



# Instituto Politécnico Nacional

Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura  
Unidad Tecamachalco



Seminario de Titulación  
Administración en el proceso constructivo

Tema:

***Guía técnica para ejecutar pruebas de estanqueidad de agua en fachadas de cancelería de aluminio y cristal en edificaciones verticales de la empresa Productos Cristalum.***

Tesina:

Que para obtener el título de  
Ingeniero arquitecto

Presenta

Zuleyma Mariana Morales Gamboa

Asesores

Dr. Arístides de la Cruz Gallegos  
Coordinador del Seminario

M. en C. Martha Laura Bautista González

Dr. Humberto Ponce Talancón  
Asesor Externo Invitado



Tecamachalco, Estado de México; Diciembre 2018

**Instituto Politécnico Nacional**

**P r e s e n t e**

Bajo protesta de decir verdad el que suscribe **Zuleyma Mariana Morales Gamboa** (se anexa copia simple de carta pasante), manifiesto ser autor (a) y titular de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada **Guía Técnica para ejecutar pruebas de estanqueidad de agua en fachadas de cancelería de aluminio y cristal en edificaciones verticales de la empresa Productos Cristalum**, en adelante “El Trabajo Terminal” y del cual se adjunta copia, por lo que por medio del presente y con fundamento en el artículo 27 fracción II, inciso b) de la Ley Federal del Derecho de Autor, otorgo a el Instituto Politécnico Nacional, en adelante El IPN, autorización no exclusiva para comunicar y exhibir públicamente total o parcialmente en medios digitales.

“El Trabajo Terminal ” por un periodo indefinido contado a partir de la fecha de la presente autorización, dicho periodo se renovará automáticamente en caso de no dar aviso expreso a “El IPN” de su terminación.

En virtud de lo anterior, “El IPN” deberá reconocer en todo momento mi calidad de autor del “Trabajo Terminal”.

Adicionalmente, y en mi calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del “Trabajo Terminal”, manifiesto que la misma es original y que la presente autorización no contraviene ninguna otorgada por el suscrito respecto del “Trabajo Terminal”, por lo que deslindo de toda responsabilidad a El IPN en caso de que el contenido del “Trabajo Terminal” o la autorización concedida afecte o viole derechos autorales, industriales, secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad o en general cualquier derecho de propiedad intelectual de terceros y asumo las consecuencias legales y económicas de cualquier demanda o reclamación que puedan derivarse del caso.

México, D. F., Diciembre de 2018.

**Atentamente**



---

PASANTE



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE SERVICIOS EDUCATIVOS**  
DIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR

La Dirección de Administración Escolar del Instituto Politécnico Nacional, según documentos que obran en sus archivos hace constar que:



ZULEYMA MARIANA MORALES GAMBOA

Con número de boleta: 2009380666

Terminó íntegramente los estudios correspondientes a la carrera de:

INGENIERO ARQUITECTO

con sujeción a los planes de estudio vigentes, por lo que se le considera

**PASANTE**

En cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y para los usos legales que procedan, se expide la presente en la Ciudad de México, a

los SIETE días del mes de JUNIO de

dos mil DIECISIETE

FIRMA DEL INTERESADO



DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR

*Ángel Aguilar García*  
ÁNGEL AGUILAR GARCÍA



JEFE DEL DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
DIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN

*Fabian Tapia Albino*  
FABIÁN TAPIA ALBINO

Carta de Pasante No.

2017/346152

Elaboró

LILIANA

**NOTA:**

- 1.- El presente documento autoriza al Pasante a iniciar sus trámites de Titulación en la Escuela correspondiente.
- 2.- El presente documento acredita la conclusión de los estudios, no la autorización para el ejercicio profesional.
- 3.- ESTA CARTA DE PASANTE ES NULA:
  - a) Si no va acompañada con el original del Certificado o Boleta de Calificaciones expedida por la División de Registro y Certificación de Estudios.
  - b) Si no contiene todos los requisitos estipulados.
  - c) Si carece de las firmas de los funcionarios que la suscriben.
  - d) Si presenta raspaduras o enmendaduras.



263598

COPIA ALUMNO

***Guía técnica para ejecutar pruebas de estanqueidad de agua en fachadas de cancelería de aluminio y cristal en edificaciones verticales de la empresa Productos Cristalum.***



<b>ÍNDICE</b>	<b>Página</b>
PORTADA.....	i
DERECHOS DE AUTOR .....	ii
CARTA PASANTE.....	iii
IMAGEN DE LA TESINA .....	iv
ÍNDICE           Página .....	v
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	ix
ÍNDICE DE SIGLAS Y ABREVIATURAS .....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
AGRADECIMIENTOS:.....	xii
RECONOCIMIENTOS.....	xv
GLOSARIO. ....	xvi
RED CONCEPTUAL.....	xvii
FICHA METODOLOGICA.....	xviii
RESUMEN. ....	xx
ABSTRACT.....	xxi
INTRODUCCIÓN. ....	1
CAPÍTULO I ESTRATEGIA METODOLÓGICA .....	3
1.1   Idea, conveniencia y alcance de la investigación.....	3
1.1.1 Idea de la Investigación.....	3
1.1.2 Conveniencia de la investigación.....	3
1.1.3 Alcance de la investigación.....	3
1.2   Problema de investigación. ....	4
1.2.1 Situación problemática. ....	4
1.2.3 Delimitación del problema. ....	5

<b>1.3</b>	<b>Objetivos de la investigación.</b>	<b>5</b>
1.3.1	Objetivo general.	5
1.3.2	Objetivos específicos.	6
<b>1.4</b>	<b>Preguntas de investigación.</b>	<b>6</b>
1.4.1	Pregunta central.	6
<b>1.5</b>	<b>Justificación de la investigación.</b>	<b>6</b>
1.5.1	Conceptual.	6
1.5.2	Factibilidad.	6
<b>1.6</b>	<b>Variables de estudio.</b>	<b>7</b>
1.6.1.	Variable independiente.	7
1.6.1.	Variable dependiente.	7
<b>CAPÍTULO II ANTECEDENTES HISTORICOS DE VIDRIO, ALUMINIO, CANCELERIA Y PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN.....</b>		<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Antecedentes Historicos.</b>	<b>9</b>
2.1.1	El vidrio.	9
2.1.1.1	El proceso de Fabricación del vidrio	12
2.1.2	Aluminio.	17
2.1.2.1	Aplicaciones y usos.	19
2.1.3	Cancelería.	21
2.1.4	En la industria automotriz:	23
<b>2.2</b>	<b>Pruebas de estanqueidad.</b>	<b>25</b>
2.2.1	Pruebas no destructivas superficiales.	27
2.2.2	Pruebas no destructivas volumétricas.	28
2.2.3	Pruebas no destructivas de hermeticidad.	28
<b>CAPÍTULO III BASE NORMATIVA PARA ELEMENTOS DE FACHADAS DE CANCELERIA DE ALUMINIO Y VIDRIO EN LA CONSTRUCCIÓN.....</b>		<b>28</b>
<b>3.1</b>	<b>Norma Oficial Mexicana NOM-146-SCDFI-2019, “Productos de vidrio-vidrio de seguridad usado en la construcción-especificaciones y métodos de prueba”</b>	<b>28</b>
3.1.1	Objetivo	28

3.1.2 Campo de aplicación .....	28
3.1.3 Referencias .....	28
3.1.4 Definiciones .....	29
3.1.5 Clasificación y designación .....	35
3.1.6 Especificaciones .....	36
3.1.7 Muestreo .....	50
3.1.8 Métodos de prueba .....	50
3.1.9 Información comercial.....	67
3.1.10 Evaluación de la conformidad .....	67
3.1.11 Procedimiento para la evaluación de la conformidad .....	68
3.1.12 Método de muestreo .....	77
3.1.13 Vigilancia .....	79
3.1.14 Concordancia con normas internacionales.....	79
<b>3.2 APÉNDICE NORMATIVO .....</b>	<b>79</b>
3.2.1 APÉNDICE NORMATIVO A.....	79
3.2.2 APÉNDICE INFORMATIVO B.....	80
3.2.3 APÉNDICE INFORMATIVO C.....	80
<b>3.3 Norma Mexicana NMX-R-060-SCFI-2013, “Ventanas y productos arquitectónicos para el cerramiento exterior de fachadas-clasificaciones y especificaciones” .....</b>	<b>92</b>
3.3.1 Norma Oficial Mexicana NMX-R-068/2-SCFI-2014, “Ventanas- Métodos de prueba. Parte 2 Estanqueidad del agua. ....	92
3.3.2 Objetivo y campo de aplicación.....	92
3.3.3 Referencias .....	93
3.3.4 Definiciones .....	94
3.3.5 Abreviaturas .....	95
3.3.6 Requisitos necesarios para la validación de los ensayos y sus resultados	95
3.3.7 Ensayo de estanqueidad al agua .....	96
3.3.8 Bibliografía.....	113
<b>CAPÍTULO IV LA ADMINISTRACION DENTRO DE UNA EMPRESA DE CANCELERIA.....</b>	<b>112</b>

