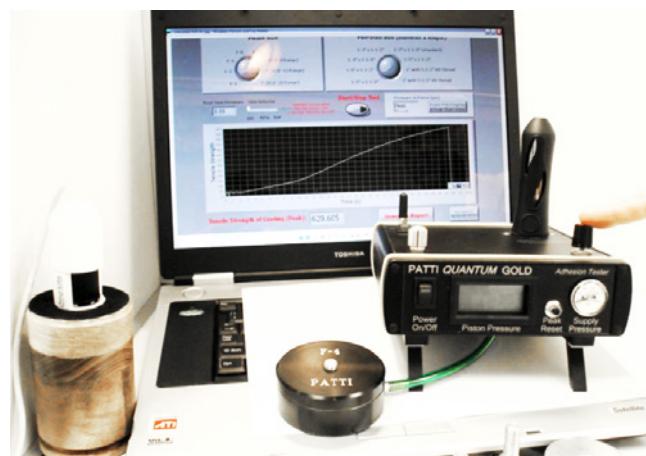
En medio a esto, el ensayo de adherencia por el método de resistencia a la tracción (pull-off test), según las normas ASTM D 4541 y ABNT NBR 15877, ha sido cada vez más utilizado en las obras. Este ensayo además de medir la tensión de ruptura, permite identificar la naturaleza de la falla de adherencia en el revestimiento.

Actualmente, la ASTM DE 4541 cita 5 tipos de métodos y equipos portátiles para realización del ensayo, a saber:

- A3 - autoalineación - aparato tipo IV
(Prueba Método D)
- A4 - autoalineación - aparato tipo V
(Prueba Método E)
- A5 - autoalineación - aparato tipo VI
(Prueba Método F)

Para una mejor visualización y comparación entre las normas vigentes de la ASTM y ABNT presentamos, a seguir, una serie de ilustraciones y comentarios.

A3 - autoalineación - aparato tipo IV (Prueba Método D)



Este equipo portátil, también es citado en la norma de la ABNT, encontrado como A2 – Dispositivo de accionamiento neumático.

A4 - autoalineación - aparato tipo V (Prueba Método E)



Existen 2 tipos de equipos portátiles hidráulicos, uno manual y otro automático, ambos también se encuadran en la norma de la ABNT, como A3 – Dispositivo de Accionamiento



A5 - autoalineación - aparato tipo VI (Prueba Método F)



Este otro aparato hidráulico es relativamente “nuevo” y fue incluido en la última revisión de la norma de la ASTM D 4541 de 2009.

La norma ASTM D 4541 describe que su procedimiento fue desarrollado para substratos metálicos, pudiendo también ser utilizado y apropiado para otros substratos rígidos, tales como plásticos y madera. Para el ensayo sobre concreto, es descrito otro método en la norma ASTM D 7234.

Esta prueba es destructiva, pudiendo ser necesarias reparaciones localizadas, por eso, siempre que sea posible, la prueba de adherencia debe ser realizada en cuerpos de prueba (réplicas) representativos de la superficie que está siendo revestida, de forma de evitar daños en el pintado.

Es posible que ocurran variaciones en los resultados obtenidos usando diferentes dispositivos o diferentes substratos con el mismo revestimiento.

En este catálogo, abordaremos detalladamente el procedimiento de preparación de los cuerpos de prueba, así como la ejecución del ensayo de adherencia por el método de resistencia a la tracción, con base en el aparato neumático Tipo IV (Método de prueba D), por medio de los equipos PATTI® y Quantum.

El ensayo de adherencia por el método de resistencia a la tracción es ejecutado sujetándose un perno (pieza de ensayo, carretel, tornillo, dolly, pull-stub) “del aparato escogido” de manera perpendicular a la superficie del revestimiento con un adhesivo.

Tras la cura del adhesivo, el pistón (o dispositivo de tracción) del respectivo aparato es conectado a la pieza de ensayo y alineado para aplicar una tensión perpendicular a la superficie debajo del ensayo. La fuerza aplicada al perno es ajustada de acuerdo con el tipo de pistón escogido para ejecutar el ensayo. Este ensayo es monitoreado hasta que el perno se desprenda, o un determinado valor sea alcanzado, obteniéndose, en el análisis primario, la tensión máxima de ruptura que puede soportar un área de la superficie.

