



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

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

**“ANÁLISIS DEL PROCESO DE APLICACIÓN DE PINTURA
ELECTROESTÁTICA EN POLVO PARA COMPONENTES DE
TRANSFORMADORES Y LA EVALUACIÓN DE SU ADHERENCIA Y
ANCLAJE BAJO AMBIENTES CONTROLADOS”**

AUTOR: Klever Mauricio Zamora Valencia

TUTOR: Ing. Mg. Cristian Fabián Pérez Salinas

AMBATO – ECUADOR

Septiembre - 2022

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema “ANÁLISIS DEL PROCESO DE APLICACIÓN DE PINTURA ELECTROSTÁTICA EN POLVO PARA COMPONENTES DE TRANSFORMADORES Y LA EVALUACIÓN DE SU ADHERENCIA Y ANCLAJE BAJO AMBIENTES CONTROLADOS”, elaborado por el Sr. **Klever Mauricio Zamora Valencia**, portador de la cédula de ciudadanía: 1804378220, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, septiembre 2022



Ing. Mg. Cristian Fabián Pérez Salinas
TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Yo, **Klever Mauricio Zamora Valencia**, con C.I. 1804378220 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental: “**ANÁLISIS DEL PROCESO DE APLICACIÓN DE PINTURA ELECTROESTÁTICA EN POLVO PARA COMPONENTES DE TRANSFORMADORES Y LA EVALUACIÓN DE SU ADHERENCIA Y ANCLAJE BAJO AMBIENTES CONTROLADOS**”, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, septiembre 2022



.....

Klever Mauricio Zamora Valencia

1804378220

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor

Ambato, septiembre 2022



.....
Klever Mauricio Zamora Valencia

1804378220

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental realizado por el estudiante Klever Mauricio Zamora Valencia de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: “ANÁLISIS DEL PROCESO DE APLICACIÓN DE PINTURA ELECTROESTÁTICA EN POLVO PARA COMPONENTES DE TRANSFORMADORES Y LA EVALUACIÓN DE SU ADHERENCIA Y ANCLAJE BAJO AMBIENTES CONTROLADOS”.

Ambato, septiembre 2022

Para constancia firman:



.....
Ing. Gonzalo Eduardo López Villacis Mg.

MIEMBRO CALIFICADOR



.....
Ing. Alejandra Marlene Lascano Moreta Mg.

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a todos aquellos que creyeron en mí, a aquellos que me acompañaron en cada paso que daba hacia la culminación de mi carrera.

Dedico esta tesis a Dios y a mis padres.

Mauricio.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por guiar mis pasos.

A mis padres por ser un ejemplo en cada acción realizada.

A mi tutor, el Ing. Mg. Cristian Pérez.

A la Universidad Técnica de Ambato y,

*A mis compañeros con los que compartí tantos años de
carrera.*

Mauricio

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

PAGINAS PRELIMINALRES

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I.....	1
1 MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes investigativos.....	1
1.1.1 Investigaciones preliminares.....	1
1.1.2 Justificaciones	2
1.2 Objetivos.....	3

1.2.1	Objetivo General.....	3
1.2.2	Objetivos Específicos.....	4
1.3	Fundamentación teórica.....	4
1.3.1	Pintura electrostática.....	4
1.3.2	Características de la pintura electrostática.....	8
1.3.3	Propiedades de la técnica de pintura.....	8
1.3.4	Inferencia paramétrica.....	9
1.3.5	Diseño de Taguchi.....	10
1.3.6	Normas aplicadas para los ensayos.....	13
1.4	Hipótesis.....	15
1.4.1	Señalamiento de variable de la hipótesis.....	16
CAPÍTULO II.....		17
2	METODOLOGÍA.....	17
2.1	Nivel o tipo de investigación.....	17
2.1.1	Investigación bibliográfica.....	17
2.1.2	Investigación descriptiva.....	17
2.1.3	Investigación explorativa.....	17
2.1.4	Investigación explicativa.....	18
2.2	Población y muestra.....	18
2.2.1	Población.....	18
2.2.2	Muestra.....	19

2.3	Recursos.....	20
2.3.1	Recursos humanos	20
2.3.2	Recursos institucionales.....	21
2.3.3	Recursos materiales	21
2.3.4	Recursos económicos.....	21
2.4	Operacionalización de variables	22
2.4.1	Variable Independiente	22
2.4.2	Variable Dependiente.....	23
2.5	Plan de recolección de información.....	24
2.6	Plan de procesamiento y análisis	24
2.6.1	Revisión	25
2.6.2	Tabulación.....	25
2.6.3	Análisis	25
2.6.4	Presentación	25
2.6.5	Interpretación	25
CAPITULO III.....		27
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
3.1	Tabulación de datos	27
3.2	Análisis de los resultados.....	28
3.2.1	Análisis del ensayo de adherencia	29
3.2.2	Análisis del ensayo de impacto.....	32

3.3	Tabulación de datos para revisión descriptiva.....	36
3.3.1	Datos de la prueba de mandril cónico.....	36
3.3.2	Datos de la prueba de corrosión.....	42
3.4	Verificación de hipótesis	48
CAPITULO IV.....		50
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
4.1	Conclusiones.....	50
4.2	Recomendaciones	52
BIBLIOGRAFÍA		53
ANEXOS		56

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Descripción de las condiciones de los niveles de cada factor.....	18
Tabla 2. Detalle de las combinaciones de factores en cada caso.	18
Tabla 3. Número de probetas para cada ensayo y en cada caso.....	19
Tabla 4. Recursos económicos del proyecto	21
Tabla 5. Variable independiente.....	22
Tabla 6. Variable dependiente.....	23
Tabla 7. Plan de recolección de información.	24
Tabla 8. Tabulación de datos para el análisis estadístico.....	27
Tabla 9. ANOVA de Medias del Porcentaje de Adherencia.....	30
Tabla 10. ANOVA de Medias de la Energía de Impacto.....	33
Tabla 11. Pruebas de mandril cónico	36
Tabla 12. Prueba de corrosión.....	42
Tabla 13. ANOVA de las respuestas combinadas	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Eficiencia de la aplicación de pintura [4]	7
Figura 2. Comparación de significancias [10]	10
Figura 3. Procesamiento y análisis de datos	26
Figura 4. Verificación de supuestos, ensayo de adherencia.....	29
Figura 5. Efectos principales, ensayo de adherencia	31
Figura 6. Graficas de efectos señal ruido de la adherencia.....	31
Figura 7. Verificación de supuestos, ensayo de impacto	32
Figura 8. Efectos principales, energía de impacto	34
Figura 9. Grafica de efectos señal ruido de la energía de impacto	34

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Pruebas de adherencia	57
Anexo 2: Pruebas de impacto	63
Anexo 3: Normas aplicadas	68

RESUMEN

En la actualidad los recubrimientos electrostáticos en polvo ganan mayor confiabilidad y aplicabilidad en la industria nacional, en el segmento metalmecánico y gabinetes eléctricos. Por lo que para determinar cada uno de los ambientes controlados y sus respectivas probetas se procede con esta investigación para la determinación de sus resistencias a cada una de las pruebas.

En el presente trabajo experimental se analizaron los ambientes controlados a utilizar de la población de los componentes de transformadores en los que se aplicó pintura electroestática en polvo, elaboradas bajo las condiciones de control en el que se abordó el tipo de pintura, el voltaje de adherencia, la preparación superficial y la temperatura de curado.

Se determinaron las propiedades de adherencia, impacto, doblez y cámara salina en función de la normativa recabada, dentro de la que se estipularon las condiciones necesarias para realizar las pruebas pertinentes, es así que se tuvo dos grupos de datos, los cuantificables y los estimables categóricamente, los primeros se revisaron estadísticamente y los segundos de acuerdo a lo que se pudo observar según los criterios propios de la norma utilizada.

Palabras claves: Voltaje de adherencia, Temperatura de curado, Pintura electrostática, Ambientes controlados, Cámara salina, Prueba de doblez.

ABSTRACT

Currently, electrostatic powder coatings are gaining more reliability and applicability in the national industry, in the metal-mechanical segment and electrical cabinets. Therefore, in order to determine each one of the controlled environments and their respective specimens, we proceed with this research to determine their resistance to each one of the tests.

In the present experimental work, the controlled environments to be used were analyzed for the population of transformer components in which electrostatic powder paint was applied, elaborated under control conditions in which the type of paint, adhesion voltage, surface preparation and curing temperature were addressed.

The properties of adhesion, impact, bending and saline chamber were determined according to the standards collected, within which the necessary conditions were stipulated to carry out the pertinent tests. Thus, there were two groups of data, quantifiable and categorically estimable, the first ones were statistically reviewed and the second ones according to what could be observed according to the criteria of the standard used.

Keywords: Adhesion voltage, Curing temperature, Electrostatic paint, Controlled environments, Saline chamber, Bend test.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

1.1.1 Investigaciones preliminares

En la investigación de Jara Ríos y Méndez Barreto, de tema: “Defectos de procesos del sector pintura de una ensambladora nacional de motocicleta”, se busca por medio de la observación de campo identificar los defectos que provocan la reducción de eficiencia en el proceso del sector pintura de la planta ensambladora.

Los procesos estudiados fueron el pretratamiento donde el chasis y sus componentes deben cumplir condiciones de limpieza para que esas partes presenten superficies estables, limpias libres de óxidos y polvo para que la pintura se adhiera correctamente, el de pintura donde están localizados las cabinas de pintura y el de secado que se refiere al horno de secado en que las piezas son introducidas para tal efecto y de que la pintura se adhiera correctamente al material [1]

En el artículo escrito por Córdor Salazar, de tema: “Seis sigma en las Pymes, bajando costos con calidad”, en la que se aplicación técnica de herramientas estadísticas, como la metodología Seis Sigma, genera cambios significativos en los costos de producción y en la calidad de las empresas. En el artículo se describe el proceso de fabricación de componentes metálicos a los que se aplica pintura electrostática, dentro de condiciones controladas, de pintado y de ensayo. Para las pruebas, se realizaron pruebas de adherencia, conforme con procedimientos normalizados que no requieren de aparatos de medición especializados.

Con la investigación se consiguió la participación activa en los experimentos de muchos trabajadores. En mayor o menor grado casi todos participaron, y el hecho de que fueran esos trabajadores quienes realizaron los experimentos y registraron sus resultados, propició en ellos una actitud de respeto hacia el manejo de los factores que

inciden en la adherencia y, finalmente, en la calidad y en el costo del proceso de pintura [2].

Mejía Coronel y Sigcha Cedillo en su trabajo investigativo, de tema: “Pintura epóxica: Material multifuncional para el diseño Interior”, en la que se realizaron experimentos con el material, se encontraron nuevas formas de utilizarlo y formas más adecuadas de trabajarlo; su aplicación en diferentes superficies produce una interesante variedad de resultados con infinitas posibilidades, que se pueden adaptar a cualquier estilo.

A través de los resultados obtenidos de su aplicación en las pruebas, se demostró que el material puede considerarse como un recubrimiento que ofrece nuevas posibilidades. Se demostró que, debido a la eficiencia del material, se puede aplicar en diversos campos del diseño y la arquitectura [3].

1.1.2 Justificaciones

La pintura en polvo electrostática es un revestimiento 100 % sólido que se utiliza desde hace más de 30 años para recubrir sustratos, especialmente metálicos, otorgándoles a éstos diferentes acabados y propiedades en la superficie. Este recubrimiento industrial se compone de pigmentos, resinas, aditivos (endurecedores, agentes de flujo, ceras) y rellenos, los cuales se homogenizan mediante extrusión a temperatura, se enfría y se muele a un tamaño de partícula muy fino (30 μ m a 45 μ m). Los componentes que conforman este producto al ser expuestos al calor (etapa de curado), se funden para formar una película continua que luego de ser curada tiene alta durabilidad y resistencia química. Esta industria ha tomado fuerza en los últimos años, consolidándose en el mercado de recubrimientos y acabados como una alternativa llamativa por su precio, su facilidad de aplicación y los beneficios que le brinda a las piezas recubiertas [4].

En la actualidad los recubrimientos electrostáticos en polvo ganan mayor confiabilidad y aplicabilidad en la industria nacional, por ejemplo, en el segmento metalmecánico, gabinetes eléctricos, etc. Debido a la demanda creciente de estos tipos de acabados se hace necesario el desarrollo de pintura en polvo electrostática que cure en menor tiempo y a menor temperatura con el fin de aumentar la productividad de todas las

líneas de producción existentes en las empresas dedicadas a la aplicación de dicha pintura sobre diferentes piezas [5].

La utilización de pintura electrostática en polvo tradicional para recubrimientos tiene dos grandes características que han direccionado su uso casi exclusivamente a metales: Primero, la pieza que se desea pintar debe ser conductora de electricidad y segundo debe resistir temperaturas de hasta 250°C en el proceso de curado teniendo altos rendimientos de la pintura, porque se aprovecha hasta el 98% al recuperar el producto que no se ha depositado sobre el objeto, la pintura viene lista para la aplicación para ahorrar tiempo de proceso de aplicación y disolvente de dilución, los acabados tienen máxima adherencia, dureza y flexibilidad, los objetos pintados se pueden post-formar y maquinar sin dañar el acabado, la pintura completamente sólida asegura que no se presentaran chorreos, fallas de nivelación, espesor disperejo y otros defectos de acabado, la pintura en polvo se aplica directamente en el metal sin que sea necesario aplicar base, con una sola mano se consigue el espesor de capa recomendado. la aplicación de pintura en polvo no requiere habilidad o entrenamiento especiales, los riesgos de contaminación ambiental son mínimos, las características de los recubrimientos con pintura en polvo dependen básicamente del tipo de ligante utilizado una vez explicado esto se determinó la necesidad de tener un expediente numérico de los objetos pintados bajo estas condiciones al ser sometidos a ciertas pruebas mecánicas para tener una valoración y poder determinar cuáles son las mejores condiciones de utilización de la pintura electrostática en diferentes ambientes y poder determinar las condiciones óptimas para un mejor tiempo de producción al reducir los tiempos de curado y secado [5, 6].

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Determinar la resistencia del anclaje y adherencia de la pintura electrostática en polvo en componentes de transformadores mediante ensayos destructivos en ambientes controlados.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Establecer cada uno de los ambientes controlados y sus respectivas probetas para la determinación de sus resistencias a cada una de las pruebas.
- Determinar las propiedades de adherencia y anclaje de las probetas, a las pruebas de adherencia, dobles, impacto y cámara salina.
- Evaluar los resultados de los ensayos de las pruebas de rayado, doblez, impacto, llama y cámara salina, donde se han determinado sus propiedades de adherencia y anclaje para optimizar dichas respuestas.
- Determinar cuál de las pruebas es la más agresiva para obtener respuesta de interés al usuario.

1.3 Fundamentación teórica

1.3.1 Pintura electrostática

Existen diferentes tipos de tecnologías enfocadas al recubrimiento de pintura sobre productos metálicos, estos recubrimientos suelen ser en pintura líquida o pintura en polvo, siendo la pintura en polvo la más demandada en el mercado actual, ya que su calidad y vida útil (10 años) supera con creces a las pinturas convencionales [2].

Este tipo de pintura, conocida como pintura electrostática, se caracteriza por su durabilidad, espesor de capa y resistencia a la corrosión.

El proceso de recubrimiento en polvo consta de varios subprocesos que se pueden dividir en tres grupos principales, en la primera etapa se encuentra el acondicionamiento, donde se limpia el material para eliminar la grasa y partículas de la pieza y luego se procede con el proceso de fosfatación para evitar corrosión, la segunda es la etapa de pintura, donde la pintura se carga negativamente y la pieza se conecta a tierra de tal manera que es un imán para la pintura. Finalmente, la tercera etapa es la tercera etapa, donde la parte pintada pasa por un horno entre 180 ° y 200 °, este es el proceso de polimerización en el cual la pintura se cura y adquiere su acabado final [2].

1.3.1.1 Equipos de aplicación para pintar con pintura en polvo

El método más utilizado para aplicar pinturas en polvo es el rociado electrostático, desarrollado y perfeccionado a partir de 1960 para proporcionar medios más eficientes de aplicar recubrimientos rápidamente [4].

El proceso requiere un equipo compuesto de 5 partes básicamente [4]:

- La Unidad Alimentadora
- Las Pistolas Electrostáticas
- La Fuente Electrostática de Voltaje
- Una Unidad de Recuperación de Polvo
- La cabina de Rociado

Naturalmente se pueden añadir otros componentes para mejorar la operación, pero, generalmente hablando, esas cinco partes conforman la mayoría de los sistemas de aplicación con pistola electrostática.

En la operación de un sistema de aplicación electrostática, la pintura en polvo es suministrada a la pistola desde la unidad alimentadora donde esta almacenada. La pintura es bombeada a través de una manguera que la dirige en forma de una nube difusa. La fuerza impulsora la proporciona el aire usado para llevar el polvo desde la unidad alimentadora y por la carga electrostática impartida al polvo en la pistola [7].

El voltaje electrostático es administrado a la pistola mediante una fuente diseñada para transmitir energía de alto voltaje y bajo amperaje a un electrodo o electrodos adaptados pistola. Al acercarse la nube de polvo cargada electrostáticamente a la pieza conectada a tierra, se crea un campo eléctrico de atracción que conduce las partículas de polvo hacia la parte formando una capa sobre ella [8].

Los excesos o el polvo que no se adhiere a la pieza se recogen para aprovecharlo. En la unidad de recuperación, la pintura en polvo se separa de la corriente de aire. El polvo recolectado es reciclado automáticamente o manualmente a la unidad alimentadora para reutilizarlo. El aire se pasa a través de un medio filtrante hacia un dispositivo de abundante aire limpio y luego por un filtro se devuelve a la planta. La parte pintada se

transporta desde el área de aplicación y se expone al calor que fluidifica el polvo y lo cura.

Unidad alimentadora

La pintura en polvo es suministrada a la pistola desde la unidad alimentadora. El polvo almacenado en esta unidad usualmente es suministrado por fluidización o por gravedad mediante una bomba que lo lleva a la pistola. El aire sirve para separar las partículas de pintura en polvo facilitando su transporte y carga eléctrica [7].

Pistolas eléctricas

Las funciones de las pistolas electrostáticas son [4]:

- Dar forma y dirigir el flujo de la pintura.
- Controlar el tamaño y forma del abanico de rociado.
- Regular la densidad de la pintura en polvo fluidizada.
- Impartir carga eléctrica a las partículas de pintura.
- Controlar el recubrimiento de la pieza que se pinta; según: La posición de la pistola, el abanico de rociado y el nivel de carga electrostática.

El espesor del recubrimiento en polvo se puede controlar por [4]:

- La posición de la pistola.
- El tiempo rociado.
- El nivel de carga electrostática.
- La velocidad del flujo de pintura en polvo de la pistola al objeto.
- La forma del objeto.

El espesor de la pintura en polvo aplicado se ve afectado por el tamaño y distribución de partícula, forma y tipo de pintura.

Eficiencia de la pistola

La eficiencia de cualquier tipo de pistola de aplicación de pintura en polvo depende, además de la pistola, de las características del producto. Las partículas de pintura deben ser capaces de aceptar la carga electrostática. El compromiso entre el alta y la

baja conductividad es indispensable para asegurar simultáneamente la aceptación de la carga y la adherencia al objeto pintado.

La naturaleza de la partícula de pintura influye sobre la posibilidad de obtener la carga máxima. Primero la partícula debe ser capaz de aceptar la carga máxima que pasa a través de la nube de iones. El grado de aceptación está relacionado directamente con la conductividad eléctrica [7].

La obtención del recubrimiento de la pintura en polvo depende de que la partícula tenga una carga eléctrica. Asimismo, la carga de la partícula tiene una gran influencia sobre la manera como la pintura se deposita y la velocidad de formación de película. Resumiendo, la velocidad del crecimiento de película está relacionado con: La velocidad de carga de la pintura, la distancia de la pistola al objeto, el tamaño de partícula, el tiempo del rociado, el voltaje y la cantidad de pintura suministrada por la pistola. Si aumenta el voltaje aplicado a la pistola, conservando invariables los otros factores, la capa que recibe la pieza pintada es mayor [4].

