



ING. AUTOMOTRIZ

**Trabajo integración Curricular previa a la obtención
del título de Ingeniería en Mecánica Automotriz**

AUTORES:

Mateo Alejandro Rios Martinez

Juan Pablo Salazar Cartagena

TUTOR:

Ing. Cristopher Israel Fuertes Iturralde

**Análisis de la influencia de la corrosión en un ambiente acelerado sobre
recubrimientos tipo poli urea**

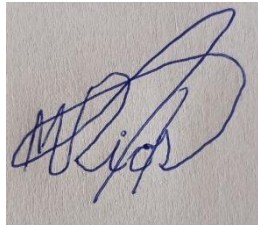
QUITO – ECUADOR

2025

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Mateo Alejandro Rios Martinez y Juan Pablo Salazar Cartagena**, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. Rios', on a light-colored background.

Mateo Alejandro Rios Martinez

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'J. Salazar', on a light-colored background.

Juan Pablo Salazar Cartagena

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Msc. Cristopher Israel Fuertes Iturralde, certifico que conozco a los autores del presente trabajo, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Cristopher Israel Fuertes Iturralde

DEDICATORIA

Dedico el siguiente trabajo a mis padres, quienes, a través de su amor inmenso y comprometido, sus palabras de aliento, sus lecciones de vida y su arduo trabajo, me dieron el valioso regalo de mi educación, el cual atesoro en mi corazón.

A mis abuelitos, que con ternura han abrazado mis sueños y me han apoyado para hacerlos realidad.

A mi tía, quien, desde que me vio nacer, confió en mi infinita capacidad de superarme a mí mismo cada día.

Mateo R.

DEDICATORIA

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy hoy en día, el esfuerzo que han hecho para que hoy pueda estar terminando mi carrera universitaria, mis logros se los debo a ustedes.

A mis abuelos ya que, sin su guía, amor, paciencia yo no lograría estar aquí parado finalizando esta etapa de mi vida.

A mi hermano quien es mi mejor amigo, sé que siempre podré contar con él y su apoyo incondicional.

Juan Pablo Salazar

AGRADECIMIENTO

Estoy agradecido con Dios, quien siempre está obrando en mi interior.

A esta noble institución, que, al abrirme sus puertas, me permitió extender mis alas y emprender el vuelo de la libertad a través del conocimiento.

A mis profesores, que, a lo largo de mi carrera universitaria, me mostraron que lo importante es persistir en el objetivo, aunque los caminos para llegar a él sean diferentes.

Al ingeniero y tutor de este artículo, que, con sabiduría y paciencia, supo guiar mis pasos y contribuir para hacer de mi sueño una meta realizada.

A los amigos que forme durante toda la carrera, quienes fueron un pilar de apoyo, un abrazo que calma, una voz que guía. Gracias por ser quienes son y por ser mis amigos.

Mateo R.

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento de este proyecto va dirigido primero a Dios ya que sin la bendición y su amor nada de esto hubiera sido posible.

A él Ingeniero Christopher Fuentes nuestro tutor quien con paciencia ánimo y colaboración nos brindó su conocimiento y ayuda para que este proyecto pueda concluirse con éxito.

A la Universidad Internacional del Ecuador por haberme abierto las puertas y permitirme educarme en sus aulas siendo una excelente casa para mi desarrollo profesional en esta hermosa carrera, haber estudiado en esta prestigiosa institución es un honor ya que no solo fue una fuente de conocimiento sobre mi carrera, sino que, he aprendido a vivir y desarrollarme como persona e integrarme con mis compañeros. Aprendí a pensar lógicamente, a crear soluciones innovadoras, a trabajar en equipo, a respetar a los demás. Me permitió tener una base sólida no solo en lo académico, aprendí a ser un líder íntegro, que puede tomar decisiones inteligentes.

A mi familia, en especial a mis padres, por haber fomentado en mí un deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

No es posible expresar mi agradecimiento sólo con palabras, sin ustedes no sería la persona que soy hoy en día, agradezco infinitamente su apoyo, su comprensión, sus consejos.

Juan Pablo S.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA	3
APROBACIÓN DEL TUTOR	4
DEDICATORIA	5
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO.....	7
AGRADECIMIENTO.....	8
ÍNDICE DE CONTENIDO	9
ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA CORROSIÓN EN UN AMBIENTE ACELERADO SOBRE RECUBRIMIENTOS TIPO POLI UREA.....	
RESUMEN	11
ABSTRACT:	11
1. Introducción.....	12
2. Marco teórico	13
2.1. Mecanismos y factores que influyen en la degradación de los materiales	13
2.2. Propiedades de los recubrimientos tipo poli urea.....	14
2.3. Normativas y estándares: Requisitos para la evaluación de la resistencia a la corrosión en recubrimientos.....	16
3. Metodología.....	17
3.1. Materiales	17
3.1.1. Recubrimientos	17
3.1.2. Equipos de aplicación	18
3.2. Probetas de ensayo	19
3.2.1. Prueba de adherencia	19
3.2.2. Prueba de niebla salina	19
3.2.3. Prueba de tiempo de secado	20
3.3. Pruebas de valoración	21
3.4. Métodos	21
4. Resultados y discusión.....	22
4.1. Tiempo de secado	22
4.2. Adherencia	23

4.3. Niebla salina	24
4.4. Análisis de resultados	25
5. Conclusiones.....	28
6. Referencias bibliográficas.....	29
7. Anexos.....	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades físicas y mecánicas de la poli urea	15
Tabla 2. Parámetros medibles de la norma INEN 1046	16
Tabla 3. Recubrimientos del proyecto	17
Tabla 4. Pruebas de valoración	21
Tabla 5. Pruebas de valoración	22
Tabla 6. Resultados de adherencia.....	23
Tabla 7. Resultados de niebla salina	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura del polímero Poli urea.....	15
Figura 2. Equipo de aplicación de recubrimiento	18
Figura 3. Pistola de aplicación.....	19
Figura 4. Probeta de acero inoxidable	19
Figura 5. Cámara salina	20
Figura 6. Cámara salina	20
Figura 7. Probeta para prueba de secado	21
Figura 8. Proceso de trabajo de probetas con recubrimiento poli urea.....	22
Figura 9. Probeta para tiempo de secado	23
Figura 10. Probeta para la prueba de secado y adherencia	26
Figura 11. Cambios de masa en recubrimiento A	27
Figura 12. Cambios de masa en recubrimiento B.....	27
Figura 13. Cambios de masa en recubrimiento C.....	28

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA CORROSIÓN EN UN AMBIENTE ACCELERADO SOBRE RECUBRIMIENTOS TIPO POLI UREA

Ing.. Cristopher Israel Fuertes Iturralde¹, Mateo Alejandro Rios Martinez.², Juan Pablo Salazar Cartagena.³,

¹ Magister - Universidad Internacional del Ecuador, crifuertesit@uide.edu.ec, Quito – Ecuador

² Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, mariosma@uide.edu.ec, Quito - Ecuador

³ Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, jusalazarc@uide.edu.ec, Quito – Ecuador

RESUMEN

Introducción: El proyecto se orientó en el análisis de la influencia de la corrosión en un ambiente acelerado en los recubrimientos tipo poli urea con el fin de establecer la durabilidad y eficacia en condiciones adversas, tomando como base las normas técnicas ecuatorianas de evaluación de tiempo de secado (INEN 1011), adherencia (INEN 1006) y niebla salina (ASTM B117). **Metodología:** La investigación se aplicó el diseño experimental, para ello utilizó tres tipos de recubrimientos identificados como A, B y C, se estableció como variable independiente el recubrimiento de poli urea aplicado y la variable dependiente corresponden a las pruebas de valoración de los recubrimientos aplicados. **Resultados:** El recubrimiento A logró los resultados de menor tiempo de secado, pérdida 0% adherencia y estabilidad en la prueba de niebla salina sin pérdidas significativas de masa. Los recubrimientos B y C presentaron tiempos de secado más largos, menor adherencia 60% y 18%, y alteraciones en la masa, indicando menor resistencia a la corrosión en la niebla salina. **Conclusión:** La evaluación bajo las normas técnicas INEN 1011, INEN 1006 y ASTM B117, se comprobó que la presencia de agentes corrosivos en ambientes acelerados (como la niebla salina) afecta directamente la adherencia del recubrimiento tipo poli urea, generando microfisuras y pérdida progresiva de cohesión entre el sustrato metálico y la capa protectora, por lo tanto, la combinación de los parámetros aplicados a las probetas con tiempo de secado, adherencia y resistencia a la niebla salina son idóneos para la evaluación de la influencia de la corrosión en un ambiente acelerado sobre recubrimientos tipo poli urea

Palabras claves: Recubrimientos epóxicos, adherencia, tiempo de secado, niebla salina, normas ecuatorianas.

ABSTRACT:

Introduction: The project focuses on the analysis of the influence of corrosion in an accelerated environment on polyurea coatings in order to establish their durability and effectiveness under adverse conditions, based on the Ecuadorian technical evaluation standards, drying time (INEN 1011), adhesion (INEN 1006) and salt spray (ASTM B117). **Methodology:** The research applied the experimental design, for this it used three types of coatings identified as A, B and C, the applied polyurea coating was established as an independent variable and the dependent variable corresponds to the assessment tests of the applied coatings. **Results:** Coating A achieved the fastest drying times, 0% loss of adhesion, and stability in the salt spray test without significant mass loss. Coatings B and C showed longer drying times, lower adhesion (60% and 18%), and mass changes, indicating lower corrosion resistance in salt spray. **Conclusion:** The evaluation under the technical standards INEN 1011, INEN 1006 and ASTM B117, it was proven that the presence of corrosive agents in accelerated environments (such as salt spray) directly affects the adhesion of the polyurea coating, generating microcracks and progressive loss of cohesion between the metal substrate and the protective layer, therefore, the combination of the parameters applied to the test pieces with drying time, adhesion and resistance to salt spray are ideal for the evaluation of the influence of corrosion in an accelerated environment on polyurea coatings. **Keywords:** Epoxy coatings, adhesion, drying time, salt spray, Ecuadorian standards

1. Introducción

La poli urea es uno de los polímeros importantes de la familia de los plásticos, ha ganado un papel relevante en aplicaciones tanto estructurales como no estructurales debido a la versatilidad y desempeño funcional. En las últimas décadas, este material ha sido ampliamente utilizado para la protección, reparación y refuerzo de infraestructuras en sectores como la automoción, la construcción y el almacenamiento industrial, destacándose en su aplicación sobre vehículos, edificaciones, tanques y otras estructuras (Cai & Song, 2014; Li et al., 2024). La aplicabilidad, en gran parte se debe, a la diversidad de formas en las que puede presentarse, tales como, espumas, elastómeros, fibras, adhesivos y recubrimientos, así como, a las propiedades mecánicas adaptables, logradas mediante modificaciones en su microestructura. Además, la facilidad de síntesis, alta adhesión a múltiples sustratos y capacidad autoportante sin necesidad de adhesivos adicionales, la convierten en un material de alta aplicabilidad industrial (Guo et al., 2021; Somarathna et al., 2018).

Este trabajo realiza un análisis técnico enfocado en determinar el impacto de la corrosión sobre recubrimientos tipo poli urea expuestos a condiciones ambientales adversas y aceleradas. De esta forma se evaluará la importancia del uso de este tipo de recubrimientos en partes expuestas del vehículo ante agentes, tales como la humedad, formación de corrosión en resquicios y otros agentes agresivos. Para ello, se emplearán ensayos en cámara salina y procedimientos estandarizados que simulen ambientes corrosivos extremos, utilizando técnicas basadas en la norma ASTM B-117.

La justificación del proyecto se enfoca en asegurar la durabilidad y eficacia de los recubrimientos de poli urea en aplicaciones para vehículos de trabajo (M1) con base a la normativa 61 donde la resistencia a la corrosión, secado y adherencia es relevante. Se analizará las propiedades del recubrimiento y el comportamiento ante ambientes salinos, con el fin de establecer su desempeño en la protección de materiales base frente a la degradación acelerada. Este enfoque permitirá el análisis de la efectividad de los recubrimientos tipo poli urea y su rol en la preservación de estructuras y componentes sometidos a ambientes agresivos.

El proyecto tiene por objetivo analizar la influencia de la corrosión con base a la adherencia y secado en un ambiente acelerado de los recubrimientos tipo poli urea con el fin de establecer la durabilidad y eficacia en condiciones adversas, tomando como base

las normas técnicas ecuatorianas de evaluación para tiempo de secado, adherencia y niebla salina.

2. Marco teórico

2.1. Mecanismos y factores que influyen en la degradación de los materiales

La corrosión es un proceso de deterioro progresivo de los materiales metálicos, sean estos metales puros o aleaciones, generalmente ocasionado por reacciones químicas y/o electroquímicas, por lo tanto, tiene repercusiones a nivel económico, de seguridad y de conservación de materiales (Lazorenko et al., 2021). Para este fenómeno, se diseñan medidas preventivas y eficaces para minimizar el impacto negativo sobre el material base. Este proceso genera la formación de óxido, hace que las piezas se oscurezcan y se genere la composición de restos indeseables en la superficie del material. La acción de la corrosión debilita las estructuras, reduce la funcionalidad y, provoca fallos en la seguridad si no se controla (Al-Amiery et al., 2023).

Los factores principales que originan la corrosión son la humedad y temperatura como parte de variables climáticas, además del bióxido de azufre (SO_2) como medida ambiental. Estos factores pueden ser intrínsecos, es decir, que se relacionan con la naturaleza del material o extrínsecos debido a influencias externas. Los mecanismos de degradación pueden ser los siguientes:

- **Corrosión:** Es un proceso químico o electroquímico en el que se deteriora la superficie de los metales, esto debido a la oxidación o la interacción con agentes ambientales o químicos.
- **Desgaste:** Es la pérdida de material debido a la fricción o el impacto continuo, generalmente en la superficie de los materiales.
- **Fatiga:** Es la degradación que experimenta un material debido a la resistencia de un material bajo una carga cíclica repetida, el mismo que puede llevar a una fractura.
- **Degradación térmica:** Estos cambios pueden afectar la estructura del material, esto debido a altas temperaturas, lo que puede ocasionar la descomposición y el deterioro de las propiedades del material.

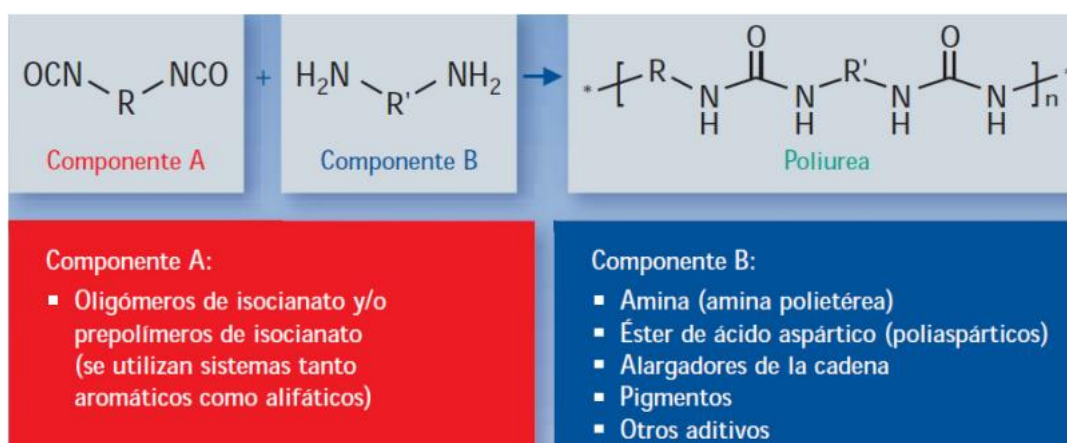
- **Foto degradación:** Este tipo de degradación puede ser causada a la exposición del material a la radiación UV, que puede romper los enlaces químicos que se encuentran en el material.
- **Biodegradación:** Es la descomposición que sufren los materiales orgánicos por la acción de microorganismos, como las bacterias los hongos, que liberan enzimas.
- **Cambios en la estructura:** Son las alteraciones que sufren los materiales en la estructura molecular o cristalina, estos pueden afectar las propiedades físicas y químicas.

Los compuestos químicos orgánicos, moléculas importantes y naturales, han demostrado ser inhibidores de corrosión muy eficaces. Según investigaciones, los compuestos químicos que contienen oxígeno, azufre y nitrógeno tienen la acción inhibidora más potente. Los inhibidores de corrosión orgánicos y naturales protegen las superficies metálicas creando películas protectoras (KM et al., 2024).

2.2. Propiedades de los recubrimientos tipo poli urea

La poli urea es un polímero sintético, compuesto por Poliamina + Isocianato, conocido por su rápido tiempo de secado y su alta resistencia, su estructura molecular lo hace completamente insensible a la humedad. Es una reacción de polimerización por condensación similar a la del poliuretano, excepto porque en este caso el enlace formado corresponde al enlace urea. La poli urea pura no reacciona al agua, por lo que se convierte en el mejor material impermeabilizante, esta reacción es semejante al poliuretano, con este enlace químico se consigue que la estructura molecular genere desde el inicio una insensibilidad a la humedad, lo que le convierte a la poli urea siempre y cuando sea pura, en la mejor membrana impermeable (Cai & Song, 2014). En la figura 1, se muestra la estructura del polímero.

Figura 1. Estructura del polímero Poli urea



Nota: Adaptado de (Kalpakjian & Schmid, 2021)

La poli urea se usa de manera industrial para la protección de superficies de los daños que puede causar el agua, se lo aplica de manera líquida y forma una barrera impermeable y duradera, este compuesto puede utilizarse para sellar estructuras como hormigón, piscinas, muros de contención, también se puede impermeabilizar cimientos y cubiertas, a la vez, es un aliado en el revestimiento de vehículos y de suelos industriales. Además, por su flexibilidad y elasticidad permite una adherencia firme, de esta forma estas propiedades permiten que sea adaptable a los cambios de temperatura y den soporte sin que aparezcan grietas, ni que se pierdan las propiedades de protección, además, la adherencia es ideal para el metal, el concreto, la madera (Somarathna et al., 2018). Las propiedades físicas y mecánicas del recubrimiento se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Propiedades físicas y mecánicas de la poli urea

Propiedad	Valor Típico	Unidad / Ensayo
Densidad	1,05 – 1,15	g/cm ³
Tiempo de gelificación	5 – 15	s
Tiempo de curado completo	24	hora
Resistencia a la tracción	15 – 30	MPa (ASTM D412)
Elongación a la rotura	300 – 600	% (ASTM D412)
Dureza Shore A/D	85 – 95 A / 40 – 50 D	(ASTM D2240)
Adherencia al acero	≥ 2	MPa (ASTM D4541)
Resistencia a la abrasión	20 – 40	mg pérdida (ASTM D4060)
Resistencia al impacto	> 1,0	J (ASTM D2794)
Absorción de agua	< 1	% (ASTM D570)
Conductividad térmica	0,2 – 0,3	W/mK

Temperatura de servicio	-40 a +120	°C
Resistencia química	Alta	—
Inflamabilidad	Autoextinguible (dependiendo formulación)	—

Fuente: (Kalpakjian & Schmid, 2021)

La aplicación de la poli urea es rápida, se la aplica de forma líquida, caliente y un tiempo aproximado de 15 segundos, se endurece por la reacción química, lo que permite una mejor protección y un recubrimiento al instante, ofreciéndose la máxima durabilidad.