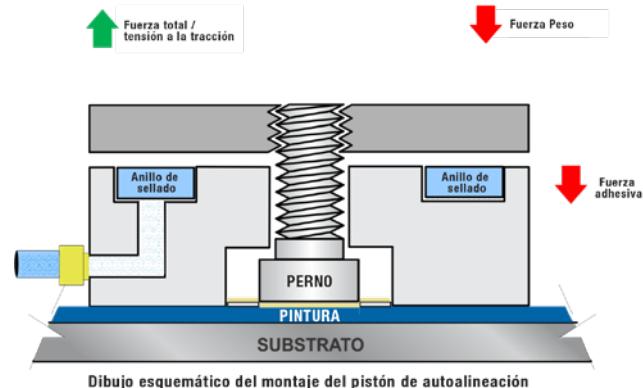
Cuando el perno es desprendido, la superficie expuesta, fracturada, representa la falla donde se inició la ruptura, a lo largo del plano más débil dentro del sistema compuesto por el perno, pistón, adhesivo, sistema de pintado y substrato. De esa forma se obtiene, en el análisis secundario, la naturaleza de la falla.

La naturaleza de la falla es calificada entre fallas adhesivas y cohesivas entre las camadas reales implicadas en su sistema de pintado, debiendo ser cuantificado el porcentual de la falla, y, cuando sea observado más de un tipo de falla, deberá ser cuantificado y registrado el porcentual de cada una.

La resistencia del revestimiento al estrés de arrancamiento es calculada con base en la presión máxima de ruptura indicada en el visor del aparato, en el peso y área del pistón, y en el área del perno utilizado, que es la misma área de la superficie originalmente sometida a tensión.

Para mayor agilidad, podemos utilizar las tablas de conversión de cada tipo de pistón con su respectivo perno estándar (0,5 inch) suministrada por los fabricantes de los equipos, convirtiendo la fuerza actual aplicada a la superficie de prueba (tensión de ruptura) en la tensión máxima de estrés de arrancamiento (mayor media de estrés aplicada durante la prueba), valor que generalmente es expresado en “MPa, megapascal” o “psi, libras por pulgada cuadrada”.

PATTI® Pneumatic Adhesion Tensile Testing Instrument



La tensión de arrancamiento, aplicada a cada muestra de un determinado revestimiento o esquema de pintado, también puede ser calculada utilizando la fórmula de abajo:

$$X = \frac{4F}{\pi d^2}$$

Donde:

X = Es la tensión obtenida en el momento del arrancamiento o la mayor tensión alcanzada en ese intento, expresada en megapascles (MPa) o libras por pulgada cuadrada (psi);

$F = P_{\text{Display}} \times A_{\text{Pistón}} - P_{\text{Pistón}}$

$F = P_{\text{Display}} \times A_{\text{Pistón}} - P_{\text{Pistón}}$

$d = \text{Diámetro del perno}$ (carretel, dolly o pull-stub), expresado en pulgadas (pul).

Para un mejor entendimiento de este cálculo, presentamos un ejemplo práctico considerando que una determinada prueba haya obtenido la tensión, en el momento del arrancamiento, de 55 psig (P_{Display}), utilizando un Pistón F-8 y el perno de 0,5 pulgadas, tenemos:

$$F = P_{\text{Display}} \times A_{\text{Pistón}} - P_{\text{Pistón}}$$

$$F = 55 \times 7,91 - 0,505 \quad F = 434,54$$

$$x = \frac{4 \times 434,54}{3,1416 \times (0,5)^2} \quad x = \frac{1738,16}{3,1416 \times 0,25} \quad x = \frac{1738,16}{0,7854}$$

$$x = 2213,08 \text{ psi ou } 15,3 \text{ MPa}$$

La preparación del perno es un punto que debe ser observado, una vez que la superficie de contacto del perno con el adhesivo debe ser limpiada por chorreado abrasivo y el polvo debe ser removido con cepillo blando. También es requerido que la superficie del revestimiento esté limpia.

Un perno puede no adherirse a la superficie debido a una pobre preparación de ésta. Incluso los pernos nuevos no son considerados limpios, visto que siempre es dejado algún residuo después del chorreado.

Puede ser usado cualquier método estándar de limpieza y desengrasado de aluminio en el perno, debiendo ser pasados solventes suaves en su revestimiento para remover cualquier contaminante.

La superficie limpia no debe ser manipulada, para evitar la contaminación a partir de aceites de la piel, etc. Los pernos no deben ser reutilizados a menos que el adhesivo sea cuidadosamente removido y su superficie sea limpia nuevamente.

El contacto con la superficie del perno debe ser evitado para no contaminarlo, debiendo ser utilizado en un plazo máximo de 24 horas tras la limpieza para mejores resultados (6).