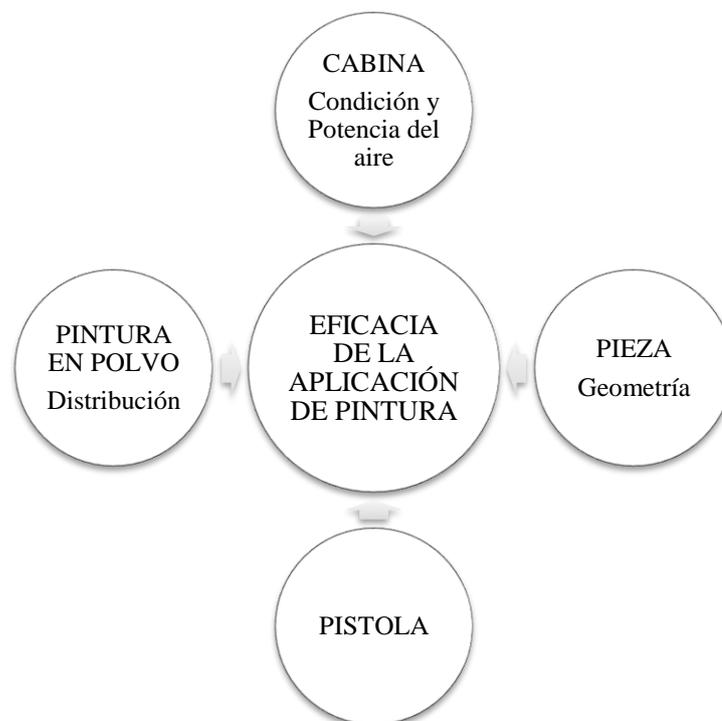


Figura 1. Eficiencia de la aplicación de pintura [4]

1.3.2 Características de la pintura electrostática

Las características asociadas al proceso de pintura electrostática, se describen a continuación [7]:

- El pintado redondea los bordes y las aristas de los materiales a pintar
- Recubre todo tipo de superficies metálicas, lisas o acanaladas
- Penetra aún en zonas difíciles
- El valor del metro cuadrado pintado es muchísimo menor que otro proceso de pintura alternativo
- El espesor del pintado es completamente homogéneo, siendo un recubrimiento parejo
- No requiere de aplicación de pinturas anticorrosivas previo proceso de pintura electrostática
- Las estructuras pintadas no se saltan a menos que se infrinjan en ellas cortes o rallados con utensilios metálicos

1.3.3 Propiedades de la técnica de pintura

Las propiedades asociadas al proceso de pintura electrostática, se describen a continuación [7]:

- Gran resistencia a cambios ambientales
- Gran resistencia a temperaturas y rayos UV
- Excelente acabado y terminación
- Larga durabilidad y capacidad de retención del color y brillo (sobre 10 años al exterior)
- Alta resistencia a agentes corrosivos
- Excelente adherencia

- No requiere de solventes
- No contiene contaminantes y no contamina el medio ambiente, tanto en el proceso de pintura como de secado al horno
- Gran variedad de colores, texturas y acabados

1.3.4 Inferencia paramétrica

En la inferencia paramétrica se precisa únicamente el valor de los parámetros para determinar la distribución poblacional, la misma que pertenece a una familia de distribuciones paramétricas.

Una hipótesis estadística es una afirmación sobre los valores de los parámetros de una población o proceso, se estructura la prueba de hipótesis mediante el planteamiento de una hipótesis alternativa, que representa la teoría que se probará y que se denota con H_1 y la hipótesis nula, que es el complemento lógico de H_1 y se denota con H_0 . [11]

La hipótesis estadística puede probarse a partir de la información contenida en una muestra, esta prueba es una decisión probabilística, lo que conlleva al riesgo de cometer errores tales como [10], [11]:

- Error tipo I. Ocurre si se rechaza H_0 cuando ésta es verdadera, la probabilidad de cometer este error se denota como α . A α también se le conoce como la significancia dada de la prueba o predefinida.
- Error tipo II. Ocurre si no se rechaza H_0 cuando ésta es falsa, la probabilidad de cometer este error se denota como β . La probabilidad de rechazar H_0 cuando es falsa es $1 - \beta$ y se denomina potencia de la prueba.

En las pruebas de hipótesis se especifica el valor de α y se diseña la prueba para que el valor de β sea pequeño, controlándolo indirectamente con el tamaño de la muestra [10], [11].

El criterio para rechazar la hipótesis nula, consecuentemente aceptando la alternativa y el cual nos brinda información adicional sobre la decisión que se está tomando, es el de contrastar la significancia observada frente a la significancia predefinida. La

significancia observada o calculada es el área bajo la distribución de referencia más allá del valor del estadístico de prueba y se la conoce como valor- p .

El criterio consiste en rechazar H_0 si la significancia observada es menor que la significancia predefinida, es decir, si el valor- $p < \alpha$. La significancia observada se puede ver como la probabilidad o evidencia a favor de H_0 .

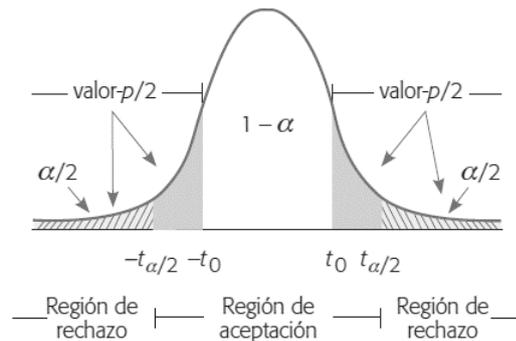


Figura 2. Comparación de significancias [10]

El análisis llega a las siguientes conclusiones: [11]

- Rechazar H_0 a favor de H_1 debido a evidencia suficiente en los datos o
- No rechazar H_0 debido a evidencia insuficiente en los datos

1.3.5 Diseño de Taguchi

Taguchi establece que la calidad de un producto debe ser medida en términos de abatir al mínimo las pérdidas que ese producto causa a la sociedad, desde que inicia su fabricación hasta que concluye su ciclo de vida; estas pérdidas sociales se traducen en pérdidas de la empresa en el mediano y largo plazos.

En un diseño experimental robusto existen factores de ruido (no controlables), considerados de manera explícita o implícita, cuyo efecto se pretende minimizar de forma indirecta (o sea, sin controlarlos directamente), mediante la elección de la combinación de niveles de los factores de proceso que sí se pueden controlar. Dicho de otra manera, en un experimento robusto se trata de lograr que el producto/proceso tenga el desempeño deseado sin que le afecten las fuentes de variación no controladas, y para ello la clave será determinar la combinación de niveles de los factores

controlables. El significado de la palabra robusto es en el sentido de hacer el proceso o producto insensible resistente a factores de ruido que bajo las condiciones vigentes no se pueden controlar [9].

Arreglo Taguchi L₈

	Columna No.						
Corrida	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2
No. Columna clásica	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>BC</i>	<i>A</i>	<i>AC</i>	<i>AB</i>	<i>ABC</i>

Para cada diseño, cada fila representa una corrida en el experimento (aquí, cada diseño tiene 8 corridas), y cada columna representa la colocación de los factores en la parte alta de la columna. En el diseño clásico los niveles son (-1, +1); en el diseño de Taguchi, los niveles son (1, 2) que significa, (bajo, alto) para cada factor.[9]

1.3.5.1 La función de pérdida y el concepto de calidad

Gen'ichi Taguchi x realizó un gran esfuerzo para llevar a un terreno práctico el diseño experimental. Introdujo, además, conceptos revolucionarios que afectaron la forma de medir la calidad y su costo. Para Taguchi, la calidad, antes que, por la satisfacción de especificaciones, debe medirse en términos de la así llamada función de pérdida, que establece la pérdida que la sociedad sufre como consecuencia de la mala calidad. Un producto de calidad es para el cliente aquél que cumple con las expectativas de performance o rendimiento cada vez que lo utiliza, sin fallas y en cualquier condición o circunstancia. Los productos que no cumplen con dichas expectativas causan pérdidas, tanto para los clientes y los productores, como para, eventualmente, el resto de la sociedad. Por esto, para Taguchi, la calidad debe medirse en función de la pérdida que causa: mientras mayor es la pérdida que se produce, menor es la calidad.

1.3.5.2 Importancia del diseño robusto

Para Taguchi, es posible incorporar la calidad en los productos desde su diseño, sin aumentar su costo; los problemas deben eliminarse en el laboratorio de diseño, no en la fábrica o en el campo.

Según esta perspectiva, es necesario diseñar productos robustos que toleren variaciones en el proceso de producción y durante el servicio de mantenimiento. Los métodos estadísticos deben seleccionar los factores importantes que afectan el diseño.

Taguchi establece su metodología para:

1. Diseñar productos y procesos robustos a las condiciones ambientales;
2. Diseñar y desarrollar productos robustos a la variación en sus componentes;
3. Minimizar la variación alrededor de un valor objetivo

En el diseño del sistema se determina la configuración básica de los componentes. Por ejemplo, en una línea de acondicionamiento de comprimidos, el diseño del sistema incluye la determinación de los materiales y el diseño del sistema de líneas que realizarán el empaque, con todos sus componentes.

En el diseño de los parámetros, se determinan los niveles o valores de los factores controlables (parámetros de diseño, como la presión aplicada en las blisteras) para minimizar el efecto de los factores incontrolables en las características del producto terminado, es decir, en nuestro ejemplo, los comprimidos envasados, con su prospecto y caja. Finalmente, el diseño de las tolerancias apunta a reducir la varianza en las características del producto terminado cuando la reducción lograda en el diseño de los parámetros no es suficiente. El diseño experimental debería aplicarse fundamentalmente al diseño de los parámetros y al diseño de las tolerancias.

Fue un logro de Taguchi el haber destacado la importancia de aplicar el diseño experimental en las etapas upstream del proceso de creación, fabricación y puesta en el mercado de un nuevo producto. También es clave en su enfoque (aunque no haya sido inventado por él) el concepto de robustez; un producto es robusto cuando se comporta bien aún en condiciones no controlables.

Para Taguchi, el uso de la relación señal-ruido elimina en general la necesidad de examinar las interacciones entre los factores controlables y los factores de ruido, si bien el examen de estas interacciones puede ocasionalmente mejorar la comprensión de los procesos estudiados. Finalmente, dado que los arreglos no siempre se corren completos, por razones de economía, es posible realizar experimentos confirmatorios.

1.3.6 Normas aplicadas para los ensayos

1.3.6.1 Ensayos de adherencia

Para los ensayos de adherencia se revisa la norma NTE INEN 1006. Esta norma utiliza dos métodos (Método A - Corte "X" y Método B – cuadrículas) para determinar la adherencia de las películas de pintura, barniz y productos relacionados aplicados a los paneles. Especifica. Se retira la superficie metálica o recomendada aplicando una cinta adhesiva sensible a la presión en el corte de la película y retirándola [8].

El objetivo final de las normas mencionadas es producir informes que incluyan [8]:

- identificación completa de la muestra,
- fecha de realización de ensayo,
- identificación del analista,
- norma de referencia,
- reportar el número de evaluaciones, su promedio redondeado y su rango. la adherencia es igual al 100% menos el porcentaje de desprendimiento:
Rango de % adherencia = 100% - rango de % desprendimiento.
- para sistemas de recubrimientos además reportar dónde ha ocurrido la falla, esto es, entre la primera capa y el sustrato, entre la primera y segunda capa, etc.,
- reportar el tipo de sustrato, método de curado y las condiciones ambientales en el momento del ensayo,
- para ensayos de campo reportar la estructura u objeto evaluado, la localización y las condiciones ambientales en el momento de la evaluación,
- si el ensayo es realizado después de inmersión, reportar las condiciones de inmersión y el método de preparación de la muestra,

- debe mencionarse además cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

1.3.6.2 Ensayos de doblez

Para los ensayos de doblez se revisa la norma NTE INEN 1002:98. Esta norma establece el método para determinar la flexibilidad y elasticidad de una película de pintura seca aplicada sobre un panel de ensayo que se somete a doblado sobre mandriles cónicos [9].

El ensayo de flexibilidad de pinturas sobre mandril se practica según dos métodos.

- a) Doblado alrededor de mandriles cilíndricos de distintos diámetros.
- b) Doblado alrededor de mandril cónico con radio de curva progresivo.

El objetivo final de las normas mencionadas es producir informes que incluyan [9]:

- El valor de flexibilidad como porcentaje con aproximación de una cifra decimal.
- Tipo, número de la muestra o cualquier otra indicación que la identifique.
- NTE INEN de referencia.
- Fecha de muestreo y ensayo.
- Debe mencionarse, además cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.
- Deben incluirse todos los detalles para la completa identificación de la muestra.

1.3.6.3 Ensayos de impacto

Para los ensayos de doblez se revisa la norma NTC 877. Esta norma Internacional cubre el procedimiento para la deformación rápida por impacto de la película de recubrimiento y su sustrato, y la evaluación del efecto de dicha deformación.

Debido a la escasa reproducibilidad del método, esta norma debe limitarse a los ensayos en el laboratorio cuando se utilizan valores numéricos. Los resultados interlaboratorios mejoran cuando se utiliza la clasificación en lugar de los valores

numéricos. Esta norma no pretende abordar todos los problemas de seguridad asociados a su uso. El usuario de esta norma es responsable de establecer las prácticas de salud y seguridad adecuadas y de determinar la aplicabilidad de los límites reglamentarios antes de su uso [10].

El objetivo final de las normas mencionadas es producir informes que incluyan [10]:

- Las pulgadas-libra (kg-m) en el punto final de falla por impacto.
- Si se utilizó intrusión o extrusión.
- Diámetro del punzón utilizado
- Espesor del recubrimiento.
- Espesor del sustrato y tipo de metal.
- Método de preparación del panel
- Condiciones atmosféricas bajo las cuales se acondicionaron y ensayare

1.3.6.4 Ensayos de cámara salina

Para los ensayos de cámara salina se emplean las normas:

ASTM B117 – 19. Prácticas estándar para preparar aparatos de niebla salina (niebla).

ASTM D610 – 08 (2019). Prácticas estándar para evaluar el grado de oxidación en superficies de acero pintadas.

ASTM D714 – 02 (2017). Método de prueba estándar para evaluar el grado de formación de ampollas en la pintura-

Las normas anteriores pueden utilizarse para ensayar la resistencia relativa a la corrosión de muestras metálicas con y sin revestimiento cuando se exponen a niebla salina a temperatura elevada.

1.4 Hipótesis

El análisis del proceso de aplicación de pintura electrostática en polvo para componentes de transformadores, mejorará su adherencia y anclaje bajo ambientes controlados.

1.4.1 Señalamiento de variable de la hipótesis

1.4.1.1 Variable Independiente

Aplicación de pintura electrostática en polvo para componentes de transformadores

1.4.1.2 Variable Dependiente

Evaluación de su adherencia y anclaje bajo ambientes controlados

1.4.1.3 Término de relación

Mejorará

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Nivel o tipo de investigación

2.1.1 Investigación bibliográfica

La investigación bibliográfica consiste en la búsqueda, recopilación, organización, valoración, crítica e información de datos bibliográficos, siendo este método muy importante para el desarrollo de la investigación porque en base a esta recopilación de datos se pueden realizar diseños de experimentos con pintura electrostática y realizar cálculos, insertando los datos en un software enfocado con el mismo fin, para determinar la probeta y condición óptima se elaboran probetas y posteriormente ensayarlos de acuerdo con las normas INEN de los ensayos mencionados [5].

2.1.2 Investigación descriptiva

Se establece este tipo de investigación debido a que se efectúa una representación completa de parámetros dentro de cada una de las propiedades, además se estiman características de las poblaciones, necesarias para un análisis completo de respuestas y factores de entrada.

Tiene como finalidad definir, clasificar, catalogar o caracterizar el objeto de estudio siendo fundamental para la comprensión de los parámetros para la aplicación del método con las variables de entrada y de salida [5].

2.1.3 Investigación explorativa

Con el fin de encontrar la optimización más adecuada mediante las réplicas realizadas en el software y cambiar los métodos de aplicación para realizar experimentos similares con otras condiciones de funcionamientos de las máquinas de curado y secado [6].

2.1.4 Investigación explicativa

Los datos obtenidos son ordenados, tabulados y examinados de forma numérica, mediante fundamentos estadísticos, con el fin de encontrar las condiciones óptimas de curado, secado y pintado para mejorar las propiedades mecánicas del material pintado [6].

2.2 Población y muestra

2.2.1 Población

El presente trabajo experimental tiene como población los componentes de transformadores a los que se les ha aplicado pintura electrostática en polvo, elaboradas bajo las condiciones descritas en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de las condiciones de los niveles de cada factor.

Factores	Niveles	
	-1	1
Tipo de pintura	Poliéster	Epóxica
Preparación superficial	Granallado	Fosfatizado
Voltaje de adherencia	25 kV	50 kV
Temperatura de curado	150 °C	180 °C

Los casos que se definen como la población se describen en la Tabla 2, en la que detalla la combinación de niveles para cada factor analizado.

Tabla 2. Detalle de las combinaciones de factores en cada caso.

Casos	Pintura	Prep. Superficial	Voltaje [kV]	Temp. Curado [°C]
1	Poliéster	Granallado	25	150
2	Poliéster	Granallado	25	180
3	Poliéster	Granallado	50	150

4	Poliéster	Granallado	50	180
5	Poliéster	Fosfatizado	25	150
6	Poliéster	Fosfatizado	25	180
7	Poliéster	Fosfatizado	50	150
8	Poliéster	Fosfatizado	50	180
9	Epóxica	Granallado	25	150
10	Epóxica	Granallado	25	180
11	Epóxica	Granallado	50	150
12	Epóxica	Granallado	50	180
13	Epóxica	Fosfatizado	25	150
14	Epóxica	Fosfatizado	25	180
15	Epóxica	Fosfatizado	50	150
16	Epóxica	Fosfatizado	50	180

2.2.2 Muestra

La muestra que se estima para el análisis viene dada por el diseño de experimentos de Taguchi, el cual se detalla en la Tabla 3, en donde, para las propiedades de adherencia, dobles, impacto y cámara salina se dispone de un número específico de réplicas. Se toma en consideración para el análisis, el diseño de Taguchi L32, el cual dispone de 16 combinaciones y dos réplicas.

Tabla 3. Número de probetas para cada ensayo y en cada caso.

Casos	Probetas por ensayos				Probetas por casos
	Adherencia	Doblez	Impacto	Cámara Salina	
Caso 1	2	2	2	2	8

Caso 2	2	2	2	2	8
Caso 3	2	2	2	2	8
Caso 4	2	2	2	2	8
Caso 5	2	2	2	2	8
Caso 6	2	2	2	2	8
Caso 7	2	2	2	2	8
Caso 8	2	2	2	2	8
Caso 9	2	2	2	2	8
Caso 10	2	2	2	2	8
Caso 11	2	2	2	2	8
Caso 12	2	2	2	2	8
Caso 13	2	2	2	2	8
Caso 14	2	2	2	2	8
Caso 15	2	2	2	2	8
Caso 16	2	2	2	2	8
TOTAL	32	32	32	32	128

2.3 Recursos

2.3.1 Recursos humanos

El proyecto experimental estará a cargo del autor y del docente tutor quien direccionará al tutorado durante el desarrollo del tema de investigación.

Estudiante: Mauricio Zamora

Docente tutor: Ing. Mg. Cristian Pérez

2.3.2 Recursos institucionales

- Universidad

La Biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica con lo cual se podrá reunir literatura científica necesaria para el proyecto.

Los Laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato para realizar los ensayos de las probetas ya mencionados anteriormente.