<b>4.1 Proceso Administrativo de una empresa de cancelería. ....</b>	<b>112</b>
<b>4.1.1 Planeación estratégica. ....</b>	<b>112</b>
<b>4.1.2 Planeación operativa. ....</b>	<b>112</b>
<b>CAPÍTULO V PRODUCTOS CRISTALUM.....</b>	<b>115</b>
<b>5.1. Antecedentes Históricos .....</b>	<b>115</b>
<b>CAPÍTULO VI GUIA TECNICA PARA EJECUTAR PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD DE AGUA EN FACHADAS DE CANCELERIA DE ALUMINIO Y VIDRIO EN EDIFICACIONES DE LA EMPRESA PRODUCTOS CRISTALUM. ....</b>	<b>119</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>xxi</b>
<b>Inferencias. ....</b>	<b>xxi</b>
<b>Hallazgos.....</b>	<b>xxi</b>
<b>Aportaciones. ....</b>	<b>xxi</b>
<b>Sugerencias. ....</b>	<b>xxi</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>xxii</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Vidrio flotado -----	9
Ilustración 2. Primer planta de vidrio plano en México-----	11
Ilustración 3. Ubicación de los principales yacimientos de arcillas en México.-----	14
Ilustración 4. Clasificación de las arcillas. -----	17
Ilustración 5. Vajilla de aluminio.-----	18
Ilustración 6. Perfiles de aluminio.-----	22
Ilustración 7. Radiografía Industrial. -----	25
Ilustración 8 Figura 2.- Marco de prueba Vista lateral. Acotaciones en mm -----	58
Ilustración 9 Figura 1.- Saco o pera para impacto no concentrado de alta y baja energía Acotaciones en mm -----	58
Ilustración 10 Figura 3 Vista vertical del bastidor-----	61
Ilustración 11 Figura 3 Vista superior del bastidor -----	61
Ilustración 12 Figura 4.- Disposición de las lámparas para la prueba de envejecimiento acelerado (vista en planta) -----	65
Ilustración 13 Figura 5.- Disposición para el ensayo de envejecimiento acelerado (corte transversal)-----	65
Ilustración 14 Figura 6.- Sistema de envidriado -----	83
Ilustración 15 Figura 7.- Vidrio de Seguridad-----	84
Ilustración 16 Figura 8.- Corte del envidriado sobre el eje vertical -----	89
Ilustración 17 Figura 9.- Corte del envidriado sobre el eje horizontal-----	90
Ilustración 18 El equipamiento de ensayo debe ser un dispositivo mecánico que contenga los elementos como se encuentra detallado en la Figura 1 -----	97
Ilustración 19 El ciclo de intervalo de presión seleccionado se mantendrá sin cambios durante la prueba de ese escalón de presión. -----	99
Ilustración 20 Figura 3 - Rango admisible de la diferencia de presión aplicada a la muestra. -----	100

Ilustración 21 Figura 4 –Replanteo horizontal de la fila superior del plano de aspersión. -----	103
Ilustración 22 Figura 5 –Replanteo del sistema de roseado. Vista frontal. -----	103
Ilustración 23 Método B -----	104
Ilustración 24 Método A -----	104
Ilustración 25 FIGURA 7- Secuencia de ensayo cíclico para determinar el nivel de prestación máximo. -----	107
Ilustración 26 Antecedentes Históricos -----	115
Ilustración 27 Andersen Window-----	115
Ilustración 28 La satisfacción de nuestros clientes es nuestra mejor publicidad.	116
Ilustración 29 Productos Cristalum -----	117
Ilustración 30 Persiana Mallorquina-----	118
Ilustración 31 Guía Técnica -----	120
Ilustración 32 Introducción-----	121
Ilustración 33 Método de prueba-----	122
Ilustración 34 Método de prueba AAMA 1ra parte -----	124
Ilustración 35 Método de prueba AAMA 2da parte -----	126
Ilustración 36 Método de prueba AAMA 3ra parte -----	126

## ÍNDICE DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

TERMINO	DEFINICIÓN
A	
AAMA	Asociación Americana de Arquitectos
N	
NOM	Norma Oficial Mexicana
NMX	Norma Mexicana
P	
PROY	Proyecto

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Pruebas de impacto y nivel de resistencia. -----	35
Tabla 2. Especificaciones para los vidrios de seguridad y/o contención, según su clase -----	36
Tabla 3. Defectos permisibles en vidrio templado. -----	37
Tabla 4. Tolerancias en dimensiones de largo y ancho (mm). -----	39
Tabla 5. Tolerancias de planicidad. Desviación máxima medida desde la superficie plana, en mm. -----	40
Tabla 6. Especificaciones de fractura. -----	41
Tabla 7. Defectos puntuales admisibles en la parte visible, en función del área y del número de vidrios que componen el vidrio inastillable, con plástico intercalador de hasta 2 mm de espesor. -----	44
Tabla 8. Defectos lineales -----	45
Tabla 9. Tolerancia del espesor del plástico intercalador -----	46
Tabla 10. Desplazamiento máximo de las hojas de vidrio -----	47
Tabla 11. Características espectrales de las lámparas para la prueba de envejecimiento acelerado -----	64
Tabla 12. Tamaño de la muestra para la Clase I vidrio templado -----	78
Tabla 13. Tamaño de la muestra para la Clase II, vidrio inastillable (Tipo A y Tipo B) -----	78
Tabla 14 Tabla B.1 Espesores nominales y tolerancias para el vidrio monolítico. -----	80
Tabla 15 Vidrio Monolítico -----	85
Tabla 16 TABLA 1- Escalones de carga dinámica. Relación de valor medio de carga dinámica (P) con valor máximo (Pmax) y valor mínimo (Pmin). -----	109

## **AGRADECIMIENTOS:**

Son muchas las personas que han contribuido al proceso y conclusión de este seminario de titulación y aunque no se encuentre el nombre de ellas han sido igual de importantes para mí.

### ***A mi institución politécnica:***

Por darme una casa de estudio en el proceso de preparación como ingeniera arquitecta que con orgullo y fortaleza afrontare en el campo laboral de la construcción.

### ***A mis padres:***

Mi cimentación más importante en mi formación como persona en la vida, como ser humano y profesionista. Gracias por esas madrugadas, por esas noches de desvelos juntos, por el apoyo económico, social, pero sobre todo familiar para poder concluir este capítulo de mi vida, el premio más importante para ustedes. Los amo en cuerpo y alma.

### ***A mis hermanos:***

Deseo haber sido de ayuda para seguir o crear un mejor ejemplo ante ustedes el haber logrado el objetivo de enseñarles que con esfuerzo y consistencia los sueños se realizan, gracias por adaptarse a mí. Los amo.

### ***A mis amigos:***

Por adaptarse a mi personalidad quererme y aceptarme como soy, sobre todo a ti Sofía por ser amiga, compañera de casa, compañera de trabajo, pero sobre todo por esa actitud de paz que me generas y transmites cuando desahogo mis penas, gracias muchas gracias.

Jazmín chata querida, te has convertido en parte de este círculo de amigos queridos hemos compartido la casa y la amistad, gracias por siempre escucharme y enseñarme que los cambios son parte del éxito, gracias muchas gracias.

Emmanuel, mi querido y estimado amigo, compañero laboral por bastantes años, gracias por siempre confiar en mí por dejarme compartir el mundo laboral a tu lado, pero sobre todo por enseñarme a no rendirme y no pedir más a la vida, el simple hecho de estar vivos es más que suficiente, gracias muchas gracias.

Rubén, amigo de mi alma a pesar de la distancia siempre estas para escuchar y leer cualquier cosa, tu sencillez, amabilidad, compañerismo y lealtad son un poco de lo que te caracteriza y que debo aprender de ello, estas en mi corazón y quiero que sepas que estaré para ti, gracias muchas gracias por hacerme sentir que no estoy sola.

Eliel, amigo del pueblo querido de Nextlalpan, aunque no estemos en contacto todo el tiempo siempre habrá un abrazo al final del año, ese abrazo cálido y esperado de mi amigo, aún nos falta mucho que recorrer, gracias muchas gracias.

Yosimar, por cuestiones ajenas ter has convertido en uno de mis amigos queridos, agradezco la oportunidad de haberme dejado entrar en el mundo laboral como independiente, gracias por confiar en mí.

#### ***A mis amigos de krav maga:***

Una disciplina importante que ahora es parte de mí día a día, en donde los conocí y aprendí que el esfuerzo y dedicación de cada persona es diferente pero el resultado será siempre excitante, gracias a ti Jessi, Ana, Jesús y David.

#### ***A las personas que dejaron huella:***

Ing. Alejandro Pimienta, a usted por enseñarme que estoy en el proceso de ser novata para llegar a ser experta. Gracias por todo el conocimiento transmitido y por darme la oportunidad de concluir esta parte importante en mi vida, mi título universitario.

Lic. Gabriela, a usted por ser mi psicóloga durante los procesos que pasa un ser humano y que gracias a ello logro concluir con la mente honesta este capítulo en mi vida, gracias.

Compañeros de trabajo a ti, Anabel, Mari por dejarme todos los recados posibles para avanzar día a día con la tesis, muchas gracias.

Compañeros y colegas de este seminario, gracias por ser partícipes en este nuestro sueño que se ha realizado, por compartir las experiencias laborales y personales que han dejado huella en mi corazón, con cariño gracias.

Al amor, gracias por haberme dejado la mejor experiencia que puede pasar un ser humano cuando pareciera que el mundo se ha derrumbado, gracias.

## **RECONOCIMIENTOS.**

Gracias a mi Instituto Politécnico Nacional, gracias por haberme permitido formar parte de este seminario de titulación.

A mi tutora M. en C. Martha Laura Bautista González, gracias por enseñarme que la investigación científica no tiene por qué ser un dolor de cabeza, por esos consejos de aliento para antes y después de la exposición, muchas gracias.