2.3. Normativas y estándares: Requisitos para la evaluación de la resistencia a la corrosión en recubrimientos.

Existen diferentes factores que se deben considerar antes de elegir el método que se realizara para la prueba con el material, como son: el tipo de recubrimiento, condiciones ambientales tales como temperatura, humedad o la presencia de contaminantes. El tamaño y la disponibilidad se pueden limitar a la selección del método del que se hará la prueba. En el caso ecuatoriano, se identifican diferentes normativas para la aplicación de recubrimientos, tales como, las normas técnicas INEN 1043, 1044, y 1046. La norma INEN 1046, detalla los parámetros para las pinturas imprimantes anticorrosivos con vehículo epóxico, estos parámetros se sintetizan en la tabla 2.

Tabla 2. *Parámetros medibles de la norma INEN 1046*

PARÁMETROS	NTE INEN / ICONTEC
Finura de dispersión	1007
Tiempo de secado al tacto con espesor de película húmeda	1011
Tiempo de secado duro con espesor de película húmeda	1011
Flexibilidad	1002
Adherencia a 48h de aplicación y espesor 62,5 µm	1006
Intemperismo acelerado para un ciclo de exposición	1032
Resistencia a la cámara salina a 62,5 µm de espesor	2268
Sólidos por volumen	2092
Dureza	1001
Agua	ICONTEC 1114
Gasolina	ICONTEC 1114
NaOH, al 20%	ICONTEC 1114
Formación de nata (piel)	2089
Contenido en el envase	2272
Propiedad de aplicación	2270

Fuente: Norma INEN 1046

Para la evaluación de los recubrimientos epóxicos se pueden emplear uno o más parámetros enlistados en la tabla 2, con la finalidad establecer las condiciones de aplicabilidad y continuar con el análisis del comportamiento en ambientes corrosivos acelerados aplicado la norma INEN 2268 o ASTM B117.

3. Metodología

El diseño de la investigación es del tipo experimental, ya que, se establece como variable independiente el recubrimiento de poli urea aplicado y la variable dependiente los ensayos de pruebas del recubrimiento aplicado.

El trabajo de investigación utiliza los métodos analítico, sintético, deductivo-inductivo y experimental. El método de análisis y síntesis se utilizará para elaborar una recopilación bibliográfica para la identificación de las propiedades de la poli urea y las pruebas aplicables para determinar el comportamiento del recubrimiento aplicado.

El método deductivo-inductivo, con base a la información recopilada, permite desarrollar el procedimiento de aplicación de la poli urea y las características de las pruebas aplicadas, ello debe facilitar la reproducción del proceso experimental. El método experimental establece el comportamiento de las variables acorde a las situaciones establecidas, en este caso, los recubrimientos serán sometidos a corrosión en ambientes acelerados acorde a la normativa ASTM B 117.

3.1. Materiales

3.1.1. Recubrimientos

Acorde al mercado local, se eligen tres tipos de recubrimientos poli urea (imprimantes anticorrosivos con vehículo epóxico), detallado en la tabla 3.

Tabla 3. *Recubrimientos del proyecto*

#	Marca	Formulación	Tipo de aplicación
1	A	Monocapa	Pistola de aire comprimido
2	B	Monocapa	Pistola de aire comprimido o brocha
3	C	Monocapa	Pistola de aire comprimido o brocha

3.1.2. Equipos de aplicación

Para la aplicación del recubrimiento se utiliza un equipo de pintado industrial acorde a las condiciones de aplicación del recubrimiento para las pruebas de nieblas salina y adherencia, como se observa en la figura 2.

Figura 2. *Equipo de aplicación de recubrimiento*



El equipo de pintura permite la calibración acorde a los requerimientos del tipo de pintura y la herramienta de aplicación (figura 3).

Figura 3. *Pistola de aplicación*



3.2. Probetas de ensayo

3.2.1. Prueba de adherencia

Para la exposición en ambientes acelerados, se emplearon 18 probetas de 10x20cm en acero inoxidable de 2mm de grosor, se dividen en dos grupos para la aplicación de cada tipo de recubrimiento. En la figura 4, se observa la probeta para la prueba de adherencia y niebla salina.

Figura 4. *Probeta de acero inoxidable*



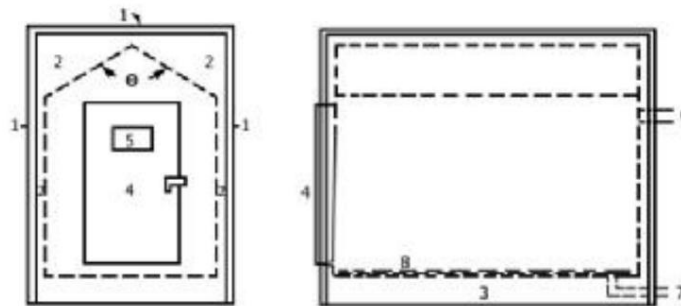
Para la valoración de la adherencia se establece una división estandarizada acorde a la norma INEN 1006. Los criterios de niveles de aceptación se describen en la normativa acorde al porcentual de recubrimiento que no se retira del sustrato.

3.2.2. Prueba de niebla salina

La niebla salina se aplicó bajo la norma ASTM B117. Esta normativa establece las condiciones para calibrar adecuadamente la cámara salina, además proporciona los

parámetros y directrices necesarios para la ejecución de un ensayo de niebla salina. Esta define las condiciones que deben cumplirse para considerar válido el ensayo aplicado. En otro aspecto, la niebla salina es la prueba en la que se simula el efecto de la exposición del material a ambientes que sean de alta salinidad, en este caso se pulveriza una solución salina, que debe estar compuesto de agua destilada con 5% de cloruro de sodio, esto se lo realiza en una cámara, con control de la temperatura, así como la humedad, el tiempo del ensayo varía dependiendo del material a analizar y de la norma que se rige (ASTM International, 2019). En la figura 5, se observa la cámara de prueba acorde a la norma establecida.

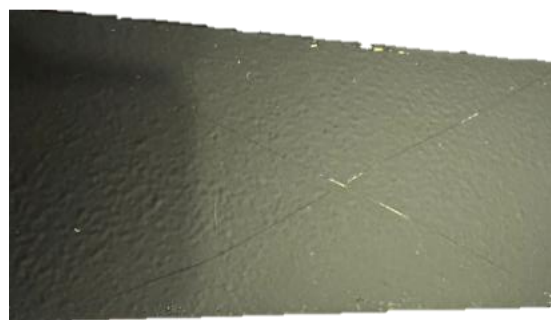
Figura 5. *Cámara salina*



Nota: Adaptado de (ASTM International, 2019)

En la figura 6, se muestra la placa con recubrimiento, para la niebla salina se efectúa una marca con X para la resistencia a la corrosión.

Figura 6. *Cámara salina*



3.2.3. Prueba de tiempo de secado

La prueba de tiempo de secado se ejecuta acorde a los lineamientos de la norma INEN 1011, observando el tiempo que completa de secado al aplicarlo sobre un sustrato

determinado. Para la valoración del secado existen diferentes métodos, tales como, secado libre al tacto y el método de la fibra de algodón.

Figura 7. *Probeta para prueba de secado*



3.3. Pruebas de valoración

Para la valoración de la corrosión de las probetas con recubrimiento se aplicarán las pruebas descritas en la tabla 4.

Tabla 4. *Pruebas de valoración*

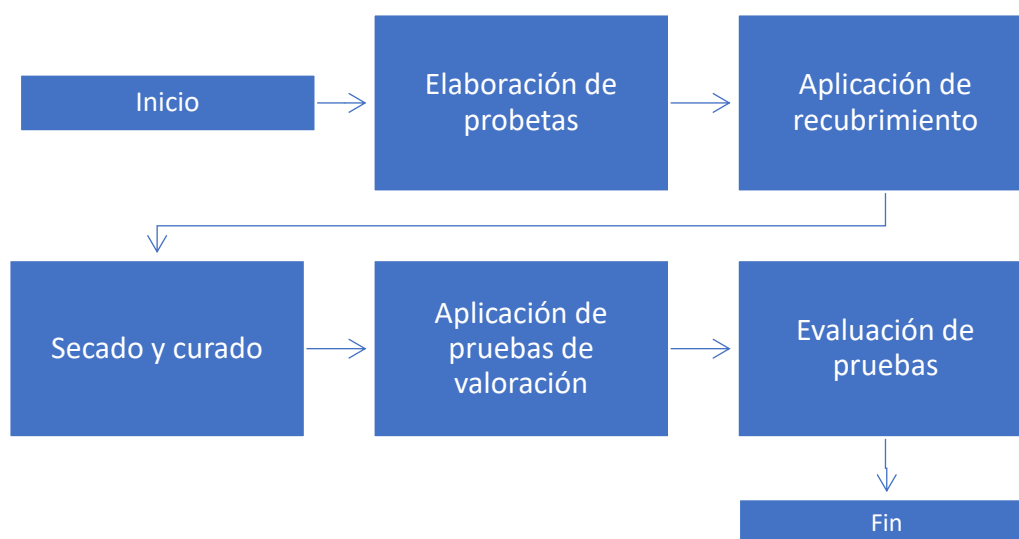
#	Prueba	Normativa
1	Niebla salina	ASTM B117
2	Adherencia	INEN 1006
3	Tiempo de secado	INEN 1011

Las pruebas aplicadas permiten la identificación de ampollamientos, desprendimientos, óxido o corrosión del sustrato y/o grietas en las probetas ensayadas.

3.4. Métodos

Para la realización de la evaluación de la corrosión en ambientes acelerados, se establece el proceso mostrado en la figura 8.

Figura 8. *Proceso de trabajo de probetas con recubrimiento poli urea*



4. Resultados y discusión

4.1. Tiempo de secado

Para la prueba de secado se aplicó la norma INEN 1011, el recubrimiento se aplicó sobre un sustrato de vidrio acorde al procedimiento descrito en la normativa. Para la evaluación del secado, se empleó el método de las fibras de algodón, se determinó si al soplar se mueven libremente las fibras. Los resultados de los tiempos de secado se tabulan en la tabla 5.

Tabla 5. *Pruebas de valoración*

RECUBRIMIENTO	Tiempo de la normativa	Tiempo de secado real
A	10 min	10 seg
B	10 min	1h 30 min
C	10 min	2 h

Los resultados muestran un secado rápido en el recubrimiento A, acorde a la evaluación implementada, mientras los recubrimientos B y C demoran en el tiempo de secado. En la figura 9, se identifica el sustrato con el recubrimiento aplicado.

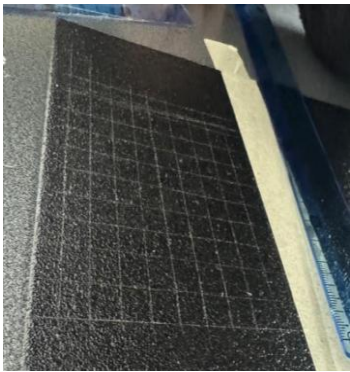
Figura 9. *Probeta para tiempo de secado*



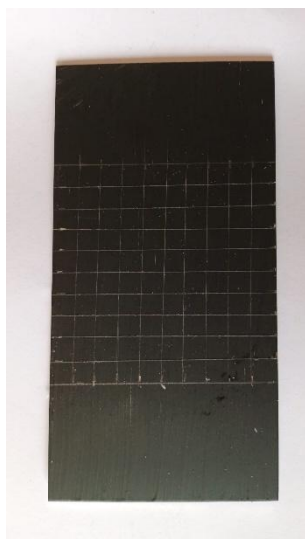
4.2. Adherencia

Para el sustrato con el recubrimiento curado, se aplicó el método de la cuadrícula con nueve divisiones sobre la superficie, se procedió acorde a lo descrito en la normativa y se evaluó el resultado con base al procedimiento descrito en la sección 3.2.1 de la normativa. Los resultados de adherencia se detallan en la tabla 6, acorde a los lineamientos de la normativa INEN 1006.

Tabla 6. *Resultados de adherencia*

Recubrimiento	Cuadrícula	Resultado	Valoración
A			5B

B



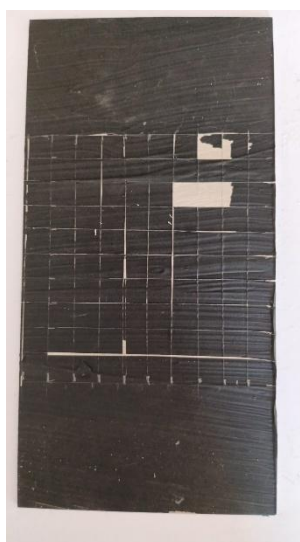
1B



C



2B



Acorde a la norma INEN 1006, el recubrimiento A obtiene la mejor clasificación de adherencia, con un área removida de 0%, corresponde al primer escalón de la clasificación. Los recubrimientos B y C, tiene un desprendimiento superior, obteniendo 60% y 18% respectivamente, por lo tanto, corresponde al quinto y cuarto escalón de la valoración. La norma tiene seis niveles de valoración.

4.3. Niebla salina

La prueba de niebla salina se aplica por un periodo de 24 horas para cada probeta con el recubrimiento, acorde a los lineamientos de la norma ASTM B117. Cada probeta se prepara acorde a los lineamientos de la prueba, así como la niebla salina con una

concentración de cloruro de sodio al 5%, a una temperatura de trabajo de 55°C. Los resultados se tabulan en la tabla 7.

Tabla 7. *Resultados de niebla salina*

RECUBRIMIENTO	# Veces aplicadas	Antes de la cámara	Después de la cámara	Observación
A	1	317.6 g	317,6 g	Mantuvo el peso
	2	315.3 g	315,4 g	Aumento 0,1 g
	3	315.3 g	315.4 g	Aumento 0,1 g
	4	321.1 g	321,2 g	Aumento 0,1 g
	5	320. 0 g	320 g	Mantuvo el peso
	6	325.3 g	325,5 g	Aumento 0,2 g
B	1	291.4 g	291.4 g	Mantuvo el peso
	2	294 g	293,8 g	Redujo 0,2 g
	3	296.9 g	296.9 g	Mantuvo el peso
	4	300 g	300 g	Mantuvo el peso
	5	311.4 g	311,3 g	Redujo 0,1 g
	6	303.8 g	303.8 g	Mantuvo el peso
C	1	301.4 g	301,5 g	Aumento 0,1 g
	2	299.0 g	298,9 g	Redujo 0,1 g
	3	314.1g	314.1g	Mantuvo el peso
	4	300 g	300,7 g	Aumento 0,7 g
	5	318 g	317,8 g	Redujo 0,2 g
	6	320 g	320 g	Mantuvo el peso

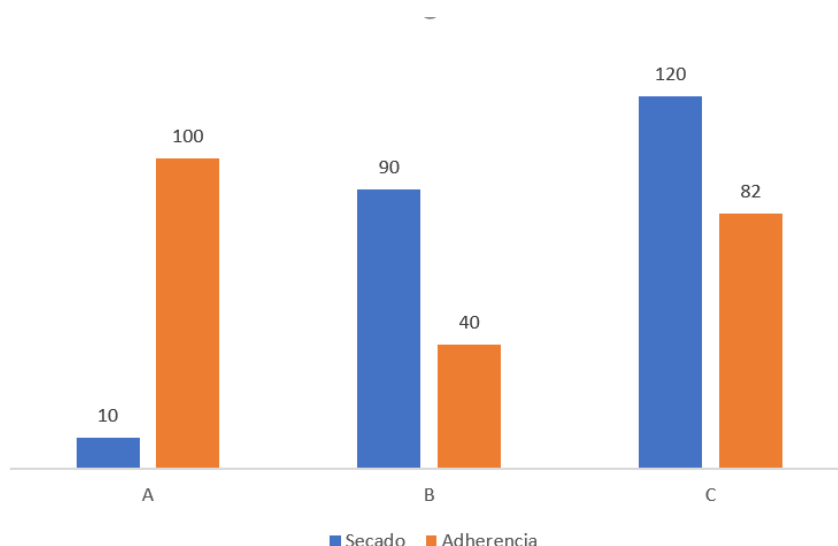
Los resultados muestran el cambio en las probetas expuestas a la niebla salina. El recubrimiento A, con adherencia alta y tiempo de secado rápido no reporta pérdida de masa, lo que indica que no tuvo ataque corrosivo en el periodo de prueba. En el caso del recubrimiento B, tres probetas muestran una reducción de masa, indicativo de algún tipo de ataque corrosivo o la remoción de recubrimiento por la baja adherencia ante la presencia de niebla salina. El recubrimiento de mala adherencia muestra cambios muy variables en la masa tanto en reducción y aumento, existiendo una afectación por el ataque por niebla salina.

4.4. Análisis de resultados

El recubrimiento A presentó el menor tiempo de secado efectivo (10 segundos) frente a los recubrimientos B y C, que requirieron 1h 30min y 2h respectivamente. Acorde a la normativa el tiempo de secado debe ser de 10 minutos, los tiempos reales de B y C exceden ampliamente ese umbral, indicando que las condiciones ambientales, tipo de aplicación o la formulación de los recubrimientos podrían afectar la cinética de curado.

Esta discrepancia puede derivar en una menor formación de la película uniforme, influyendo negativamente en la adherencia y el comportamiento de barrera. En la figura 10, se muestra los tiempos de secado en cada recubrimiento (color azul).

Figura 10. *Probeta para la prueba de secado y adherencia*

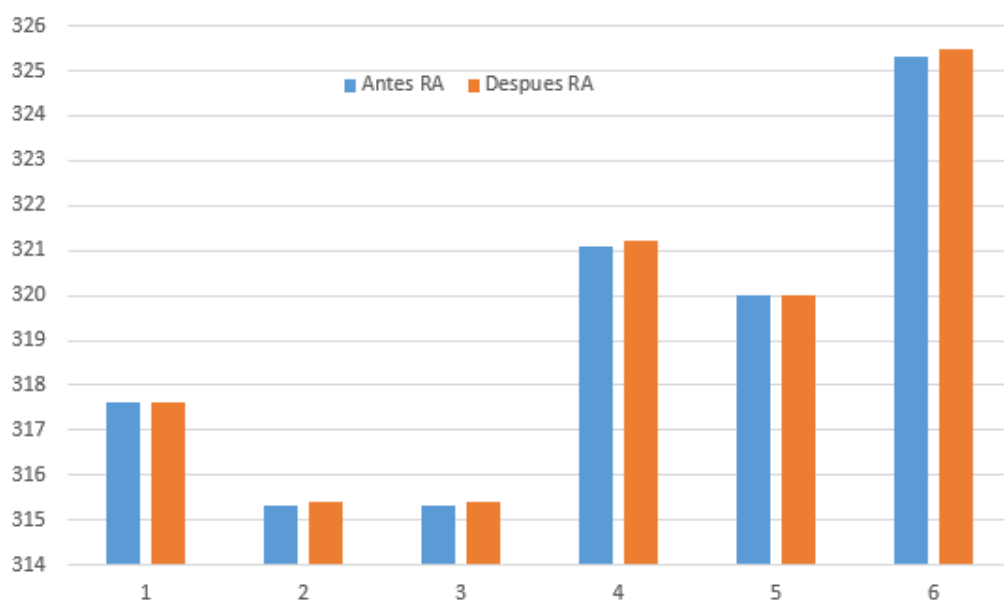


Los resultados de adherencia muestran en la figura 10 (color naranja), que el recubrimiento A no presentó pérdida del recubrimiento en la prueba de cuadrícula, mientras que B y C registraron pérdidas del 60% y 18%, respectivamente. Esto implica una fuerte unión de A con el sustrato, se debe a un mayor espesor de película, lo cual refuerza la resistencia mecánica y la continuidad del recubrimiento. Sin embargo, un mayor espesor también puede implicar mayores tensiones internas si el curado es incompleto.