2.3.3 Recursos materiales

Para la realización del proyecto se utilizarán materiales los cuales ayudarán al análisis de datos y realización de los ensayos. Estos se detallan a continuación.

- Computador.
- Hojas e impresiones.
- Herramientas de medición.
- Imprevistos.

2.3.4 Recursos económicos

Los recursos económicos del proyecto se describen en la Tabla 4.

Tabla 4. Recursos económicos del proyecto

DETALLE	COSTO
Acero ASTM 1018	\$40,00
Pintura electroestática	\$50,00
Software	\$50,00
Ensayos	\$250,00
Movilización	\$50,00
Impresiones	\$50,00

Imprevistos	\$80,00
TOTAL	\$570,00

2.4 Operacionalización de variables

2.4.1 Variable Independiente

Aplicación de pintura electrostática en polvo para componentes de transformadores

Tabla 5. Variable independiente.

Abstracto		Concreto		
Definición	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Herramientas
Se varían los parámetros de la pintura de la probeta para obtener la mejor configuración de los recubrimientos	Parámetros de la pintura de la probeta	Tipo de pintura	Poliéster	Catálogo de pinturas
			Epóxica	
		Preparación superficial	Granallado zincado	Cabina de preparación superficial
			Fosfatizado	
		Voltaje de adherencia de la pintura	25KV	Calibración manual de pistola devilbbs
			50KV	
	Temperatura de curado	180°	Medidor de marca de temperatura	
		150°		
Prueba estadística	Diseño Taguchi	Factores, niveles.	Software	

2.4.2 Variable Dependiente

Evaluación de su adherencia y anclaje bajo ambientes controlados.

Tabla 6. Variable dependiente.

Abstracto		Concreto		
Definición	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Herramientas
Las propiedades de adherencia, dobles, impacto y cámara salina son utilizadas para caracterizar la duración del recubrimiento basándose en normas como la INEN, NTC e ISO.	Adherencia	Calificación de adherencia	¿Qué porcentaje de adherencia de película tiene el área ensayada?	Normas INEN, NTC Observación directa
	Doblez	Elongación de película sobre material	¿Cuál es la elongación máxima de la película de pintura sobre el material base?	
	Impacto	Agrietamiento superficial de la película	¿Distancia alcanzada por el agrietamiento en la película?	
	Cámara Salina	Densidad de corrosión por unidad superficial	¿Qué densidad de puntos de corrosión hay en una unidad superficial?	
	Diseño Taguchi	Coeficiente de determinación	0-100%	Software estadístico
		Significancia calculada	0-1	

2.5 Plan de recolección de información

El plan de recolección de la información se detalla en la Tabla 7.

Tabla 7. Plan de recolección de información.

Plan de recolección de información	
¿Qué?	Las propiedades de adherencia, dobles, impacto y cámara salina del proceso de aplicación de pintura electrostática en polvo para componentes de transformadores.
¿Para qué?	Mejorar las propiedades de adherencia, dobles, impacto y cámara salina, mediante la aplicación del diseño de Taguchi.
¿Quién?	La recolección de información es realizada por el investigador (Mauricio Zamora)
¿A quién?	Está dirigido a estudiantes y docentes que necesiten una base bibliográfica y un aporte al sector industrial productor de transformadores.
¿Cómo?	Se recolecta la información mediante la realización de ensayos, basados en normativas.
¿Con qué?	Para obtener la información se emplean hojas de cálculo, editor de texto y bibliografía.
¿Cuándo?	Se ejecuta en el año 2021.
¿Cuántas veces?	En los ensayos de adherencia, dobles, impacto y cámara salina del proceso, se efectúan 2 réplicas en cada combinación de niveles.
¿Dónde?	La recolección de información es realizada en la empresa ECUATRAN

2.6 Plan de procesamiento y análisis

La información recabada, a través de los parámetros descritos en la Tabla 7, fue tratada mediante los siguientes puntos:

2.6.1 Revisión

La información recabada, se revisó para verificar que se mantenga el conjunto completo de datos, de acuerdo a las combinaciones de factores y niveles.

2.6.2 Tabulación

Los datos ya revisados, se los organiza estratégicamente en una hoja de cálculo, basándose en la matriz de diseño presentada en apartados anteriores.

2.6.3 Análisis

Se efectúan las pruebas estadísticas pertinentes, las cuales tiene como fin, mejorar las condiciones a aplicar en las probetas y en la población antes definida.

2.6.4 Presentación

Del análisis a realizar, se obtiene información presentada en gráficos y tablas, esto para cada una de las propiedades analizadas.

2.6.5 Interpretación

Cada gráfica, tabla y parámetro de salida obtenido, sirve para determinar la eficacia de la metodología empleada y dentro de la misma poder mejorar el comportamiento bajo las distintas condiciones de análisis de las probetas, las mismas que serán proyectadas a la población de estudio.

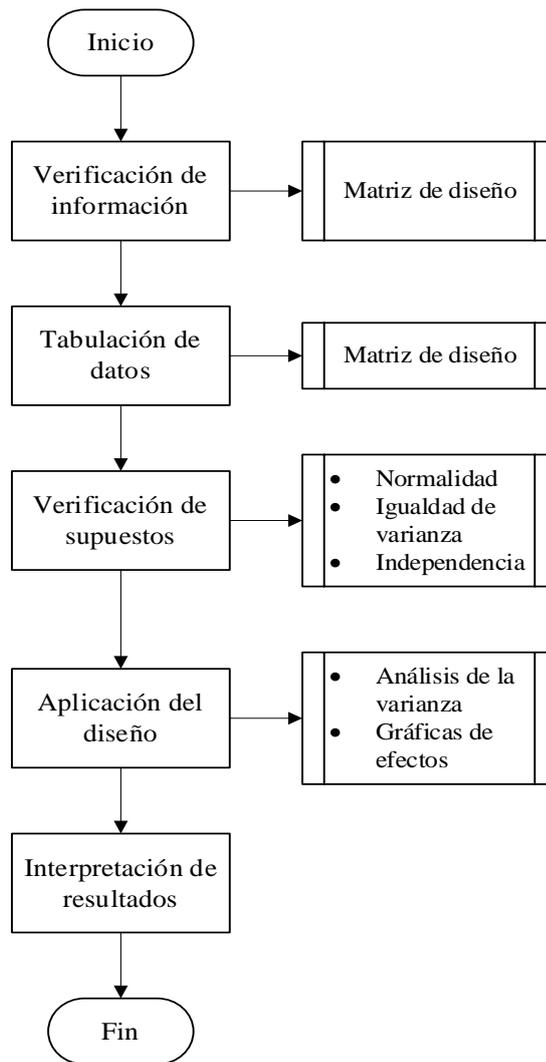


Figura 3. Procesamiento y análisis de datos

La información antes tratada, se detalla de manera esquemática en el diagrama que se visualiza a continuación.

Cada uno de los puntos de enunciados, se abordan dentro del análisis estadístico de los datos.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Tabulación de datos

Debido a la naturaleza de los datos, se tiene para el análisis estadístico la tabulación de los datos recopiladas, la cual se presenta en la Tabla 8, la cual se visualiza a continuación:

Tabla 8. Tabulación de datos para el análisis estadístico

Comb.	Pintura	Prep. Superficial	Voltaje [kV]	Temp. Curado [°C]	Adherencia [%]	Energía [J]
1	Poliéster	Granallado	25	150	0,98	5,1012
2	Poliéster	Granallado	25	150	0,95	5,886
3	Poliéster	Granallado	25	180	0,99	3,924
4	Poliéster	Granallado	25	180	0,96	4,7088
5	Poliéster	Granallado	50	150	0,98	5,4936
6	Poliéster	Granallado	50	150	0,96	5,2974
7	Poliéster	Granallado	50	180	0,94	5,6898
8	Poliéster	Granallado	50	180	0,91	5,2974
9	Poliéster	Fosfatizado	25	150	0,99	5,6898
10	Poliéster	Fosfatizado	25	150	0,97	5,4936
11	Poliéster	Fosfatizado	25	180	0,99	5,1012
12	Poliéster	Fosfatizado	25	180	0,96	5,2974
13	Poliéster	Fosfatizado	50	150	0,98	5,2974
14	Poliéster	Fosfatizado	50	150	0,95	5,4936

15	Poliéster	Fosfatizado	50	180	0,92	5,6898
16	Poliéster	Fosfatizado	50	180	0,9	5,4936
17	Epóxica	Granallado	25	150	0,97	5,1012
18	Epóxica	Granallado	25	150	0,96	5,4936
19	Epóxica	Granallado	25	180	0,98	5,6898
20	Epóxica	Granallado	25	180	0,96	13,734
21	Epóxica	Granallado	50	150	0,96	5,4936
22	Epóxica	Granallado	50	150	0,97	5,6898
23	Epóxica	Granallado	50	180	0,99	5,6898
24	Epóxica	Granallado	50	180	0,97	5,4936
25	Epóxica	Fosfatizado	25	150	0,99	5,1012
26	Epóxica	Fosfatizado	25	150	0,96	5,6898
27	Epóxica	Fosfatizado	25	180	0,95	5,1012
28	Epóxica	Fosfatizado	25	180	0,95	5,6898
29	Epóxica	Fosfatizado	50	150	0,98	5,6898
30	Epóxica	Fosfatizado	50	150	0,96	5,4936
31	Epóxica	Fosfatizado	50	180	0,95	5,2974
32	Epóxica	Fosfatizado	50	180	0,92	5,4936

Con los datos dispuestos en la matriz de datos planteada, se organizan para analizar el diseño de Taguchi.

3.2 Análisis de los resultados

Para desarrollar el análisis estadístico de los datos del ensayo de adherencia y del ensayo a impacto, se dispone el proceso para cada uno de los resultados de cada ensayo:

3.2.1 Análisis del ensayo de adherencia

Dentro del análisis se inicia con la revisión de los supuestos dentro de los residuos de los datos, la que se revisa en la Figura 4.

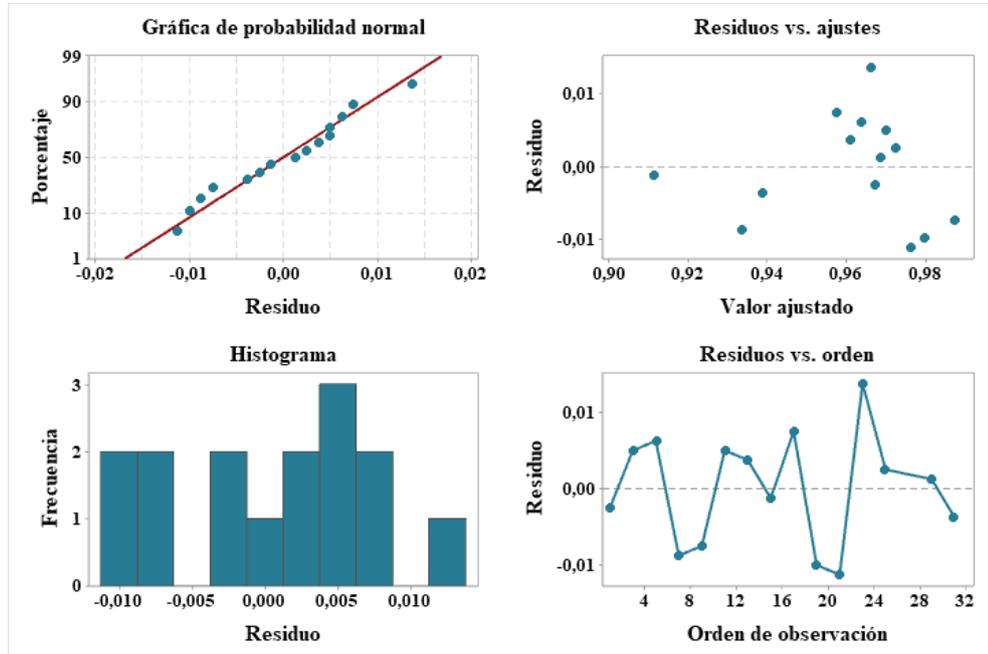


Figura 4. Verificación de supuestos, ensayo de adherencia

Con la verificación de supuestos, en la que se verifica el cumplimiento de la normalidad de los datos, la igualdad de varianza y la independencia de residuos; se procede a efectuar el respectivo análisis de la varianza.

En la gráfica de probabilidad normal se verifica el supuesto de normalidad de los datos, en la gráfica de Residuos versus ajustes, se verifica el supuesto de igualdad de las varianzas de los tratamientos y el supuesto de independencia de datos se revisa en la gráfica de ajustes versus orden de observación.

Análisis de Varianza de Medias

Dentro del análisis de medias, se tiene la tabla del análisis de la varianza de estas, en la que se tiene las fuentes de variabilidad y el nivel de significancia de cada una de ellas.

Tabla 9. ANOVA de Medias del Porcentaje de Adherencia

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Pintura	1	0,000255	0,000255	1,38	0,305
Prep. Sup.	1	0,000047	0,000047	0,25	0,641
Voltaje	1	0,001333	0,001333	7,23	0,055
Temp. Curado	1	0,000630	0,000630	3,42	0,138
Pintura*Prep. Sup.	1	0,000021	0,000021	0,11	0,754
Pintura*Voltaje	1	0,000422	0,000422	2,29	0,205
Pintura*Temp. Curado	1	0,000333	0,000333	1,81	0,250
Prep. Sup.*Voltaje	1	0,000422	0,000422	2,29	0,205
Prep. Sup.*Temp. Curado	1	0,000333	0,000333	1,81	0,250
Voltaje*Temp. Curado	1	0,000880	0,000880	4,77	0,094
Error residual	4	0,000737	0,000184		
Total	14				

Con el análisis de la varianza, se tiene un modelo de regresión que cuenta con un coeficiente de determinación 88,07 %, el cual refleja lo bondadoso del modelo.

Además, el análisis refleja que el voltaje de aplicación de pintura en el modelo es estadísticamente significativo, por lo que se puede entender que la variación en el voltaje afecta relevantemente al porcentaje de adherencia.

Grafica de efectos principales

Reforzando la información de la tabla del análisis de la varianza, se tiene la gráfica de efectos principales, en la que se muestra la importancia que tiene el variar el voltaje sobre el valor del porcentaje de adherencia, esta interpretación se da, en concordancia a lo expresado en el párrafo anterior.

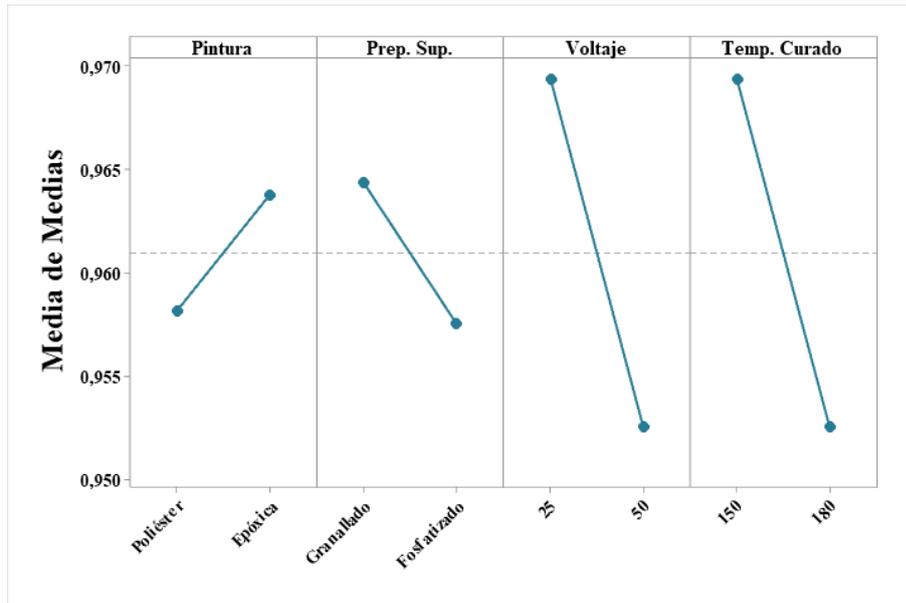


Figura 5. Efectos principales, ensayo de adherencia

En la figura 5, se tiene la gráfica de efectos principales de los valores del ensayo de adherencia, dentro de la que se puede evidenciar una marcada contribución a esta relación por parte del tipo de pintura.

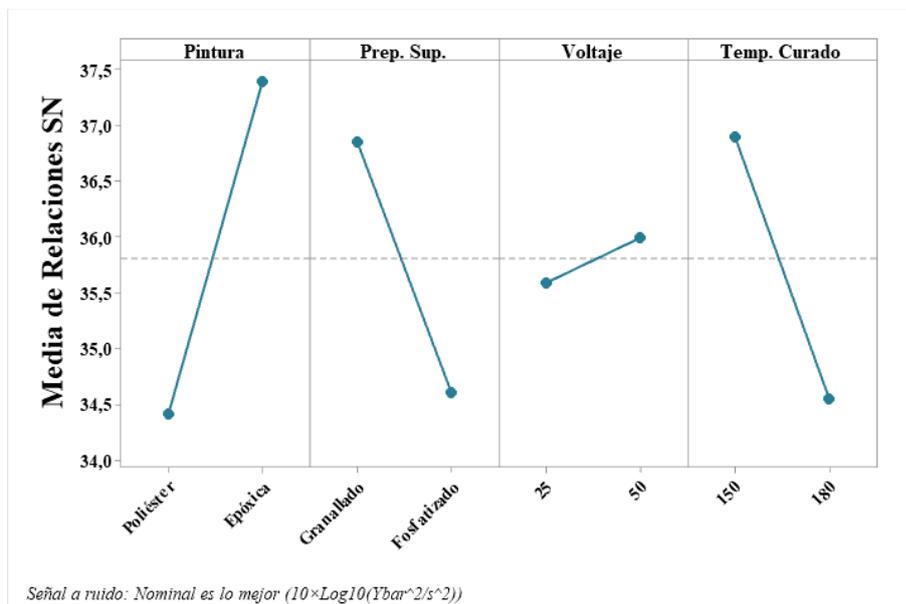


Figura 6. Graficas de efectos señal ruido de la adherencia

Se comprende el tratamiento adecuado que se debería brindar al tipo de pintura. En la gráfica se puede revisar que con el cambio del tipo de pintura se tiene un incremento considerable en la relación señal ruido.

3.2.2 Análisis del ensayo de impacto

Como primer paso del análisis de datos de impacto, se tiene la revisión de los supuestos paramétricos, para esta verificación se apoya de lo ilustrado en la Figura 7; dentro de esta figura se tiene la gráfica de probabilidad normal con la que se verifica el supuesto de normalidad de los datos, asimismo en la gráfica de Residuos versus ajustes, se verifica el supuesto de igualdad de las varianzas de los tratamientos y el supuesto de independencia de datos se revisa en la gráfica de ajustes versus orden de observación.

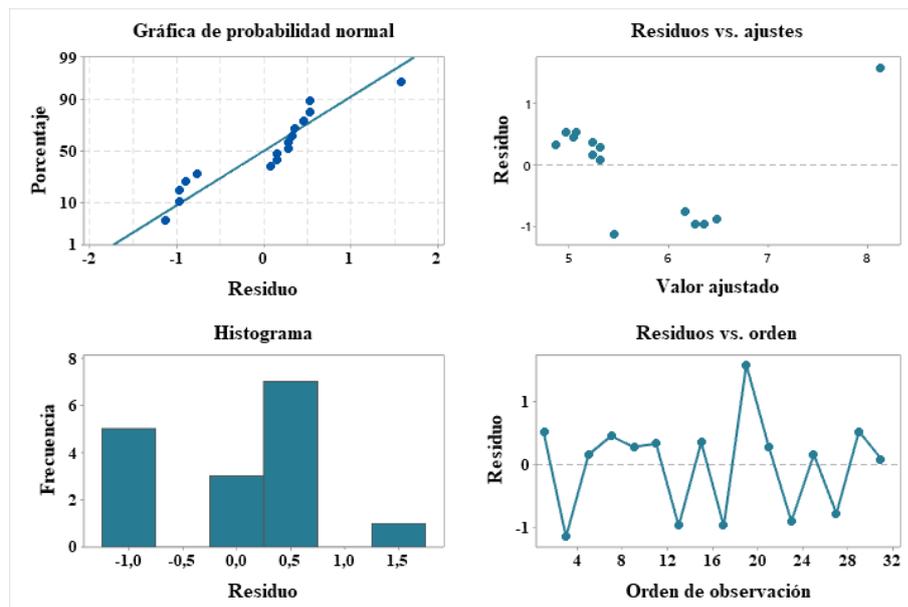


Figura 7. Verificación de supuestos, ensayo de impacto

Con la verificación de supuestos, se corrobora el cumplimiento de la normalidad de los datos, la igualdad de varianza y la independencia de residuos; es así que se procede a efectuar el respectivo análisis de la varianza.