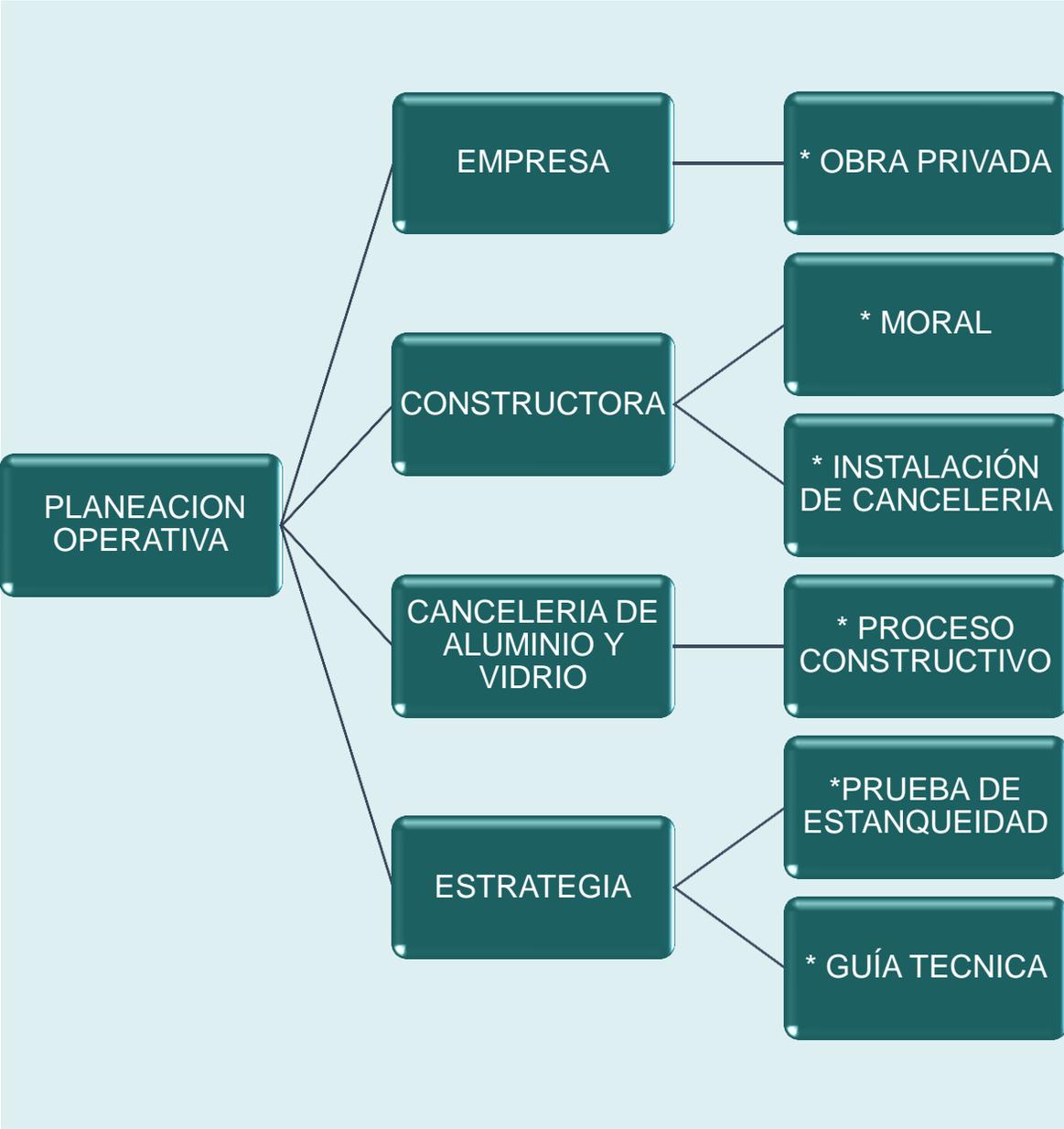
Al Dr. Humberto Ponce Talancón, gracias por esas sonrisas al inicio de cada clase por la enseñanza de que no hay obstáculos en la vida para realizar un sueño.

Al Dr. Arístides de la Cruz Gallegos, por retribuir con su experiencia cada momento del seminario, el entusiasmo contagiado para nosotros su grupo de seminario, gracias.

## GLOSARIO.

<b>TERMINO</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
<b>CANCELERIA</b>	Se define la cancelería como el conjunto de elementos que sostienen, en su posición definitiva los vidrios.
<b>FACHADAS LIGERAS</b>	Las fachadas ligeras constan básicamente de unos elementos verticales (montantes) y de otros elementos horizontales (travesaños) que dan origen a una retícula en la que: Se colocan vidrios para conseguir las zonas de visión y de entrada de luz natural.
<b>MURO CORTINA</b>	Es un sistema de fachada auto soportante, generalmente ligero y acristalado, independiente de la estructura resistente del edificio, que se construye de forma continua por delante de ella.
<b>ESTANQUEIDAD AL AGUA</b>	Capacidad de la muestra de ensayo cerrada para resistir la penetración de agua en las condiciones de ensayo hasta una presión límite.
<b>PENETRACION DEL AGUA</b>	Humedecimiento continuo o repetido de la cara interior de la muestra de ensayo o de sus partes no diseñadas para ser mojadas cuando el agua drena hacia la cara exterior.
<b>MAROMETRO</b>	Instrumento para medir la presión de los fluidos.
<b>PRUEBA AAMA 501.2</b>	Verificación de campo de control de calidad y de fugas de agua de diagnóstico de fachadas ligeras, muros cortina y sistemas de acristalamiento.

**RED CONCEPTUAL.**



## FICHA METODOLOGICA.

Área de conocimiento	Físico - Matemáticas
Disciplina del estudio	Ingeniería y Arquitectura
Línea de Investigación	Control y Calidad de Obra
Sub línea de investigación.	Filtración de agua por cancelería
Objeto y sujetos de estudio.	La ejecución de la guía técnica para prueba de estanqueidad de agua en cancelería de aluminio y vidrio.
Problema.	Falta de calidad en el proceso de instalación de la cancelería provoca la filtración de agua.
Delimitación.	Para la empresa Productos Cristalum dedicada a la instalación de cancelería de aluminio y vidrio.
Hipótesis de trabajo.	La ejecución de la obra
Variable independiente.	Manual técnico para ejecutar pruebas de hermeticidad en fachadas de cancelería y cristal en edificaciones verticales de Productos Cristalum
Variable dependiente.	Los beneficios serán cero filtraciones, la no entrada de viento, evitar las inconformidades y demandas por parte de los inquilinos del inmueble y el confort del habitante.
Indicadores.	Satisfacción de la supervisión y a su vez del cliente.
Tipo de investigación.	Científico Tecnológico.
Método.	Método deductivo, parte de los factores generales a los factores más específicos.

Aportación.	Desarrollar un manual técnico de prueba de estanqueidad para tener una mejor calidad en la ejecución de fachadas verticales, reducir o aniquilar el fondo dirigido a las filtraciones.
Autor.	Zuleyma Mariana Morales Gamboa.
Director de la investigación.	Dr. Arístides de la Cruz Gallegos
Asesor metodológico.	Dr. Arístides de la Cruz Gallegos, M. en C. Martha Laura Bautista González y Dr. Humberto Ponce Talancón
Lugar y fecha.	Tecamachalco, Naucalpan Estado de México a 21 de diciembre de 2018

## RESUMEN.

Las circunstancias locales, el tipo de sociedad presente en una región, la historia, la etnografía, el clima local, la disponibilidad de recursos locales han jugado un rol muy importante en el diseño de las envolventes de los edificios. La elevación exterior de un edificio debe ser vista como un elemento vital basado en la comunicación con su comunidad.

Quien construye un edificio anuncia al mundo exterior de su intención, y por lo tanto anuncia su propia identidad. Sin embargo, las elevaciones exteriores de los edificios de una ciudad adquieren un significado especial que va más allá del efecto de un edificio en particular; pues en su conjunto logran configurar el modo de usar el espacio público. Mucho más allá de su aspecto técnico o utilitario, la fachada exterior de cancelería y cristal ha jugado también un rol como vehículo de impacto arquitectónico, así es como las fachadas “multimedia” de hoy son posibles en todo el mundo gracias a la integración de nuevas formas de diseño y de las tecnologías de comunicación.

Es posible ver como nuevas formas gráficas y efectos de color en vidrios transparentes y traslucidos continúan la tradición de la envolvente del edificio como un “gran cartel publicitario”.

Las filtraciones de agua por fachadas ligeras, muro cortina o revestimientos de acuerdo con la zona geográfica se detonan en las zonas con mayor precipitación pluvial, con el cambio climático existe el desequilibrio en cuanto a dichas estaciones del año “establecidas” por tal motivo. Esta guía técnica pretende determinar a base de una prueba de ensayo la estanqueidad de agua en el desempeño de la instalación de cancelería y cristal en fachadas verticales de Productos Cristalum generando la calidad de los materiales instalados y el confort de los que habitaran el inmueble.

## **ABSTRACT.**

Local circumstances, the type of society present in a region, history, ethnography, local climate, availability of local resources have played a very important role in the design of building envelopes. The exterior elevation of a building should be seen as a vital element based on communication with its community.

Whoever builds a building announces to the outside world of its intention, and therefore announces its own identity. However, the exterior elevations of a city's buildings acquire a special meaning that goes beyond the effect of a particular building; as a whole, they manage to configure the way to use public space. Far beyond its technical or utilitarian aspect, the exterior façade of chancellery and glass has also played a role as a vehicle of architectural impact, this is how the facades of today are possible all over the world thanks to the integration of new forms of design and communication technologies.

It is possible to see how new graphic shapes and color effects in transparent and translucent glass continue the tradition of the envelope of the building as a "great advertising poster".

The leaks of water by light facades, curtain wall or coatings according to the geographical area are detonated in the areas with greater rainfall, with climate change there is an imbalance in terms of said seasons of the year "established" for this reason. This technical guide aims to determine, based on a test, the water tightness in the performance of the glass and window installation in vertical façades of Cristalum Products, generating the quality of the installed materials and the comfort of those who live in the property.

## **INTRODUCCIÓN.**

Las circunstancias locales, el tipo de sociedad presente en una región, la historia, la etnografía, el clima local, la disponibilidad de recursos locales han jugado un rol muy importante en el diseño de las envolventes de los edificios. La elevación exterior de un edificio debe ser vista como un elemento vital basado en la comunicación con si comunidad.

Quien construye un edificio anuncia al mundo exterior de su intención, y por lo tanto anuncia su propia identidad. Sin embargo, las elevaciones exteriores de los edificios de una ciudad adquieren un significado especial que va más allá del efecto de un edificio en particular; pues en su conjunto logran configurar el modo de usar el espacio público. Mucho más allá de su aspecto técnico o utilitario, la fachada exterior de cancelería y cristal ha jugado también un rol como vehículo de impacto arquitectónico.

La presente investigación describe los antecedentes históricos, base normativa, legal y métodos de ensayo sobre revestimientos, fachadas ligeras y muro cortina que ha sido auge en la CMDX en el campo de construcción para edificaciones verticales (oficinas, vivienda).

Para una primera comprensión de la presente investigación el enfoque será al área de calidad y confort para los habitantes de los inmuebles desarrollados.

Los datos de esta investigación serán desarrollados a través del método científico.



**CAPÍTULO I**  
**ESTRATEGIA METODOLÓGICA**

# **CAPÍTULO I ESTRATEGIA METODOLÓGICA**

## **1.1 Idea, conveniencia y alcance de la investigación.**

### **1.1.1 Idea de la Investigación.**

Esta investigación tiene como idea principal analizar la deficiencia en el proceso constructivo de cancelería exterior de edificaciones verticales habitacionales siendo un problema para el habitante, este problema es causa de la carencia de manual técnico para ejecutar pruebas de hermeticidad que evitarían a tiempo las posibles filtraciones solares, sonoras y pluviales este problema generan desconfianza para el cliente que contrata y compra.