La prueba de niebla salina efectuada por un periodo de 24 horas, cuyos resultados están tabulados en la tabla 7, se evidencia los siguientes aspectos:

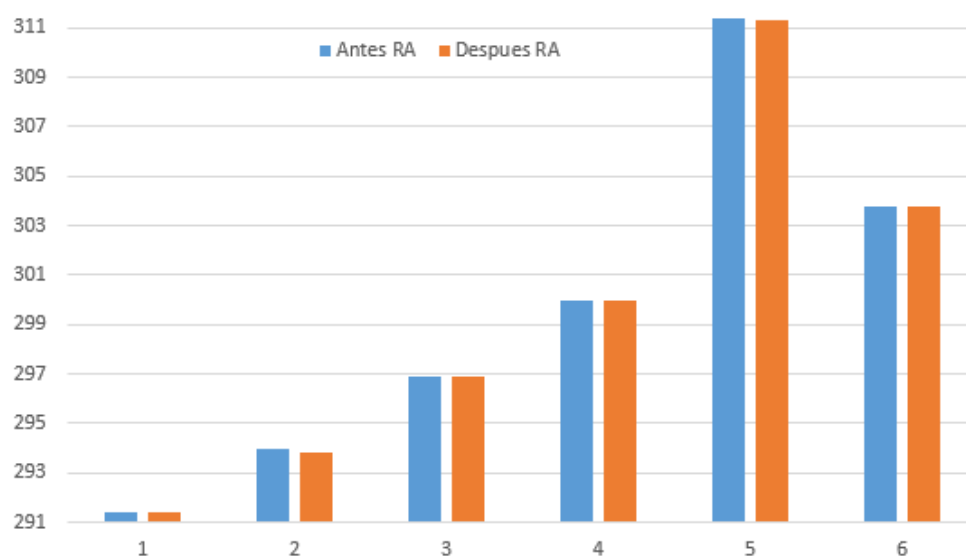
- **Recubrimiento A** mantuvo su masa o presentó aumentos insignificantes (0,1-0,2 g), lo que indica que no hubo pérdida de material ni formación significativa de productos de corrosión, los resultados se muestran en la figura 11.

Figura 11. *Cambios de masa en recubrimiento A*



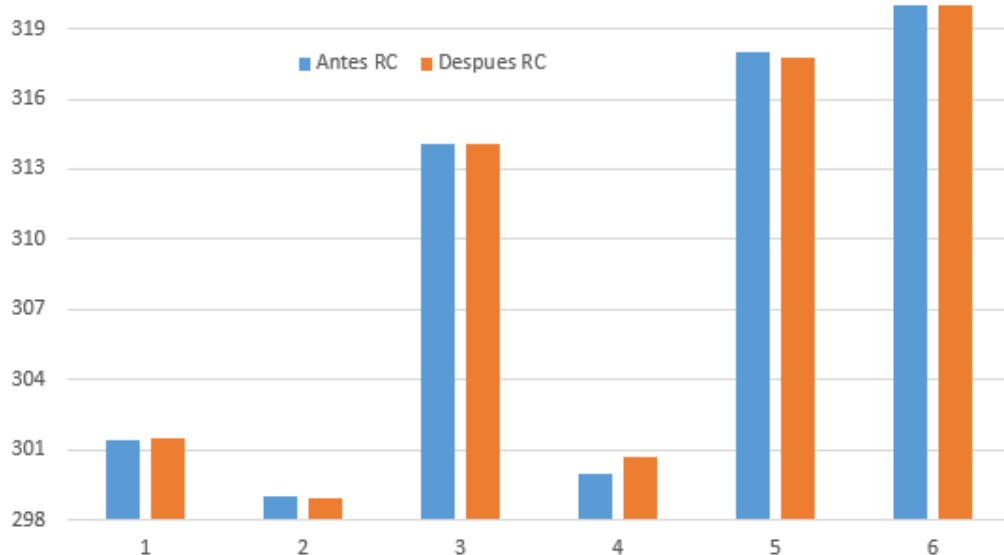
- **Recubrimiento B** presentó ligeras pérdidas de masa (hasta 0,2 g), lo cual puede deberse a microfisuras o delaminación parcial. Los resultados se muestran en la figura 12.

Figura 12. *Cambios de masa en recubrimiento B*



- **Recubrimiento C** tuvo resultados mixtos, con algunos aumentos y pérdidas de masa, posiblemente por hinchamiento o desprendimiento local. Los resultados se muestran en la figura 13.

Figura 13. *Cambios de masa en recubrimiento C*



Estos datos confirman que el recubrimiento A muestra el mejor desempeño frente a ambientes acelerados de corrosión acorde al proceso de la norma ASTM B-117, coincidiendo con los resultados de adherencia y tiempo de secado.

Finalmente, el recubrimiento A demostró tiene menor pérdida de masa en condiciones aceleradas de corrosión como la niebla salina. En el caso de los recubrimientos B y C presentaron menor rendimiento, para el recubrimiento B, se evidencia pérdidas significativas de adherencia y en el recubrimiento C, se evidencia una respuesta intermedia. Los resultados concuerdan con estudios de referencia para la aplicación de recubrimientos en componentes automotrices.

5. Conclusiones

Los recubrimientos poli urea tienen resistencia al agrietamiento y a la penetración de la humedad, bajo las condiciones de aplicación utilizadas en sustratos de acero inoxidable, al ser sometidas en condiciones simuladas de alta salinidad, no se observa alteraciones en las propiedades del sustrato.

El recubrimiento poli urea A demostró un comportamiento superior frente a la corrosión acelerada, sin pérdida de masa, con alta resistencia y excelente adherencia, manteniéndose íntegro bajo condiciones de niebla salina, lo que indica que el proceso de aplicación es apropiado para aplicaciones automotrices expuestas a ambientes corrosivos

o severos con base a la norma ASTM B-117. Sin embargo, se identificó que la temperatura y humedad relativa durante la aplicación influyen significativamente en la calidad del curado y la formación de la película protectora.

La aplicación de los ensayos normativos (niebla salina, ensayo de adherencia y tiempo de secado) permitió establecer que la poliurea, correctamente aplicada, supera los estándares mínimos de protección anticorrosiva, consolidándose como un recubrimiento de alta durabilidad para estructuras metálicas expuestas a ambientes agresivos, siempre que se garantice una correcta preparación de superficie conforme a normas vigentes, por ello, se debe revisar los procesos aplicados en los recubrimientos B y C.

Se considera apropiado la elaboración de un procedimiento de control técnico en la preparación y aplicación de recubrimientos poli urea para las aplicaciones automotrices.

6. Referencias bibliográficas

- Al-Amiery, A. A., Isahak, W. N. R. W., & Al-Azzawi, W. K. (2023). Corrosion Inhibitors: Natural and Synthetic Organic Inhibitors. *Lubricants*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/LUBRICANTS11040174>
- ASTM International. (2019). *ASTM B117 – 19: Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus*. ASTM.
- Cai, D., & Song, M. (2014). High mechanical performance polyurea/organoclay nanocomposites. *Composites Science and Technology*, 103, 44–48. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2014.08.011>
- Feng, L., & Iroh, J. O. (2014). Corrosion resistance and lifetime of polyimide-b-polyurea novel copolymer coatings. *Progress in Organic Coatings*, 77(3), 590-599.
- Guo, H., Zhou, Z., Gu, M., Yu, A., Ling, X., & Yao, W. (2021). Preparation of impact-resistant functional polyurea coatings and effect of γ -ray irradiation on its microstructure and performance. *Progress in Organic Coatings*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2021.106521>
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. (2021). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Mexico: Pearson.

- KM, S., Praveen, B. M., & Devendra, B. K. (2024). A review on corrosion inhibitors: Types, mechanisms, electrochemical analysis, corrosion rate and efficiency of corrosion inhibitors on mild steel in an acidic environment. *Results in Surfaces and Interfaces*, 16, 100258. <https://doi.org/10.1016/J.RSURFI.2024.100258>
- Lazorenko, G., Kasprzhitskii, A., & Nazdracheva, T. (2021). Anti-corrosion coatings for protection of steel railway structures exposed to atmospheric environments: A review. *Construction and Building Materials*, 288. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123115>
- Li, B., Zhang, J., Liu, X., & Meng, T. (2024). Study on the coupling effect and failure mechanism of mesh fabric reinforced polyurea coating. *Construction and Building Materials*, 437, 136963. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2024.136963>
- Sáenz, F. (2020). *Análisis del comportamiento mecánico de una viga con refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea para sistemas aporticados*. Repositorio UCV.
- Shojaei, B., Najafi, M., Yazdanbakhsh, A., Abtahi, M., & Zhang, C. (2021). A review on the applications of polyurea in the construction industry. *Polymers for advanced technologies*, 32(8), 2797-2812.
- Somarathna, H. M. C. C., Raman, S. N., Mohotti, D., Mutalib, A. A., & Badri, K. H. (2018). The use of polyurethane for structural and infrastructural engineering applications: A state-of-the-art review. *Construction and Building Materials*, 190, 995–1014. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.09.166>

7. Anexos







Equipo de Protección Personal Requerido Obligatorio

Para la Zona de: **DESEMPAQUEADO**

Gorra de Tola

CAMISETA DE TRABAJO

PROTECCIÓN RESPIRATORIA

GUANTES ANTICORTE

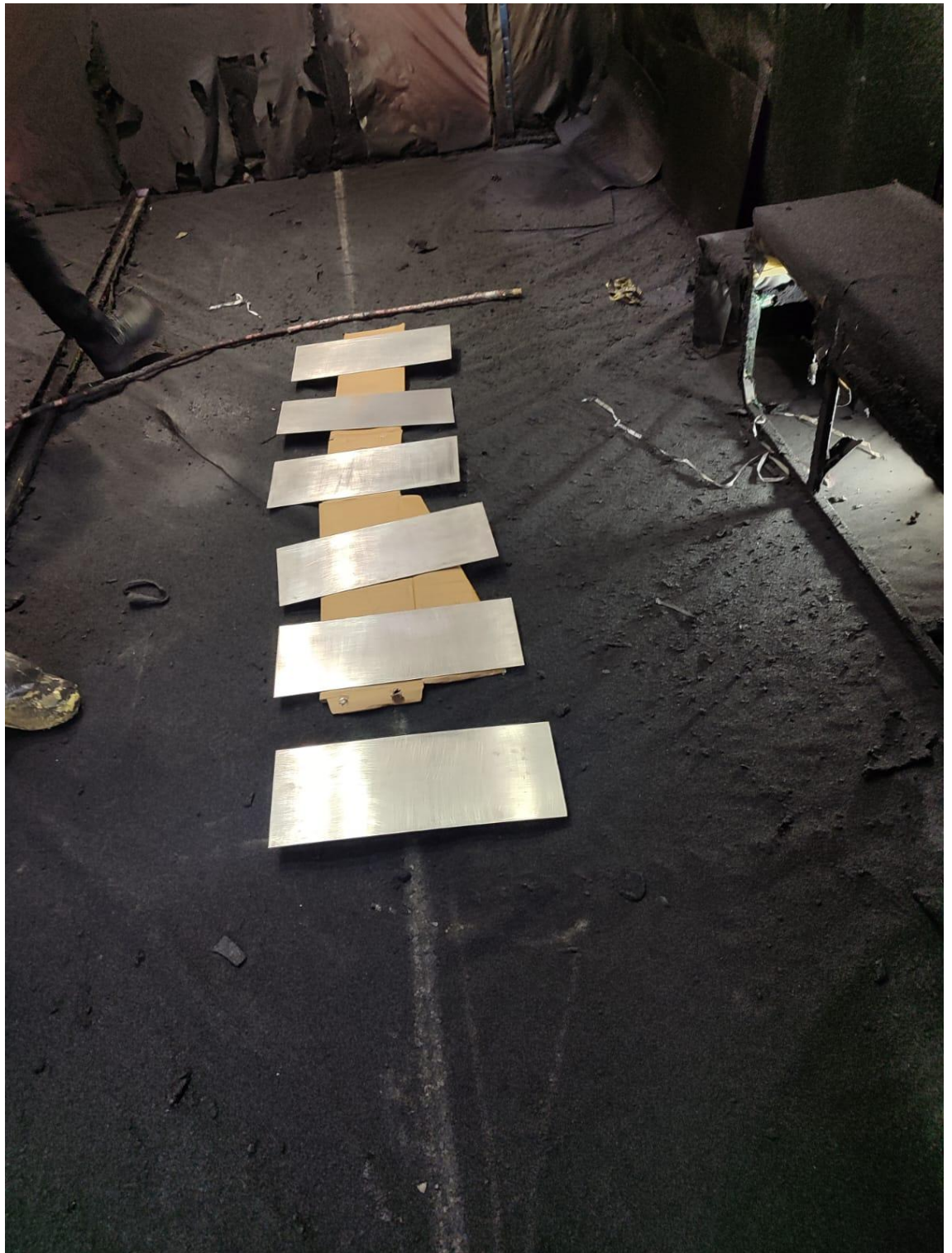
GAFAS DE SEGURIDAD

PROTECCIÓN AUDITIVA

PANTALONES O MONOS

ZAPATOS DE TRABAJO





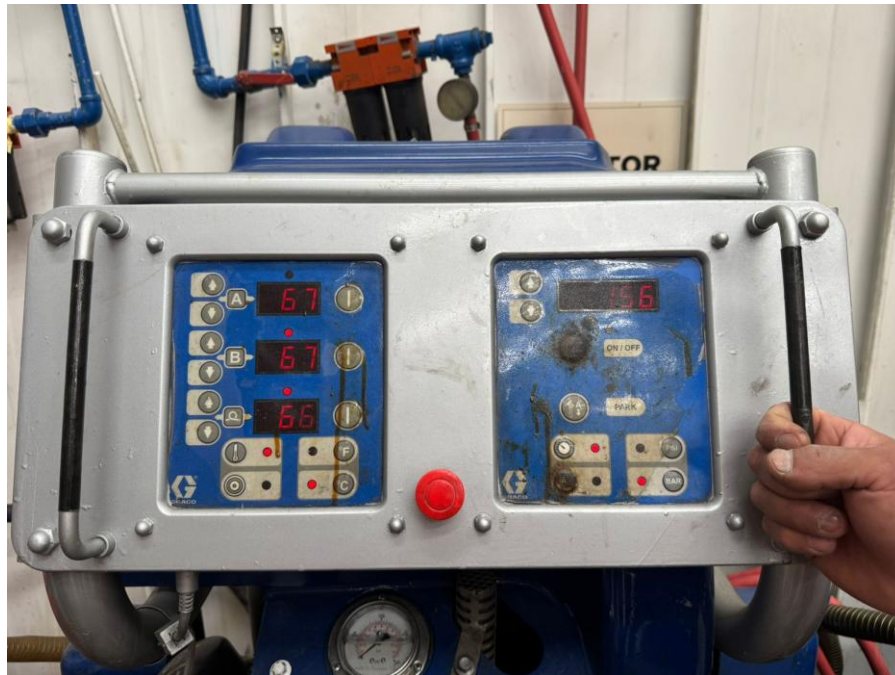












Product Code/Referencia: TOF-608N-200L

CONTIENE/CONTAINS: Dietiltoluenediamina, Butanodiol/Diethyltoluenediamine, Butanediol

INDICACIONES DE PELIGRO:

H303 Puede ser nocivo en caso de ingestión.
H319 Provoca irritación ocular grave.
H373 Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.
H401 Tóxico para los organismos acuáticos.

CONSEJOS DE PRUDENCIA:

P260 No respirar polvos/humos/gases/nieblas/vapores/aerosoles.
P280 Usar equipo de protección para los ojos/la cara.
P305+P351+P338 **EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS:** Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.
P314 Consultar a un médico si la persona se encuentra mal.
P337+P313 Si la irritación ocular persiste, consultar a un médico.
P501 Desechar el contenido/el recipiente conforme a las leyes de su localidad. Evite desechar al medio ambiente.

HAZARD STATEMENTS:

H303 May be harmful if swallowed.
H319 Causes serious eye irritation.
H373 May cause damage to organs through prolonged or repeated exposure.
H401 Toxic to aquatic life.

PRECAUTIONARY STATEMENTS:

P260 Do not breathe dust/fume/gas/mist/vapours/spray.
P280 Wear eye protection/face protection.
P305+P351+P338 **IF IN EYES:** Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing.
P314 Get medical advice/attention if you feel unwell.
P337+P313 If eye irritation persists: Get medical advice/attention.
P501 Dispose of the contents/container according to the laws of your locality. Avoid disposal to the environment.

En caso de presentarse una emergencia ambiental (fuga, derrame, fuego y/o explosión) asociada con el manejo de sustancias químicas, consiga la mayor información posible y comuníquese al: CENACOM 55 1103 6000 ext 71544; en caso de emergencia médica comuníquese al: 911 y para información sobre el producto al: 800 2 ARTLUX (278589). Este número está disponible exclusivamente en el siguiente horario de oficina: lunes-viernes de 09:00 a 17:00 horas.

In case of an environmental emergency (leak, spill, fire and / explosion) associated with the handling of chemical substances, get as much information as possible and call: CENACOM 55 1103 6000 ext 71544; in case of medical emergency, call 911 and for information on the product at: 800 2 ARTLUX (278589). This number is available exclusively at the following office hours: Monday-Friday from 9:00 a.m. to 5:00 p.m.

EN CASO DE EMERGENCIA LLAME A: CENACOM 55 1103 6000 ext 71544 IN CASE OF EMERGENCY CALL:



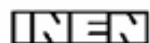
Republic of Ecuador

✎ EDICT OF GOVERNMENT ✎

In order to promote public education and public safety, equal justice for all, a better informed citizenry, the rule of law, world trade and world peace, this legal document is hereby made available on a noncommercial basis, as it is the right of all humans to know and speak the laws that govern them.