Análisis de Varianza de Medias

Dentro del análisis de medias, se tiene la tabla del análisis de la varianza de estas, en la que se tiene las fuentes de variabilidad y el nivel de significancia de cada una de ellas.

Tabla 10. ANOVA de Medias de la Energía de Impacto

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Pintura	1	1,8862	1,8862	1,14	0,335
Prep. Sup.	1	0,6953	0,6953	0,42	0,546
Voltaje	1	0,3464	0,3464	0,21	0,667
Temp. Curado	1	0,5413	0,5413	0,33	0,593
Pintura*Prep. Sup.	1	1,8862	1,8862	1,14	0,335
Pintura*Voltaje	1	1,5037	1,5037	0,91	0,385
Pintura*Temp. Curado	1	1,8862	1,8862	1,14	0,335
Prep. Sup.*Voltaje	1	0,6159	0,6159	0,37	0,569
Prep. Sup.*Temp. Curado	1	0,8685	0,8685	0,52	0,502
Voltaje*Temp. Curado	1	0,4716	0,4716	0,28	0,617
Error residual	5	8,2931	1,6586		
Total	15				

Dentro del análisis de la varianza, se tiene lo descrito en la Tabla 10, en el que se evidencia los niveles de significancia de los términos.

Con el análisis de varianza, se entiende que el modelo tiene un coeficiente de determinación de 56,34 %.

Grafica de efectos principales

Reforzando la información de la tabla del análisis de la varianza, se tiene la gráfica de efectos principales, en la que se muestra la importancia que tiene el variar el voltaje sobre el valor del porcentaje de adherencia, esta interpretación se da, en concordancia a lo expresado en el párrafo anterior.

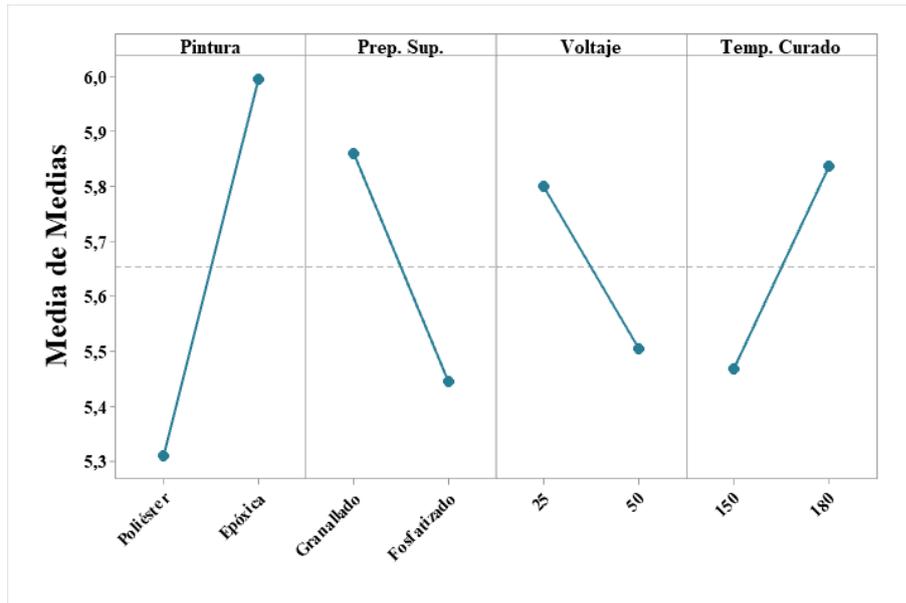


Figura 8. Efectos principales, energía de impacto

Se revisa también la gráfica de efectos principales de la relación señal ruido, para la energía de impacto, en el que se nota la relevancia del voltaje sobre la relación señal ruido.

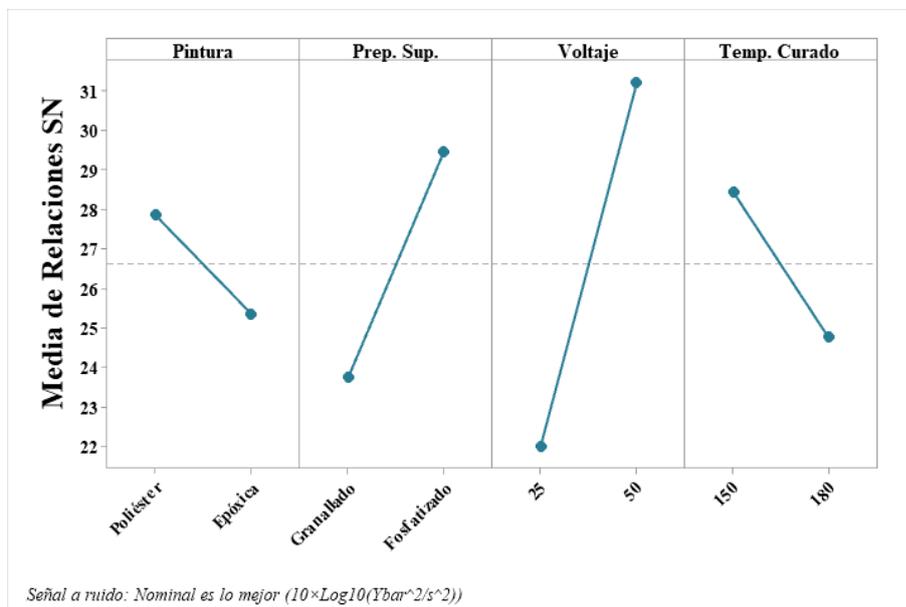


Figura 9. Grafica de efectos señal ruido de la energía de impacto

En este caso, el análisis nos señala que no hay términos significativos en el modelo. Sin embargo, las gráficas nos señalan cambios que si pueden ser considerados relevantes.

De lo antes comentado, revisando la Figura 9, se puede entender que, entre todos los factores, el que mayor contribución brinda a la relación señal ruido, es el voltaje, seguido de la preparación superficial efectuada en el componente evaluado.

3.3 Tabulación de datos para revisión descriptiva

3.3.1 Datos de la prueba de mandril cónico

Tabla 11. Pruebas de mandril cónico

Comb.	Pintura	Prep. Superficial	Voltaje [kV]	Temp. Curado [°C]	Probeta 1		Probeta 2		Distancia de falla	% elongación	Corrección %
1	Poliéster	Granallado	25	150	PASA		PASA		0cm	32%	
2	Poliéster	Granallado	25	180	PASA		PASA		0cm	32%	

Comb.	Pintura	Prep. Superficial	Voltaje [kV]	Temp. Curado [°C]	Probeta 1		Probeta 2		Distancia de falla	% elongación	Corrección %
3	Poliéster	Granallado	50	150	PASA		PASA		0cm	32%	
4	Poliéster	Granallado	50	180	PASA		PASA		0cm	32%	
5	Poliéster	Fosfatizado	25	150	PASA		PASA		0cm	32%	

Comb.	Pintura	Prep. Superficial	Voltaje [kV]	Temp. Curado [°C]	Probeta 1		Probeta 2		Distancia de falla	% elongación	Corrección %
6	Poliéster	Fosfatizado	25	180	PASA		PASA		0cm	32%	
7	Poliéster	Fosfatizado	50	150	PASA		PASA		0cm	32%	
8	Poliéster	Fosfatizado	50	180	PASA		PASA		0cm	32%	

Comb.	Pintura	Prep. Superficial	Voltaje [kV]	Temp. Curado [°C]	Probeta 1		Probeta 2		Distancia de falla	% elongación	Corrección %
9	Epóxica	Granallado	25	150	PASA		PASA		0cm	32%	
10	Epóxica	Granallado	25	180	PASA		PASA		0cm	32%	
11	Epóxica	Granallado	50	150	PASA		PASA		0cm	32%	

Comb.	Pintura	Prep. Superficial	Voltaje [kV]	Temp. Curado [°C]	Probeta 1		Probeta 2		Distancia de falla	% elongación	Corrección %
12	Epóxica	Granallado	50	180	PASA		PASA		0cm	32%	
13	Epóxica	Fosfatizado	25	150	PASA		PASA		0cm	32%	
14	Epóxica	Fosfatizado	25	180	PASA		PASA		0cm	32%	

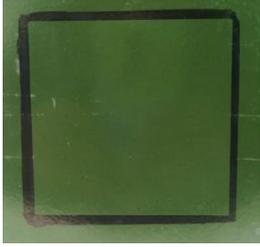
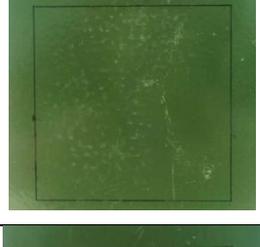
Comb.	Pintura	Prep. Superficial	Voltaje [kV]	Temp. Curado [°C]	Probeta 1		Probeta 2		Distancia de falla	% elongación	Corrección %
15	Epóxica	Fosfatizado	50	150	PASA		PASA		0 cm	32%	
16	Epóxica	Fosfatizado	50	180	PASA		PASA		0cm	32%	

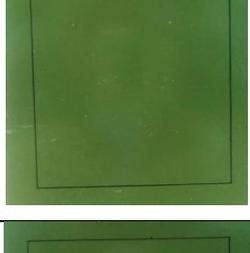
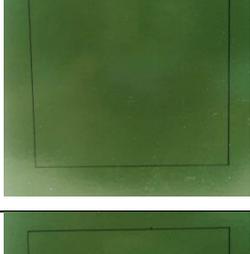
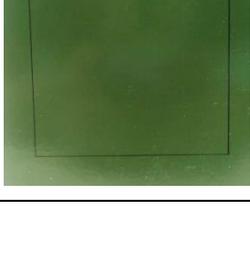
En la Tabla 11, se puede revisar que las combinaciones 4, 8, 12 y 16 presentan fallas, por lo que se puede considerar que dichas probetas no pasan

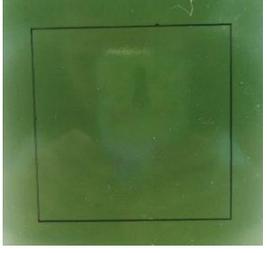
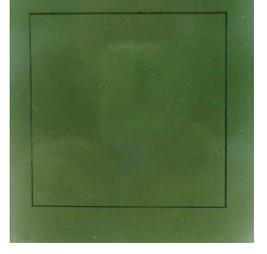
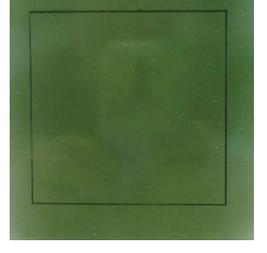
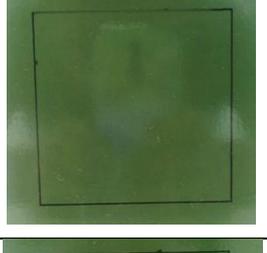
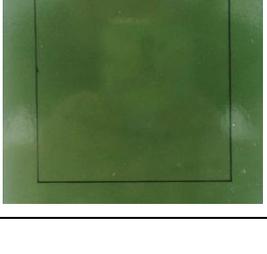
3.3.2 Datos de la prueba de corrosión

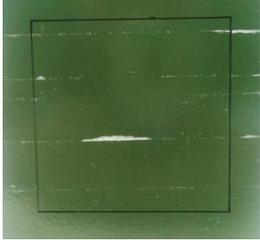
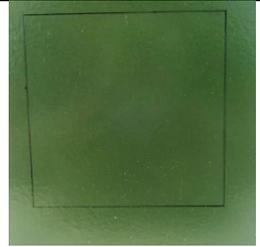
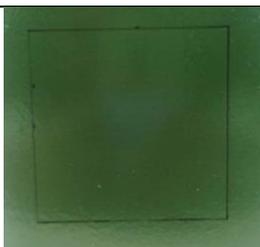
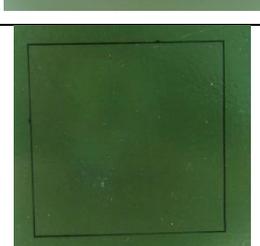
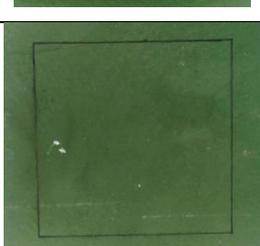
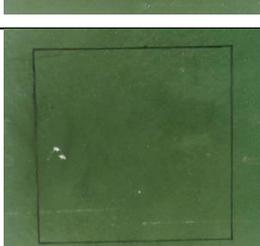
La información recabada con el ensayo de corrosión se dispone en la Tabla 12.

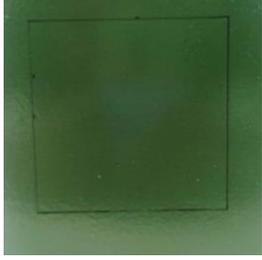
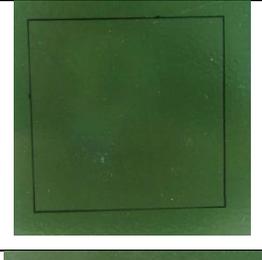
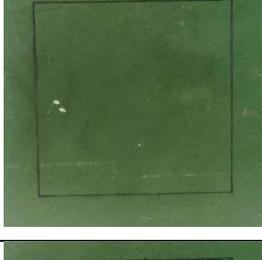
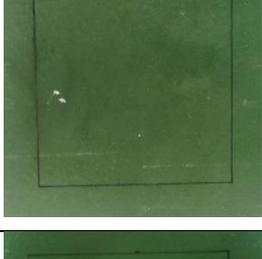
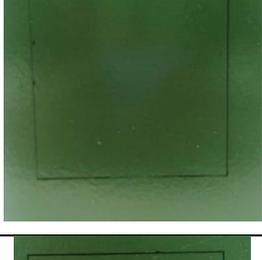
Tabla 12. Prueba de corrosión

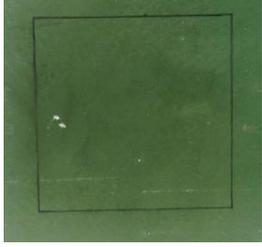
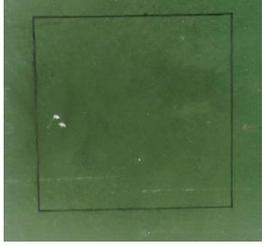
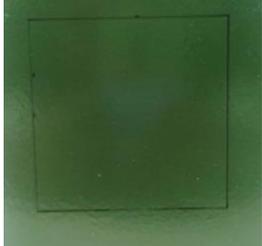
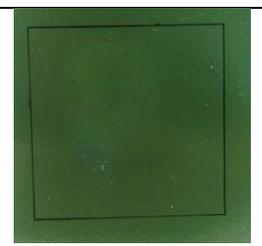
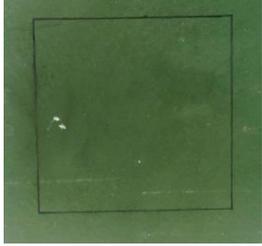
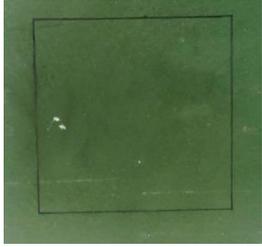
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H - P1		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H - P1.1		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H - P2		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H - P2.2		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H - P3		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento

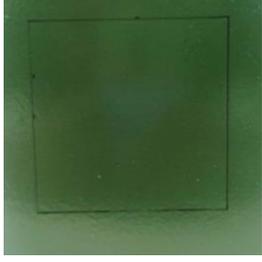
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P3.3		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P4		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P4.4		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P5		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P5.5		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P6		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento

TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P6.6		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P7		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P7.7		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P8		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P8.8		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P9		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento

TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P9.9		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P10		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P10.10		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P11		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P11.11		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P12		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento

TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P10.10		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P11		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P11.11		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P12		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P12.12		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P13		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento

TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADOS	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P13.13		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P14		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P14.14		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P15		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P15.15		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P16		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento

TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P16.116		0	-	10	10; 0 %	No se observa ampollamiento

Dentro de este ensayo, se puede evidenciar que no se presentan ampollamientos en ninguno de los casos, por lo que se puede dar por entendido que las probetas cuentan con las especificaciones requeridas y todos los casos son satisfactorios.

3.4 Verificación de hipótesis

Las hipótesis a evaluar son las siguientes:

H0: El análisis del proceso de aplicación de pintura electroestática en polvo para componentes de transformadores, no mejorará su adherencia y anclaje bajo ambientes controlados.

H1: El análisis del proceso de aplicación de pintura electroestática en polvo para componentes de transformadores, mejorará su adherencia y anclaje bajo ambientes controlados.

Para la verificación de la hipótesis se emplea el análisis de las respuestas combinadas del porcentaje de adherencia y de la energía, este análisis se plasma en la siguiente tabla.

Tabla 13. ANOVA de las respuestas combinadas

Fuente	GL	SC Ajuste.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Modelo	10	0,34143	0,03414	450,88	0,000
Voltaje	1	0,01077	0,01077	142,25	0,000
Temp. Curado	1	0,00083	0,00083	10,91	0,003

Pintura	1	0,10317	0,10317	1362,41	0,000
Prep. Sup.	1	0,00056	0,00056	7,38	0,013
Voltaje*Temp. Curado	1	0,04005	0,04005	528,82	0,000
Voltaje*Pintura	1	0,00304	0,00304	40,11	0,000
Voltaje*Prep. Sup.	1	0,00081	0,00081	10,69	0,004
Temp. Curado*Pintura	1	0,06115	0,06115	807,48	0,000
Temp. Curado*Prep. Sup.	1	0,05642	0,05642	745,06	0,000
Pintura*Prep. Sup.	1	0,04528	0,04528	597,92	0,000
Error	21	0,00159	0,00008		
Falta de ajuste	5	0,00159	0,00032	*	*
Error puro	16	0,00000	0,00000		
Total	31	0,34302			
Regresión	10	0,34143	0,03414	450,88	0,000

Se enfatiza que, los parámetros más relevantes son: El voltaje y el tipo de pintura; asimismo es muy relevante la interacción entre el voltaje y la temperatura de curado.

Se revisa que el modelo tiene un Valor-p de 0; lo cual, al ser menor de 0,05 hace que se rechace la hipótesis nula.

Esto da a entender que, el análisis del proceso de aplicación de pintura electrostática en polvo para componentes de transformadores, mejorará su adherencia y anclaje bajo ambientes controlados.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Con el trabajo investigativo se tienen las siguientes conclusiones en respuesta a los objetivos planteados:

- Con el trabajo se consiguió definir cada uno de los ambientes controlados (Preparación superficial, voltaje, temperatura de curado), esto se logró en base a las consideraciones del investigador y en base a los referentes bibliográficos recabados, es así que, para cada uno de los casos se arma la matriz de diseño (Diseño de Taguchi L32) en la que se especifican las configuraciones detallando cada uno de los ambientes y combinaciones controladas para los diferentes ensayos.
- Con el desarrollo de la investigación y el análisis estadístico se pudo determinar las propiedades de adherencia (NTE INEN 1006), impacto (NTC 877), dobles (NTE INEN 1002:98) y cámara salina (ASTM B117 – 19, ASTM D610 – 08, ASTM D714 – 02), con las normativas detalladas, dentro de la que se estipularon las condiciones necesarias para realizar las pruebas pertinentes. Para el análisis de datos se distinguieron dos grupos de datos, los cuantificable (Porcentaje de adherencia y energía de impacto) y los estimables categóricamente (Ensayo de dobles y ensayos de cámara salina), los primeros se revisaron estadísticamente y los segundos de acuerdo a los que se pudo observar a los criterios propios de la norma
- Tras el análisis global se estimaron las configuraciones ideales y las condiciones de fabricación de las probetas que resultaron más satisfactorias, entendiéndose en primer lugar el voltaje de 25 kV empleados, seguido de la temperatura de curado a 150 °C, y el tipo de pintura Epóxica; esto para el porcentaje de adherencia y para la energía de fallo.