La norma ASTM D 4541 (1) también indica dos métodos comprobados para la mejoría de las fuerzas de fijación adhesiva a las superficies de metal (las Guías D 2651 y D 3933).

Otro punto relevante que debe ser observado es la reducción del área del perno en función de su reutilización a lo largo de los ensayos, que resulta en una mayor tensión, en una menor área a ser traccionada debido a la do prueba, una vez que la tasa de variación de presión no es comúnmente ajustada para este desvío del área del perno.

Es posible escoger entre seis tamaños diferentes de pistón, cada cual con el rango de carga que mejor se adecua a su aplicación. En la Tabla descrita abajo, presentamos los pistones y los rangos de carga de cada uno.

Tabla – Rango de carga de los pistones

Pistón	Rango de carga, usando el perno (pull-stub) de 12,7 mm (1/2") de diámetro.		Diámetro del pistón	
	PSI	MPa	mm	Polegada
F-1	50 - 500	0,3 - 3,4	44,5	1 3/4" (1,75")
F-2	100 - 1.000	0,6 - 6,9	57,0	2 1/4" (2,25")
F-4	200 - 2.000	1,3 - 13,8	76,0	3"
F-8	400 - 4.000	2,7 - 27,6	98,0	3 7/8" (3,875")
F-16	800 - 8.000	5,5 - 55,2	127,0	5"
F-8/12 (F-20) (3 Faixas de carga)	F-8; 400 - 4.000 F-12; 600 - 6.000 F-20; 1.000 - 10.000	F-8; 2,7 - 27,6 F-12; 4,1 - 41,3 F-20; 6,9 - 69	146,0	5 3/4" (5,75")

Se recomienda que sea escogido un pistón, de forma de que el punto medio del alcance esté próximo a la fuerza de tensión presumida del revestimiento a ser probado. Esto proveerá resultados más precisos a la fuerza presumida del revestimiento (1).

El área del pistón utilizada en los cálculos es el área de contacto entre el anillo de sellado y el plato de reacción, siendo asumido que esta área es la referencia comercial del pistón, por ejemplo: - Pistón F-8, tiene un área de aproximadamente 8 in², pudiendo ser ligeramente diferente.

Para ejecutar la prueba, asegúrese de que válvula de flujo (sentido horario firme en los dedos) esté cerrad, presione y sujetete el botón de operación. Lentamente abra la válvula de flujo (sentido antihorario) y monitoree el manómetro/display de presión del pistón para obtener la tasa de aumento de

presión menor que 1 MPa/s (150 psi/s) permitiendo también que la prueba esté completa dentro de 100 segundos, conforme la norma ASTM D 4541.

El punto relevante en esta etapa del ensayo es que una mayor o menor variación en la tasa da tensión aplicada sobre el pistón interferirá en el valor del resultado. De esta forma, la técnica y la experiencia del operador serán de relevante importancia para el resultado.

Para que no ocurran resultados muy discrepantes, en un mismo revestimiento y en un mismo local, podemos calcular la tasa de variación de presión para cada tipo de pistón convirtiendo la tasa de variación de tensión en el perno en tasa de variación de presión en el display del equipo, utilizando las fórmulas de abajo, en conformidad con la tasa máxima de variación de presión (tensión) en el perno, $\Delta P_{\text{Pots}}=150 \text{ psi/s}$.

Para una mejor visualización de la aplicación práctica de la fórmula, utilizamos el área de 7,91 in² del pistón F-8, con el perno estándar de 0,1964 in²:

Para la posición horizontal:

$$P_{\text{Display}} = \frac{\Delta P_{\text{Pots}} \times A_{\text{Perno}} + \frac{P_{\text{Pistón}}}{s}}{A_{\text{Pistón}}}$$

Ficando: $\Delta P_{\text{Display}} = 3,8 \frac{\text{psi}}{\text{s}}$.

Tabla de resultados del ajuste de la tasa de variación de tensión en el display del equipo recomendado para cada tipo de pistón.						
F-1 30 psig/s	F-2 15 psig/s	F-4 7,5 psig/s	F-8 3,78 psig/s	F-12 2,5 psig/s	F-16 1,85 psig/s	F-20 1,5 psig/s

No exceder la tasa de variación de tensión del display cuando sea leído el resultado en el manómetro digital del equipo, para estar en conformidad con la norma ASTM D 4541 y ABNT NBR 15877.