NTE INEN 1046 (2001) (Spanish): Pinturas.
Imprimantes anticorrosivos con vehículo
epóxico. Requisitos



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1 046:2001
Primera revisión

PINTURAS. IMPRIMANTES ANTICORROSIVOS CON VEHÍCULO EPÓXICO. REQUISITOS.

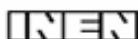
Primera Edición

PINTS. ANTICORROSIVE PRIMER WITH EPOXY VEHICLE. SPECIFICATIONS.

First Edition

DESCRIPTORES: Pinturas, revestimientos, imprimantes anticorrosivos, vehículo epóxico, requisitos.
OU 04.05-425
CDU: 667.633.2
CIIU: 3521
ICS: 87040

CDU: 667.633.2
ICS: 87040



CIU: 3521
QU 04.05-425

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	PINTURAS. IMPRIMANTES ANTICORROSIVOS CON VEHÍCULO EPÓXICO. REQUISITOS	NTE INEN 1 046:2001 Primera revisión 2001-08
1. OBJETO 1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir los imprimantes anticorrosivos con vehículo epóxico. 2. ALCANCE 2.1 Esta norma se aplica a los imprimantes anticorrosivos, elaborados con vehículo epóxico, catalizado con poliamidas, poliaminas, isocianato y pigmentos inhibidores de corrosión, los cuales se emplean como primera capa para el recubrimiento de superficies metálicas en general, acondicionadas previamente y expuestas a los ambientes No 1, No 2, No 3 y No 4 de acuerdo con el acabado recomendado. 3. DEFINICIONES 3.1 Para efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 997 y las que a continuación se detallan: 3.1.1 <i>Ambiente No 1.</i> Aquel en el cual las pinturas se encuentran expuestas a las condiciones más severas, causadas por la acción de productos químicos muy fuertes, sus vapores o el condensado de los mismos, por inmersión en productos químicos diluidos o por rociado continuo con soluciones salinas. 3.1.2 <i>Ambiente No 2.</i> Aquel en el cual las pinturas se encuentran expuestas a la acción de productos químicos en condiciones moderadas hasta fuertes, al rociado intermitente con soluciones salinas o a exposición a la intemperie, sola o en combinación con el ataque de humos industriales. 3.1.3 <i>Ambiente No 3.</i> Aquel en el cual las pinturas se encuentran expuestas a condiciones de severidad intermedia causadas por la acción de humos industriales solamente o al posible ataque de productos químicos, combinados con humos industriales e intemperie (con o sin condensación de humedad). 3.1.4 <i>Ambiente No 4.</i> Aquel en el cual las pinturas se encuentran expuestas a condiciones comunes tales como ambientes industriales, intemperie y atmósferas típicas de grandes ciudades. 3.1.5 <i>Tiempo de inducción de la mezcla.</i> Tiempo mínimo que debe esperarse para aplicar el producto luego de mezclarse. 3.1.6 <i>Tiempo de vida útil de la mezcla.</i> Tiempo dentro del cual el fabricante garantiza que el producto conserva sus propiedades. 4. CLASIFICACIÓN 4.1 Los imprimantes anticorrosivos con vehículo epóxico, de acuerdo con los componentes del vehículo, se clasifican en los siguientes tipos: 4.1.1 <i>Tipo 1.</i> Aquel cuyo vehículo está formado por resina epóxica y poliamidas. (Continúa) DESCRIPTORES. Pinturas, revestimientos, imprimantes anticorrosivos, vehículo epóxico, requisitos.		

4.1.2 Tipo 2. Aquel cuyo vehículo está formado por resina epóxica y poliaminas.

4.1.3 Tipo 3. Aquel cuyo vehículo está formado por resina epóxica e isocianatos.

5. DISPOSICIONES GENERALES

5.1 Características del pigmento. Los pigmentos utilizados para los imprimantes anticorrosivos con vehículo epóxico no deben presentar sangrado cuando se ensayen de acuerdo con lo indicado en la NTE INEN 2 271.

5.2 Aspecto. Los imprimantes anticorrosivos con vehículo epóxico, mantenidos a temperatura ambiente en sus envases originales sin abrir, deben ser homogéneos y no deben presentar separación de fases, aumento excesivo de viscosidad, ni formar sedimentos duros, en el lapso de tres meses contados a partir de la fecha de fabricación. Si se presenta sedimento, éste se debe dispersar fácilmente por agitación manual.

5.3 Estabilidad a la dilución. Los imprimantes anticorrosivos con vehículo epóxico deben mezclarse fácil y rápidamente con el tipo y cantidad de adelgazador (thinner) indicado por el fabricante en la etiqueta y no deben presentar precipitación, separación de componentes o cualquier otra incompatibilidad, después de efectuada la dilución. En caso de presentar sedimentación, debe ser reincorporada fácilmente por agitación manual.

5.4 Color. Los imprimantes anticorrosivos con vehículo epóxico deben estar comprendidos entre los límites previamente establecidos por las partes.

5.5 Olor. Cuando los imprimantes anticorrosivos con vehículo epóxico se apliquen en las condiciones indicadas por el fabricante y se mantenga una ventilación normal, no deben presentar olor residual después de 15 días de aplicados.

5.6 Condiciones de aplicación. Los imprimantes anticorrosivos con vehículo epóxico se aplican sobre superficies metálicas previamente acondicionadas en la forma indicada por el fabricante.

5.7 Forma de aplicación. Los imprimantes anticorrosivos con vehículo epóxico se deben aplicar mediante rodillo, brocha y pulverizador o cualquier otro sistema de aplicación apropiado, mostrando buena fluidez y propiedades de recubrimiento. La película obtenida debe ser uniforme y estar libre de burbujas o ampollas, cráteres o agujeros.

5.8 Condiciones de mezcla. Los imprimantes anticorrosivos con vehículo epóxico se presentan en dos o más componentes, los cuales se deben mezclar según las instrucciones del fabricante.

5.9 Vida útil. Una vez unidos los dos componentes, la vida útil de los imprimantes anticorrosivos con vehículo epóxico, es de 24 horas máximo a $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

5.10 Después de haber aplicado este imprimante se puede aplicar una pintura de acabado recomendada por el fabricante.

5.11 Estabilidad en almacenamiento. Los imprimantes anticorrosivos con vehículo epóxico no deben mostrar grumos, formación de gel, asentamiento duro o natas, hasta en un año de almacenamiento en un recipiente de 500 cm³ a 3/4 de su capacidad y cerrado herméticamente (ver nota 1).

NOTA 1. La estabilidad es en cada componente antes de ser mezclado

(Continúa)

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos específicos

6.1.1 En la elaboración de los imprimantes anticorrosivos con vehículo epóxico no deben emplearse benceno (benzol), metanol (alcohol metílico) ni compuestos clorados; sólo se permitirán las cantidades provenientes de las impurezas de las materias primas utilizadas para su elaboración e indicadas en el numeral 4.1.4.1 de la NTE INEN 2 163.

6.1.2 Los imprimantes anticorrosivos con vehículo epóxico deben cumplir con los requisitos indicados en la tabla 1.

TABLA 1. Requisitos de los imprimantes anticorrosivos con vehículo epóxico

[Error! Marcador no definido.]REQUISITOS	UNIDAD	Tipo 1, Tipo 2 y Tipo 3		MÉTODO DE ENSAYO
		Mínimo	Máximo	
Finura de dispersión	U. Hegman	3	-	NTE INEN 1007
Tiempo de secado al tacto con espesor de película húmeda de 62,5 µm	horas	-	1	NTE INEN 1011
Tiempo de secado duro con espesor de película húmeda de 62,5 µm	días	-	8	NTE INEN 1011
Flexibilidad (mandril cónico) a 25,4-38,1 µm de espesor	%	26	-	NTE INEN 1002
Adherencia, a 48 h de aplicación y espesor 62,5 µm	%	95	-	NTE INEN 1006
Intemperismo acelerado para un ciclo de exposición	horas	250	-	NTE INEN 1032
Resistencia a la cámara húmeda a 62,5 µm de espesor	horas	120	-	NTC ICONTEC 957
Resistencia a la cámara salina a 62,5 µm de espesor	horas	300	-	NTE INEN 2268
Sólidos por volumen	%(v/v)	25	-	NTE INEN 2092
Dureza		HB	2H	NTE INEN 1001
Rendimiento a 25,4 µm de espesor de película seca	m ² /l	10	-	*

Porcentaje de sólidos por volumen x 10

* Rendimiento = $\frac{\text{Espesor seco en } \mu\text{m}}{\text{Espesor seco en } \mu\text{m}}$

6.1.2.1 La adherencia, dureza y flexibilidad deben ensayarse en la película de los imprimantes anticorrosivos con vehículo epóxico aplicados según recomendación del fabricante.

6.1.3 Pruebas químicas. Las pruebas químicas se efectúan después de 7 días de aplicada la pintura. Terminadas las pruebas y dejando 2 horas para la recuperación, la pintura no debe mostrar ablandamiento, ampollamiento, agrietamiento o pérdida de adherencia. Cualquier indicio de estas fallas es suficiente para considerar que el imprimante no pasa la prueba. Las pruebas químicas que se realizan se detallan en la tabla 2.

TABLA 2. Pruebas químicas

[Error! Marcador no definido.]Por inmersión	Temperatura	Tiempo	MÉTODO DE ENSAYO
Reactivo:			
Agua	ambiente	14 días	NTC ICONTEC 1114
Gasolina	ambiente	14 días	NTC ICONTEC 1114
NaOH, al 20%	ambiente	14 días	NTC ICONTEC 1114

(Continúa)

6.1.4 Los imprimantes anticorrosivos con vehículo epóxico deben cumplir, además de los requisitos indicados en la tabla 1 y tabla 2, con los siguientes:

6.1.4.1 *Formación de nata (piel)*. Cuando se ensayen durante 24 horas, como se indica en la NTE INEN 2 089, no deben formar nata (piel) ni presentar grumos.

6.1.4.2 *Contenido en el envase*. Cuando se ensayen como se indica en la NTE INEN 2 272, el recipiente debe contener la cantidad indicada en la etiqueta, con un error permisible de acuerdo a lo especificado en la tabla 4 de la NTE INEN 483.

6.1.4.3 *Propiedad de aplicación*. Cuando se apliquen de acuerdo con lo indicado en la NTE INEN 2 270, deben dejarse aplicar fácilmente, mostrar buena fluidez y buenas propiedades de cubrimiento según el color.

6.1.4.4 *Aspecto de la película seca*. Cuando se apliquen de acuerdo con lo indicado en la NTE INEN 2 270, deben ser lisas, uniformes, libres de grumos, burbujas o ampollas, cráteres o puntos de alfiler.

6.1.4.5 *Propiedades de repintado*. Cuando se apliquen varias capas de imprimantes de acuerdo con lo indicado en las normas NTE INEN 2 270 y NTE INEN 1 011, la primera capa no debe removerse y la segunda no debe levantarse.

7. INSPECCIÓN

7.1 Muestreo

7.1.1 El muestreo debe realizarse de acuerdo a la NTE INEN 999.

7.2 Aceptación o rechazo

7.2.1 En la muestra extraída se efectuarán los ensayos indicados en el numeral 6 de esta norma.

7.2.2 Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos establecidos en el numeral 6 de esta norma, se extraerá una segunda muestra y se repetirán los ensayos.

7.2.3 Si la segunda muestra no cumple con uno de los requisitos establecidos, se rechazará el lote correspondiente.

8. ENVASADO Y EMBALADO

8.1 Los imprimantes anticorrosivos con vehículo epóxico deben envasarse en recipientes de material adecuado que permitan conservar la calidad del producto, así como su manejo hasta el destino final.

9. ETIQUETADO

9.1 Cada envase debe presentar una etiqueta perfectamente legible e indeleble que incluya la siguiente información:

- a) razón social del fabricante y marca comercial,
- b) denominación del producto, "Imprimante anticorrosivo con vehículo epóxico Tipo 1, Tipo 2 o Tipo 3,"
- c) identificación del lote de producción,
- d) contenido neto al envasar, en centímetros cúbicos o litros,
- e) nombre y dirección del fabricante,

(Continúa)

- f) NTE INEN de referencia,
- g) precauciones o toxicidad del producto,
- h) la leyenda "Industria Ecuatoriana",
- i) dirección del fabricante, ciudad y país,
- j) las demás especificaciones exigidas por ley.

9.2 El envase no debe presentar leyendas de significado ambiguo ni descripción de características del producto que no puedan comprobarse debidamente.

9.3 La comercialización de este producto cumplirá con lo dispuesto en las Regulaciones y Resoluciones dictadas con sujeción a la Ley de Pesas y Medidas.

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 483:1980	<i>Productos empaquetados o envasados. Error máximo permisible.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 997:1983	<i>Pinturas y productos afines. Definiciones.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 999:1983	<i>Pinturas y barnices. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 001:1983	<i>Pinturas y productos afines. Determinación de la dureza de película. Método del lápiz.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 002:1996	<i>Pinturas y productos afines. Determinación de la flexibilidad mediante mandriles cónicos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 006:1996	<i>Pinturas y productos afines. Determinación de la adherencia mediante prueba de la cinta. (Primera revisión).</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 007:1984	<i>Pinturas y productos afines. Determinación de la finura de dispersión de sistemas. Pigmento-vehículo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 011:1984	<i>Pinturas y productos afines. Determinación de los tiempos de secamiento.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 032:1984	<i>Pinturas anticorrosivas. Ensayo de la resistencia al intemperismo acelerado.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 089:1996	<i>Pinturas y productos afines. Determinación de la formación de nata (piel).</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 092:1996	<i>Pinturas y productos afines. Determinación de la materia no volátil por volumen.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 163:1999	<i>Solventes. Adelgazadores. (Thinner). Requisitos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 268:	<i>Pinturas y productos afines. Determinación del comportamiento en cámara salina.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 270:	<i>Pinturas y productos afines. Aplicación en láminas metálicas de ensayo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 271:	<i>Pinturas y productos afines. Determinación del grado de sangrado de pigmentos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 272:	<i>Pinturas y productos afines. Determinación del contenido del envase.</i>
Norma Técnica Colombiana NTC ICONTEC 1114:97	<i>Método de ensayo para el efecto de las sustancias químicas domésticas en acabados orgánicos incoloros y pigmentados.</i>
Norma Técnica Colombiana NTC ICONTEC 957:97	<i>Práctica para ensayar la resistencia al agua de los recubrimientos en humedad relativa del 100%.</i>

Z.2 BASES DE ESTUDIO

- Norma Técnica Colombiana ICONTEC 2450 *Pinturas. Imprimantes anticorrosivos con vehículo epóxico.* Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Bogotá. 1992.
- Norma mexicana NOM-U 54 *Recubrimientos anticorrosivos. Primario epóxico catalizado.* Dirección General de Normas. México D.F. 1978.

I INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 1 046 Primera revisión	TÍTULO: PINTURAS, IMPRIMANTES ANTICORROSIVOS CON VEHÍCULO EPÓXICO. REQUISITOS.	Código: QU 04.05-425		
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 19				
REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No. de publicado en el Registro Oficial No. de Fecha de iniciación del estudio:				
Fechas de consulta pública: de a				
Subcomité Técnico: PINTURAS Fecha de iniciación: 2000-04-28 Fecha de aprobación: 2000-06-16 Integrantes del Subcomité Técnico:				
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> NOMBRES: Ing. Gladys Bonilla (Vicepresidenta) Dra. Dilia Tobar Ing. Juan Jaramillo Ing. Fernando Albán Sra. Cecilia Yarad Sr. Gustavo Argoti Dr. Marcelo Noroña Sra. Greis Mafla Ing. Mario Narváez Ing. Margarita Camacho Dr. Fernando Novillo Ing. Monserrat Cuesta Ing. Pedro Villacís Dra. Nancy Wong Dr. Raúl Vinuesa Ing. Cesar Jara (Secretario Técnico) </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> INSTITUCIÓN REPRESENTADA: DIRECCIÓN NACIONAL DE HIDROCARBUROS PINTURAS CÓNDOR PINTURAS UNIDAS PINTURAS UNIDAS HOLANDA ECUADOR PINT COLOR SOLVINI C.A. INDUALCA S.A. PINTURAS LÍDER DIRECCIÓN NACIONAL DE HIDROCARBUROS FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS UNIVERSIDAD CENTRAL INGENIERÍA QUÍMICA -ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL INGENIERÍA QUÍMICA UNIVERSIDAD CENTRAL COMISIÓN ECUATORIANA DE ENERGÍA ATÓMICA ESPOCH INEN </td> </tr> </table>			NOMBRES: Ing. Gladys Bonilla (Vicepresidenta) Dra. Dilia Tobar Ing. Juan Jaramillo Ing. Fernando Albán Sra. Cecilia Yarad Sr. Gustavo Argoti Dr. Marcelo Noroña Sra. Greis Mafla Ing. Mario Narváez Ing. Margarita Camacho Dr. Fernando Novillo Ing. Monserrat Cuesta Ing. Pedro Villacís Dra. Nancy Wong Dr. Raúl Vinuesa Ing. Cesar Jara (Secretario Técnico)	INSTITUCIÓN REPRESENTADA: DIRECCIÓN NACIONAL DE HIDROCARBUROS PINTURAS CÓNDOR PINTURAS UNIDAS PINTURAS UNIDAS HOLANDA ECUADOR PINT COLOR SOLVINI C.A. INDUALCA S.A. PINTURAS LÍDER DIRECCIÓN NACIONAL DE HIDROCARBUROS FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS UNIVERSIDAD CENTRAL INGENIERÍA QUÍMICA -ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL INGENIERÍA QUÍMICA UNIVERSIDAD CENTRAL COMISIÓN ECUATORIANA DE ENERGÍA ATÓMICA ESPOCH INEN
NOMBRES: Ing. Gladys Bonilla (Vicepresidenta) Dra. Dilia Tobar Ing. Juan Jaramillo Ing. Fernando Albán Sra. Cecilia Yarad Sr. Gustavo Argoti Dr. Marcelo Noroña Sra. Greis Mafla Ing. Mario Narváez Ing. Margarita Camacho Dr. Fernando Novillo Ing. Monserrat Cuesta Ing. Pedro Villacís Dra. Nancy Wong Dr. Raúl Vinuesa Ing. Cesar Jara (Secretario Técnico)	INSTITUCIÓN REPRESENTADA: DIRECCIÓN NACIONAL DE HIDROCARBUROS PINTURAS CÓNDOR PINTURAS UNIDAS PINTURAS UNIDAS HOLANDA ECUADOR PINT COLOR SOLVINI C.A. INDUALCA S.A. PINTURAS LÍDER DIRECCIÓN NACIONAL DE HIDROCARBUROS FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS UNIVERSIDAD CENTRAL INGENIERÍA QUÍMICA -ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL INGENIERÍA QUÍMICA UNIVERSIDAD CENTRAL COMISIÓN ECUATORIANA DE ENERGÍA ATÓMICA ESPOCH INEN			
Otros trámites:				
CARÁCTER: Se recomienda su aprobación como: Obligatoria				
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"> Aprobación por Consejo Directivo en sesión de 2001-03-28 como: Obligatoria </td> <td style="width: 50%;"> Oficializada como: Obligatoria Por Acuerdo Ministerial No. 01227 de 2001-07-13 Registro Oficial No. No. 381 de 2001-08-01 </td> </tr> </table>			Aprobación por Consejo Directivo en sesión de 2001-03-28 como: Obligatoria	Oficializada como: Obligatoria Por Acuerdo Ministerial No. 01227 de 2001-07-13 Registro Oficial No. No. 381 de 2001-08-01
Aprobación por Consejo Directivo en sesión de 2001-03-28 como: Obligatoria	Oficializada como: Obligatoria Por Acuerdo Ministerial No. 01227 de 2001-07-13 Registro Oficial No. No. 381 de 2001-08-01			

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno ES-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telts: (593 2) 2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: E-Mail: jurresta@inen.gov.ec
Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inencati@inen.gov.ec
Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gov.ec
Regional Azuay: E-Mail: inencuena@inen.gov.ec
Regional Chimborazo: E-Mail: inenriojamba@inen.gov.ec
[URL:www.inen.gov.ec](http://www.inen.gov.ec)



Designation: B117 – 18

Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus¹

This standard is issued under the fixed designation B117; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.