- Tras la investigación, de manera más específica, se tiene que las probetas 4 (Pintura poliéster, preparación superficial de granallado, voltaje de 25 kV y temperatura de curado de 180°C), probeta 8 (Pintura poliéster, preparación superficial de granallado, voltaje de 50 kV y temperatura de curado de 180°C), probeta 12 (Pintura poliéster, preparación superficial de fosfatizado, voltaje de 25 kV y temperatura de curado de 180°C) y 16 (Pintura poliéster, preparación superficial de granallado, voltaje de 50 kV y temperatura de curado de 180°C), mostraron ser las más afectadas ante la prueba de mandril cónico, esto se entendió, debido a que se evidenciaron claras afectaciones a la vista.

4.2 Recomendaciones

Se plantean los siguientes lineamientos como recomendaciones en base a los resultados obtenidos:

- Para aprovechar adecuadamente las propiedades de las probetas al impacto, es preciso que no se trabajen con voltajes demasiado altos, debido a que, en base a los resultados, el voltaje bajo es determinante para dar un alto valor de energía de fallo.
- Es preciso que se evalúen valores más altos de temperaturas de curado, ya que, con la investigación se supo que a una temperatura de 180°C se obtienen buenos valores de energía de impacto, además se tienen presente una tendencia a que se suba dicha energía al subir la temperatura, hipotéticamente hablando.
- Se entiende que, a valores bajos de voltaje, se tienen mejores propiedades de adherencia de la pintura, sin embargo, es preciso que se indaguen en intervalos más bajos de temperatura, debido a que debe existir un punto de inflexión que cambie el comportamiento del material.
- Se puede considerar diseños experimentales que consideren optimizar el número de probetas, para así poder reducir costos, siempre se pueda tener la confianza necesaria en los resultados. Ya que en la presente investigación se tienen 64 probetas para cada una de las propiedades evaluada. Tal sería el caso de emplear matrices de diseño más cortas como una L16 o indagar en Diseños Factoriales Fraccionados, con las que se reduciría el número de probetas hasta en un cuarto.
- De contar con los recursos necesarios, se podría realizar otros tipos de ensayos sobre las superficies y materiales evaluados, esto para acercarnos a las condiciones de trabajo de los materiales.

BIBLIOGRAFÍA

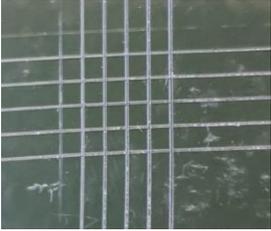
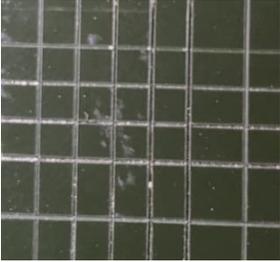
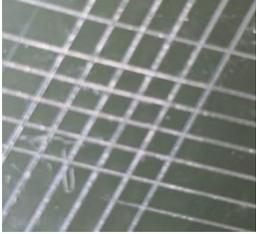
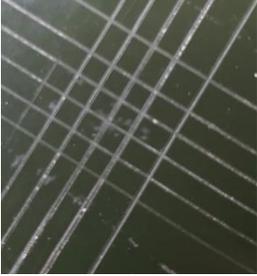
- [1] C. O. Jara Ríos y F. M. Méndez Barreto, «Defectos de procesos del sector pintura de una ensambladora nacional de motocicleta,» *ScientiAmericana*, vol. 6, n° 1, pp. 8-16, 2019.
- [2] F. A. Rodríguez y S. Rojas Melo, «Mejoramiento en el proceso de pintura electrostática a partir del análisis de la red de alimentación y el sistema de la puesta a tierra en la empresa Pintutecnia SAS,» Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2018.
- [3] D. P. Mejía Coronel y C. G. Sigcha Cedillo, «Pintura epóxica: Material multifuncional para el diseño Interior,» *DAYA. Diseño, Arte y Arquitectura*, n° 8, pp. 49-72, 2020.
- [4] F. Catagña y G. Villa, «Análisis comparativo de los ensayos para pinturas y recubrimientos de pinturas electroestáticas,» Escuela politécnica nacional, Quito, 2008.
- [5] J. Portalanza, «Diseño y construcción de un cuarto de secado para componentes con pintura electroestática,» Escuela politécnica nacional, Quito, 2014.
- [6] B. Carrasco y Calderero, «Aprendo a investigar en educación,» Rialph, 2020.
- [7] D. González Vanegas, L. González Sánchez y L. Farah Borrero, «Propuesta de mejora del Sistema proceso horno de cocción de pintura electroestática en piezas metálicas mediante un diseño automatizado 3D,» Universidad Católica de Manizales, Neiva-Huila, 2021.
- [8] S. E. Montenegro León y T. C. Tixe Bustamante, «Mejora del proceso de pintura electrostática de la planta de producción "SUMAR",» Universidad Central del Ecuador, Quito, 2012.

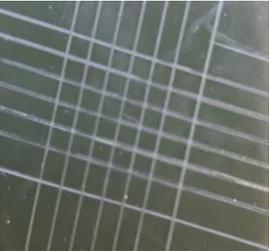
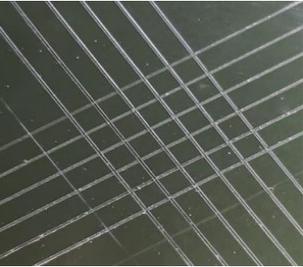
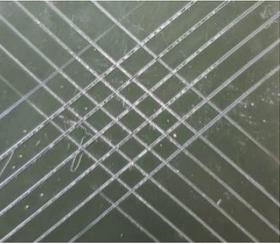
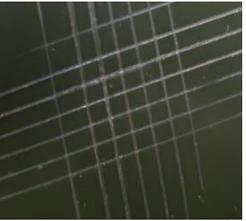
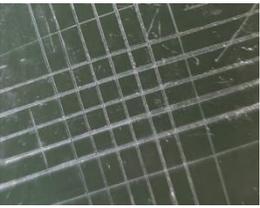
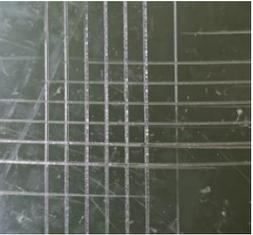
- [9] MAPIREL, «Beneficios de Pintura Electrostática,» [En línea]. Available: <https://www.mapirel.com/beneficios-de-pintura-electrostatica/>.
- [10] NTE INEN 1006, «Pintura barnices y productos afines. Determinación de adherencia mediante prueba de la cinta,» INEN, Quito, 2017.
- [11] NTE INEN 1002:98, «Pintura y productos afines. Determinación de la flexibilidad mediante mandriles cónicos,» INEN, Quito, 1998.
- [12] NTC 877, Norma Técnica Colombiana. Ensayo de impacto, método de calificación, ICONTEC, 2001.
- [13] D. Colorado, «Evaluación de un proceso de pintura electrostática,» Universidad de EAFIT, Medellín, 2014.
- [14] F. R. Hernández Sampieri, R. Fernández Collado y P. Baptista Lucio, «Metodología de la investigación,» McGraw-Hill, 2010.
- [15] H. Gutiérrez, Análisis y diseño de experimentos, México, 2016.
- [16] NTC 3396, Norma Técnica Colombiana. Electrotécnica. Pinturas para tanques de Transformadores, ICONTEC, 1999.
- [17] INEN, Tratamientos superficiales y Recubrimientos Metálicos. Definiciones, Terminología, Quito, 1981.
- [18] NTC 811, Norma Técnica Colombiana. Método de ensayo para medir la adherencia mediante método de cinta, ICONTEC, 2001.
- [19] NTE 1004, Pinturas y productos afines, Ensayo de dobles en mandril, determinación de elongación, Quito, 1981.
- [20] NTE 2268, Pinturas y productos afines, Determinación del comportamiento en cámara salina, Quito: INEN, 1981.

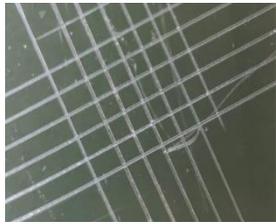
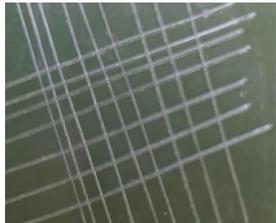
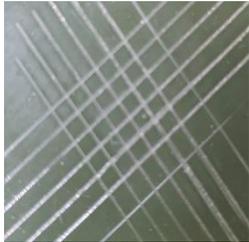
[21] B. R. Córdor Salazar, «Seis sigma en las Pymes, bajando costos con calidad,»
Revista Espacios, vol. 36, nº 44, pp. 1-8, 2018.

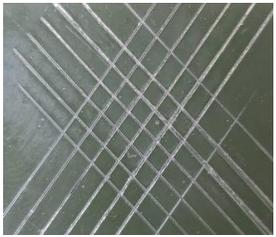
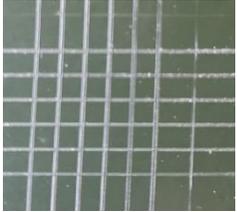
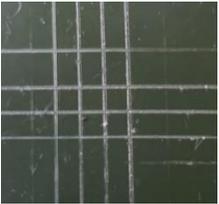
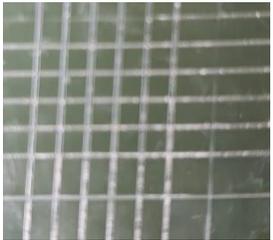
ANEXOS

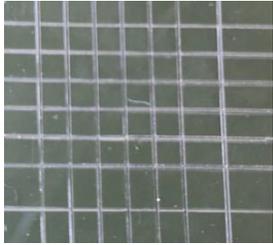
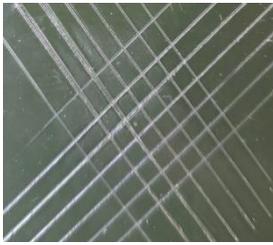
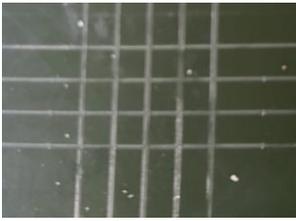
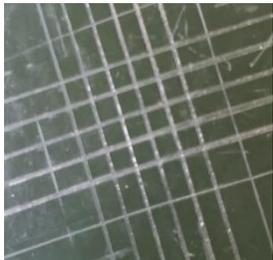
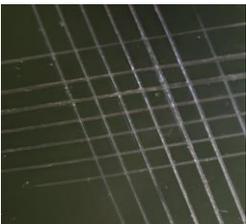
Anexo 1: Pruebas de adherencia

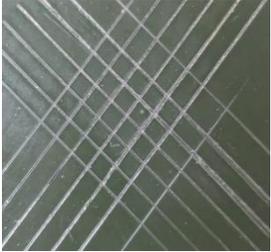
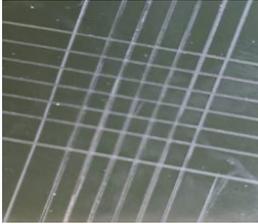
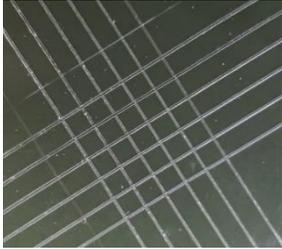
Comb.	Pintura	Prep. Superficial	Voltaje [kV]	Temp. Curado [°C]	Réplicas	Ensayos	% de adherencia	Probeta 1		Probeta 2	
1	Poliéster	Granallado	25	150	2	1	98% 95%	4B		4B	
2	Poliéster	Granallado	25	180	2	1	99% 96%	4B		4B	

3	Poliéster	Granallado	50	150	2	1	98% 96%	4B		4B	
4	Poliéster	Granallado	50	180	2	1	94% 91%	3B		3B	
5	Poliéster	Fosfatizado	25	150	2	1	99% 97%	4B		4B	

6	Poliéster	Fosfatizado	25	180	2	1	99% 96%	4B		4B	
7	Poliéster	Fosfatizado	50	150	2	1	98% 95%	4B		4B	
8	Poliéster	Fosfatizado	50	180	2	1	92% 90%	3B		3B	

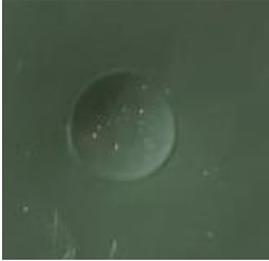
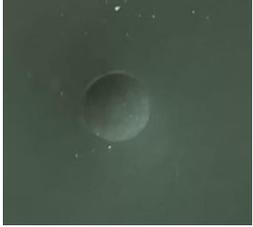
9	Epóxica	Granallado	25	150	2	1	97% 96%	4B		4B	
10	Epóxica	Granallado	25	180	2	1	98% 96%	4B		4B	
11	Epóxica	Granallado	50	150	2	1	96% 97%	4B		4B	

12	Epóxica	Granallado	50	180	2	1	99% 97%	4B		4B	
13	Epóxica	Fosfatizado	25	150	2	1	99% 96%	4B		4B	
14	Epóxica	Fosfatizado	25	180	2	1	95% 95%	3B		3B	

15	Epóxica	Fosfatizado	50	150	2	1	98% 96%	4B		4B	
16	Epóxica	Fosfatizado	50	180	2	1	95% 92%	3B		3B	

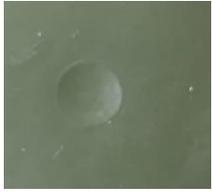
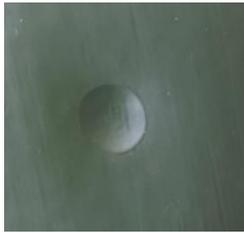
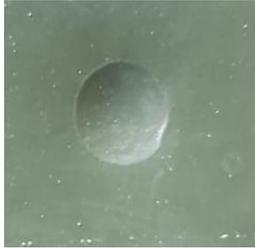
Anexo 2: Pruebas de impacto

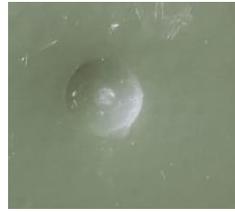
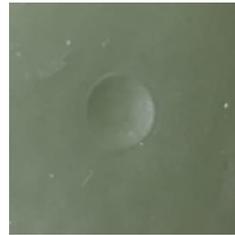
Comb.	Pintura	Prep. Superficial	Voltaje [kV]	Temp. Curado [°C]	Alturas de falla	Alturas de falla	Energía generada		Energía generada	
1	Poliéster	Granallado	25	150	0.13	0.15	5.1012		5.886	
2	Poliéster	Granallado	25	180	0.1	0.12	3.92		4.7008	

3	Poliéster	Granallado	50	150	0.14	0.135	5.493		5.2974	
4	Poliéster	Granallado	50	180	0.145	0.135	5.689		5.2974	
5	Poliéster	Fosfatizado	25	150	0.145	0.14	5.6898		5.4936	

6	Poliéster	Fosfatizado	25	180	0.13	0.135	5.1012		5.2974	
7	Poliéster	Fosfatizado	50	150	0.135	0.135	5.2974		5.4936	
8	Poliéster	Fosfatizado	50	180	0.145	0.14	5.6898		5.4936	

9	Epóxica	Granallado	25	150	0.13	0.14	5.1012		5.4936	
10	Epóxica	Granallado	25	180	0.135	0.14	5.2974		5.4936	
11	Epóxica	Granallado	50	150	0.145	0.145	5.6898		5.6898	

12	Epóxica	Granallado	50	180	0.14	0.13	5.4936		5.1012	
13	Epóxica	Fosfatizado	25	150	0.145	0.13	5.6898		5.1012	
14	Epóxica	Fosfatizado	25	180	0.145	0.145	5.6898		5.6898	

15	Epóxica	Fosfatizado	50	150	0.135	0.14	5.2974		5.4936	
16	Epóxica	Fosfatizado	50	180	0.135	0.14	5.2974		5.4936	

Anexo 3: Normas aplicadas



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 180437822020210623-ENS	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa/ Cliente: Mauricio Zamora	
Dirección: Cevallos, Ambato	
Num. De cédula/ RUC: 1804378220	Teléfono: +593979171791
E-mail: Mauro10Zaval10@gmail.com	

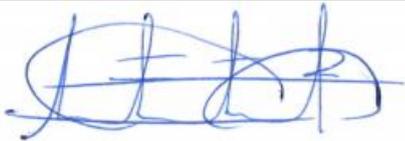
DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos
Designación del material Material metálico: Plancha de acero ASTM A36.
Métodos de ensayo: ASTM B117 - 19.- Práctica estándar para operar aparatos de niebla salina (niebla). ASTM D610 - 08 (2019) Práctica estándar para evaluar el grado de oxidación en superficies de acero pintadas. ASTM D714 - 02 (2017) Método de prueba estándar para evaluar el grado de formación de ampollas en las pinturas.

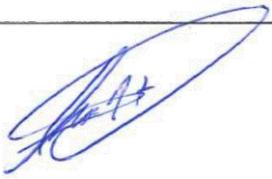
Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Tipo de pintura	Pintura	Preparación superficial	Voltaje	Temperatura de Curado (°C)	Probetas
1	P1	Polvo	Poliéster	Granallado	25	150	2
2	P2	Polvo	Poliéster	Granallado	25	180	2
3	P3	Polvo	Poliéster	Granallado	50	150	2
4	P4	Polvo	Poliéster	Granallado	50	180	2
5	P5	Polvo	Poliéster	Fosfatizado	25	150	2
6	P6	Polvo	Poliéster	Fosfatizado	25	180	2
7	P7	Polvo	Poliéster	Fosfatizado	50	150	2
8	P8	Polvo	Poliéster	Fosfatizado	50	180	2
9	P9	Polvo	Epóxica	Granallado	25	150	2
10	P10	Polvo	Epóxica	Granallado	25	180	2
11	P11	Polvo	Epóxica	Granallado	50	150	2
12	P12	Polvo	Epóxica	Granallado	50	180	2
13	P13	Polvo	Epóxica	Fosfatizado	25	150	2
14	P14	Polvo	Epóxica	Fosfatizado	25	180	2
15	P15	Polvo	Epóxica	Fosfatizado	50	150	2
16	P16	Polvo	Epóxica	Fosfatizado	50	180	2
Número de probetas sometidas a pintura							32



ENSAYO SOLICITADO			
N°	N° DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	P1.1	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
2	P2.2	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
3	P3.3	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
4	P4.4	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
5	P5.5	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
6	P6.6	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
7	P7.7	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
8	P8.8	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
9	P9.9	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
10	P10.10	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
11	P11.11	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
12	P12.12	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
13	P13.13	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
14	P14.14	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
15	P15.15	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021
16	P16.16	Cumple criterios dimensionales	21/6/2021

	
Elaborado por: Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Jorge Rodas B. MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC


Cliente





**LABORATORIO DE ENSAYOS CLIMÁTICOS Y TRATAMIENTOS
TÉRMICOS
REPORTE DE CONDICIONES DE ENSAYO DE CORROSIÓN
INFORME DE RESULTADOS N°: 180437822020210623-ENS**

DATOS INFORMATIVOS:

N° de proforma: "TT_2021_002.