Al establecer un manual técnico de pruebas de hermeticidad delimitando las responsabilidades y las áreas de acción para quien ejecutara el manual al término del proceso constructivo, se observarán y corregirán en tiempo y forma las filtraciones existentes

### **1.1.2 Conveniencia de la investigación.**

Las filtraciones pluviales influyen en el confort y aprovechamiento energético de las edificaciones verticales revestidas y/o cubiertas por cancelería y vidrio.

En cuanto a la hipótesis cumpla su cometido, el mayor beneficio será para el habitante del inmueble, creando confianza en la calidad y confort de materiales instalados.

### **1.1.3 Alcance de la investigación.**

La Ciudad de México se caracteriza por tener un clima templado con temperaturas moderadas a lo largo de todo el año. Sin embargo, a las diferencias de altitud dentro de la ciudad algunos sectores presentan

características especiales como las partes altas de la Sierra del Ajusco y de las cruces que se caracterizan por tener un clima semifrío que suelen presentar heladas invernales y una mayor precipitación pluvial con respecto al resto de la urbe.

El verano que abarca 4 meses del año Junio, Julio, agosto, Septiembre; es la estación donde se presenta prácticamente toda la precipitación pluvial que recibe la ciudad de México. Se caracteriza por tener temperaturas de moderadas a cálidas durante la mañana con cielos despejados que se transforman en cielos nublados con lluvias casi todos los días por las tardes.

La precipitación pluvial que se presenta en esta estación del año es considerada un factor que afecta a la construcción, a la refrigeración interior del edificio y por tanto al comportamiento y el nivel de confort de sus habitantes.

Cubiertas o revestimientos de edificaciones verticales oficinas y habitacionales son uno de los elementos arquitectónicos que sufren este efecto en el proceso o término de su construcción.

La empresa Productos Cristalum desarrolla cubiertas y revestimientos en edificios verticales en el rubro habitacional de 20 niveles, encontrándose con la problemática de filtraciones pluviales la falta de una prueba de estanqueidad al agua para cancelería exterior en el proceso de instalación es la causa de las filtraciones mencionadas.

## **1.2 Problema de investigación.**

### **1.2.1 Situación problemática.**

Las fachadas de cancelería de aluminio y vidrio ejecutadas en una obra privada, la empresa Productos Cristalum presenta la problemática de la penetración de agua en los revestimientos de muro cortina.

La instalación de cancelería de aluminio y vidrio en la torre de 20 y 30 niveles en la alcaldía Miguel Hidalgo presenta los estragos del cambio climático.

### **1.2.2 Planteamiento del problema.**

Humedad en techos desprendimiento de plafones de tabla roca, pintura deslavada, existencia de salitre, la madera de pisos y muebles sufren los estragos de la humedad, malos olores, presencia de hongos.

### **1.2.3 Delimitación del problema.**

No se cuenta con un manual técnico para realizar pruebas de hermeticidad dentro de la empresa Productos Cristalum ubicada en el estado de México, mediante la creación de una guía metodológica; que especifique los lineamientos a seguir para la elaboración de un manual técnico para pruebas de hermeticidad, delimitara las funciones y los campos de acción de cada una de las áreas.

El presente estudio de investigación se delimito a partir de los siguientes aspectos:

- Delimitación espacial: se realizará la investigación a nivel empresa.
- Delimitación temporal: el tiempo de investigación fue durante un periodo de 3 meses comprendidos del 21 de septiembre al 21 de diciembre del 2018.

## **1.3 Objetivos de la investigación.**

### **1.3.1 Objetivo general.**

Desarrollar un manual técnico para ejecutar pruebas de hermeticidad en fachadas de cancelería y cristal en edificaciones verticales habitacionales que ejecuta la empresa.

### **1.3.2 Objetivos específicos.**

- Describir la filtración de agua, viento y sonido.
- Identificar los problemas o elementos (ventanas, ventilas, louver) de la cancelería colocada.
- Desarrollar e implementar un manual técnico con propuestas para erradicar el problema.

### **1.4 Preguntas de investigación.**

#### **1.4.1 Pregunta central.**

¿Qué técnicas serán las apropiadas para anular la filtración solar y pluvial en edificaciones verticales revestidas?

#### **1.4.2. Pregunta de investigación.**

¿Qué técnicas serán las apropiadas para anular la filtración solar y pluvial en edificaciones verticales revestidas?

### **1.5 Justificación de la investigación.**

#### **1.5.1 Conceptual.**

Este proyecto de investigación se realiza con el fin de ayudar a la mejora de la empresa Productos Cristalum en su proceso constructivo de cancelerías exteriores, prever la filtración de agua en sus elementos de cancelería de aluminio y vidrio, para que en un corto plazo se puedan tomar las medidas necesarias para la corrección de errores que representan una baja a la calidad, ganancia y confianza del cliente. Evitando o mitigando este problema permitirá que la empresa pueda crecer exponencialmente sin errores, trayendo consigo mejores resultados que se verán reflejados en la calidad de la cancelería.

#### **1.5.2 Factibilidad**

Este proyecto de investigación se realiza con el fin de ayudar a la mejora de la empresa Productos Cristalum en su proceso constructivo de cancelerías exteriores, prevenir la filtración de agua, sonido y aire por sus elementos de cancelería exterior (ventilas, ventanas, louver), para que en un corto plazo se puedan tomar las medidas necesarias que representan una baja a la ganancia y confianza del cliente. Evitando o mitigando este problema permitirá que la empresa pueda crecer exponencialmente sin errores, trayendo consigo mejores resultados que se verán reflejados en la calidad de la cancelería.

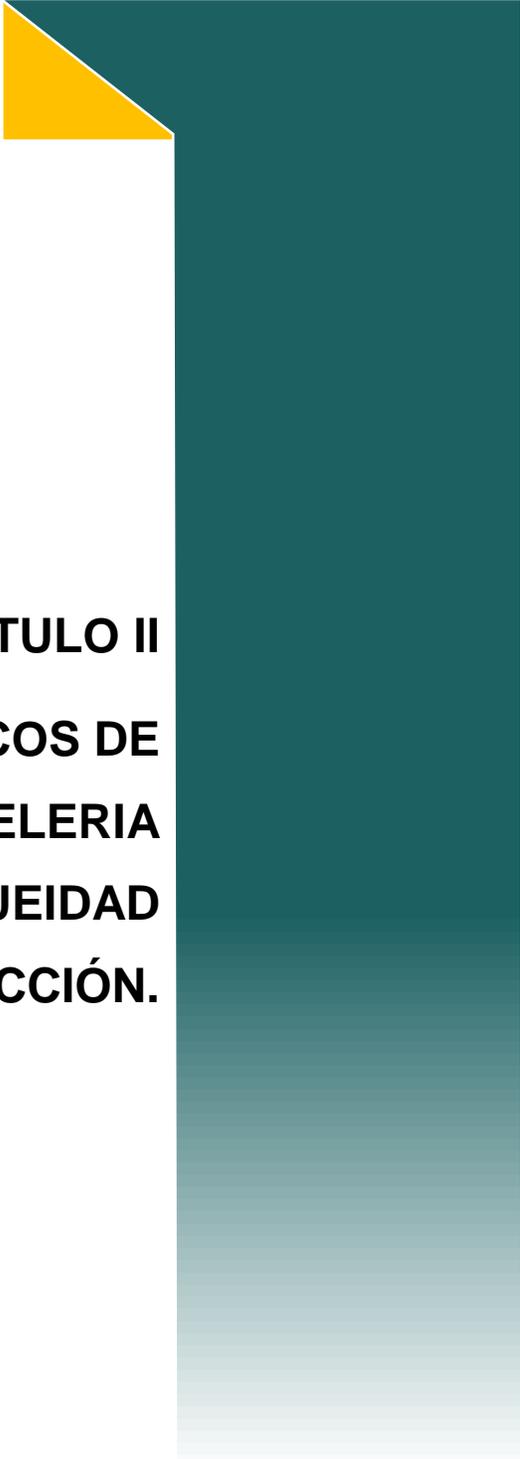
## **1.6 Variables de estudio.**

### **1.6.1. Variable independiente.**

Pruebas de hermeticidad

### **1.6.1. Variable dependiente.**

La mitigación de las filtraciones climatológicas y sonoras, prevención de daños al inmueble, prevención de hongos en los interiores del inmueble, confort para el habitante.



**CAPÍTULO II**

**ANTECEDENTES HISTORICOS DE  
VIDRIO, ALUMINIO, CANCELERIA  
Y PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD  
EN LA CONSTRUCCIÓN.**

## **CAPÍTULO II ANTECEDENTES HISTORICOS DE VIDRIO, ALUMINIO, CANCELERIA Y PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN.**

### **2.1 Antecedentes Historicos.**

#### **2.1.1 El vidrio.**

En México, entre nuestros recursos naturales podemos encontrar materiales tales como el cristal de roca y la obsidiana (vidrio volcánico).

Estos fueron utilizados por los antiguos mexicanos, especialmente en la cultura Mexicana y la Teotihuacana, para hacer puntas de flecha, navajas, cuchillos, objetos ceremoniales, espejos y joyería,

Y aún en nuestros días se siguen elaborando una gran variedad de objetos de este material y se ha logrado recuperar la técnica del ahuecado, fundamentalmente en la zona que circula Teotihuacán.

Las técnicas artesanales principales de confección de piezas de vidrio pueden clasificarse de la siguiente forma; vidrio soplado, prensado y



*Ilustración 1. Vidrio flotado*

moldeado; modelado y soplado; plano para emplomados; estirado y tallado y naturalmente el producido a nivel industrial,

Muchas piezas, especialmente las de vidrio prensado y soplado en molde, fueron en otro tiempo decorados al óleo. Esta decoración todavía se utiliza en jarras y floreros hechos en la ciudad de Puebla, aplicándose también a productos de vidrio soplado y estirado.

Asimismo, también es importante el uso del vidrio plano industrial para enmarcar imágenes, decorando con pinturas de anilina un marco que rodea la imagen. O bien utilizando papel de estaño recortado y adherido al vidrio. La imaginación de los vidrieros se ha desbordado en la creación de objetos de vidrio soplado. En 1860, en Texcoco, Estado de México, se estableció una fábrica de vidrio soplado, dirigida por una familia alemana de apellido Derflinger a la que siguió otra, llamada El Crisol, en la misma localidad. En 1889, Camilo Avalos Raso, a quien el citado investigador Rogelio Álvarez califica como el “primer vidriero mexicano”, ya que en general las empresas vidrieras estaban dirigidas por españoles y alemanes, fundo en las calles de carretones, en la entonces periferia de la Ciudad de México, un taller de vidrio soplado.