1. Scope

1.1 This practice covers the apparatus, procedure, and conditions required to create and maintain the salt spray (fog) test environment. Suitable apparatus which may be used is described in [Appendix X1](#).

1.2 This practice does not prescribe the type of test specimen or exposure periods to be used for a specific product, nor the interpretation to be given to the results.

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety, health, and environmental practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

1.5 *This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

B368 Test Method for Copper-Accelerated Acetic Acid-Salt Spray (Fog) Testing (CASS Test)

D609 Practice for Preparation of Cold-Rolled Steel Panels for Testing Paint, Varnish, Conversion Coatings, and Related Coating Products

D1193 Specification for Reagent Water

D1654 Test Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments

E70 Test Method for pH of Aqueous Solutions With the Glass Electrode

E691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method

G85 Practice for Modified Salt Spray (Fog) Testing

3. Significance and Use

3.1 This practice provides a controlled corrosive environment which has been utilized to produce relative corrosion resistance information for specimens of metals and coated metals exposed in a given test chamber.

3.2 Prediction of performance in natural environments has seldom been correlated with salt spray results when used as stand alone data.

3.2.1 Correlation and extrapolation of corrosion performance based on exposure to the test environment provided by this practice are not always predictable.

3.2.2 Correlation and extrapolation should be considered only in cases where appropriate corroborating long-term atmospheric exposures have been conducted.

3.3 The reproducibility of results in the salt spray exposure is highly dependent on the type of specimens tested and the evaluation criteria selected, as well as the control of the operating variables. In any testing program, sufficient replicates should be included to establish the variability of the results. Variability has been observed when similar specimens are tested in different fog chambers even though the testing conditions are nominally similar and within the ranges specified in this practice.

4. Apparatus

4.1 The apparatus required for salt spray (fog) exposure consists of a fog chamber, a salt solution reservoir, a supply of suitably conditioned compressed air, one or more atomizing nozzles, specimen supports, provision for heating the chamber, and necessary means of control. The size and detailed construction of the apparatus are optional, provided the conditions obtained meet the requirements of this practice.

¹ This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee G01 on Corrosion of Metals and is the direct responsibility of Subcommittee G01.05 on Laboratory Corrosion Tests.

Current edition approved Aug. 1, 2018. Published October 2018. Originally approved in 1939. Last previous edition approved in 2016 as B117 – 16. DOI: 10.1520/B0117-18.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

4.2 Drops of solution which accumulate on the ceiling or cover of the chamber shall not be permitted to fall on the specimens being exposed.

4.3 Drops of solution which fall from the specimens shall not be returned to the solution reservoir for respraying.

4.4 Material of construction shall be such that it will not affect the corrosiveness of the fog.

4.5 All water used for this practice shall conform to Type IV water in Specification D1193 (except that for this practice limits for chlorides and sodium may be ignored). This does not apply to running tap water. All other water will be referred to as reagent grade.

NOTE 1—Water used with a conductivity $\leq 1.0 \mu\text{S}/\text{cm}$ (or resistivity $\geq 1.0 \text{ M}\Omega\text{-cm}$) may cause damage to some equipment due to the reactive nature of the water. In addition, it may cause issues with stabilizing pH measurements.

5. Test Specimens

5.1 The type and number of test specimens to be used, as well as the criteria for the evaluation of the test results, shall be defined in the specifications covering the material or product being exposed or shall be mutually agreed upon between the purchaser and the seller.

6. Preparation of Test Specimens

6.1 Specimens shall be suitably cleaned. The cleaning method shall be optional depending on the nature of the surface and the contaminants. Care shall be taken that specimens are not recontaminated after cleaning by excessive or careless handling.

6.2 Specimens for the evaluation of paints and other organic coatings shall be prepared in accordance with applicable specification(s) for the material(s) being exposed, or as agreed upon between the purchaser and the supplier. Otherwise, the test specimens shall consist of steel meeting the requirements of Practice D609 and shall be cleaned and prepared for coating in accordance with the applicable procedure of Practice D609.

6.3 Specimens coated with paints or nonmetallic coatings shall not be cleaned or handled excessively prior to test.

6.4 Whenever it is desired to determine the development of corrosion from an abraded area in the paint or organic coating, a scratch or scribed line shall be made through the coating with a sharp instrument so as to expose the underlying metal before testing. The conditions of making the scratch shall be as defined in Test Method D1654, unless otherwise agreed upon between the purchaser and the seller.

6.5 Unless otherwise specified, the cut edges of plated, coated, or duplex materials and areas containing identification marks or in contact with the racks or supports shall be protected with a suitable coating stable under the conditions of the practice.

NOTE 2—Should it be desirable to cut test specimens from parts or from preplated, painted, or otherwise coated steel sheet, the cut edges shall be protected by coating them with paint, wax, tape, or other effective medium so that the development of a galvanic effect between such edges and the adjacent plated or otherwise coated metal surfaces is prevented.

7. Position of Specimens During Exposure

7.1 The position of the specimens in the salt spray chamber during the test shall be such that the following conditions are met:

7.1.1 Unless otherwise specified, the specimens shall be supported or suspended between 15 and 30° from the vertical and preferably parallel to the principal direction of flow of fog through the chamber, based upon the dominant surface being tested.

7.1.2 The specimens shall not contact each other or any metallic material or any material capable of acting as a wick.

7.1.3 Each specimen shall be placed to permit unencumbered exposure to the fog.

7.1.4 Salt solution from one specimen shall not drip on any other specimen.

NOTE 3—Suitable materials for the construction or coating of racks and supports are glass, rubber, plastic, or suitably coated wood. Bare metal shall not be used. Specimens shall preferably be supported from the bottom or the side. Slotted wooden strips are suitable for the support of flat panels. Suspension from glass hooks or waxed string may be used as long as the specified position of the specimens is obtained, if necessary by means of secondary support at the bottom of the specimens.

8. Salt Solution

8.1 The salt solution shall be prepared by dissolving 5 ± 1 parts by mass of sodium chloride in 95 parts of water conforming to Type IV water in Specification D1193 (except that for this practice limits for chlorides and sodium may be ignored). Careful attention should be given to the chemical content of the salt. The salt used shall be sodium chloride with not more than 0.3 % by mass of total impurities. Halides (Bromide, Fluoride, and Iodide) other than Chloride shall constitute less than 0.1 % by mass of the salt content. Copper content shall be less than 0.3 ppm by mass. Sodium chloride that has had anti-caking agents added shall not be used because such agents may act as corrosion inhibitors. See Table 1 for a listing of these impurity restrictions. Upon agreement between the purchaser and the seller, analysis may be required and limits established for elements or compounds not specified in the chemical composition given above.

8.2 The pH of the salt solution shall be such that when atomized at 35°C (95°F) the collected solution will be in the pH range from 6.5 to 7.2 (Note 4). Before the solution is atomized it shall be free of suspended solids (Note 5). The pH measurement shall be made at $23 \pm 3^\circ\text{C}$ ($73 \pm 5^\circ\text{F}$) using a suitable glass pH-sensing electrode, reference electrode, and pH meter system in accordance with Test Method E70. pH measurement shall be recorded once daily (except on weekends, or holidays when the salt spray test is not interrupted for exposing, rearranging, or removing test specimens or to check and replenish the solution in the reservoir. The maximum interval between pH measurements shall not exceed 96 h). Only diluted, reagent grade hydrochloric acid (HCl) or reagent grade sodium hydroxide (NaOH) shall be used to adjust the pH.

NOTE 4—Temperature affects the pH of a salt solution prepared from water saturated with carbon dioxide at room temperature and pH adjustment may be made by the following three methods: When the pH of a salt solution is adjusted at room temperature, and

TABLE 1 Maximum Allowable Limits for Impurity Levels in Sodium Chloride^{A,B,C}

NOTE 1—A measurable limit for anti-caking agents is *not* being defined as a result of how salt is manufactured. During salt manufacturing, it is common practice to create salt slurry from the raw salt mined. A crystallization process then captures the pure salt from this slurry. Some naturally occurring anti-caking agents can be formed in this process and are not removed from the resultant product. Avoid salt products where extra anti-caking agents are added. Additionally, when doing an elemental analysis of salt, there can be trace elements present that are either a stand-alone element or part of an anti-caking agent. It is not economically feasible to know where such elements came from due to the long list of possible anti-caking agents for which there would have to be testing. Therefore, a salt product that meets the impurity, halide, and copper limits with no anti-caking agents added will be acceptable. The salt supplier can provide an analysis of the salt with a statement indicating that anti-caking agents were not added to the product.

Impurity Description	Allowable Amount
Total Impurities	≤ 0.3 %
Halides (Bromide, Fluoride and Iodide) excluding Chloride	< 0.1 %
Copper	< 0.3 ppm
Anti-caking Agents	None Added

^A A common formula used to calculate the amount of salt required by mass to achieve a 5 % salt solution of a known mass of water is:

$$0.053 \times \text{Mass of Water} = \text{Mass of NaCl required}$$

The mass of water is 1 g per 1 mL. To calculate the mass of salt required in grams to mix 1 L of a 5 % salt solution, multiply 0.053 by 1000 g (35.27 oz, the mass of 1 L of water). This formula yields a result of 53 g (1.87 oz) of NaCl required for each liter of water to achieve a 5 % salt solution by mass.

The 0.053 multiplier for the sodium chloride used above is derived by the following:

1000 g (mass of a full L of water) divided by 0.95 (water is only 95 % of the total mixture by mass) yields 1053 g.

This 1053 g is the total mass of the mixture of one L of water with a 5 % sodium chloride concentration. 1053 g minus the original weight of the L of water, 1000 g, yields 53 g for the weight of the sodium chloride. 53 g of total sodium chloride divided by the original 1000 g of water yields a 0.053 multiplier for the sodium chloride.

As an example: to mix the equivalent of 200 L (52.83 gal) of 5 % sodium chloride solution, mix 10.6 kg (23.37 lb) of sodium chloride into 200 L (52.83 gal) of water. 200 L of water weighs 200 000 g. 200 000 g of water $\times$ 0.053 (sodium chloride multiplier) = 10 600 g of sodium chloride, or 10.6 kg.

^B In order to ensure that the proper salt concentration was achieved when mixing the solution, it is recommended that the solution be checked with either a salimeter hydrometer or specific gravity hydrometer. When using a salimeter hydrometer, the measurement should be between 4 and 6 % at 25°C (77°F).

^C If the purity of the salt used is >99.9%, then the limits for halides can be ignored. This is due to the fact that the halides cannot be $\geq 0.1\%$ with a salt purity of >99.9%. If the salt used is of lower purity, then test for halides.

atomized at 35°C (95°F), the pH of the collected solution will be higher than the original solution due to the loss of carbon dioxide at the higher temperature. When the pH of the salt solution is adjusted at room temperature, it is therefore necessary to adjust it below 6.5 so the collected solution after atomizing at 35°C (95°F) will meet the pH limits of 6.5 to 7.2. Take about a 50-mL sample of the salt solution as prepared at room temperature, boil gently for 30 s, cool, and determine the pH. When the pH of the salt solution is adjusted to 6.5 to 7.2 by this procedure, the pH of the atomized and collected solution at 35°C (95°F) will come within this range.

(2) Heating the salt solution to boiling and cooling to 35°C (95°F) and maintaining it at 35°C (95°F) for approximately 48 h before adjusting the pH produces a solution the pH of which does not materially change when atomized at 35°C (95°F).

(3) Heating the water from which the salt solution is prepared to 35°C (95°F) or above, to expel carbon dioxide, and adjusting the pH of the salt solution within the limits of 6.5 to 7.2 produces a solution the pH of which does not materially change when atomized at 35°C (95°F).

NOTE 5—The freshly prepared salt solution may be filtered or decanted before it is placed in the reservoir, on the end of the tube leading from the

solution to the atomizer may be covered with a double layer of cheesecloth to prevent plugging of the nozzle.

NOTE 6—The pH can be adjusted by additions of dilute ACS reagent grade hydrochloric acid or sodium hydroxide solutions.

9. Air Supply

9.1 The compressed air supply to the Air Saturator Tower shall be free of grease, oil, and dirt before use by passing through well-maintained filters (NOTE 7). This air should be maintained at a sufficient pressure at the base of the Air Saturator Tower to meet the suggested pressures of Table 2 at the top of the Air Saturator Tower.

NOTE 7—The air supply may be freed from oil and dirt by passing it through a suitable oil/water extractor (that is commercially available) to stop any oil from reaching the Air Saturator Tower. Many oil/water extractors have an expiration indicator, proper preventive maintenance intervals should take these into account.

9.2 The compressed air supply to the atomizer nozzle or nozzles shall be conditioned by introducing it into the bottom of a tower filled with water. A common method of introducing the air is through an air dispersion device (X1.4.1). The level of the water must be maintained automatically to ensure adequate humidification. It is common practice to maintain the temperature in this tower between 46 and 49°C (114–121°F) to offset the cooling effect of expansion to atmospheric pressure during the atomization process. Table 2 shows the temperature, at different pressures, that are commonly used to offset the cooling effect of expansion to atmospheric pressure.

9.3 Careful attention should be given to the relationship of tower temperature to pressure since this relationship can have a direct impact to maintaining proper collection rates (NOTE 8). It is preferable to saturate the air at temperatures well above the chamber temperature as insurance of a wet fog as listed in Table 2.

NOTE 8—If the tower is run outside of these suggested temperature and pressure ranges to achieve proper collection rates as described in 10.2 of this practice, other means of verifying the proper corrosion rate in the chamber should be investigated, such as the use of control specimens (panels of known performance in the test conducted). It is preferred that control panels be provided that bracket the expected test specimen performance. The controls allow for the normalization of test conditions during repeated running of the test and will also allow comparisons of test results from different repeats of the same test. (Refer to Appendix X3, Evaluation of Corrosive Conditions, for mass loss procedures).

10. Conditions in the Salt Spray Chamber

10.1 *Temperature*—The exposure zone of the salt spray chamber shall be maintained at $35 \pm 2^\circ\text{C}$ ($95 \pm 3^\circ\text{F}$). Each set point and its tolerance represents an operational control point for equilibrium conditions at a single location in the cabinet

TABLE 2 Suggested Temperature and Pressure Guideline for the Top of the Air Saturator Tower for the Operation of a Test at 35°C (95°F)

Air Pressure, kPa	Temperature, °C	Air Pressure, psi	Temperature, °F
83	46	12	114
96	47	14	117
110	48	16	119
124	49	18	121

which may not necessarily represent the uniformity of conditions throughout the cabinet. The temperature within the exposure zone of the closed cabinet shall be recorded (Note 9) at least once daily (except on Saturdays, Sundays, and holidays when the salt spray test is not interrupted for exposing, rearranging, or removing test specimens or to check and replenish the solution in the reservoir)

Note 9—A suitable method to record the temperature is by a continuous recording device or by a thermometer which can be read from outside the closed cabinet. The recorded temperature must be obtained with the salt spray chamber closed to avoid a false low reading because of wet-bulb effect when the chamber is open.

10.2 *Atomization and Quantity of Fog*—Place at least two clean fog collectors per atomizer tower within the exposure zone so that no drops of solution will be collected from the test specimens or any other source. Position the collectors in the proximity of the test specimens, one nearest to any nozzle and the other farthest from all nozzles. A typical arrangement is shown in Fig. 1. The fog shall be such that for each 80 cm² (12.4 in.²) of horizontal collecting area, there will be collected from 1.0 to 2.0 mL of solution per hour based on an average run of at least 16 h (Note 11). The sodium chloride concentration of the collected solution shall be 5 ± 1 mass % (Notes 11-13). The pH of the collected solution shall be 6.5 to 7.2. The pH measurement shall be made as described in 8.2 (Note 4). Both sodium chloride concentration and volume of condensate collected (measured in mL) shall be recorded once daily (except on weekends, or holidays when the salt spray test is not interrupted for exposing, rearranging, or removing test specimens or to check and replenish the solution in the reservoir. The maximum interval between these data collection measurements shall not exceed 96 h).

Note 10—Common methods of measuring sodium chloride concentration are specific gravity hydrometer, salimeter hydrometer, refractometer, and titration. This list is not all inclusive of every method, and an

appropriate method can be chosen by the user.

Note 11—Suitable collecting devices are glass or plastic funnels with the stems inserted through stoppers into graduated cylinders, or crystallizing dishes. Funnels and dishes with a diameter of 10 cm (3.94 in.) have an area of about 80 cm² (12.4 in.²).

Note 12—The specific gravity of salt solution will change with temperature. Table 3 shows salt concentration and density versus temperature³ and can be used to determine if the sample measured is within specification. The sample to be measured may be a composite sample from multiple fog-collecting devices within a single cabinet, if necessary, to obtain sufficient solution volume for measurement.

Table 3 shows the salt concentration and salt density of 4 %, 5 % and 6 % salt solution between 20°C and 40°C. A measurement that falls within the range between 4 % and 6 % is acceptable.

It is important to understand the equipment being used to measure specific gravity. One common practice for specific gravity measurement is the use of a hydrometer. If used, careful attention to the hydrometer type is important as most are manufactured and calibrated for measurements at 15.6°C (60°F). Since salt density is temperature dependent, an offset will be necessary to make an accurate measurement at other temperatures. Contact the hydrometer manufacturer to find the proper offset for the hydrometer being used.

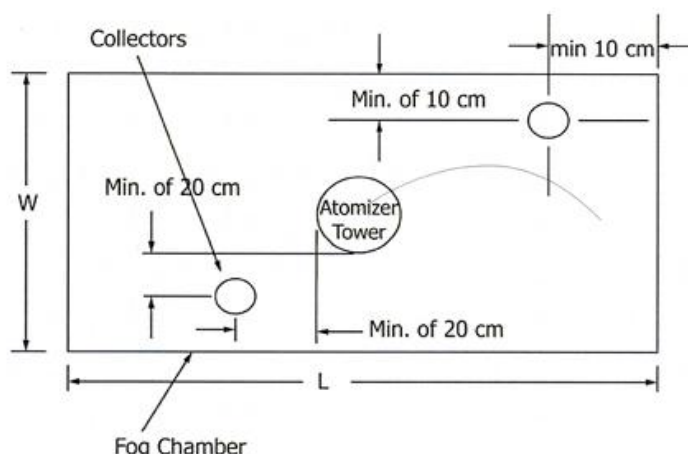
Note 13—Salt solutions from 2 to 6 % will give the same results, though for uniformity the limits are set at 4 to 6 %.