Empresa/ Cliente: Mauricio Zamora

Núm. De cédula/ RUC: 1804378220

Dirección: Cevallos, Ambato

Teléfono: +593979171791

DATOS DEL ENSAYO

Lugar de ejecución del ensayo: Laboratorio de ensayos climáticos

Dirección del laboratorio: Ambato/Catigлата y Río de janeiro

Métodos de ensayo: ASTM B117 - 19.- Práctica estándar para operar aparatos de niebla salina (niebla).

Numero de probetas: 32

Designación del material: Material metálicos Plancha de acero ASTM A36

Número de horas de ensayo: 500 horas

Volumen de la solución: 250 litros

Caudal: 0,5 l/h

Cantidad de sal utilizada: 13,25 kg

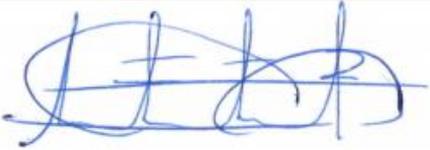
Equipo utilizado: Cámara de niebla salina

Modelo: SSC-400

Fecha de inicio del ensayo: 2021/06/22 **Fecha de finalización del ensayo:** 2021/07/12

El presente reporte corresponde a la verificación de los parámetros iniciales de ensayo y al monitoreo de las condiciones durante el transcurso de horas de desarrollo de la prueba.

Observaciones: Ninguna

	
Elaborado por:	Aprobado por:
Ing. Fernando Tibán R.	Ing. Jorge Rodas B. MEng.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC





Equipo Utilizado				
N°	Parámetro	Equipo	Modelo	Serie
1	Conductividad	Conductímetro	EC59	1313447
2	Temperatura de la solución recolectada	Medidor de PH/ORP	H19125	E0016479
3	Volumen de la solución recolectada	Fluviómetro	100 ml	-
4	Valor de PH de la solución recolectada	Medidor de PH/ORP	H19125	E0016479
5	Gravedad especifica de la solución recolectada	Refractómetro	MA887	31602519 91

Parámetros iniciales de ensayo					
N°	Item	Parámetro	Unidad	Valor requerido	Valor medido
1	Agua desmineralizada	Conductividad	us/cm	1.0-5.0	1
2		Solidos en suspensión	ppm	0	0
3	Solución salina	Valor pH	pH	<6.5	6.27
4		Temperatura	°C	23± 3	21.1
5		Gravedad Especifica	g/cm ³	5% a 23°C (1.031458)	1.032

Monitoreo de parámetros de ensayo						
Fecha	Hora	Temperatura de la cuba (°C)	Temperatura de la solución recolectada (°C)	Volumen de la solución recolectada (ml)	pH de solución recolectada	Gravedad especifica de la sol. Recolectada (S.G.)
22/6/2021	10:30	34.9	20.1	246	6.76	1.034
23/6/2021	10:30	35.1	21.1	246	6.81	1.034
24/6/2021	10:30	34.9	20.8	246	6.67	1.034
25/6/2021	10:30	35	21.3	247	6.59	1.034
26/6/2021	10:30	35	20	246	6.48	1.034
27/6/2021	10:30	34.9	20.9	246	6.81	1.034
28/6/2021	10:30	35	21	246	6.87	1.034
29/6/2021	10:30	35	21.3	247	6.98	1.033
30/6/2021	10:30	35	21.5	246	6.87	1.034
1/7/2021	10:30	34.9	21.4	246	6.81	1.034
2/2/2021	10:30	34.9	21	246	6.81	1.034
3/7/2021	10:30	35.1	20.9	246	6.69	1.034
4/7/2021	10:30	34.9	20.8	245	6.65	1.033
5/7/2021	10:30	35	20.5	246	6.64	1.034
6/7/2021	10:30	35	20	246	6.71	1.034
7/7/2021	10:30	35	21.4	246	6.72	1.034
8/7/2021	10:30	34.9	21	247	6.73	1.032
9/7/2021	10:30	35	20.9	246	6.75	1.034
10/7/2021	10:30	35.1	20.8	246	6.81	1.034
11/7/2021	10:30	34.9	21	246	6.59	1.034
12/7/2021	10:30	35	20.9	246	6.61	1.034



**LABORATORIO DE ENSAYOS CLIMÁTICOS Y
TRATAMIENTOS TÉRMICOS
ENSAYO DE NIEBLA SALINA NEUTRA**

INFORME DE RESULTADOS N°: 180437822020210623-ENS

DATOS GENERALES

DATOS INFORMATIVOS:

N° de proforma: TT_2021_002.

Empresa/Cliente: Mauricio Zamora.

RUC/C.I.: 1804378220.

Teléfono: +593979171791.

Dirección: Cevallos, Ambato.

Correo: mauro10zaval10@gmail.com.

DATOS DEL ENSAYO:

Lugar de Ejecución de Ensayo: Laboratorio de Tratamientos térmicos y ensayos climáticos.

Dirección del Laboratorio: Ambato/Catiglata. Toronto y Río de Janeiro.

Método de ensayo:

ASTM B117 - 19.- Práctica estándar para operar aparatos de niebla salina (niebla).

ASTM D610 -08 (2019) Práctica estándar para evaluar el grado de oxidación en superficies de acero pintadas.

ASTM D714 - 02 (2017) Método de prueba estándar para evaluar el grado de formación de ampollas en las pinturas.

Especificación del producto: Material metálico: Plancha de Acero ASTM A36.

Evaluación de la conformidad: Recubrimiento de pintura sobre el acero.

Equipo utilizado: Cámara de niebla salina **Modelo:** SSC-400

N° de fabricación:3477/14

Colocación de las probetas: Las probetas se colocaron en el interior de la cámara de ensayo en una posición tal que mantienen un ángulo entre 15° y 30° respecto a la vertical.

Duración del ensayo: 500 horas

Cloruro de sodio: (5 ± 1) partes de masa **Agua destilada:** 95 partes de masa

Fecha de evaluación de resultados: 2021/07/12.

Método de evaluación: Estimación de porcentaje de superficie oxidada utilizando técnica visual (5.3 de norma ASTM D610).

Fecha Inicio de Ensayo: 2021/06/22. **Fecha Finalización de Ensayo:** 2021/07/12.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en *materiales metálicos con recubrimiento de pintura*. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Ensayos climáticos y tratamientos térmicos del CFPMC del H. Gobierno Provincial de Tungurahua.

Observaciones: Las condiciones iniciales y durante el transcurso del ensayo de corrosión se encuentran reportadas en **R-180437822020210623-ENS**.





Elaborado por:	Aprobado por:
Ing. Fernando Tibán R.	Ing. Jorge Rodas B. MEng.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 22 de julio de 2021.

Nº. Factura: 001-002-000011176.





OBJETOS DE ENSAYO

N°	Identificación del grupo	Tipo de pintura	Pintura	Preparación superficial	Voltaje	Temperatura Curado (°C)	Probetas
1	P1	Polvo	Poliéster	Granallado	25	150	2
2	P2	Polvo	Poliéster	Granallado	25	180	2
3	P3	Polvo	Poliéster	Granallado	50	150	2
4	P4	Polvo	Poliéster	Granallado	50	180	2
5	P5	Polvo	Poliéster	Fosfatizado	25	150	2
6	P6	Polvo	Poliéster	Fosfatizado	25	180	2
7	P7	Polvo	Poliéster	Fosfatizado	50	150	2
8	P8	Polvo	Poliéster	Fosfatizado	50	180	2
9	P9	Polvo	Epóxica	Granallado	25	150	2
10	P10	Polvo	Epóxica	Granallado	25	180	2
11	P11	Polvo	Epóxica	Granallado	50	150	2
12	P12	Polvo	Epóxica	Granallado	50	180	2
13	P13	Polvo	Epóxica	Fosfatizado	25	150	2
14	P14	Polvo	Epóxica	Fosfatizado	25	180	2
15	P15	Polvo	Epóxica	Fosfatizado	50	150	2
16	P16	Polvo	Epóxica	Fosfatizado	50	180	2
Número de probetas sometidas a tratamiento térmico							32



Especificaciones Técnicas

Cloruro de sodio	
Ensayo	99,5 - 100,5 %
Bario	Para pasar la prueba (límite alrededor de 0.001%)
Bromuro	Max 0,005%
Calcio	Max 0.002%
Clorato y nitrato	Max 0.003%
Metales pesados (como Pb)	Max 0.0005%
Materia insoluble	Max 0,005%
Yoduro	Max 0.001%
Hierro	Max 0.0002%
Magnesio	Max 0.001%
pH de una solución al 5% a 25 °C	5,0-8,0
Fosfato (PO4)	Max 0.0005%
Potasio	Max 0.005%
Sulfato (SO4)	Max 0.001%
Arsénico	Max 0.00004%
Cobre	Max 0.0002%
Agua destilada (NTE INEN 1545)	
Dureza	Max. 0.80 ppm
Alcalinidad Total	Max. 2.00 ppm
STD	0.00 ppm
pH	6-6.5
Conductividad	Max 4.00 ps/cm
Sílice	Max. 5.00 ppm
Sabor Color	Excento

Descripción de parámetros de evaluación (ASTM D610)

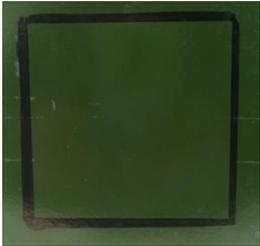
S=Manchas de óxido G=Oxidación general P=Oxidación precisa

- 10** Menor o igual al 0,01 por ciento.
- 9** Mayor al 0,01 por ciento hasta 0,03 por ciento.
- 8** Mayor al 0,03 por ciento hasta 0,1 por ciento.
- 7** Mayor al 0,1 por ciento hasta 0,3 por ciento.
- 6** Mayor al 0,3 por ciento hasta 1,0 por ciento.
- 5** Mayor al 1,0 por ciento hasta 3,0 por ciento.
- 4** Mayor al 3,0 por ciento hasta 10,0 por ciento.
- 3** Mayor al 10,0 por ciento hasta 16,0 por ciento.
- 2** Mayor al 16,0 por ciento hasta 33,0 por ciento.
- 1** Mayor al 33,0 por ciento hasta 50,0 por ciento.
- 0** Mayor al 50 por ciento.

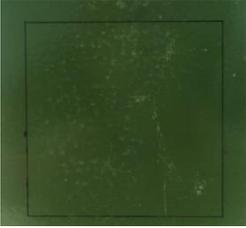
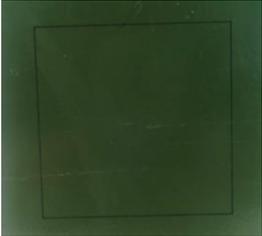
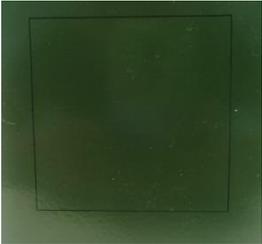


Resultados de evaluación:

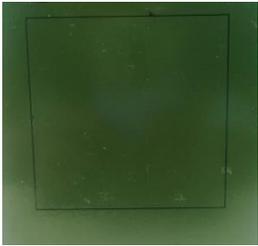
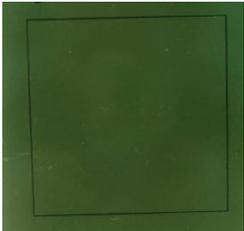
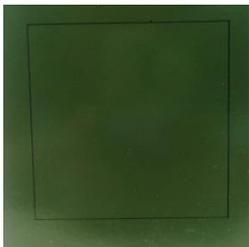
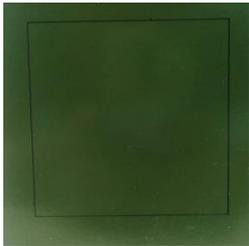
Método:	ASTM D610 / ASTM D714	Tipo de ensayo:	Cualitativo
Material:	ASTM A36	Período de tiempo:	500 HORAS
Tipo de pintura:	Electroestática, Polvo		

TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H - P1		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H - P1.1		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H - P2		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento



TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H - P2.2		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H - P3		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H - P3.3		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H - P4		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento

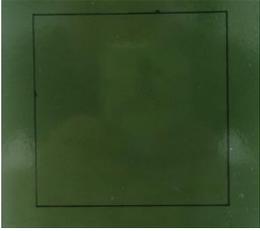
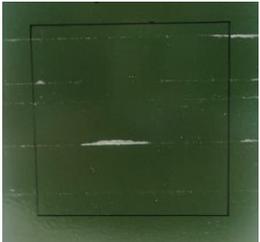
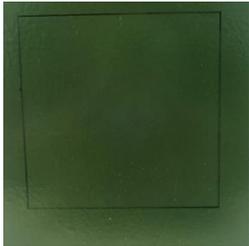


TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P4.4		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P5		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P5.5		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P6		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento

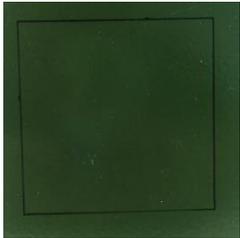
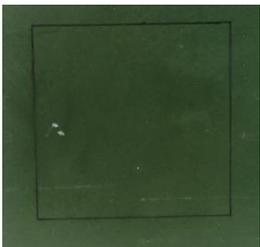
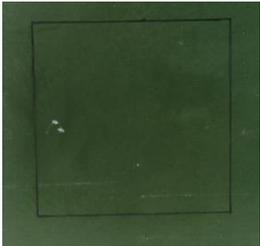


TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P6.6		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P7		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P7.7		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P8		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento



TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P8.8		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P9		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P9.9		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P10		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento

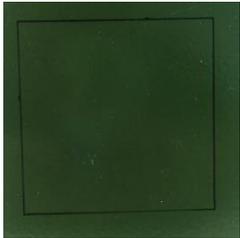
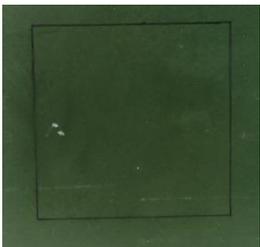
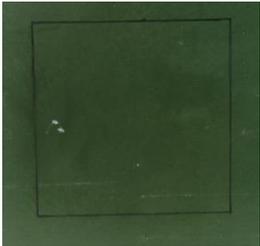


TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P10.10		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P11		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P11.11		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P12		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento



TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P10.10		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P11		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P11.11		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P12		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento

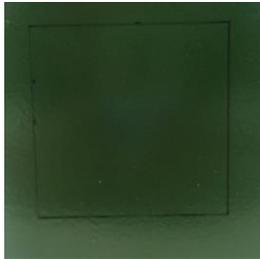


TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P12.12		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P13		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P13.13		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P14		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento



TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P14.14		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P15		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P15.15		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento
500 H – P16		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento



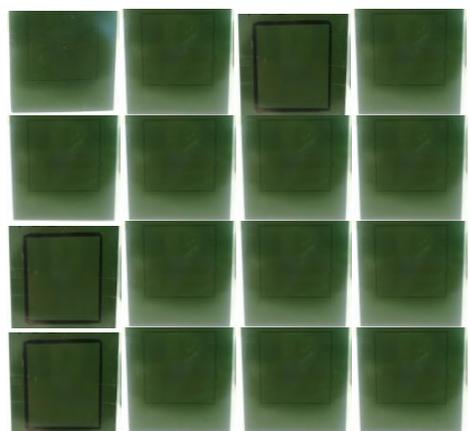
TIEMPO DE EXPOSICIÓN / NUM. PROBETA	IMAGEN DE PROBETA REPRESENTATIVA	ESCALA Y DESCRIPCIÓN			RESULTADO	
		%	VISUAL	GRADO	ASTM D610	ASTM D714
500 H – P16.116		0	-	10	10 ; 0 %	No se observa ampollamiento

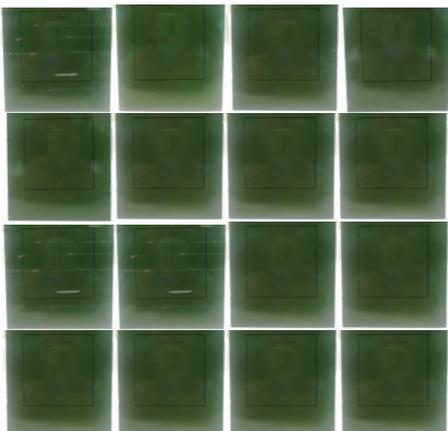
-----FIN DE INFORME-----

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

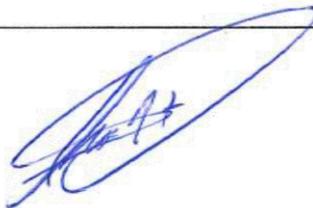
Informe N°: 180437822020210623-ENS	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa /Cliente: Mauricio Zamora.	
Dirección: Cevallos, Ambato.	
Núm. de cédula / RUC: 1804378220.	Teléfono: +593979171791.
E-mail: mauro10zaval10@gmail.com	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos.
Designación del material: Material metálico: Plancha de Acero ASTM A36.
Método de ensayo: ASTM B117 - 19.- Práctica estándar para operar aparatos de niebla salina (niebla). ASTM D610 -08 (2019) Práctica estándar para evaluar el grado de oxidación en superficies de acero pintadas. ASTM D714 - 02 (2017) Método de prueba estándar para evaluar el grado de formación de ampollas en las pinturas.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	P1.1	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
2	P2.2	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
3	P3.3	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
4	P4.4	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
5	P5.5	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
6	P6.6	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
7	P7.7	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
8	P8.8	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
9	P9.9	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
10	P10.10	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
11	P11.11	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
12	P12.12	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
13	P13.13	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
14	P14.14	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
15	P15.15	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	
16	P16.16	2021/06/21	2021/07/16	Cliente	Se entrega al cliente	

Todas las muestras de los grupos ensayados por acuerdo se entregan al cliente, el CFPMC no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las mismas, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

		
Elaborado por: Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Jorge Rodas B. MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Cliente
		



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1 002:98
Primera revisión

PINTURAS Y PRODUCTOS AFINES. DETERMINACIÓN DE LA FLEXIBILIDAD MEDIANTE MANDRILES CÓNICOS.

Primera Edición

PAINTS AND RELATED PRODUCTS. DETERMINATION OF FLEXIBILITY BY MEANS OF CONIC MANDREL.

First Edition

DESCRIPTORES: Pinturas, productos afines, recubrimientos, método de ensayo, flexibilidad.
QU 04.05-303
CDU: 667.613
CIU: 3521
ICS: 87.040

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	PINTURAS Y PRODUCTOS AFINES. DETERMINACIÓN DE LA FLEXIBILIDAD MEDIANTE MANDRILES CÓNICOS.	NTE INEN 1 002:98 Primera revisión 1998-05
---	--	---

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método para determinar la flexibilidad y elasticidad de una película de pintura seca aplicada sobre un panel de ensayo que se somete a doblado sobre mandriles cónicos. El ensayo de flexibilidad de pinturas sobre mandril se practica según dos métodos.

- a) Doblado alrededor de mandriles cilíndricos de distintos diámetros.
- b) Doblado alrededor de mandril cónico con radio de curva progresivo.

2. MÉTODO DE ENSAYO

2.1 Resumen.

2.1.1 Preparar un panel con la pintura que debe ensayarse. Colocar en el aparato de mandriles cónicos y proceder a doblarlos.

2.2 Equipos

2.2.1 Mandril cónico con radio de curvatura progresivo. Consiste en un cono truncado, rectificado y de acero. Tiene 203 mm de longitud con un diámetro de 3 mm en un extremo y 38 mm de diámetro en el otro. Está sujeto con un soporte montado sobre una placa de base maciza de acero. Esta placa tiene cuatro agujeros para atornillar el aparato a la mesa de trabajo. A un costado del mandril paralelo a la generatriz del cono se encuentra el dispositivo de sujeción de las chapas de ensayo que se compone de una placa con tuercas de mariposa y un tope. El arco doblador, con palanca de mano y presa paneles, está sujeto en el eje del cono.