Su hijo Odín Avalos, poblano de nacimiento, llevo en 1903 a Guadalajara su producción, estableciendo la manufactura de vidrio soplado en Jalisco, la que pronto se especializó en fabricar envases para tequila y al mismo tiempo creó figuras imaginativas como puercos, conejos, aves, caballos y, desde luego, piezas muy sofisticadas como candeleros y objetos para el menaje de casa.

La producción de envases y capelos con el tiempo cedería su lugar a objetos de arte, entre los que se incluyen candelabros, jarras, vasos, ojos de boticario (esferas de vidrio transparente de diversos tamaños colocadas una sobre otra, de mayor a menor, con agua de colores).

En Jalisco proliferaron las factorías de vidrio soplado hasta pasar de cien, destacándose la obra de Lomelí, Abundis, La Rosa de Cristal y Camarasa, quien fabrica su propio cristal y aportó una coloración rojo sangre a los

objetos de vidrio que produce. En 1909 por la demanda de envases de vidrio de la industria cervecera, se empieza a instalar en México la industria vidriera, que traen consigo las primeras máquinas automáticas formadoras de envases en el mundo. En 1928 vidrieras mexicanas firman contrato de asistencia técnica industrias de Bélgica para la construcción y operación de una planta de vidrio plano en Monterrey N.L. En 1935 México empieza a exportar bótulas de vidrio, artículos de cristalería y vidrio plano a Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá, 1944 se establece en Tlalnepantla Estado de México una empresa como función la fabricación de envases de vidrio. En 1947 se crea la clínica vidriera para brindar servicio médico a trabajadores en la Ciudad de México, fabricando



*Ilustración 2. Primer planta de vidrio plano en México*

vidrio de estiaje vertical en 2 y 3 mm de espesor.

En 1973 y 1981 en México se integra el vidrio de seguridad para la industria automotriz se instala en García, Nuevo León la primera planta de vidrio plano.

En la actualidad son muchos los talleres que se dedican a producir vidrio para consumo popular, bellos en sus formas originales. Pero en México es

notable la variedad y la originalidad de las piezas de vidrio, de todos tamaños y todos colores, que enriquecen el enorme escaparate de nuestro arte popular.

#### **2.1.1.1 El proceso de Fabricación del vidrio**

El vidrio se origina a través de una compleja mezcla de compuestos nitrificantes tales como, fundentes, sílice, estabilizantes y álcalis; estas materias primas son llevadas al horno de producción continua a través de una tolva el horno es calentado por medio de quemadores de petróleo o gas haciendo que la llama alcance una temperatura suficiente, este cuenta con dos tipos de recuperadores cuyas funciones varían cada veinte minutos; uno logra el calentamiento por contacto con los gases ardientes, mientras que el otro otorga el calor almacenado al aire de combustión. Esta mezcla se funde a no menos de 1,500 °C y se traslada hacia la zona en donde será enfriada, cuando se obtiene el vidrio se le brinda la forma por laminación o por otro método.

Por sus características cristalinas debemos afirmar que el vidrio es un material muy higiénico y no tiene ninguna influencia sobre otros compuestos con los que se le relaciones, este es el caso de los alimentos almacenados en recipientes de vidrio; su degradación química y física le exige un largo tiempo, de todas formas, no contiene sustancias nocivas para el medio ambiente.

El color natural del vidrio es incoloro, sin embargo, dado los altos contenidos de hierro que hay en los yacimientos de arena sílica, el color que el vidrio normalmente adquiere es un verdoso para darle diferentes colores al vidrio se agregan durante el proceso de fabricación diferentes óxidos metálicos. Por ejemplo el vidrio azul surge del óxido de cobalto. “A nivel atómico, los átomos del vidrio se mueven muy despacio, como se movería un coche en medio de un atasco descomunal, por lo que no pueden “alcanzar su destino”, por este motivo el vidrio nunca llega a ser ni un sólido ni un líquido propiamente dicho.

El vidrio “fracada” en su solidez o en su capacidad para ser un material sólido debido a las estructuras atómicas especiales que se forman en su interior cuando el vidrio se enfría, esto es, cuando los átomos llegan a su “destino” conformando un material de partículas características vítreas.

El problema inicial es que no se podía observar a los átomos del vidrio directamente durante su enfriamiento debido a que estos eran muy pequeños por esta razón, se utilizan unas partículas denominadas coloides, que son mayores que la molécula los coloides imitan a los átomos y pueden observarse utilizando un microscopio moderno. Al enfriar estas partículas, el gel que estas formaron tiende a convertirse en un cristal, organizándose en estructuras similares al icosaedro. Es la formación de estas estructuras icosaédricas lo que subyace a los materiales cuyos átomos se “atascan” y lo que explicaría por qué el vidrio es vidrio y no un líquido o un sólido.

Cristal y vidrio llamamos a un mismo material pero existe una diferencia esencial entre ambos. El cristal se encuentra en la naturaleza en diferentes formas por ejemplo el cuarzo, cristal de roca. El vidrio es el resultado de la fusión de ciertos ingredientes como lo son; la sílice y cal. Aunque también existen vidrios creados por la naturaleza, como la obsidiana que se forma por el calor generado en el interior de los volcanes.

Llamamos erróneamente cristal al vidrio plomo o vidrio óptico pues su transparencia imita al cristal de roca natural; esta imitación había sido siempre la meta principal de los vidrieros.

Básicamente, el principio de fabricación del vidrio ha permanecido invariable desde sus comienzos, pues las principales materias primas y las temperaturas de fusión no han sido modificadas sin embargo, las técnicas se han transformado para conseguir un proceso de producción más acelerado y los investigadores han elaborado diferentes compuestos para combinarlos con el material bruto y así variar las propiedades físicas y químicas, de manera que sea posible disponer de una amplia gama de vidrios para diversas aplicaciones.

El vidrio se hace en un reactor de fusión, en donde se calienta una mezcla que casi siempre consiste en arena silíceo (arcillas) y óxidos metálicos secos pulverizados o granulados. En el proceso de la fusión (paso de solido a liquido) se forma un líquido viscoso y la masa se hace transparente y homogénea a temperaturas mayores a 1,000 °; al sacarlo del reactor, el vidrio adquiere una rigidez que permite darle forma y manipularlo así contralando la temperatura de enfriamiento se evita la desvitrificación o cristalización. Aunque la palabra puede resultarnos conocida, es posible que no sepamos que la arcilla es el producto del envejecimiento geológico de la superficie de la Tierra, y que como esta degeneración es continua y se produce en todas partes es un material terroso muy abundante en la naturaleza.

De hecho, para cultivador, el minero o el constructor de carreteras resulta un estorbo. En nuestro país tenemos numerosas arcillas. Los yacimientos en la Republica se encuentran distribuidos en el territorio correspondiente a 10 de los estados que forman la confederación política del país.

Las localidades donde se han encontrado se ilustran en el mapa correspondiente, se observa que en Chihuahua, Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla



*Ilustración 3. Ubicación de los principales yacimientos de arcillas en México.*

y Guerrero se encuentran las zonas importantes.

A menudo estos territorios están relacionados con regiones de mineralización, como las que corresponden a los estados de Guanajuato, Hidalgo y Querétaro.

Las rocas ígneas primarias que dieron lugar a las arcillas fueron, entre otras, granitos, pegmatitas y feldespatos. El envejecimiento de estas rocas primarias fue producido por la acción mecánica del agua, el viento, los glaciares y los movimientos terrestres, combinados con la acción química del agua y del bióxido de carbono a altas temperaturas. Hoy en día las mismas fuerzas naturales siguen produciendo arcilla, formándose así más cantidad de la que el hombre puede utilizar.

La arcilla es un material engañosamente sencillo. No tiene obstinada dureza de la piedra, ni la fibra temperamental de la madera, ni la solidez del metal, pero tiene una fragilidad y una inconstancia que parecen pedir un cuidado especial. Es blanda, dócil, plástica, maleable, sin veta ni dirección, clasificarla es una tarea difícil y conduce a diferentes resultados, dependiendo de la característica del material que se tome como referencia. Una clasificación geológica es la más conveniente en el caso de la arcilla, pues puede ser una guía preliminar útil de las materias primas empleadas en la industria del vidrio. Así mismo pueden dividirse en dos grandes grupos: las primarias y las secundarias.

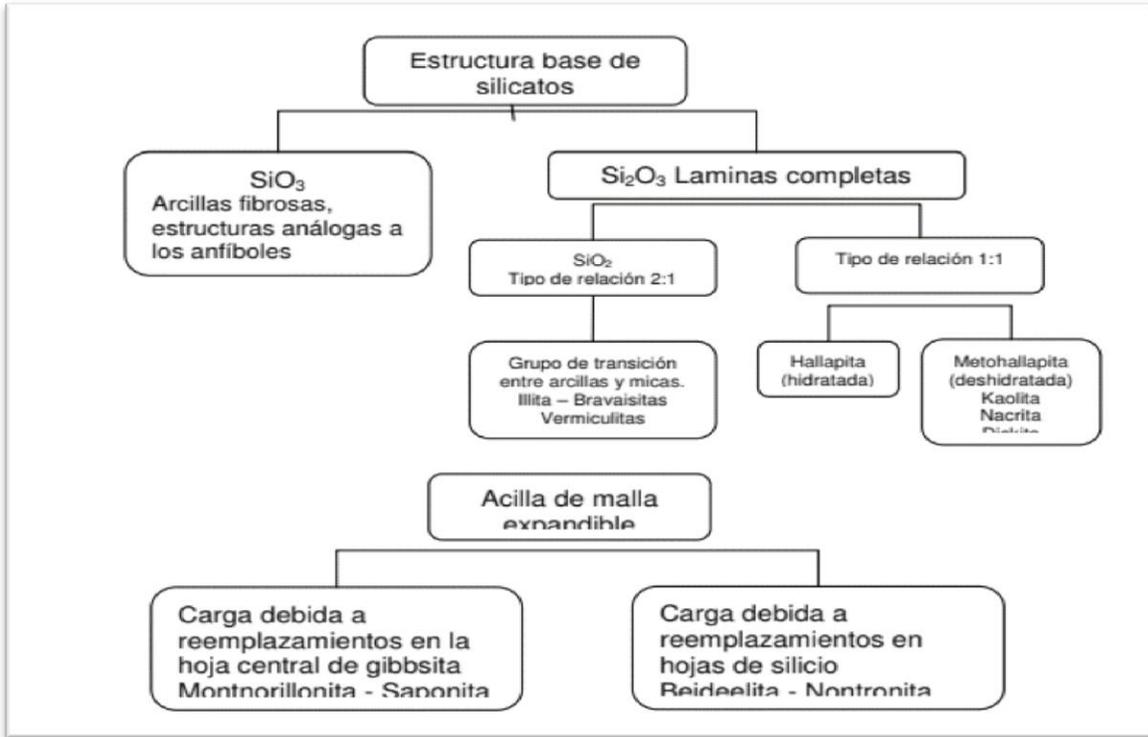
Las arcillas primarias, también conocidas como arcillas residuales, son las que se han formado en el lugar de sus rocas madres y no han sido transportadas por el agua, el viento o el glaciar; al no haber movimiento, casi no hay oportunidad de que las mezclas de otras procedencias alteren su composición, por lo que tienden a ser relativamente puras y libre de materiales no arcillosos, son valoradas por su limpieza, su blancura, su suavidad, su bajo costo y su dificultad para encontrarlas las arcillas secundarias son aquellas que han sido desplazadas del lugar donde fueron formadas. Son mucho más comunes, menos puras, pues tienen material procedente de distintas fuentes y su composición varía ampliamente. Estos