10.3 The nozzle or nozzles shall be so directed or baffled that none of the spray can impinge directly on the test specimens.

11. Continuity of Exposure

11.1 Unless otherwise specified in the specifications covering the material or product being tested, the test shall be continuous for the duration of the entire test period. Continuous operation implies that the chamber be closed and the spray operating continuously except for the short daily interruptions

³ "Thermodynamic Properties of the NaCl + H₂O system II. Thermodynamic Properties of NaCl(aq), NaCl·2H₂O(cr), and Phase Equilibria," *Journal of Physics and Chemistry Reference Data*, Vol. 21, No. 4, 1992.



Note 1—This figure shows a typical fog collector arrangement for a single atomizer tower cabinet. The same fog collector arrangement is also applicable for multiple atomizer tower and horizontal ("U" type) atomizer tower cabinet constructions as well.

AUTORIZACIÓN A USAR FIG. 1 Arrangement of Fog Collectors

TABLE 3 Temperature versus Density Data

Temperature °C (°F)	Density, g/cm ³		
	4-percent Salt Concentration	5-percent Salt Concentration	6-percent Salt Concentration
20 (68)	1.025758	1.032360	1.038867
21 (69.8)	1.025480	1.032067	1.038560
22 (71.6)	1.025193	1.031766	1.038245
23 (73.4)	1.024899	1.031458	1.037924
24 (75.2)	1.024596	1.031142	1.037596
25 (77)	1.024286	1.030819	1.037261
26 (78.8)	1.023969	1.030489	1.036919
27 (80.6)	1.023643	1.030152	1.036570
28 (82.4)	1.023311	1.029808	1.036215
29 (84.2)	1.022971	1.029457	1.035853
30 (86)	1.022624	1.029099	1.035485
31 (87.8)	1.022270	1.028735	1.035110
32 (89.6)	1.021910	1.028364	1.034729
33 (91.4)	1.021542	1.027986	1.034343
34 (93.2)	1.021168	1.027602	1.033950
35 (95)	1.020787	1.027212	1.033551
36 (96.8)	1.020399	1.026816	1.033146
37 (98.6)	1.020006	1.026413	1.032735
38 (100.4)	1.019605	1.026005	1.032319
39 (102.2)	1.019199	1.025590	1.031897
40 (104)	1.018786	1.025170	1.031469

necessary to inspect, rearrange, or remove test specimens, to check and replenish the solution in the reservoir, and to make necessary recordings as described in Section 10.

NOTE 14—Operations should be so scheduled that the cumulative maximum time for these interruptions are held to 60 min or less per day. It is recommended to have only one interruption per day if possible. If interruption time is longer than 60 min, it should be noted in the test report.

12. Period of Exposure

12.1 The period of exposure shall be as designated by the specifications covering the material or product being tested or as mutually agreed upon between the purchaser and the seller.

NOTE 15—Recommended exposure periods are to be as agreed upon between the purchaser and the seller, but exposure periods of multiples of 24 h are suggested.

13. Cleaning of Tested Specimens

13.1 Unless otherwise specified in the specifications covering the material or product being tested, specimens shall be treated as follows at the end of the test:

13.1.1 The specimens shall be carefully removed.

13.2 Specimens may be gently washed or dipped in clean running water not warmer than 38°C (100°F) to remove salt deposits from their surface, and then immediately dried.

14. Evaluation of Results

14.1 A careful and immediate examination shall be made as required by the specifications covering the material or product being tested or by agreement between the purchaser and the seller.

15. Records and Reports

15.1 The following information shall be recorded, unless otherwise prescribed in the specifications covering the material or product being tested:

15.1.1 Type of salt and water used in preparing the salt solution.

15.1.2 All readings of temperature within the exposure zone of the chamber.

15.1.3 Data obtained from each fog-collecting device of volume of salt solution collected in millilitres per hour per 80 cm² (12.4 in.²).

15.1.4 Concentration or specific gravity of collected solution and the temperature of that solution when measured. Follow Table 3 for salt concentration and density versus temperature to determine that the sample measured is within specification. Sample to be measured may be a composite sample from multiple fog-collecting devices (within a single cabinet), if necessary to obtain sufficient solution volume for measurement.

15.1.5 pH of collected solution at 23 ± 3°C (73 ± 5°F). Sample to be measured may be a composite sample from multiple fog-collecting devices (within a single cabinet), if necessary to obtain sufficient solution volume for measurement.

15.2 Type of specimen and its dimensions, or number or description of part.

15.3 Method of cleaning specimens before and after testing.

15.4 Method of supporting or suspending article in the salt spray chamber.

15.5 Description of protection used as required in 6.5.

15.6 Exposure period.

15.7 Interruptions in exposure, cause, and length of time, and

15.8 Results of all inspections.

NOTE 16—If any of the atomized salt solution which has not contacted the test specimens is returned to the reservoir, it is advisable to record the concentration or specific gravity of this solution also.

16. Keywords

16.1 controlled corrosive environment; corrosive conditions; determining mass loss; salt spray (fog) exposure

APPENDICES

(Nonmandatory Information)

X1. CONSTRUCTION OF APPARATUS

X1.1 Cabinets

X1.1.1 Standard salt spray cabinets are available from several suppliers, but certain pertinent accessories are required before they will function according to this practice and provide consistent control for duplication of results.

X1.1.2 The salt spray cabinet consists of the basic chamber, an air-saturator tower, a salt solution reservoir, atomizing nozzles, specimen supports, provisions for heating the chamber, and suitable controls for maintaining the desired temperature.

X1.1.3 Accessories such as a suitable adjustable baffle or central fog tower, automatic level control for the salt reservoir, and automatic level control for the air-saturator tower are pertinent parts of the apparatus.

X1.1.4 The size and shape of the cabinet shall be such that the atomization and quantity of collected solution is within the limits of this practice.

X1.1.5 The chamber shall be made of suitably inert materials such as plastic, glass, or stone, or constructed of metal and lined with impervious plastics, rubber, or epoxy-type materials or equivalent.

X1.1.6 All piping that contacts the salt solution or spray should be of inert materials such as plastic. Vent piping should be of sufficient size so that a minimum of back pressure exists and should be installed so that no solution is trapped. The exposed end of the vent pipe should be shielded from extreme air currents that may cause fluctuation of pressure or vacuum in the cabinet.

X1.2 Temperature Control

X1.2.1 The maintenance of temperature within the salt chamber can be accomplished by several methods. It is generally desirable to control the temperature of the surroundings of the salt spray chamber and to maintain it as stable as possible. This may be accomplished by placing the apparatus in a constant-temperature room, but may also be achieved by surrounding the basic chamber of a jacket containing water or air at a controlled temperature.

X1.2.2 The use of immersion heaters in an internal salt solution reservoir or within the chamber is detrimental where heat losses are appreciable because of solution evaporation and radiant heat on the specimens.

X1.3 Spray Nozzles

X1.3.1 Satisfactory nozzles may be made of hard rubber, plastic, or other inert materials. The most commonly used type is made of plastic. Nozzles calibrated for air consumption and solution-atomized are available. The operating characteristics of a typical nozzle are given in Table X1.1.

X1.3.2 It can readily be seen that air consumption is relatively stable at the pressures normally used, but a marked reduction in solution sprayed occurs if the level of the solution is allowed to drop appreciably during the test. Thus, the level of the solution in the salt reservoir must be maintained automatically to ensure uniform fog delivery during the test.⁴

X1.3.3 If the nozzle selected does not atomize the salt solution into uniform droplets, it will be necessary to direct the spray at a baffle or wall to pick up the larger drops and prevent them from impinging on the test specimens. Pending a complete understanding of air-pressure effects, and so forth, it is important that the nozzle selected shall produce the desired condition when operated at the air pressure selected. Nozzles are not necessarily located at one end, but may be placed in the center and can also be directed vertically up through a suitable tower.

X1.4 Air for Atomization

X1.4.1 The air used for atomization must be free of grease, oil, and dirt before use by passing through well-maintained

⁴ A suitable device for maintaining the level of liquid in either the saturator tower or reservoir of test solution may be designed by a local engineering group, or it may be purchased from manufacturers of test cabinets as an accessory.

TABLE X1.1 Operating Characteristics of Typical Spray Nozzle

Siphon Height, cm	Air Flow, dm ³ /min				Solution Consumption, cm ³ /h			
	Air Pressure, kPa				Air Pressure, kPa			
	34	69	103	138	34	69	103	138
10	19	26.5	31.5	36	2100	3840	4584	5256
20	19	26.5	31.5	36	636	2760	3720	4320
30	19	26.5	31.5	36	0	1380	3000	3710
40	19	26.6	31.5	36	0	780	2124	2904

Siphon Height, in.	Air Flow, L/min				Solution Consumption, mL/h			
	Air Pressure, psi				Air Pressure, psi			
	5	10	15	20	5	10	15	20
4	19	26.5	31.5	36	2100	3840	4584	5256
8	19	26.5	31.5	36	636	2760	3720	4320
12	19	26.5	31.5	36	0	1380	3000	3710
16	19	26.6	31.5	36	0	780	2124	2904

filters. Room air may be compressed, heated, humidified, and washed in a water-sealed rotary pump if the temperature of the water is suitably controlled. Otherwise cleaned air may be introduced into the bottom of a tower filled with water through a porous stone or multiple nozzles. The level of the water must be maintained automatically to ensure adequate humidification. A chamber operated in accordance with this method and Appendix X1 will have a relative humidity between 95 and 98 %. Since salt solutions from 2 to 6 % will give the same results (though for uniformity the limits are set at 4 to 6 %), it is preferable to saturate the air at temperatures well above the chamber temperature as insurance of a wet fog. Table X1.2

shows the temperatures, at different pressures, that are required to offset the cooling effect of expansion to atmospheric pressure.

X1.4.2 Experience has shown that most uniform spray chamber atmospheres are obtained by increasing the atomizing air temperature sufficiently to offset heat losses, except those that can be replaced otherwise at very low-temperature gradients.

X1.5 Types of Construction

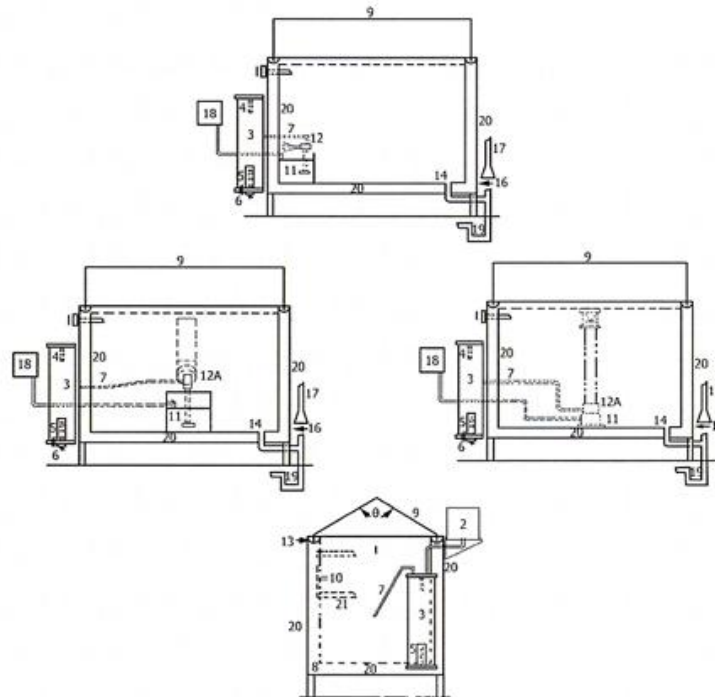
X1.5.1 A modern laboratory cabinet is shown in Fig. X1.1. Walk-in chambers are usually constructed with a sloping ceiling. Suitably located and directed spray nozzles avoid ceiling accumulation and drip. Nozzles may be located at the ceiling, or 0.91 m (3 ft) from the floor directed upward at 30 to 60° over a passageway. The number of nozzles depends on type and capacity and is related to the area of the test space. An 11 to 19 L (3 to 5-gal) reservoir is required within the chamber, with the level controlled. The major features of a walk-in type cabinet, which differs significantly from the laboratory type, are illustrated in Fig. X1.2. Construction of a plastic nozzle, such as is furnished by several suppliers, is shown in Fig. X1.3.

TABLE X1.2 Temperature and Pressure Requirements for Operation of Test at 95°F

	Air Pressure, kPa			
	83	96	110	124
Temperature, °C	46	47	48	49
	Air Pressure, psi			
	12	14	16	18
Temperature, °F	114	117	119	121

CON LICENCIA DE USO PARA WASHINGTON FUERTES, POR INEN
NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000100257 / DESCARGADO: 2018-10-29
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

B117 - 18



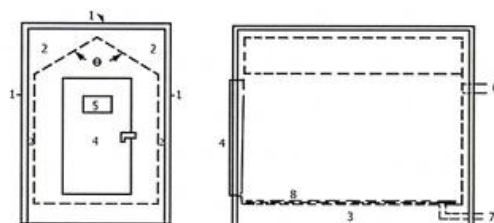
NOTE 1—This figure shows the various components including alternate arrangements of the spray nozzles and solution reservoir.

- 0—Angle of lid, 90 to 125°
- 1—Thermometer and thermostat for controlling heater (Item No. 8) in base
- 2—Automatic water leveling device
- 3—Humidifying tower
- 4—Automatic temperature regulator for controlling heater (Item No. 5)
- 5—Immersion heater, nonrusting
- 6—Air inlet, multiple openings
- 7—Air tube to spray nozzle
- 8—Heater in base
- 9—Hinged top, hydraulically operated, or counterbalanced
- 10—Brackets for rods supporting specimens, or test table
- 11—Internal reservoir
- 12—Spray nozzle above reservoir, suitably designed, located, and baffled
- 12A—Spray nozzle housed in dispersion tower located preferably in center of cabinet (typical examples)
- 13—Water seal
- 14—Combination drain and exhaust. Exhaust at opposite side of test space from spray nozzle (Item 12), but preferably in combination with drain, waste trap, and forced draft waste pipe (Items 16, 17, and 19)
- 15—number not used
- 16—Complete separation between forced draft waste pipe (Item 17) and combination drain and exhaust (Items 14 and 19) to avoid undesirable suction or back pressure
- 17—Forced draft waste pipe
- 18—Automatic leveling device for reservoir
- 19—Waste trap
- 20—Air space or water jacket
- 21—Test table or rack, well below roof area

FIG. X1.1 Typical Salt Spray Cabinet

CON LICENCIA DE USO PARA WASHINGTON FUERTES, POR INEN
 NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000100257 / DESCARGADO: 2018-10-29
 AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

B117 – 18



NOTE 1—The controls are the same, in general as for the smaller laboratory type cabinet (Fig. X1.1), but are sized to care for the larger cube. The chamber has the following features:

- 0—Angle of ceiling, 90 to 125°
- 1—Heavy insulated outer panels
- 2—Air space
- 3—Low-watt density heaters, or steam coils
- 4—Single- or double-, full-opening door (refrigeration type), with inward sloping door sill
- 5—Viewing window/s
- 6—Inner chamber vent
- 7—Inner chamber drain
- 8—Duct boards on floor

FIG. X1.2 Walk-in Chamber, 1.5 by 2.4 m (5 by 8 ft) and Upward in Overall Size

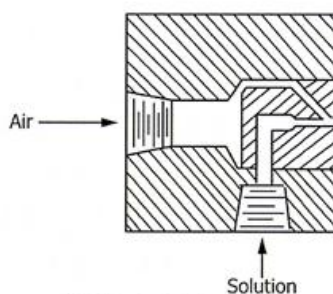


FIG. X1.3 Typical Spray Nozzle

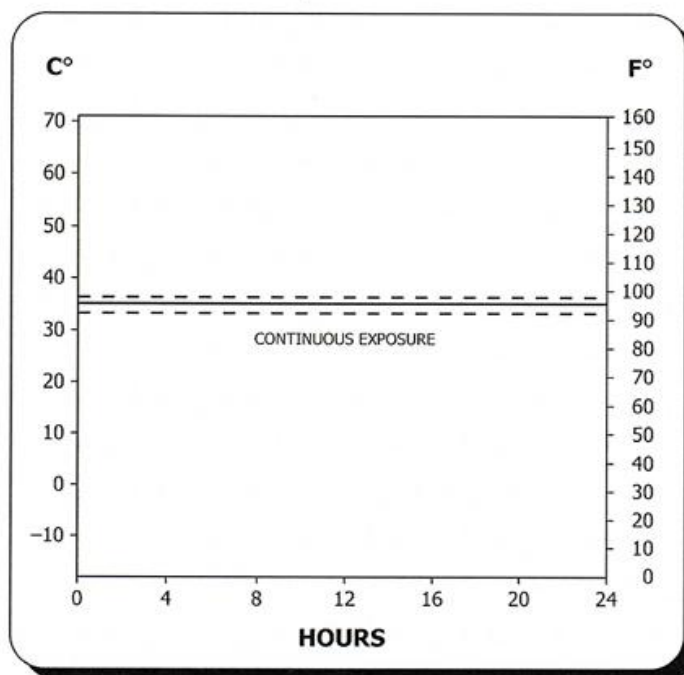
X2. USE OF THE SALT SPRAY (FOG) TEST IN RESEARCH

X2.1 This practice is primarily used for process qualification and quality acceptance. Regarding any new applications, it is essential to correlate the results of this practice with actual field exposure results. (See Fig. X2.1.)

X2.2 The salt spray has been used to a considerable extent for the purpose of comparing different materials or finishes. It should be noted there is usually not a direct relation between salt spray (fog) resistance and resistance to corrosion in other media, because the chemistry of the reactions, including the formation of films and their protective value, frequently varies greatly with the precise conditions encountered. Informed personnel are aware of the erratic composition of basic alloys, the possibility of wide variations in quality and thickness of plated items produced on the same racks at the same time, and the consequent need for a mathematical determination of the

number of specimens required to constitute an adequate sample for test purposes. In this connection it is well to point out that Practice B117 is not applicable to the study or testing of decorative chromium plate (nickel-chromium) on steel or on zinc-base die castings or of cadmium plate on steel. For this purpose Test Method B368 and Practice G85 are available, which are also considered by some to be superior for comparison of chemically treated aluminum (chromated, phosphated, or anodized), although final conclusions regarding the validity of test results related to service experience have not been reached. Practice B117 and Practice G85 are considered to be most useful in estimating the relative behavior of closely related materials in marine atmospheres, since it simulates the basic conditions with some acceleration due to either wetness or temperature, or both.