2.2.2 Se utilizan láminas de acero cuyas dimensiones son de aproximadamente 190 mm x 115 mm x 0,8 mm o 290 mm x 115 mm x 0,8 mm. El espesor de la película seca en una de las caras del panel puede ser de 25,4 µm o a convenirse entre las partes.

2.3 Procedimiento

2.3.1 La determinación debe realizarse por duplicado

2.3.2 El recubrimiento aplicado sobre el panel debe tener un espesor uniforme y estar curado.

2.3.3 Colocar el rodillo del aparato de modo que el mango del mismo se ubique frente al operador en una posición horizontal.

2.3.4 Colocar el panel con la superficie pintada hacia afuera en el canal del aparato, insertar un papel entre la superficie pintada y el rodillo del aparato.

2.3.5 Ajustar el panel mediante las tuercas tipo mariposa de modo que el borde del panel esté alineado con el extremo más delgado del mandril cónico.

2.3.6 Levantar el mango del rodillo a una velocidad uniforme, girar 180° a fin de doblar el panel aproximadamente 135°, en un tiempo de 15 segundos.

(Continúa)

DESCRIPTORES: pinturas, productos afines, recubrimientos, método de ensayo, flexibilidad.

2.3.7 Examinar la superficie doblada del panel a simple vista y observar si se encuentran rajaduras en la superficie recubierta.

2.3.8 Determinar y señalar, la rajadura más alejada del extremo pequeño del mandril, indicando la distancia en centímetros a dicho extremo. Esta distancia es usada para calcular la flexibilidad.

2.3.9 Para retirar el panel, retornar el mango del rodillo a su posición inicial, aflojar las tuercas y levantar el panel del mandril cónico.

2.4 Cálculos

2.4.1 Determinar la flexibilidad del acabado desde las coordenadas de la curva indicada en la figura 1. Esta curva representa la relación entre el porcentaje de flexibilidad y el diámetro del mandril cónico para un espesor de 25 µm de recubrimiento. La relación entre la distancia a lo largo del mandril cónico y el correspondiente diámetro ha sido también trazada en esta curva.

2.4.2 Ajustar el valor obtenido del porcentaje de flexibilidad de la figura 1 para el espesor del recubrimiento añadiendo el factor de corrección obtenido de la figura 2.

2.4.3 Ejemplo: Suponga que la distancia entre el extremo pequeño del mandril y la rajadura más alejada de este extremo es de 75 mm. En la figura 1, determine el porcentaje de flexibilidad para esta distancia, siendo en este ejemplo 5,2 %. Para corregir el valor obtenido debido al espesor del recubrimiento utilice la figura 2. Para la distancia de 75 mm la corrección por 25 µm de espesor de recubrimiento es 0,3 %. Si en el ejemplo el espesor es de 50 mm, el porcentaje de flexibilidad es de $5,2 + (2 \times 0,3) = 5,8$ %.

2.5 Informe de resultados

2.5.1 En el informe de resultados debe indicarse:

2.5.1.1 El valor de flexibilidad como porcentaje con aproximación de una cifra decimal.

2.5.1.2 Tipo, número de la muestra o cualquier otra indicación que la identifique.

2.5.1.3 NTE INEN de referencia.

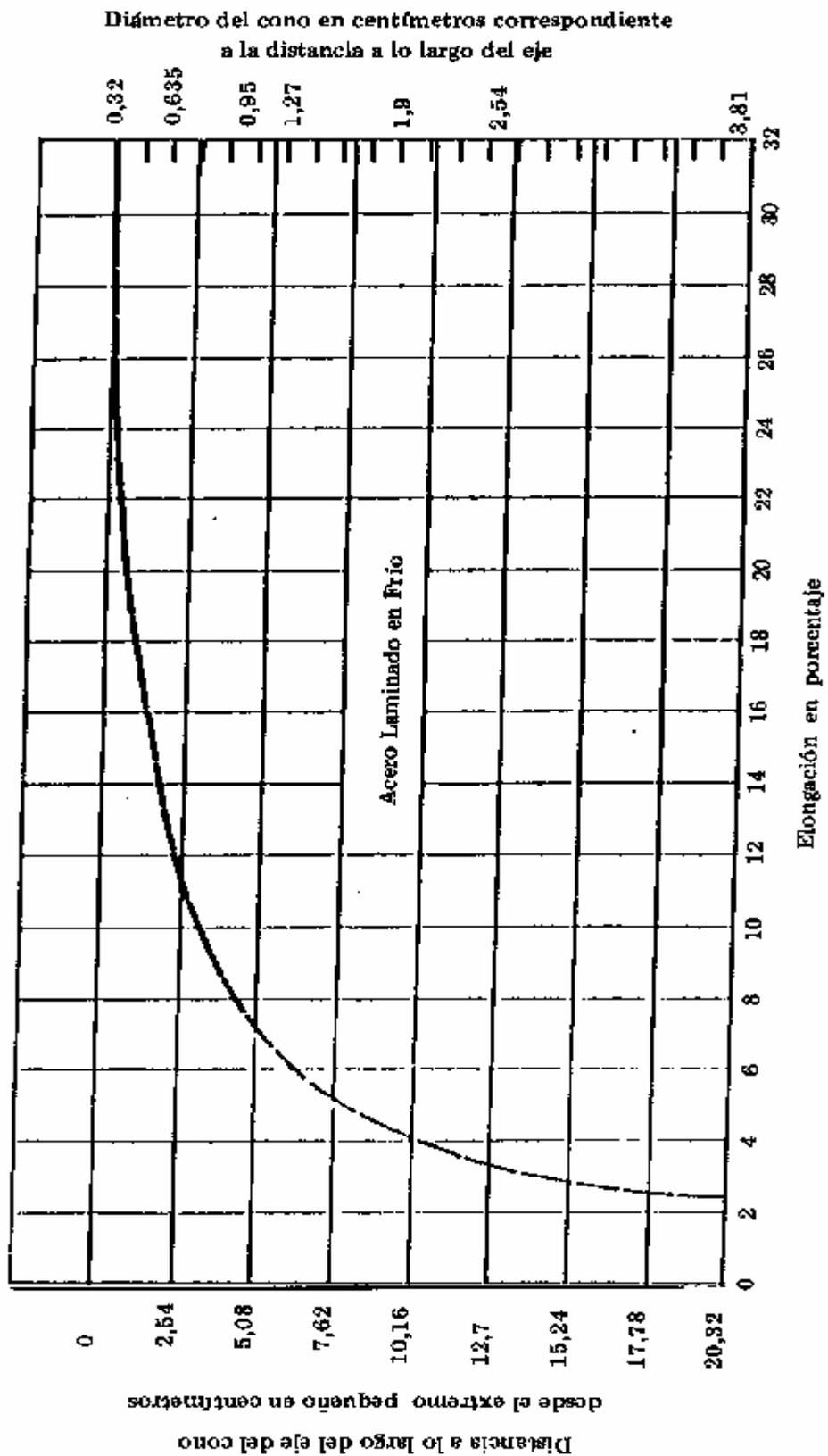
2.5.1.4 Fecha de muestreo y ensayo.

2.5.1.5 Debe mencionarse, además cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

2.5.1.6 Deben incluirse todos los detalles para la completa identificación de la muestra.

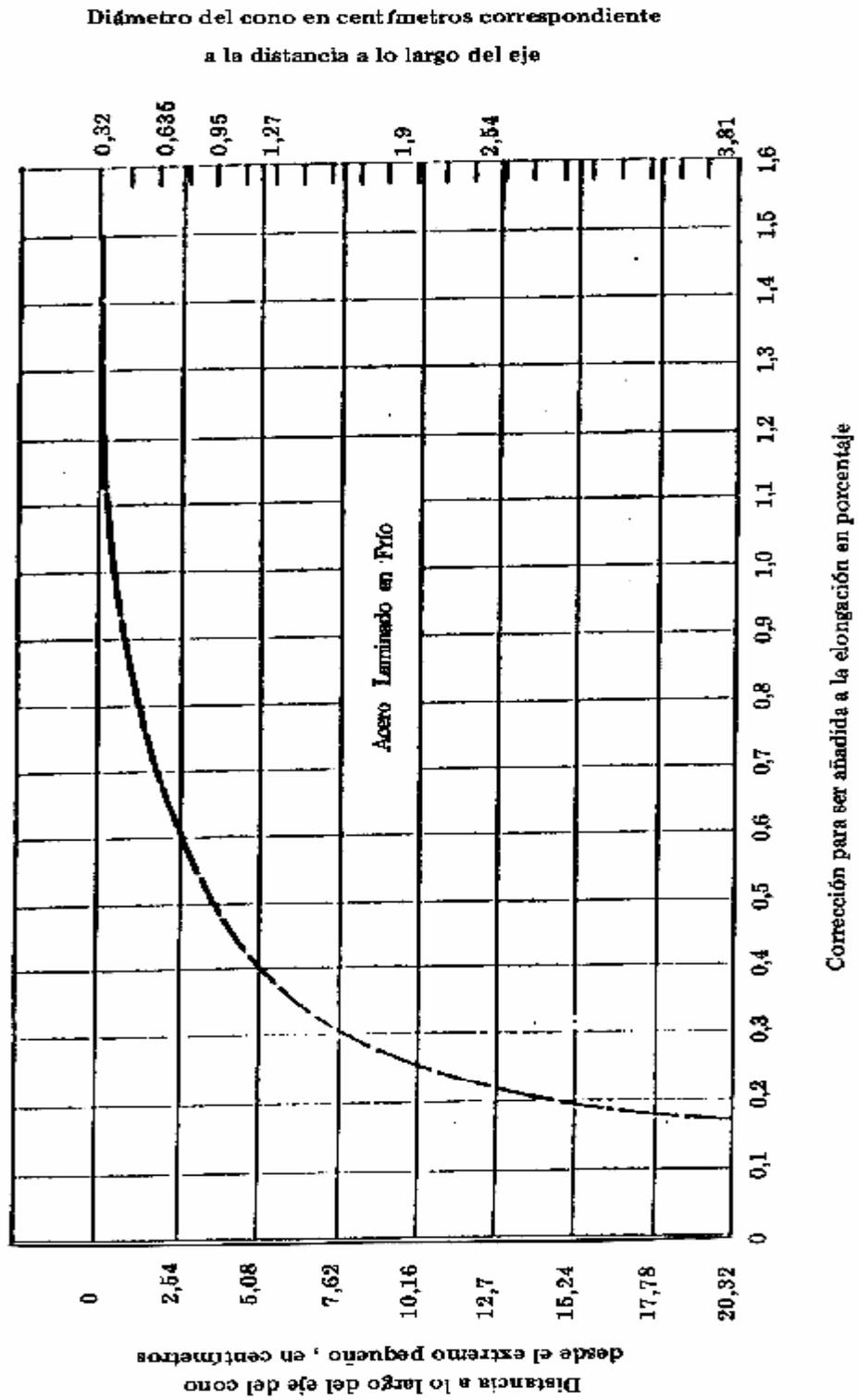
(Continúa)

FIGURA 1. Distancia a lo largo del cono y tamaño del mandril correspondiente versus el porcentaje de elongación



(Continúa)

FIGURA 2. Corrección para espesor de la película



(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Esta norma no requiere de otras para su aplicación.

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma ASTM D 522 Standard *Test Method Mandrel Bend Test of Attached Organic Coatings*. American Society for Testing and Materials, Philadelphia. 1 995.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 1 002 Primera revisión	TÍTULO: PINTURAS Y PRODUCTOS AFINES. DETERMINACIÓN DE LA FLEXIBILIDAD MEDIANTE MANDRILES CÓNICOS.	Código: QU 04.05-303
---	--	---------------------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 1983-04-21 Oficialización por Acuerdo No. 599 de 1983-12-08 publicado en el Registro oficial No. 650 De 1983-12-29 Fecha de iniciación del estudio: 1995-01-16
--	--

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: PINTURAS
 Fecha de iniciación: 1995-04-06
 Integrantes del Subcomité Técnico: _____ Fecha de aprobación: 1995-04-06

NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:
Ing. Alberto Corredor (Presidente)	PINTURAS UNIDAS
Ing. Edison Bohórquez	PINTURAS CÓNDOR
Ing. Marco Rosales	PINTURAS CÓNDOR
Dra. Ana Lucía Toro	PINTURAS CÓNDOR
Dr. Byron Cajas	PINTURAS CÓNDOR
Ing. Hugo Salazar	PINTURAS WESCO
Ing. Héctor Benítez	PINTURAS SHERWIN WILLIAMS
Quim. Ind. Juan Méndez	PINTURAS SUPERIOR
Ing. Samuel Sánchez	PINTUQUIMICA
Ing. Juan Elizalde	PINTURAS ECUATORIANAS GLIDDEN
Ing. Rocío Ampuero	PINTURAS HEMPEL
Ing. Luis Espín	DELTA QUÍMICOS
Ing. María Betancourt	ULTRAQUIMICA
Ing. María Jarrín	ULTRAQUIMICA
Dr. Luis Guevara	ESPOCH
Dr. Rodrigo Páez	CHOVA DEL ECUADOR S. A.
Ing. Franklin Bayas	CHOVA DEL ECUADOR S. A.
Ing. Trajano Ramírez	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
Ing. Pedro Villacís	INGENIERÍA QUÍMICA - U. CENTRAL
Ing. César Alvarado	INGENIERÍA QUÍMICA - U. CENTRAL
Dr. Washington Núñez	CIENCIAS QUÍMICAS - U. CENTRAL
Arq. Fernando Bajaña	IESS
Eco. Edwin Fierro	MICIP
Ing. Rodrigo Rodríguez	MICIP
Ing. Milton Avilés	MICIP
Ing. Rosa Yépez	CENDES
Ing. Rita Nenger	CENAPIA
Ing. César Jara (Secretario Técnico)	INEN

Otros trámites:

CARÁCTER: Se recomienda su aprobación como: OBLIGATORIA

Aprobación por Consejo Directivo en sesión de 1998-03-18 como: Voluntaria	Oficializada como: Voluntaria Por Acuerdo Ministerial No. 255 De 1998-05-15 Registro Oficial No. 325 De 1998-05-26
--	--



Quito – Ecuador

NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA

NTE INEN 1006
Segunda revisión

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

PAINTS VARNISHES AND RELATED PRODUCTS. DETERMINATION OF ADHESION BY TAPE TEST

Correspondencia:

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

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

Esta norma establece dos métodos (método A - corte en "X" y método B - cuadrícula) para determinar la adherencia de películas de pinturas, barnices y productos afines aplicados sobre paneles metálicos o superficies recomendadas, mediante la aplicación y remoción de una cinta sensible a la presión, sobre cortes realizados en la película.

2 REFERENCIAS NORMATIVAS

Esta norma no requiere de otras para su aplicación

3 MÉTODOS DE ENSAYO

3.1 Método A corte en "X"

Este método es recomendable para ensayos en campo, sin dejar de mencionar que puede ser utilizado en laboratorio, para películas secas de espesor mayores a 125 μm . Consiste en realizar un corte en X atravesando la película de pintura, barnices y productos afines hasta llegar al sustrato, se aplica una cinta adhesiva sobre el corte para luego ser removida, la adhesión será evaluada en una escala de 0 a 5.

3.1.1 Equipo

3.1.1.1 Escalpelo, cuchillo u otra herramienta de corte, es importante que los filos de la herramienta cortante esté en buenas condiciones.

3.1.1.2 Guía de corte, de metal duro y bordes rectos para asegurar un corte lineal.

3.1.1.3 Cinta adhesiva de 25 mm de ancho semi transparente sensible a la presión. (Ver nota)

3.1.1.4 Borrador de goma.

3.1.1.5 Fuente de luz. Útil para determinar si los cortes han sido hechos a través de la película seca hasta el sustrato.

3.1.1.6 Cronometro Apreciación ± 1 s

3.1.1.7 Sustrato metálico o madera, plásticos, fibrocemento, concreto y vidrio recomendados de acuerdo al tipo de pintura.

3.1.1.8 Regla graduada

NOTA: La cinta PA-280630 (51596) manufacturada por Interpolymer Group es una alternativa para efectuar este ensayo. El Servicio Ecuatoriano de Normalización se deslinda de cualquier relación u interés con la empresa mencionada.

3.1.2 Procedimiento

3.1.2.1 Seleccionar en el sustrato un área libre de defectos e imperfecciones. La superficie debe estar limpia y seca. Condiciones extremas de temperatura o humedad relativa pueden afectar la adherencia de la cinta o el recubrimiento. Para muestras que han sido sometidas a inmersión, después de la inmersión limpiar la superficie con un solvente apropiado que no dañe la película de pintura, barnices y productos afines, luego dejar secar o preparar la superficie o ambos si lo requiere.

3.1.2.2 Colocar el sustrato aplicado sobre una base firme y hacer dos cortes en la película seca de pintura, barnices y productos afines, de aproximadamente 40 mm de largo cada uno, que intersectan cerca de sus mitades con un ángulo comprendido entre 30 y 45°. Cuando se hagan las incisiones se

debe usar una guía de corte y atravesar la película hasta llegar al sustrato con un movimiento firme.

3.1.2.3 Inspeccionar las incisiones bajo la fuente de luz el sustrato para establecer que la película de pintura ha sido penetrada. Si el sustrato no ha sido alcanzado se repite el procedimiento en un lugar diferente. No se debe profundizar un corte previo porque esto puede afectar la adherencia a lo largo de la incisión.

3.1.2.4 Cortar un pedazo de cinta adhesiva de aproximadamente 75 mm de largo

NOTA: tener precaución de no contaminar el área que contiene el adhesivo de la cinta que será utilizada en el ensayo

3.1.2.5 Colocar el centro de la cinta sobre la intersección del corte y sus alrededores, a lo largo de los ángulos más pequeños del corte, dejando un extremo libre, después alisarla con el dedo, luego frotar firmemente con el borrador de goma para lograr un buen contacto, un indicador del buen contacto es el cambio de color bajo la cinta.

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

3.1.2.7 Inspeccionar la remoción de pintura en el área del corte en X.

3.1.2.8 Clasificar la adherencia de acuerdo a la escala que se indica en la tabla 1

TABLA 1. Clasificación de la adherencia.

Clasificación	Criterio
5 A	No existe desprendimiento de la película o peladuras
4 A	Trazas de peladuras o desprendimiento a lo largo de las incisiones o su intersección
3 A	Desprendimiento dentado a lo largo de las incisiones de hasta 1,6 mm a cada lado
2 A	Cuando la mayor parte del desprendimiento dentado a lo largo de las incisiones es de hasta 3,2 mm a cada lado
1 A	Desprendimiento de la mayor parte del área de la X cubierta por la cinta
0 A	Desprendimiento fuera del área de la X

3.1.2.9 Repetir el ensayo en otras dos áreas del sustrato de prueba. Para estructuras grandes hacer suficientes cortes para asegurar que la evaluación de la adherencia sea representativa de toda la superficie.

3.1.2.10 Después de varios cortes, examinar el instrumento de corte y verificar que el borde cortante se encuentre en buenas condiciones. Los aparatos de corte que presenten irregularidades u otros defectos que dañan la película deben ser reemplazados.

3.1.3 Errores de método

Los siguientes criterios deben ser usados para evaluar la aceptabilidad de los resultados con un nivel de confianza del 95%. Cuando se efectuó la prueba en sustratos metálicos.

3.1.3.1 Repetibilidad. Los resultados obtenidos por el mismo operador deben ser considerados dudosos si difieren en más de un rango.