datos son particularmente importantes para las personas que van utilizar estos materiales, ya que las condiciones de trabajo se alteran de manera notable. Las arcillas que se encuentran esencialmente puras requieren un tratamiento mínimo, mientras que las otras tienen que tratarse a

profundidad antes ser utilizadas en la industria.

### 2.1.2 Aluminio.

El aluminio se utilizaba en la antigüedad clásica en tintorería y medicina



*Ilustración 4. Clasificación de las arcillas.*

bajo la forma de una sal doble, conocida como alumbre y que se sigue usando hoy en día. En el siglo XIX, con el desarrollo de la física y la química, se identificó el elemento. Su nombre inicial, *aluminum*, fue propuesto por el británico Sir Humphrey Davy en el año 1809. A medida que se sistematizaban los nombres de los distintos elementos, se cambió por coherencia a la forma *aluminium*, que es la preferida hoy en día por la IUPAC debido al uso uniforme del sufijo *-ium*. No es, sin embargo, la única aceptada, ya que la primera forma es muy popular en los Estados Unidos. En el año 1825, el físico danés Hans Christian Orsted, descubridor del electromagnetismo, logró aislar por electrólisis unas primeras muestras, bastante impuras. El aislamiento total fue conseguido dos años después por Friedrich Wöhler.

La extracción del aluminio a partir de las rocas que lo contenían se reveló como una tarea ardua. A mediados de siglo, podían producirse pequeñas cantidades, reduciendo con sodio un cloruro mixto de aluminio y sodio, gracias a que el sodio era más electropositivo. Durante el siglo XIX, la producción era tan costosa que el aluminio llegó a considerarse un material exótico, de precio exorbitante, y tanpreciado o más que la plata o el oro. Durante la Exposición Universal de 1855 se expusieron unas barras de aluminio junto a las joyas de la corona de Francia. El mismo



Ilustración 5. Vajilla de aluminio.

emperador Napoleón III había pedido una vajilla de aluminio para agasajar a sus invitados. De aluminio se hizo también el vértice del Monumento a Washington, a un precio que rondaba en 1884 el de la plata.

Diversas circunstancias condujeron a un perfeccionamiento de las técnicas de extracción y un consiguiente aumento de la producción. La primera de todas fue la invención de la dinamo en 1866, que permitía generar la cantidad de electricidad necesaria para realizar el proceso. En el año 1889, Karl Bayer patentó un procedimiento para extraer la alúmina u óxido de aluminio a partir de la bauxita, la roca natural. Poco antes, en 1886, el francés Paul Héroult y el norteamericano Charles Martin Hall habían patentado de forma independiente y con poca diferencia de fechas un proceso de extracción, conocido hoy como proceso Hall-Héroult. Con estas nuevas técnicas se incrementó vertiginosamente la producción de aluminio. Si en 1882, la producción anual alcanzaba apenas las 2 toneladas, en 1900 alcanzó las 6700 toneladas, en 1939 las 700 000 toneladas, 2 000 000 en 1943, y en aumento desde entonces, llegando a convertirse en el metal no férreo más producido en la actualidad.

La abundancia conseguida produjo una caída del precio y que perdiese la vitola de metal preciado para convertirse en metal común. Ya en 1895 abundaba lo suficiente como para ser empleado en la construcción, como es el caso de la cúpula del edificio de la secretaría de Sídney, donde se utilizó este metal. Hoy en día las líneas generales del proceso de extracción se mantienen, aunque se recicla de manera general desde 1960, por motivos medioambientales pero también económicos, ya que la recuperación del metal a partir de la chatarra cuesta un 5 % de la energía de extracción a partir de la piedra.

#### **2.1.2.1 Aplicaciones y usos.**

La utilización industrial del aluminio ha hecho de este metal uno de los más importantes, tanto en cantidad como en variedad de usos, siendo hoy un

material polivalente que se aplica en ámbitos económicos muy diversos y que resulta estratégico en situaciones de conflicto. Hoy en día, tan solo superado por el hierro/acero. El aluminio se usa en forma pura, aleado con otros metales o en compuestos no metálicos. En estado puro se aprovechan sus propiedades ópticas para fabricar espejos domésticos e industriales, como pueden ser los de los telescopios reflectores. Su uso más popular, sin embargo, es como papel aluminio, que consiste en láminas de material con un espesor tan pequeño que resulta fácilmente maleable y apto por tanto para embalaje alimentario. También se usa en la fabricación de latas y tetrabriks.

Por sus propiedades eléctricas es un buen conductor, capaz de competir en coste y prestaciones con el cobre tradicional. Dado que, a igual longitud y masa, el conductor de aluminio tiene poco menos conductividad, resulta un componente útil para utilidades donde el exceso de peso es importante. Es el caso de la aeronáutica y de los tendidos eléctricos donde el menor peso implica en un caso menos gasto de combustible y mayor autonomía, y en el otro la posibilidad de separar las torres de alta tensión.

Además de eso, aleado con otros metales, se utiliza para la creación de estructuras portantes en la arquitectura y para fabricar piezas industriales de todo tipo de vehículos y calderería. También está presente en enseres domésticos tales como utensilios de cocina y herramientas. Se utiliza asimismo en la soldadura aluminotermia y como combustible químico y explosivo por su alta reactividad. Como presenta un buen comportamiento a bajas temperaturas, se utiliza para fabricar contenedores criogénicos. Cuanto más puro, será más liviano y en algunas piezas de aviación, tendrá una alta resistencia gracias al oxígeno que lo compone. Es conocido como "Aluminio oxigenado o Aero Aluminio".

El uso del aluminio también se realiza a través de compuestos que forma. La misma alúmina, el óxido de aluminio que se obtiene de la bauxita, se usa tanto en forma cristalina como amorfa. En el primer caso forma

el corindón, una gema utilizada en joyería que puede adquirir coloración roja o azul, llamándose entonces rubí o zafiro, respectivamente. Asimismo, la dureza del corindón permite su uso como abrasivo para pulir metales. Los medios arcillosos con los cuales se fabrican las cerámicas son ricos en aluminosilicatos. También los vidrios participan de estos compuestos. Su alta reactividad hace que los haluros, sulfatos, hidruros de aluminio y la forma de hidróxido se utilicen en diversos procesos industriales tales como mordientes, catálisis, depuración de aguas, producción de papel o curtido de cueros. Otros compuestos del aluminio se utilizan en la fabricación de explosivos.

### **2.1.3 Cancelería.**

La extrusión es un proceso tecnológico que consiste en dar forma o moldear una masa haciéndola salir por una abertura especialmente dispuesta para conseguir perfiles de diseño complicado.

Se consigue mediante la utilización de un flujo continuo de la materia prima, generalmente productos metalúrgicos o plásticos. Las materias primas se someten a fusión, transporte, presión y deformación a través de un molde según sea el perfil que se quiera obtener.

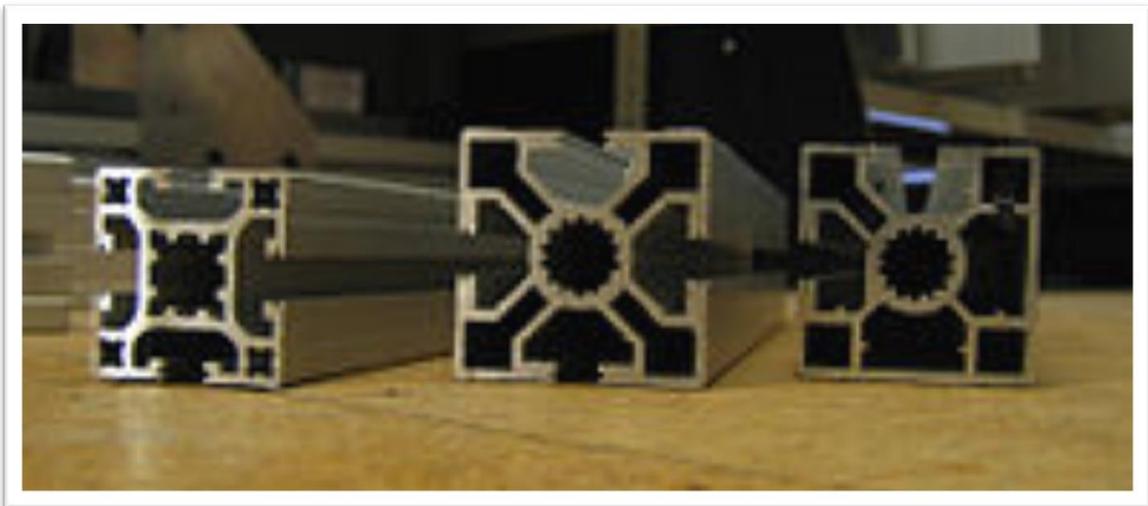
El aluminio debido a sus propiedades es uno de los metales que más se utiliza para producir variados y complicados tipos de perfiles que se usan principalmente en las construcciones de carpintería metálica. Se puede extruir tanto aluminio primario como secundario obtenido mediante reciclado.