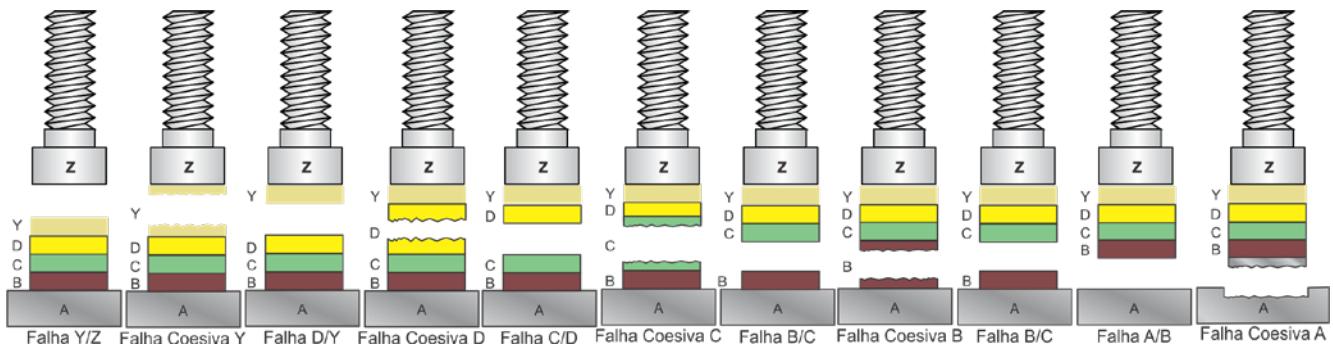
Como es posible percibir, cuando esté utilizando un pistón de tamaño mayor, podrá ser difícil realizar la prueba a un ritmo suficientemente lento, por eso, la solución puede ser utilizar un pistón de tamaño menor para obtener un mayor control,

recordando que el pistón debe ser escogido de forma que el punto medio del alcance esté próximo a la fuerza de tensión presumida del revestimiento a ser probado.

El ensayo de adherencia por el método de resistencia a la tracción, además de los valores de la tensión de ruptura, generalmente expresados en MPa, posibilita realizar el análisis de la naturaleza de la falla, que es el local donde ocurrió la ruptura que originó el desprendimiento del perno metálico de la superficie.

Tabla – Descripción de la naturaleza da “falla de adherencia”	
Clasificación	Naturaleza de la Falla
A	falla cohesiva del substrato
A/B	falla adhesiva entre el substrato y la primera camada del revestimiento
B	falla cohesiva de la primera camada del revestimiento (primer)
B/C	falla adhesiva entre las camadas B y C
C	falla cohesiva de la camada C (intermediario)
C/D	falla adhesiva entre las camadas C y D
D	falla cohesiva de la camada D (acabamiento)
D/Y	falla adhesiva entre la última camada de pintura y el adhesivo
Y	falla cohesiva del adhesivo
Y/Z	falla adhesiva entre el adhesivo y el perno (“dolly”)

Para una mejor visualización de los posibles locales donde la falla de adherencia puede ocurrir presentamos también, de forma esquemática, la ilustración de abajo.

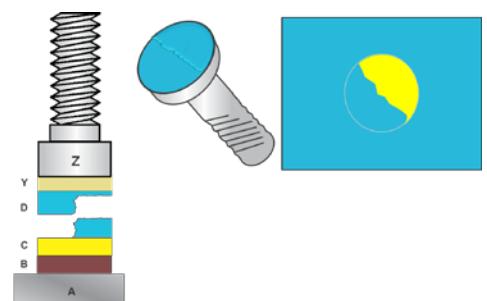


Dibujo esquemático de los tipos de “fallas de adherencia”.

En este análisis secundario, también es registrado el porcentual de la falla. Cuando es observado más de un tipo de falla, es registrado el porcentual de cada una, como es mostrado de forma esquemática en las ilustraciones de al lado.

Como en este ejemplo, en un esquema de pintado de 03 (tres) maños de pintura, observamos:

- 50% de falla adhesiva C/D;
- y 50% de falla cohesiva D (superficial).



Conozca las operaciones
mundiales de WEG



www.weg.net



 +55 (47) 3276.4000

 tintas@weg.net

 **Guaramirim - SC - Brasil** ☎ +55 (47) 3276.4000
Mauá - SP - Brasil ☎ +55 (11) 4547.6100
Cabo de Santo Agostinho - PE - Brasil ☎ +55 (81) 3512.3000
Buenos Aires - Argentina ☎ +54 (11) 4299.8000
Hidalgo - México ☎ +52 (55) 5321.4231