CON LICENCIA DE USO PARA WASHINGTON FUERTES, POR INEN
NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000100257 / DESCARGADO: 2018-10-29
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN



NOTE 1—Dashed chart lines indicate temperature tolerance limits.

NOTE 2—Reprinted with permission.

- (1) Salt Solution— 5 ± 1 parts by mass of sodium chloride (NaCl) in 95 parts by mass of Specification D1193 Type IV water.
- (2) pH 6.5 to 7.2 of collected solution.
- (3) The exposure zone of the salt spray chamber shall be maintained at $35 \pm 2^\circ\text{C}$ ($95 \pm 3^\circ\text{F}$). Each set point and its tolerance represents an operational control point for equilibrium conditions at a single location in the cabinet which may not necessarily represent the uniformity of conditions throughout the cabinet.
- (4) Fog at a rate of 1.0 to 2.0 mL/h per 80 cm² of horizontal collection area.

FIG. X2.1 Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus

X3. EVALUATION OF CORROSIVE CONDITIONS

X3.1 General—This appendix covers test panels and procedures for evaluating the corrosive conditions within a salt spray cabinet. The procedure involves the exposure of steel test panels and the determination of their mass losses in a specified period of time. This may be done monthly or more frequently to ensure consistent operation over time. It is also useful for correlating the corrosive conditions among different cabinets.

X3.2 Test Panels—The required test panels, 76 by 127 by 0.8 mm (3.0 by 5.0 by .0315 in.), are made from SAE 1008 commercial-grade cold-rolled carbon steel (UNS G10080).

X3.3 Preparation of Panels Before Testing—Clean panels before testing by degreasing only, so that the surfaces are free of dirt, oil, or other foreign matter that could influence the test results. After cleaning, weigh each panel on an analytical balance to the nearest 1.0 mg and record the mass.

X3.4 Positioning of Test Panels—Place a minimum of two weighed panels in the cabinet, with the 127-mm (5.0 in.) length supported 30° from vertical. Place the panels in the proximity of the condensate collectors. (See Section 6.)

X3.5 Duration of Test—Expose panels to the salt fog for 48 to 168 h.

X3.6 Cleaning of Test Panels After Exposure—After removal of the panels from the cabinet, rinse each panel immediately with running tap water to remove salt, and rinse in reagent grade water (see Specification D1193, Type IV). Chemically clean each panel for 10 min at 20 to 25°C in a fresh solution prepared as follows:

Mix 1000 mL of hydrochloric acid (sp gr 1.19) with 1000 mL of reagent grade water (D1193, Type IV) and add 10 g of hexamethylenetetramine. After cleaning, rinse each panel with reagent grade water (Type IV) and dry (see 13.2).

X3.7 Determining Mass Loss—Immediately after drying, determine the mass loss by reweighing and subtracting panel mass after exposure from its original mass.

X3.7.1 Data generated in the interlaboratory study using this method are available from ASTM as a Research Report.⁵

X3.8 Precision and Bias—Steel Panel Test

X3.8.1 An interlaboratory test program using three different sets of UNS G10080 steel panels, 76 by 127 by 0.8 mm (3.0 by 5.0 by .0315 in.) has shown that the repeatability of the mass loss of the steel panels, that is, the consistency in mass loss results that may be expected when replicate panels are run simultaneously in a salt spray cabinet, is dependent upon exposure time and the panel lot or source. The interlaboratory program yielded repeatability standard deviations, S_r , from which 95 % repeatability limits, r , were calculated as follows (see Practice E691):

$$r = 2.8 S_r \quad (\text{X3.1})$$

X3.8.1.1 The values of S_r and r are reported in Table X3.1. Note that the corrosion rate of steel in this environment is approximately constant over the exposure interval and that the ratio of the standard deviation to the average mass loss, the coefficient of variation, C_v , varies between 5 and 10 % with a weighted average of 7.4 % and an r of ± 21 % of the average mass loss.

X3.8.2 This interlaboratory program also produced results on the reproducibility of results, that is, the consistency of mass loss results in tests in different laboratories or in different cabinets in the same facility. This program yielded reproduc-

TABLE X3.1 Repeatability Statistics

NOTE 1—Based on two replicates in every test run. No. = number of different salt spray cabinets in test program; r = 95 % repeatability limits, g; C_v = $S_r/\text{avg.}$, coefficient of variation, %; and S_r = repeatability standard deviations, g.

Materials	Test Duration, h	Average Mass Loss, g	S_r , g	C_v , %	r , g	No.
QP1	48	0.8170	0.0588	7.20	0.1646	12
QP1	96	1.5347	0.1048	7.28	0.2934	12
QP1	168	2.5996	0.2498	9.61	0.6994	12
AP	48	0.7787	0.0403	5.17	0.1128	10
AP	96	1.4094	0.0923	6.55	0.2584	10
AP	168	2.4309	0.1594	6.56	0.4463	10
QP2	48	0.8566	0.0686	8.01	0.1921	5
QP2	96	1.5720	0.0976	6.21	0.2733	5
QP2	168	2.7600	0.2588	9.38	0.7246	5

ibility standard deviations, S_R , from which 95 % reproducibility limits, R , were calculated as follows (See Practice E691):

$$R = 2.8 S_R \quad (\text{X3.2})$$

X3.8.2.1 The values of S_R and R are reported in Table X3.2. Note that the ratio of standard deviation to the average mass loss, the coefficient of variation, C_v , varies between 8 to 18 % with a weighted average of 12.7 % and an R of ± 36 % of the average mass loss.

X3.8.3 The mass loss of steel in this salt spray practice is dependent upon the area of steel exposed, the temperature, time of exposure, salt solution make up and purity, pH, spray conditions, and the metallurgy of the steel. The procedure in Appendix X3 for measuring the corrosivity of neutral salt spray cabinets with steel panels has no bias because the value of corrosivity of the salt spray is defined only in terms of this practice.

⁵ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR-G01-1003.

TABLE X3.2 Reproducibility Statistics

NOTE: 1—No. = number of different salt spray cabinets in test program;
 R = 95 % reproducibility limits, g; Cv = $S_R/\text{avg.}$, coefficient of variation,
 %; and S_R = reproducibility standard deviation, g.

Materials	Test Duration, h	Average Mass Loss, g	S_R , g	Cv , %	R , g	No.
QP1	48	0.8170	0.0947	11.58	0.2652	12
QP1	96	1.5347	0.2019	14.02	0.5653	12
QP1	168	2.5996	0.3255	12.52	0.9114	12
AP	48	0.7787	0.0805	10.33	0.2254	10
AP	96	1.4094	0.1626	11.54	0.4553	10
AP	168	2.4309	0.3402	14.00	0.9526	10
QP2	48	0.8566	0.1529	17.85	0.4281	5
QP2	96	1.5720	0.1319	8.39	0.3693	5
QP2	168	2.7600	0.3873	14.03	1.0844	5

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

- * This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; <http://www.copyright.com/>

CON LICENCIA DE USO PARA WASHINGTON FUERTES, POR INEN
 NUMERO DE ORDEN: 001-005-000100257 / DESCARGADO: 2018-10-29
 AUTORIZACIÓN A USUARIO UNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA

NTE INEN 1006

Segunda revisión
2020-04

**PINTURAS Y PRODUCTOS AFINES. DETERMINACIÓN DE LA
ADHERENCIA MEDIANTE PRUEBA DE LA CINTA**

PAINTS AND RELATED PRODUCTS. DETERMINATION OF ADHESION BY TAPE TEST

4.1.2.4 Borrador de goma

4.1.2.5 Iluminación. Una fuente de luz es útil para determinar si los cortes se han realizado a través de la película seca hasta el panel metálico.

4.1.3 Preparación del panel metálico

La preparación del panel metálico se realiza de acuerdo con lo descrito en ASTM D609, ASTM D1730 y ASTM D6386.

4.1.4 Procedimiento

4.1.4.1 Seleccionar un área libre de manchas e imperfecciones. La superficie debe estar limpia y seca. Condiciones extremas de temperatura o humedad relativa pueden afectar la adherencia de la cinta adhesiva o de la pintura o producto afín. Para muestras que se han sumergido, después de la inmersión limpiar la superficie con un solvente apropiado que no dañe la pintura o producto afín, luego dejar secar o preparar la superficie o ambos si lo requiere.

4.1.4.2 Colocar el panel metálico sobre una base firme y hacer dos cortes en la película seca de pintura o producto afín, aproximadamente de 40 mm de largo, que se intersecan cerca de sus mitades con un ángulo comprendido entre 30° y 45°. Cuando se realicen los cortes, utilizar la guía de borde recto y cortar a través de la pintura o producto afín hasta llegar al panel metálico con un movimiento uniforme.

4.1.4.3 Inspeccionar los cortes por la reflexión de la luz del panel metálico para establecer que se ha atravesado la película de pintura o producto afín. Si no se ha alcanzado el panel metálico realizar otra X en un lugar diferente. No se debe profundizar un corte anterior porque esto puede afectar la adherencia a lo largo del corte.

4.1.4.4 Para cada día del ensayo, antes de iniciar el ensayo, remover dos vueltas completas de la cinta adhesiva del rollo y descartarla. Cortar un pedazo de cinta adhesiva de 75 mm de largo aproximadamente.

4.1.4.5 Colocar el centro de la cinta adhesiva en la intersección del corte en X, a lo largo de los ángulos más pequeños del corte, dejando un extremo libre. Alisar la cinta adhesiva con el dedo en el área de los cortes teniendo cuidado de no dejar aire atrapado bajo la cinta. Frotar firmemente la superficie de la cinta adhesiva con el borrador de goma hasta que el color sea uniforme en apariencia. Esto indica un contacto uniforme entre la cinta adhesiva y la superficie de la pintura o producto afín.

4.1.4.6 Después de 90 s $\pm$ 30 s de la aplicación, retirar la cinta adhesiva de la superficie halando rápidamente del extremo libre formando un ángulo aproximadamente de 180°.

4.1.4.7 Inspeccionar la remoción de la pintura o producto afín del panel metálico en el área del corte en X.

4.1.4.8 Clasificar la adherencia de acuerdo con la escala que se indica en la Tabla 1.

TABLA 1. Clasificación de la adherencia (método de corte en X)

Clasificación	Criterio
5 A	No existe desprendimiento o peladuras de la pintura o producto afín.
4 A	Trazas de peladuras o desprendimiento a lo largo de los cortes o en su intersección.
3 A	Desprendimiento dentado a lo largo de los cortes de hasta 1,6 mm a cada lado.
2 A	Desprendimiento dentado a lo largo de los cortes de hasta 3,2 mm a cada lado.
1 A	Desprendimiento de la mayor parte del área de la X cubierta por la cinta adhesiva.
0 A	Desprendimiento fuera del área de la X.

4.1.4.9 Repetir el ensayo en otras dos áreas del panel de ensayo. Para estructuras grandes hacer suficientes ensayos para asegurar que la evaluación de la adherencia sea representativa de toda la superficie.

4.1.4.10 Después de hacer varios cortes, examinar la herramienta de corte y verificar que el borde cortante se encuentre en buenas condiciones. Las herramientas de corte que presenten irregularidades u otros defectos que puedan dañar la película de pintura o producto afín deben ser reemplazados.

4.1.5 Expresión de resultados

4.1.5.1 Precisión

En un estudio interlaboratorios de este método de ensayo en el que operadores de seis laboratorios realizaron una medición de la adherencia en cada uno de los tres paneles de las tres pinturas o productos afines que cubrían un amplio rango de adherencia, se encontró que la desviación estándar dentro de los laboratorios era de 0,33 y entre laboratorios de 0,44. Con base en estas desviaciones estándar, los siguientes criterios se deberían utilizar para evaluar la aceptabilidad de los resultados con un nivel de confianza del 95 %.

4.1.5.1.1 Repetibilidad

Siempre que la adherencia sea uniforme sobre una gran superficie, los resultados obtenidos por el mismo operador se deberían considerar sospechosos si difieren en más de uno en la escala de clasificación para dos mediciones.

4.1.5.1.2 Reproducibilidad

Dos resultados, cada uno el promedio de los triplicados, obtenidos por diferentes operadores se deberían considerar sospechosos si difieren en más de 1,5 en la escala de clasificación.

4.1.5.1.3 Sesgo

No se puede establecer para estos métodos de ensayo.

4.1.6 Informe de ensayo

En el informe de ensayo se debe indicar:

- identificación completa de la muestra,
- fecha de realización del ensayo,
- identificación del operador,

- d) cinta adhesiva utilizada,
- e) norma de referencia,
- f) método de ensayo utilizado,
- g) número de ensayos y su clasificación,
- h) para sistemas de pinturas o productos afines, además, indicar una estimación de la capa donde ha ocurrido la falla, esto es, entre la primera capa y el panel metálico, entre la primera y segunda capa, etc.,
- i) indicar el tipo de pintura o producto afín y el método de curado, si es conocido,
- j) para ensayos de campo, indicar el tipo de pintura o producto afín, la estructura u objeto ensayado, la localización y las condiciones ambientales al momento del ensayo,
- k) si el ensayo se realiza después de la inmersión, indicar las condiciones de la inmersión, el tiempo transcurrido entre la inmersión y el ensayo, y el método de preparación de la muestra,
- l) cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda influir sobre el resultado.

4.2 Método de la cuadrícula

4.2.1 Principio

El método de ensayo consiste en trazar una cuadrícula de 6 u 11 cortes en cada dirección atravesando la película de pintura o producto afín hasta llegar al panel metálico, se aplica una cinta adhesiva sobre la cuadrícula para luego ser removida, y, la adherencia se evalúa por comparación visual en una escala ilustrada de 0 a 5.

Este método de ensayo es más adecuado para laboratorio y es aplicable para películas secas con un espesor menor a 125 μm .

4.2.2 Materiales

4.2.2.1 Herramienta de corte con cuchilla de dientes múltiples para corte cruzado (con 6 u 11 dientes), con bordes cortantes en un ángulo entre 15° y 30°. Es importante que los bordes de la herramienta de corte estén en buenas condiciones.

4.2.2.2 Cinta adhesiva de 25 mm de ancho, transparente o semitransparente con una resistencia a la adherencia entre 6,34 N/cm y 7,00 N/cm.

4.2.2.3 Borrador de goma.

4.2.2.4 Iluminación. Una fuente de luz es útil para determinar si los cortes se han realizado a través de la película seca hasta el panel metálico.

4.2.2.5 Lupa. Una lupa iluminada para ser utilizada mientras se realizan los cortes individuales y para revisar el área de ensayo.

4.2.2.6 Cepillo de cerdas plásticas.

4.2.3 Preparación del panel metálico

La preparación del panel metálico se realiza de acuerdo con lo descrito en ASTM D609, ASTM D1730 y ASTM D6388.

4.2.4 Procedimiento

4.2.4.1 Seleccionar un área libre de manchas e imperfecciones. La superficie debe estar limpia y seca. Condiciones extremas de temperatura o humedad relativa pueden afectar la adherencia de la cinta adhesiva o de la pintura o producto afín. Para muestras que se han sumergido, después de la inmersión, limpiar la superficie con un solvente apropiado que no dañe la pintura o producto afín, luego dejar secar o preparar la superficie o ambos si lo requiere.

4.2.4.2 Colocar el panel metálico sobre una base firme y bajo la lupa iluminada, realizar cortes paralelos como se detalla a continuación:

4.2.4.2.1 Para pinturas o productos afines que tienen un espesor de película seca de hasta 50 µm, utilizar la cuchilla de 11 dientes con espacio de 1 mm.

4.2.4.2.2 Para pinturas o productos afines que tienen un espesor de película seca entre 50 µm y 125 µm, utilizar la cuchilla de 6 dientes con espacio de 2 mm. Para pinturas o productos afines con un espesor de película seca mayor a 125 µm generalmente se recomienda utilizar el método de corte en "X". El método de la cuadrícula se puede utilizar para espesores mayores a 125 µm si los espacios entre cortes son más anchos.

4.2.4.2.3 Realizar todos los cortes aproximadamente de 20 mm de largo. Cortar a través de la película de pintura o producto afín hasta llegar al panel metálico con un movimiento uniforme utilizando la suficiente presión en la herramienta de corte para que el borde cortante (dientes) alcance el panel metálico.

4.2.4.3 Después de hacer los cortes requeridos, limpiar la película de pintura o producto afín ligeramente con un cepillo suave o un pañuelo para remover cualquier escama desprendida o liras de pintura o producto afín.

4.2.4.4 Examinar la herramienta de corte y verificar que el borde cortante se encuentre en buenas condiciones. Las herramientas de corte que presenten irregularidades u otros defectos que puedan dañar la película de pintura o producto afín deben ser reemplazados. Realizar el número adicional de cortes a 90° y centrarlos en los cortes originales.

4.2.4.5 Limpiar el área como se realizó anteriormente e inspeccionar los cortes por la reflexión de la luz del panel metálico. Si no se ha alcanzado el panel metálico, hacer otra cuadrícula en un lugar diferente.

4.2.4.6 Para cada día del ensayo, antes de iniciar, remover dos vueltas completas de la cinta adhesiva del rollo y descartarla. Cortar un pedazo de cinta adhesiva de 75 mm de largo aproximadamente.

4.2.4.7 Colocar el centro de la cinta adhesiva sobre la cuadrícula y en el área de la cuadrícula, dejando un extremo libre. Alisar la cinta adhesiva con el dedo en el área de los cortes teniendo cuidado de no dejar aire atrapado bajo la cinta. Frotar firmemente la superficie de la cinta adhesiva con el borrador de goma hasta que el color sea uniforme en apariencia. Esto indica un contacto uniforme entre la cinta adhesiva y la superficie de la pintura o producto afín.

4.2.4.8 Después de 90 s $\pm$ 30 s de la aplicación, retirar la cinta adhesiva de la superficie halando rápidamente del extremo libre formando un ángulo aproximadamente de 180°.

4.2.4.9 Inspeccionar la remoción de la pintura o producto afín del panel metálico en el área de la cuadrícula utilizando la lupa iluminada. Clasificar la adherencia de acuerdo con la escala ilustrada en la Figura 1.