Para realizar la extrusión, la materia prima, se suministra en lingotes cilíndricos también llamados “tochos”. El proceso de extrusión consiste en aplicar una presión al cilindro de aluminio (tocho) haciéndolo pasar por un molde (matriz), para conseguir la forma deseada. Cada tipo de perfil, posee un “molde” llamado matriz adecuado, que es el que determinará su forma.

El tocho es calentado (aproximadamente a 500 °C, temperatura en que el aluminio alcanza un estado plástico) para facilitar su paso por la matriz, y es introducido en la prensa. Luego, la base del tocho es sometida a una llama de combustión incompleta, para generar una capa fina de carbono. Esta capa evita que el émbolo de la prensa quede pegado al mismo. La prensa se cierra, y un émbolo comienza a empujar el tocho a la presión necesaria, de acuerdo con las dimensiones del perfil, obligándolo a salir por la boca de la matriz. La gran presión a la que se ve sometido el aluminio hace que este eleve su temperatura ganando en maleabilidad.

Los componentes principales de una instalación de extrusión son: el contenedor donde se coloca el tocho para extrusión bajo presión, el cilindro principal con pistón que prensa el material a través del contenedor, la matriz y la porta matriz.

Del proceso de extrusión y temple, dependen gran parte de las características mecánicas de los perfiles, así como la calidad en los acabados, sobre todo en los anodizados. El temple, en una aleación de aluminio, se produce por efecto mecánico o térmico, creando estructuras y



*Ilustración 6. Perfiles de aluminio.*

propiedades mecánicas características.

A medida que los perfiles extruidos van saliendo de la prensa a través de la matriz, se deslizan sobre una bancada donde se les enfría con aire o agua, en función de su tamaño y forma, así como las características de la aleación involucrada y las propiedades requeridas. Para obtener perfiles de aluminio rectos y eliminar cualquier tensión en el material, se les estira. Luego, se cortan en longitudes adecuadas y se envejecen artificialmente para lograr la resistencia apropiada. El envejecimiento se realiza en hornos a unos 200 °C y están en el horno durante un periodo que varía entre 4 a 8 horas. Todo este proceso se realiza de forma automatizada

Los procesos térmicos que aumentan la resistencia del aluminio. Hay dos procesos de temple que son el tratamiento térmico en solución, y el envejecimiento. El temple T5 se consigue mediante envejecimiento de los perfiles que pasan a los hornos de maduración, los cuales mantienen una determinada temperatura durante un tiempo dado. Normalmente 185 °C durante 240 minutos para las aleaciones de la familia 6060, de esta forma se consigue la precipitación del silicio con el magnesio en forma de siliciuro de magnesio ( $Mg_2Si$ ) dentro de las dendritas de aluminio, produciéndose así el temple del material. La temperatura de salida de extrusión superior a 510 °C para las aleaciones 6060 más el correcto enfriamiento de los perfiles a 250 °C en menos de cuatro minutos, es fundamental para que el material adquiera sus propiedades, 15 a este material se le considera de temple 4 o T4 o también conocido como sin temple.

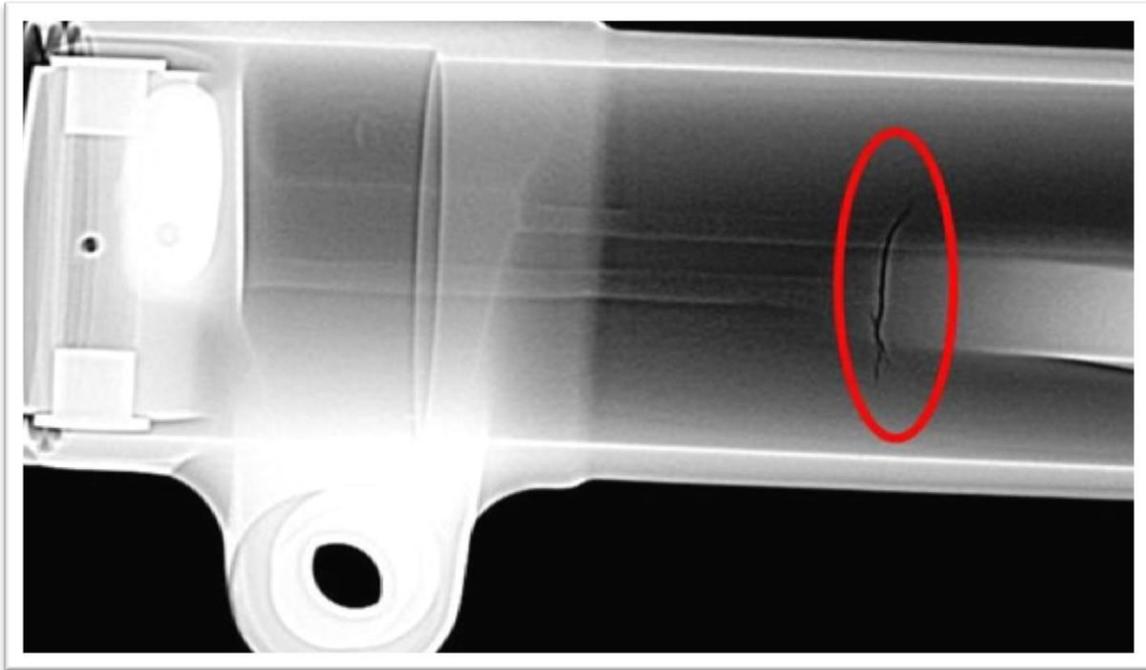
El temple es medido por durómetros, con la unidad de medida llamada Webster o grados Websters.

#### **2.1.4 En la industria automotriz:**

- Partes de motores
- Chasis
- En aviación e industria aeroespacial:
- Exteriores
- Chasis

- Plantas generadoras
- Motores a reacción
- Cohetes espaciales
- En construcción:
- Ensayos de integridad en pilotes y pantallas
- Estructuras
- Puentes
- En manufactura:
- Partes de máquinas
- En ingeniería nuclear:
- Pressure vessels
- En petroquímica:
- Transporte por tuberías
- Tanques de almacenamiento
- Misceláneos
- Atracciones de parques de diversiones
- Conservación-restauración de obras de arte.

La clasificación de las pruebas no destructivas se basa en la posición en donde se localizan las discontinuidades que pueden ser detectadas, por lo que se clasifican en:



*Ilustración 7. Radiografía Industrial.*

## **2.2 Pruebas de estanqueidad.**

Los ensayos no destructivos se han practicado por muchas décadas. Se tiene registro desde 1868 cuando se comenzó a trabajar con campos magnéticos. Uno de los métodos más utilizados fue la detección de grietas superficiales en ruedas y ejes de ferrocarril. Las piezas eran sumergidas en aceite, y después se limpiaban y se esparcían con un polvo. Cuando una grieta estaba presente, el aceite que se había filtrado en la discontinuidad, mojaba el polvo que se había esparcido, indicando que el componente estaba dañado. Esto condujo a formular nuevos aceites que serían utilizados específicamente para realizar éstas y otras inspecciones, y esta técnica de inspección ahora se llama prueba por líquidos penetrantes (PT). Sin embargo con el desarrollo de los procesos de producción, la detección de discontinuidades ya no era suficiente. Era necesario también contar con información cuantitativa sobre el tamaño de la discontinuidad, para utilizarla como fuente de información, con el fin de realizar cálculos matemáticos y

poder predecir así la vida mecánica de un componente. Estas necesidades, condujeron a la aparición de la Evaluación No Destructiva (NDE) como nueva disciplina. A raíz de esta revolución tecnológica se suscitarían en el campo de las PND una serie de acontecimientos que establecerían su condición actual.

En el año de 1941 se funda la Sociedad Americana para Ensayos No Destructivos (ASNT por sus siglas en inglés), la cual es la sociedad técnica más grande en el mundo de pruebas no destructivas. Esta sociedad es promotora del intercambio de información técnica sobre las PND, así como de materiales educativos y programas. Es también creadora de estándares y servicios para la Calificación y Certificación de personal que realiza ensayos no destructivos, bajo el esquema americano.

A continuación, se proporcionan una serie de fechas relacionadas con acontecimientos históricos, descubrimientos, avances y aplicaciones, de algunas pruebas no destructivas.

- 1868 Primer intento de trabajar con los campos magnéticos
- 1879 David Hughes establece un campo de prueba
- 1879 David Hughes estudia las Corrientes Eddy
- 1895 Wilhelm Röntgen estudia el tubo de rayos catódicos
- 1895 Wilhelm Röntgen descubre los Rayos X
- 1896 Henri Becquerel descubre los Rayos gamma
- 1900 Inicio de los líquidos penetrantes en FFCC
- 1911 ASTM establece el comité de la técnica de MT
- 1928 Uso industrial de los campos magnéticos
- 1930 Theodore Zuschlag patentó las Corrientes Eddy
- 1931 Primer sistema industrial de Corrientes Eddy instalado
- 1941 Aparecen los líquidos fluorescentes
- 1945 Dr. Floy Firestone trabaja con Ultrasonido
- 1947 Dr. Elmer Sperry aplica el UT en la industria

La entidad que reúne a todas las instituciones debidamente constituidas es el Comité Internacional de Ensayos No Destructivos (ICNDT, por sus siglas en inglés) con sede en Viena.

La globalización en los mercados mundiales ha marcado el desarrollo de los ensayos no destructivos, los cuales tienen ya un alcance en cada rincón del planeta, y actualmente existen sociedades de ensayos no destructivos en la mayoría de los países como por ejemplo, La Sociedad Argentina de Ensayos No Destructivos (AAENDE), El Instituto Australiano para Ensayos No Destructivos (AINDT), La Sociedad Austriaca de Ensayos No Destructivos (OGFZP), La Asociación Belga de Ensayos No Destructivos (BANT), La Sociedad Brasileña de Ensayos No Destructivos (ABENDE), La Sociedad Canadiense de Ensayos No destructivos (CSNDT), La Sociedad China para Ensayos No Destructivos (ChSNDT), El Instituto Mexicano de Ensayos No Destructivos A.C. (IMENDE A.C.), Asociación Mexicana de Ensayos No Destructivos (AMEXEND A.C.)

Los ensayos no destructivos se utilizan en una variedad de ramas que cubren una gran gama de actividades industriales.