3.1.3.2 Reproducibilidad. Dos resultados obtenidos del promedio del triplicado por diferentes operadores deben ser considerados dudosos si difieren en más de 1,5 rangos

3.1.4 Informe de resultados.

En el informe de resultados debe indicarse:

- a) Identificación completa de la muestra,
- b) Fecha de realización de ensayo,
- c) Identificación del analista,
- d) Norma de referencia,
- e) Reportar el número de evaluaciones, su promedio redondeado y su rango,
- f) Para sistemas de pintura, barnices y productos afines además reportar dónde ha ocurrido la falla, esto es, entre la primera capa y el sustrato, entre la primera y segunda capa, etc,
- g) Reportar el tipo de sustrato, método de curado y las condiciones ambientales en el momento del ensayo,
- h) Para ensayos de campo reportar la estructura u objeto evaluado, la localización y las condiciones ambientales en el momento de la evaluación,
- i) Si el ensayo es realizado después de inmersión, reportar las condiciones de inmersión y el método de preparación de la muestra,
- j) Debe mencionarse además cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

3.2 Método B de la cuadrícula

Este método de ensayo es apropiado para laboratorio y es recomendado para películas secas de espesor menores a 125 μm , se traza una cuadrícula de 6 u 11 cortes en cada dirección atravesando la película de pintura, barnices y productos afines hasta llegar al sustrato, se aplica una cinta adhesiva sobre el corte para luego ser removida, la adhesión será evaluada en una escala de 0 a 5.

NOTA: Usar el método B para espesores mayores a 125 micrones, de común acuerdo entre el consumidor y el proveedor, ampliando el espaciamiento entre los cortes.

Para recubrimientos que tengan hasta 50 micrómetros de espesor seco, realizar 11 cortes espaciados a 1 mm. Para recubrimientos con un espesor seco entre 50 micrómetros y 125 micrómetros, hacer 6 cortes espaciados 2 mm. Los cortes deben ser de aproximadamente 20 mm de largo.

3.2.1 Equipos

- 3.2.1.1 Escarpelo, aparato de corte de una cuchilla o con cuchilla de dientes múltiples para corte cruzado (con 6 u 11 dientes), con filos cortantes en un ángulo entre 15° a 30°.
- 3.2.1.2 Guía de corte, de metal duro y de bordes rectos para asegurar un corte lineal si se utiliza una cuchilla.
- 3.2.1.3 Regla graduada.
- 3.2.1.4 Cinta adhesiva de 25,4 mm de ancho semitransparente sensible a la presión (ver nota 1).
- 3.2.1.5 Borrador de goma.
- 3.2.1.6 Una fuente de luz útil para determinar si los cortes han sido hechos a través de la película seca hasta el sustrato.
- 3.2.1.7 Cepillo de cerdas plásticas.
- 3.2.1.8 Sustrato metálico o madera, plásticos, fibrocemento, concreto y vidrio recomendados de acuerdo al tipo de pintura.
- 3.2.1.9 Cronometro Apreciación ± 1 s

3.2.2 Procedimiento

3.2.2.1 Asegurar que la superficie esté limpia y seca (valores extremos de temperatura y humedad relativa pueden afectar la adherencia de la cinta). Para muestras que han sido sometidas a inmersión, después de la inmersión limpiar la superficie con un solvente apropiado que no dañe la película de recubrimiento, luego dejar secar, preparar la superficie, o ambos si lo requiere

3.2.2.2 Colocar el sustrato sobre una base firme y hacer cortes cruzados usando el aparato de corte de una cuchilla o la cuchilla de dientes múltiples. Hacer los cortes en el recubrimiento con un movimiento firme y presión suficiente para que el borde cortante alcance el sustrato.

3.2.2.3 Realizar cortes perpendiculares a los realizados previamente en la parte central para formar la cuadrícula con la cuchilla correspondiente.

3.2.2.4 Proceder a limpiar con el cepillo el área de los cortes para remover cualquier residuo de recubrimiento levantado. Si el sustrato no ha sido alcanzado, hacer otro corte igual en otra área hasta alcanzar el sustrato.

3.2.2.5 Cortar un pedazo de cinta de adherencia de aproximadamente 75 mm de largo (Ver Nota 2).

3.2.2.6 Colocar el centro de la cinta sobre la rejilla formada por el corte y sus alrededores, dejando un extremo libre, después alisarla con el dedo. Luego frotar firmemente con el borrador de goma para lograr un buen contacto.

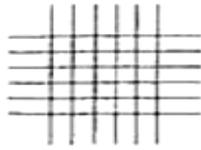
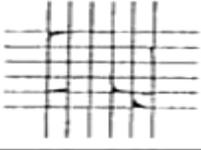
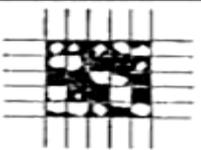
3.2.2.7 Esperar un tiempo de $90 \text{ s} \pm 30 \text{ s}$ después de la aplicación y retirar la cinta de la superficie halando rápidamente del extremo libre formando un ángulo de aproximadamente 180° .

3.2.2.8 Inspeccionar bajo la fuente de luz, el área de la rejilla para comprobar si hay remoción del recubrimiento, comparando la cuadrícula resultante con las que se indican en la figura 1, seleccionar la más parecida y evaluar la adherencia.

Tabla 2. Cuadro para evaluación

5B	Los bordes de los cortes son completamente lisos; ninguno de los cuadros de la cuadrícula han sido desprendidos.
4B	Pequeñas secciones del recubrimiento han sido desprendidas en las intersecciones; menos del 5% del área está afectada.
3B	Pequeñas secciones de recubrimiento han sido desprendidas a lo largo del borde y las intersecciones del corte. El área afectada se encuentra entre el 5% - 15% de la cuadrícula.
2B	El recubrimiento fue desprendido a lo largo del borde y en parte de los cuadrados. El área afectada es entre 15% - 35% de la cuadrícula
1B	El recubrimiento fue desprendido a lo largo de los bordes de corte, largos segmentos y cuadrados completos han sido desprendidos. El área afectada es entre 35% – 65% de la cuadrícula.
0B	Desprendimiento y deterioro mayor que el grado 1B.

FIGURA 1. Cuadro de comparación de corte en cruz

CLASIFICACIÓN	% de Area Removida	Superficie del área de corte –cruz desde la cual ha ocurrido la descamación para 6 cortes y rango de % de adhesión.
5B	0% Ninguno	
4B	Menos que 5%	
3B	5% - 15%	
2B	15% - 35%	
1B	35% - 65%	
0B	Mas que 65%	

3.2.2.9 Repetir el ensayo en otros dos sitios de cada panel de prueba.

3.2.3 Errores de método

Los siguientes criterios deben ser usados para evaluar la aceptabilidad de los resultados con un nivel de confianza del 95%. Cuando se efectuó la prueba en sustratos metálicos.

3.2.3.1 Repetibilidad. Los resultados obtenidos por el mismo operador deben ser considerados dudosos si difieren en más de un rango

3.2.3.2 Reproducibilidad. Dos resultados obtenidos por diferentes operadores deben ser considerados dudosos si difieren en más de dos rangos

3.2.4 Informe de resultados

En el informe de resultados debe indicarse:

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

- c) identificación del analista,
- d) norma de referencia,
- e) reportar el número de evaluaciones, su promedio redondeado y su rango. la adherencia es igual al 100% menos el porcentaje de desprendimiento:

$$\text{Rango de \% adherencia} = 100\% - \text{rango de \% desprendimiento.} \quad (1)$$

- f) para sistemas de recubrimientos además reportar dónde ha ocurrido la falla, esto es, entre la primera capa y el sustrato, entre la primera y segunda capa, etc,
- g) reportar el tipo de sustrato, método de curado y las condiciones ambientales en el momento del ensayo,
- h) para ensayos de campo reportar la estructura u objeto evaluado, la localización y las condiciones ambientales en el momento de la evaluación,
- i) si el ensayo es realizado después de inmersión, reportar las condiciones de inmersión y el método de preparación de la muestra,
- j) debe mencionarse además cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

PROYECTO

BIBLIOGRAFÍA

ASTM D 3359: 2009. *Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test. Estados Unidos de America 2009*

PROYECTO

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

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

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 20/02/2015	REVISIÓN: 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: 2017-01-26

Fecha de aprobación: 2017-01-26

Integrantes del Comité:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Sabrina Romero (Presidente Ocasional)	PINTURAS CÓNDOR
Ing. Karina Flores	PINTURAS WESCO
Lcda. Carolina Trunk	PINTUCO
Ing. Fernando Villacís	CAMICOM
Ing. Nicolás Plaza	PINTURAS UNIDAS
Ing. Estefanía Abad	CAMICON (Video conferencia)
Ing. Jessica Olivera	P&Q (Video conferencia)
Ing. Esteban Almeida (Secretario Técnico)	INEN – DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN
Ing. Sabrina Romero (Presidente Ocasional)	PINTURAS CÓNDOR
Ing. Karina Flores	PINTURAS WESCO

Otros trámites: Esta NTE INEN 1006:2017 (2R), reemplaza a la NTE INEN 1006:98 (1R)

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

Oficializada como:
No.

Por Resolución No.

Registro Oficial

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
Dirección Ejecutiva: E-Mail: direccion@normalizacion.gob.ec
Dirección de Normalización: E-Mail: consultanormalizacion@normalizacion.gob.ec
Dirección Zonal Guayas: E-Mail: inenguayas@normalizacion.gob.ec
Dirección Zonal Azuay: E-Mail: inencuenca@normalizacion.gob.ec
Dirección Zonal Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@normalizacion.gob.ec
[URL:www.normalizacion.gob.ec](http://www.normalizacion.gob.ec)

1998-09-23

**RESISTENCIA DE LOS RECUBRIMIENTOS
ORGÁNICOS A LOS EFECTOS DE LA
DEFORMACIÓN RÁPIDA (IMPACTO)**



E: STANDARD TEST METHOD FOR RESISTANCE OF
ORGANIC COATING TO THE EFFECTS OF RAPID
DEFORMATION (IMPACT)

CORRESPONDENCIA: esta norma es una adopción
equivalente ((EQV) de la ASTM
D 2794-93.

DESCRIPTORES: pintura; revestimiento; ensayo
mecánico; ensayo; ensayo de impacto

I.C.S.: 87.040.00

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435

Prohibida su reproducción

Primera actualización

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 877 (Primera actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo de 1998-09-23.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en Consulta Pública y que pertenece al Comité Técnico 352101 "Pinturas y productos afines" .

ANDERCOL	EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN
B.P. EXPLORATION	ICO PINTURAS
BASF QUÍMICA	INDUSTRIAS PERMAPINT
CENTRAL DE DISOLVENTES	ISAGEN
COMPAÑÍA PINTUCO	PREFLEX
CORPORACIÓN PARA LA	PYASA COLOMBIANA
INVESTIGACIÓN DE LA CORROSIÓN	SIKA ANDINA
ECOPETROL	UNIVERSIDAD DEL VALLE
EDUARDO LONDOÑO Y SUCESTORES	

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

**RESISTENCIA DE LOS RECUBRIMIENTOS ORGÁNICOS A
LOS EFECTOS DE LA DEFORMACIÓN RÁPIDA (IMPACTO)**

1. OBJETO

Esta norma cubre un procedimiento para deformar rápidamente por impacto una película de recubrimiento y su sustrato y para evaluar el efecto de dicha deformación.

Debido a la poca reproducibilidad del método, esta norma se debe restringir a ensayos en un laboratorio cuando se usan los valores numéricos. Los resultados interlaboratorios mejoran cuando se usa la clasificación en lugar de los valores numéricos.

Esta norma no pretende solucionar todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

2.1 NORMAS ASTM

D 609 Practice for Preparation of Cold-rolled Steel Panels for Testing Paint, Varnish, Conversion Coatings, Lacquer and Related Coating Products.

D 823 Practices for Producing Films of Uniform Thickness of Paint, Varnish, and Related Products of Test Panels

D 1186 Test Methods for Nondestructive Measurement of Dry Film Thickness of Nonmagnetic Coatings Applied to a Ferrous Base

3. DEFINICIONES

3.1 Resistencia al impacto, de un recubrimiento: el número de pulgadas-libra (kg.-m) necesarias para producir agrietamiento en el recubrimiento deformado.

4. RESUMEN DEL MÉTODO

4.1 Los recubrimientos orgánicos bajo ensayo se aplican a paneles metálicos delgados. Después que los recubrimientos han curado, se deja caer un peso estandarizado a una distancia suficiente para golpear un penetrador que deforme el recubrimiento y el sustrato. La penetración puede ser una intrusión o una extrusión. Aumentando gradualmente la distancia de la que cae el peso, se puede determinar el punto en el que generalmente ocurre la falla. Las películas comúnmente fallan por agrietamiento, lo que se hace más visible por el uso de una lupa, por la aplicación de una solución de sulfato de cobre (CuSO₄) sobre acero, o por el uso de un detector de poros.

5. IMPORTANCIA Y USO

5.1 Los recubrimientos unidos a sustratos se someten a impactos dañinos durante la fabricación de los artículos y su uso en servicio. En su uso por muchos años, se ha encontrado que este método para ensayar la resistencia es útil para predecir el funcionamiento de los recubrimientos orgánicos respecto a su habilidad para resistir el agrietamiento causado por los impactos.

6. APARATOS

6.1 PROBADOR

Consiste en un tubo vertical para guiar una pesa cilíndrica que se deja caer sobre un punzón que reposa sobre el panel de ensayo.

6.1.1 Tubo guía

De 24 pulgadas a 48 pulgadas (0,6 m a 1,2 m) de longitud, montado verticalmente en una placa base. Se corta una ranura a lo largo en un lado del tubo para que actúe como guía de una pesa cilíndrica que encaje dentro del tubo. Se marcan las graduaciones en pulgada-libra a lo largo de la ranura. La base se construye de forma que se pueda insertar un panel plano y delgado a 2 pulgadas (50 mm) debajo del tubo.

6.1.2 Pesa

Cilindro metálico, hecho para encajar dentro del tubo guía. Se ajusta un pasador en un lado de la pesa para que actúe como guía por la ranura del tubo y que sirva como manija con la cual levantar la pesa y soltarla, además de indicador de las pulgadas-libra (kg. m).

6.2 PENETRADOR

Punzón de acero con una cabeza hemisférica cuyo diámetro sea de 0,500 pulgadas (12,7 mm) o de 0,625 pulgadas (15,9 mm). La cabeza se apoya sobre el panel de ensayo y el punzón se sostiene verticalmente mediante un anillo de guía.

6.3 SOPORTE DEL PANEL

Accesorio de acero con un orificio cilíndrico de 0,64 pulgadas (16,3 mm) de diámetro, centrado bajo el penetrador para apoyar el panel de ensayo.

6.4 LUPA

6.5 DETECTOR DE POROS

7. REACTIVOS

7.1 Una solución de sulfato de cobre acidificado (CuSO_4) preparada mediante dilución de 10 g de $\text{CuSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$ en 90 g de una solución de HCl 1N.

8. ESPECÍMENES DE ENSAYO

8.1 Se aplican recubrimientos uniformes del material por ensayar a paneles de acero, calibre 24 (0,025 pulgadas ó 0,63 mm) tratados con un recubrimiento de conversión conforme con el procedimiento A de la norma D 609, a menos que se especifique algo diferente. Se prepara un mínimo de cuatro paneles recubiertos por cada material.

Nota 1. Los recubrimientos se deben aplicar de acuerdo con la norma D 823, o como acuerden el productor y el usuario. Se pueden utilizar otros paneles de acero de otros calibres, si se llega a un acuerdo entre el productor y el usuario.

8.2 Se curan los paneles recubiertos bajo condiciones de humedad y temperatura acordadas entre el productor y el usuario.

Nota 2. El espesor de los recubrimientos secos se debe medir como indica la NTC 591.

9. ACONDICIONAMIENTO

9.1 A menos que el productor y el usuario lleguen a un acuerdo diferente, se acondicionan los paneles de ensayo recubiertos por lo menos durante 24 h, a una temperatura de $73,5 \text{ °F} \pm 3,5 \text{ °F}$ ($23 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$) y $50 \% \pm 5 \%$ de humedad relativa. El ensayo se realiza en el mismo ambiente o inmediatamente se salga de él.

10. PROCEDIMIENTO

10.1 Se instala el punzón con el diámetro de cabeza especificado o acordado. Se coloca el panel de ensayo en el aparato con el lado recubierto encima o debajo, según se especifique o acuerde. Se debe estar seguro de que el panel queda plano contra la base de apoyo y que el penetrador haga contacto con la superficie superior del panel. Se coloca la pesa con cuidado sobre el penetrador y se ajusta el tubo guía de manera que el pasador quede en la marca de cero. Se eleva la pesa arriba del tubo hasta una altura en que no se espere que ocurra una falla. Se suelta la pesa para que caiga sobre el penetrador.

10.2 Se retira el panel de ensayo del aparato y se observa si en el área de impacto hay grietas en el recubrimiento. Si no se evidencia ninguna, se repite el procedimiento a mayor altura, aumentando 1 pulgada cada vez. Una vez se observan grietas, se repite el ensayo cinco veces en cada una de tres alturas; ligeramente arriba, ligeramente abajo y a la determinada en la primera prueba. Se ensaya al azar para que todos los impactos desde una

altura no se hagan en sucesión ni en un solo panel.

10.3 Se examinan si hay agrietamiento en las áreas que recibieron el impacto por cualquiera de los siguientes métodos:

10.3.1 Se usa una lupa para examinar el área en busca de agrietamiento.

10.3.2 Se mantiene un paño blanco tipo franela saturado con la solución acidificada de sulfato de cobre (CuSO_4) (véase el numeral 7.1) sobre las áreas inspeccionadas por lo menos durante 15 min. Se retira el paño y se examinan tanto éste como las áreas de ensayo en busca de evidencia de deposición de cobre o de manchas de óxido de hierro, respectivamente.

Nota 3. La solución de sulfato de cobre no funciona adecuadamente en el metal tratado con fosfato de cinc, a menos que se agriete el recubrimiento de conversión.

10.3.3 Para detectar rupturas en la película con un detector de poros, se conecta primero el alambre de tierra del instrumento al substrato desnudo y se conecta el instrumento a una fuente de energía eléctrica. Se humedece la esponja de sonda con agua del grifo y lentamente se pasa sobre las áreas de impacto. Una alarma audible indicará la presencia de grietas.

10.4 Para cada nivel de pulgada-libra (kg-m), se tabula el número de veces que el recubrimiento pasó o falló. El valor en que el resultado cambie desde la mayoría de "pasa" hasta la mayoría de "falla" es el punto final de falla por impacto.

11. INFORME

11.1 Se informa lo siguiente para cada recubrimiento ensayado

11.1.1 Las pulgadas-libra (kg-m) en el punto final de falla por impacto.

11.1.2 Si se utilizó intrusión o extrusión.

11.1.3 Diámetro del punzón utilizado

11.1.4 Espesor del recubrimiento.

11.1.5 Espesor del substrato y tipo de metal.

11.1.6 Método de preparación del panel

11.1.7 Condiciones atmosféricas bajo las cuales se acondicionaron y ensayaron los paneles.

Nota 4. Debido a la poca reproducibilidad de este método, el informe de pulgadas-libra (kg-m) al comparar la resistencia al impacto en recubrimientos, se debe restringir a un laboratorio. Para comparaciones interlaboratorios se deben reportar las clasificaciones de los recubrimientos por resistencia al impacto.

12. PRECISIÓN Y DESVIACIÓN

12.1 Con base en un ensayo interlaboratorio en el que operadores de seis laboratorios ensayaron tres pinturas con un amplio rango de resistencia al impacto en dos sustratos metálicos, los coeficientes interlaboratorios de variación fueron como se indica a continuación:

	Coeficiente de variación	
	Intrusión, %	Extrusión, %
Recubrimiento quebradizo (menos de 6 pulgadas-lb)	25	100
Recubrimiento promedio (entre 6 y 140 pulgadas-lb)	80	100
Recubrimiento flexible (más de 140 pulgadas-lb) (punzón de 0,625 pulgadas de diámetro)	10	25

12.2 DESVIACIÓN

Como no hay material de referencia aceptado para determinar la desviación para el procedimiento en esta norma, no se puede determinar la desviación.

DOCUMENTO DE REFERENCIA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Resistance of Organic Coats to the Effects of Rapid Deformation. ASTM D2794 -93. 2 p. 1993.