4.2.4.10 Repetir el ensayo en otras dos áreas del panel de ensayo.

FIGURA 1. Clasificación de adherencia (método de la cuadrícula)

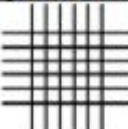
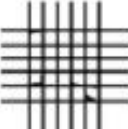
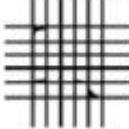
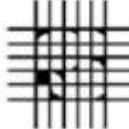
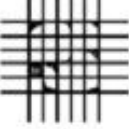
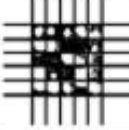
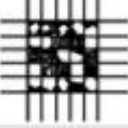
Clasificación	% de área removida	Superficie del área de corte transversal a partir de la cual se ha producido la descamación para 6 cortes paralelos y el rango de adherencia en porcentaje
5B	0 % Ninguno	
4B	Menor que 5 %	
3B	5 % - 15 %	 
2B	15 % - 35 %	 
1B	35 % - 65 %	 
0B	Mayor que el 65 %	

TABLA 2. Clasificación de la adherencia (método de la cuadrícula)

Clasificación	Criterio
5B	Los bordes de los cortes son completamente lisos; ninguno de los cuadrados de la cuadrícula se ha desprendido.
4B	Pequeñas escamas de la pintura o producto afín se han desprendido en las intersecciones; menos del 5 % del área está afectada.
3B	Pequeñas escamas de la pintura o producto afín se han desprendido a lo largo de los bordes y en las intersecciones de los cortes. El área afectada es del 5 % al 15 % de la cuadrícula.
2B	La pintura o producto afín tiene escamas a lo largo de los bordes y en partes de los cuadrados. El área afectada es del 15 % al 35 % de la cuadrícula.
1B	La pintura o producto afín tiene escamas a lo largo de los bordes de los cortes, en líneas grandes y cuadrados completos se han desprendido. El área afectada es del 35 % al 65 % de la cuadrícula.
0B	Descamación y desprendimiento mayor que la clasificación 1B.

4.2.5 Expresión de resultados

4.2.5.1 Precisión

Con base en dos ensayos interlaboratorios de este método de ensayo, en uno de los cuales los operadores de seis laboratorios realizaron una medición de la adherencia en tres paneles de tres pinturas o productos afines cubriendo un amplio rango de adherencia y en el otro los operadores de seis laboratorios realizaron tres mediciones en dos paneles cada uno de cuatro diferentes pinturas o productos afines aplicados sobre otras dos pinturas o productos afines, las desviaciones estándar combinadas inter e intra laboratorios fueron de 0,37 y 0,7. Con base en estas desviaciones estándar, se deberían utilizar los siguientes criterios para evaluar la aceptabilidad de los resultados con un nivel de confianza del 95 %:

4.2.5.1.1 Repetibilidad

Siempre que la adherencia sea uniforme sobre una gran superficie, los resultados obtenidos por el mismo operador se deberían considerar sospechosos si difieren en más de uno en la escala de clasificación para dos mediciones.

4.2.5.1.2 Reproducibilidad

Dos resultados, cada uno el promedio de los duplicados o triplicados, obtenidos por diferentes operadores, se deberían considerar sospechosos si difieren en más de dos en la escala de clasificación.

4.2.5.1.3 Sesgo

No se puede establecer para estos métodos de ensayo.

4.2.6 Informe de ensayo

En el informe de ensayo se debe indicar:

- a) identificación completa de la muestra,
- b) fecha de realización del ensayo,
- c) identificación del operador,
- d) cinta adhesiva utilizada,
- e) norma de referencia,
- f) método de ensayo utilizado,
- g) número de ensayos y su clasificación,
- h) para sistemas de pinturas o productos afines, además, indicar una estimación de la capa donde ha ocurrido la falla, esto es, entre la primera capa y el panel metálico, entre la primera y segunda capa, etc.,
- i) indicar el tipo de pintura o producto afín y el método de curado, si es conocido,
- j) si el ensayo se realiza después de la inmersión, indicar las condiciones de la inmersión, el tiempo transcurrido entre la inmersión y el ensayo, y el método de preparación de la muestra,
- k) cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda influir sobre el resultado.

BIBLIOGRAFÍA

ASTM D3359:2017, *Standard Test Methods for Rating Adhesion by Tape Test*

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 1006 Segunda revisión	TÍTULO: PINTURAS Y PRODUCTOS AFINES. DETERMINACIÓN DE LA ADHERENCIA MEDIANTE PRUEBA DE LA CINTA	Código ICS: 87.040
--	--	------------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación por Consejo Directivo 1998-03-18 Oficialización con el Carácter de Voluntaria por Acuerdo Ministerial No. 254 de 1998-05-15 publicado en el Registro Oficial No. 325 de 1998-05-26 Fecha de iniciación del estudio: 2015-02-05
--	--

Fechas de consulta pública: 2019-06-28 a 2019-08-26

Comité Técnico de Normalización: **Pinturas y barnices**

Fecha de iniciación: 2017-01-26

Fecha de aprobación: 2019-09-18

Integrantes del Comité:

NOMBRES:

Ing. Miguel Ángel Villalba (Presidente)
Quím. Carolina Trunk
Ing. Nicolás Plaza
Ing. Karina Flores
Ing. Fernando Villacís
Ing. Soraya Gordillo (Secretaría Técnica)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

PINTURAS CÓNDOR
PINTUCO
PINTURAS UNIDAS
PINTURAS WESCO
CAMICOM
INEN - DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

Otros trámites: Esta NTE INEN 1006:2020 (Segunda revisión) reemplaza a la NTE INEN 1006:1998 (Primera revisión).

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca aprobó este proyecto de norma.

Oficializada como: Voluntaria Por Resolución No. MPCEIP-SC-2020-0140-R de 2020-03-25
Registro Oficial No. 182 de 2020-04-14



Quito – Ecuador

NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA

NTE INEN 1011

Primera revisión
2015 - xx

**PINTURAS Y PRODUCTOS AFINES. DETERMINACIÓN DE LOS
TIEMPOS DE SECADO**

PAINTING AND RELATED PRODUCTS. DETERMINATION OF DRYING TIMES

Correspondencia:

DESCRIPTORES: Pinturas, productos afines, método de ensayo, tiempo de secado
ICS: 87.040

7
Páginas

Norma Técnica Ecuatoriana	PINTURA Y PRODUCTOS AFINES. DETERMINACIÓN DE LOS TIEMPOS DE SECADO	NTE INEN 1011:2015
--	---	-------------------------------

1. OBJETO

Esta norma describe el método de ensayo para determinar el tiempo de secado, curado o formación de película de un revestimiento orgánico a temperatura ambiente.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma comprende métodos de ensayo que se utilizan para determinar las diversas etapas y tasas o rangos en tiempo de secado, curado, y formación de película de los recubrimientos orgánicos para los efectos de comparación de tipos de recubrimientos o cambios de formulación en las mismas, o ambos. Esto es significativo en el desempeño de los recubrimientos orgánicos empleados en diversos usos finales, y también para el control de calidad de la producción.

Esta norma es aplicable a aceites, barnices, lacas, soluciones de resinas, esmaltes, pinturas al aceite, pinturas a base de agua y materiales afines.

3. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son referidos en este documento y son indispensables para su aplicación. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición del documento de referencia (incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN 1024, *Pinturas y productos afines. Determinación de materia no volátil y volátiles totales en pinturas*

NTE INEN-ISO 4618, *Pinturas y Barnices. Términos y definiciones*

4. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN ISO 4618.

5. METODOS DE ENSAYO

5.1 Reactivos y materiales

5.1.1 Carbonato de calcio, (grado pigmento).

5.1.2 Algodón absorbente.

5.1.3 Papel o cartulina blanca de ensayo de densidad superficial igual a 0,2267 kg/m² que cumpla con las siguientes especificaciones:

TABLA 1. Características del Papel de ensayo

CARACTERISTICAS	UNIDAD	MINIMO	MAXIMO
Densidad superficial (gramaje)	kg/m ²	0,2245	0,2289
Espesor	µm	254	2 580
Porosidad	s	24	30
Ceniza	% ^a	18	19
Lisura Gurlay	s	240	280
pH	-----	7,2	7,4
Elongación dirección de la máquina	%	5,0	5,8
Elongación dirección cruzada	%	7,0	8,4
Rasgado dirección de la máquina Horizontal	Pa	1,569	1,608
Rasgado dirección de la máquina Vertical	Pa	1,961	1,765
Blancura	%	86,5	87,0
Opacidad	%	98	99
^a corresponde a la fracción de masa expresada en porcentaje			

5.1.4 Almohadilla de fieltro, hecha de paño sin hilar de 1,3 mm de grueso y densidad superficial de 0,340 kg/m².

5.1.5 Tela suave.

5.2 Equipos

5.2.1 Micrómetro o cualquier dispositivo adecuado para medir el espesor de película seca.

5.2.2 Aplicador de película húmeda que permita obtener el espesor de película deseado.

5.2.3 Láminas de vidrio o de otro material adecuado para aplicación de las muestras.

5.2.4 Cilindro de acero de 51 mm de diámetro y peso de 2,85 kg, capaz de producir una presión de 1,37298 kPa.

5.2.5 Cilindro de acero de 51 mm de diámetro capaz de producir una presión de 6,432 kPa, o múltiplos de dicha presión.

5.2.6 Cronómetro con apreciación de décimas de segundo.

5.3 Preparación de la muestra

El material que debe ensayarse consiste en una película de pintura o producto a fin con el espesor especificado en la Tabla 2. Cuando se realicen pruebas en materiales diferentes a los especificados en la Tabla 2, deberá existir un acuerdo previo entre el comprador y vendedor con relación al sustrato, espesor de la película y método de aplicación.

TABLA 2. Espesor de película recomendado de materiales a ser ensayados

Material	Espesor de la Película Seca
Aceites secantes	32 $\mu\text{m} \pm 6\mu\text{m}$ (1,25 mils $\pm 0,25$ mils)
Barnices	25 $\mu\text{m} \pm 2\mu\text{m}$ (1,0 mils $\pm 0,1$ mils)
Lacas	12.5 $\mu\text{m} \pm 2\mu\text{m}$ (0,5 mils $\pm 0,1$ mils)
Solución de Resinas	12.5 $\mu\text{m} \pm 2\mu\text{m}$ (0,5 mils $\pm 0,1$ mils)
Esmaltes	36.5 $\mu\text{m} \pm 6\mu\text{m}$ (1,5 mils $\pm 0,1$ mils)
Pinturas al Aceite	45 $\mu\text{m} \pm 6\mu\text{m}$ (1,75 mils $\pm 0,1$ mils)
Pinturas Diluidas con agua	25 $\mu\text{m} \pm 2\mu\text{m}$ (1,0 mils $\pm 0,1$ mils)
NOTA 1. Para los materiales no especificados en la Tabla 2, debe establecerse el espesor y el método de aplicación para determinar el secamiento en la norma del respectivo producto. NOTA 2. Cuando se desean realizar métodos de ensayo o puntos finales diferentes a los señalados a continuación, habrá previamente un acuerdo sobre las condiciones de ensayo, entre el vendedor y el comprador. NOTA 3. Se recomienda realizar las mediciones en la misma área. NOTA 4. Los selladores se ensayan sobre madera o algún otro sustrato poroso previo acuerdo auditor y auditado	

5.4 Preparación del material a ensayar

5.4.1 Preparar las láminas por duplicado y con suficiente anticipación para poder hacer las determinaciones dentro de las horas normales de trabajo.

5.4.2 Aplicar el material que debe ensayarse en láminas de vidrio o de otro material adecuado con dimensiones apropiadas. Las láminas pintadas colocar horizontalmente protegiéndolas de la acumulación excesiva de polvo, durante el secamiento. Se recomienda usar vidrio esmerilado para materiales que tienden a gotear, tales como aceites secantes de baja viscosidad.

5.4.3 Extender la película de prueba preferiblemente con un instrumento capaz de producir el espesor especificado en la Tabla 2. Cuando no se dispone de un aparato apropiado o existe un acuerdo para aplicar la película de otra forma, se podrá usar los métodos convencionales y automáticos: pistola, inmersión, barra y brocha, siempre y cuando se logre el espesor especificado en la Tabla 2.

5.4.4 Medir el espesor de película seca como se indica en la NTE INEN 1024. Si se usan láminas de área pequeña, se medirá el espesor, pesando la lámina antes y después de pintadas, calculando con base el área de aplicación y el volumen de los sólidos.

NOTA. Las condiciones de humedad relativa deben seguirse estrictamente, como se describe para los cuadros húmedos y revestimientos uretanos de doble envase, debido a que el curado se ve muy afectado por la presencia de humedad en el ambiente.

5.5 Condiciones para el ensayo

5.5.1 Llevar a cabo todas las pruebas de secado en una habitación bien ventilada o en una cámara, libre de corrientes de aire directas, polvo, productos de combustión, gases de laboratorio, y bajo luz difusa (no luz solar directa). Hacer todas las mediciones a una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50\% \pm 5\%$ de humedad relativa y con los paneles recubiertos de pintura en posición horizontal durante el secado.

5.5.2 Las aplicaciones de películas se realizan a viscosidades específicas para obtener un espesor adecuado y buenas propiedades de flujo y nivelación. En ausencia de especificaciones, las instrucciones para la preparación de la película se hacen previo acuerdo comprador- vendedor.

5.5.3 Las películas se evalúan a un espesor conmensurable con el comportamiento característico esperado bajo condiciones de uso para este tipo de prueba. Cuando no se disponga de una especificación para el espesor de película se utilizan $25\text{ }\mu\text{m} \pm 1\text{ }\mu\text{m}$.

5.5.4 Todos los ensayos se hacen dentro de un área, en donde ningún punto de la misma está a menos de 13 mm del borde de la película.

5.5.5 La iluminación de la película durante todo el período de aplicación y secado debe ser de 269 lux (25 pie de candela) de la del laboratorio o fuente natural, nunca luz directa del sol o de alguna fuente alta en energía radiante no visible.

5.6 Determinación del secamiento libre al tacto (Pinturas)

Tocar ligeramente la película que debe ensayarse con la punta del dedo bien limpio e inmediatamente colocar éste contra un vidrio limpio y claro; se considera seco al tacto cuando en el vidrio no hay presencia de pintura.

5.7 Determinación del tiempo libre de polvo. Método de la fibra de algodón

Preparar un cierto número de fibras individuales de algodón con la ayuda de una pinza.

Dejar caer varias de las fibras de algodón a intervalos de tiempo regulares desde una altura de 24 mm sobre un área marcada de la pintura.

Soplar suavemente sobre la superficie de la película y se considera que la misma se ha secado libre al polvo, cuando la fibra de algodón pueda moverse.

5.8 Método del polvo

Colocar carbonato de calcio finamente dividido sobre la película a intervalos definidos de tiempo. Una vez alcanzado el tiempo de secamiento libre al tacto, remover el carbonato de calcio, soplando con una corriente de aire y limpiar al mismo tiempo con una brocha de cerdas suave.

Se considera la Pintura libre de polvo cuando el carbonato de calcio puede removerse completamente.

El tiempo de secamiento libre de polvo es el que corresponde al menor intervalo en que se cumpla el punto 5.8

5.9 Determinación del tiempo libre de pegajosidad. Método de papel.

Colocar un papel de ensayo de 51 mm de largo por 76 mm de ancho sobre la película, y colocar sobre el mismo un cilindro de acero de 51 mm de diámetro y peso de 2,85 kg, para que produzca una presión de 13 729,31 Pa (140g/cm²).

Retirar el cilindro al cabo de 5 segundos e invertir al papel de ensayo.

Se considera la película libre pegajosidad, cuando el papel se desprende de la película de ensayo antes de los 10 segundos.

5.10 Método del papel para barnices aislantes.

Colocar un papel de ensayo de 15 cm de largo y 4 cm de ancho en la parte central de la película y en ángulo recto a la longitud de la misma.

Colocar sobre el mismo un cilindro de acero de 450 g y 2,5 cm de diámetro.

Retirar el cilindro al cabo de un minuto.

Se considera el barniz seco al tacto cuando la tira de papel no se queda adherida al mismo.

5.11 Determinación del secamiento al tacto.

5.11.1 Aceite Secantes

Frotar suavemente la película con el dedo una vez alcanzado el secamiento libre al tacto.

Se considera la película seca al tacto cuando no se observan huellas apreciables.

5.11.2 Lacas y selladores.

Tocar la película ligeramente con el dedo a intervalos variables de tiempos. Se considera seca al tacto cuando no se observan huellas apreciables.

5.12 Determinación del secamiento duro.

Tomar la lámina con los dedos pulgar e índice, de manera que el pulgar repose sobre la película y aplicar la máxima presión posible con el dedo pulgar.

Pulir ligeramente el área de contacto con una tela suave y se considera que la película tiene secamiento duro cuando cualquier marca dejada por el pulgar puede eliminarse por el pulido.

5.13 Determinación del secamiento seco completo o seco para el manejo.

Colocar la película en posición horizontal y presionar al máximo con el pulgar, (la posición del brazo del operador debe quedar en posición vertical desde el hombro a la muñeca) al mismo tiempo, girar el pulgar en un ángulo de 90° sobre el plano de la película aplicada.

Se considera la película seca completa o seca para el manejo, cuando no ocurre reblandecimiento, desprendimiento, arruga o cualquier otra evidencia de deterioro en la película.

5.14 Determinación del secamiento libre para el repintado

Se considera una película seca para el repintado, cuando puede, aplicarse una segunda mano, o un revestimiento específico sin que se originen irregularidades en la película, tales como levantamiento, pérdida de adhesión de la primera mano y el tiempo de secado de la segunda mano no exceda al máximo especificado para la primera (si existe).

5.15 Informe de ensayo

Se reportan los distintos tipos de secamiento según lo especificado en los puntos del capítulo 5.

El informe debe incluir: identificación completa de la muestra, nombre del fabricante, lote de producción, tiempo de secamiento según su tipo, fecha de ensayo, número de ensayo y referencia a esta norma.

5.16 Precisión

Debido a la naturaleza subjetiva de los ensayos de tiempos de secamiento, la concordancia esperada entre laboratorios depende de la interpretación de los términos usados, los cuales no pueden establecerse con certeza.

Dentro de un mismo laboratorio la concordancia depende de los materiales ensayados y, en caso de determinaciones por duplicado, no deben diferir en más de 10% del valor.

APENDICE Z

BIBLIOGRAFIA

ASTM D823:1995, *Standard practices for producing films of uniform thickness of paint, varnish, and related products on test panels.*

ASTM D1005:1995, *Standard test method for measurement of dry-film thickness of organic coatings using micrometers.*

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento:	TÍTULO: PINTURAS Y PRODUCTOS AFINES.	Código: ICS
NTE INEN 1011	DETERMINACIÓN DE LOS TIEMPOS DE SECADO	87.040

ORIGINAL:	REVISIÓN:
Fecha de iniciación del estudio: 2014-11-14	La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de por Resolución No. publicado en el Registro Oficial No. Fecha de iniciación del estudio:

Fechas de consulta pública:

Comité Técnico de:
Fecha de iniciación:
Integrantes del Comité:

Fecha de aprobación:

NOMBRES: **INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

Otros trámites:

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como:	Por Resolución No.	Registro Oficial
No.		

PROYECTO A2

Servicio Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección Ejecutiva: E-Mail: direccion@normalizacion.gob.ec
Dirección de Normalización: E-Mail: normalizacion@normalizacion.gob.ec
Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@normalizacion.gob.ec
Regional Azuay: E-Mail: inencuenca@normalizacion.gob.ec
Regional Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@normalizacion.gob.ec
[URL:www.normalizacion.gob.ec](http://www.normalizacion.gob.ec)

RECUBRIMIENTO	ANTES DE LA CAMARA	DESPUES DE LA CAMARA
A		
A		
A		

A		
A		
A		

B		
B		
B		

B		
B		
B		

C		
C		
C		

C		
C		
C		