### **2.2.1 Pruebas no destructivas superficiales.**

Estas pruebas proporcionan información acerca de la sanidad superficial de los materiales inspeccionados. Los métodos de PND superficiales son:

- VT – Inspección Visual,
- PT – Líquidos Penetrantes
- MT – Partículas Magnéticas
- ET – Electromagnetismo

En el caso de utilizar VT y PT se tiene la limitante para detectar únicamente discontinuidades superficiales (abiertas a la superficie); y con MT y ET se tiene la posibilidad de detectar tanto discontinuidades superficiales como sub-superficiales (las que se encuentran debajo de la superficie pero muy cercanas a ella).

### **2.2.2 Pruebas no destructivas volumétricas.**

Estas pruebas proporcionan información acerca de la sanidad interna de los materiales inspeccionados. Los métodos de PND volumétricos son:

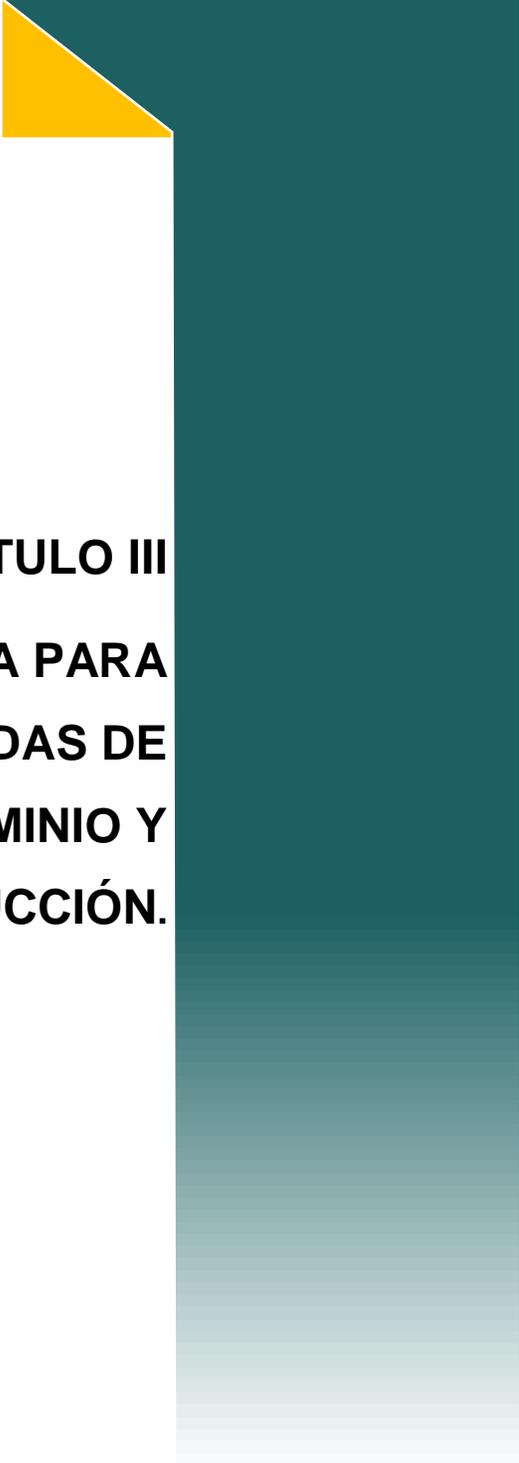
- RT – Radiografía Industrial
- UT – Ultrasonido Industrial
- AE – Emisión Acústica

Estos métodos permiten la detección de discontinuidades internas y sub-superficiales, así como bajo ciertas condiciones, la detección de discontinuidades superficiales.

### **2.2.3 Pruebas no destructivas de hermeticidad.**

Estas pruebas proporcionan información del grado en que pueden ser contenidos los fluidos en recipientes, sin que escapen a la atmósfera o queden fuera de control. Los métodos de PND de hermeticidad son:

- Pruebas de Fuga
- Pruebas por Cambio de Presión (Neumática o hidrostática).
- Pruebas de Burbuja
- Pruebas por Espectrómetro de Masas
- Pruebas de Fuga con Rastreadores de Halógeno



**CAPÍTULO III**

**BASE NORMATIVA PARA  
ELEMENTOS DE FACHADAS DE  
CANCELERIA DE ALUMINIO Y  
VIDRIO EN LA CONSTRUCCIÓN.**

## **CAPÍTULO III BASE NORMATIVA PARA ELEMENTOS DE FACHADAS DE CANCELERIA DE ALUMINIO Y VIDRIO EN LA CONSTRUCCIÓN.**

### **3.1 Norma Oficial Mexicana NOM-146-SCDFI-2019, “Productos de vidrio-vidrio de seguridad usado en la construcción-especificaciones y métodos de prueba”.**

#### **3.1.1 Objetivo**

Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones mínimas de seguridad y/o contención, que, como producto terminado, debe cumplir permanentemente el vidrio usado en la construcción, sus instalaciones y acabados, para reducir los riesgos de lesiones a las personas que tengan contacto con él, ocasionadas al romperse el vidrio por un impacto humano, por objetos proyectados hacia él, o alguna otra fuente externa, así como la protección contra acciones de fuerza, en eventos accidentales y naturales o por actos de agresión y vandálicos.

#### **3.1.2 Campo de aplicación**

Esta Norma Oficial Mexicana es aplicable al vidrio de seguridad y/o contención que se comercializa dentro del territorio de los Estados Unidos Mexicanos.

#### **3.1.3 Referencias**

Esta Norma Oficial Mexicana se complementa con la siguiente Norma Oficial Mexicana o la que la sustituya:

NOM-106-SCFI-2000, "Características de diseño y condiciones de uso de la contraseña oficial", publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de febrero de 2001.

### **3.1.4 Definiciones**

Para efectos de la presente Norma Oficial Mexicana se establecen las siguientes definiciones:

#### **3.1.4.1 Acumulación de defectos**

Conjunto de defectos en un área determinada.

#### **3.1.4.2 Área pública**

Es todo aquel espacio abierto o cerrado que puede ser de propiedad privada, pública o mixta y que es de uso común para la gente.

#### **3.1.4.3 Astillado del borde**

Pequeña hendidura, en forma aguda, en el borde del vidrio, causada por desprendimiento del material, como consecuencia del corte, cualquier otro proceso aplicado u otra fuerza externa.

#### **3.1.1.4 Burbuja**

Es la inclusión gaseosa presente en el estrato de vidrio, en el plástico, o entre el estrato de vidrio y el plástico.

#### **3.1.4.5 Burbuja abierta**

Es la inclusión gaseosa cerca de la superficie, en el estrato de vidrio, que se abre durante el proceso de fabricación del mismo.

#### **3.1.4.6 Canto pulido**

Es el rectificado del canto del vidrio de seguridad y/o contención y sus aristas, pudiendo ser dicho canto en diferentes formas.

#### **3.1.4.7 Concha**

Es el desprendimiento de partículas en las orillas del vidrio de seguridad y/o contención, en forma cónica.

#### **3.1.4.8 Contracción del plástico**

Es un faltante del material en las orillas del vidrio inastillable.

#### **3.1.4.9 Decoloración del plástico**

Es la pérdida parcial de la tonalidad y transparencia a consecuencia de múltiples factores como exceso de humedad, defecto de la película plástica, radiación solar, ataque químico y otros factores externos.

#### **3.1.4.10 Defecto**

Cualquier alteración física en el vidrio que se observa a simple vista como pliegues, visión doble, fisuras, des laminaciones y otros factores que alteren las características definidas para esta Norma Oficial Mexicana.

#### **3.1.4.11 Defecto lineal**

Imperfecciones de cualquier tipo con forma alargada, tales como arañazos, raspaduras, manchas, burbujas y/o cuerpos extraños.

#### **3.1.4.12 Defecto puntual**

Imperfecciones de cualquier tipo confinadas a un área no mayor a 12 mm<sup>2</sup>, tales como manchas opacas burbujas y cuerpos extraños.

#### **3.1.4.13 Des laminación**

Es la falta de adherencia entre el vidrio y el plástico intercalador.

#### **3.1.4.14 Desplazamiento**

Es una mala alineación de uno de los bordes de las hojas de vidrio o de plástico que forman el vidrio inastillable.

#### **3.1.4.15 Doble visión**

Es una imagen secundaria débil además de la imagen primaria, que resulta de la falta de paralelismo en las superficies del vidrio de seguridad.

#### **3.1.4.16 Espesor nominal de vidrio inastillable**

Es la suma de los espesores nominales de los vidrios monolíticos y de los espesores nominales del plástico intercalador que lo componen.

#### **3.1.4.17 Etiqueta**

Cualquier rótulo, marbete, inscripción, imagen u otra materia descriptiva o gráfica, escrita, impresa, estarcida, marcada, grabada en alto o bajo relieve, adherida o sobrepuesta al producto, a su envase o, cuando no sea posible por las características del producto o su envase, al embalaje.

#### **3.1.4.18 Etiquetado**

Acción y efecto de imprimir, estarcir, marcar, grabar, adherir o sobreponer al producto, o su envase o embalaje, el marbete, inscripción, imagen u otra materia descriptiva o gráfica de que se trate.

#### **3.1.4.19 Fisura (pelo)**

Es aquella rotura de aspecto brillante que afecta una parte importante del espesor del vidrio, y que puede producir la fractura del mismo.

#### **3.1.4.20 Impacto múltiple concentrado**

Impactos provocados sobre el vidrio con una esfera de acero que simula impactos de proyectiles.

#### **3.1.4.21 Impacto no concentrado**

Impacto provocado sobre el vidrio con un saco o pera, que simula el impacto de un cuerpo humano contra el vidrio.

#### **3.1.4.22 Incrustación y depósito superficial**

Es aquel deterioro local en la superficie del vidrio, ocasionado por partículas extrañas, provocado durante el proceso de fabricación, como golpes, huecos o fisuras.

#### **3.1.4.23 Ionómero**

Es un tipo de plástico intercalador rígido utilizado en la fabricación de vidrio inastillable que provee una alta capacidad de carga residual y resistencia a la penetración de la humedad y a la agresión de productos químicos.

#### **3.1.4.24 Mancha de aceite**

Es un manchado en el interior del vidrio inastillable, generalmente de color amarillento que se presenta en las orillas.

#### **3.1.4.25 Mancha nebulosa**

Es aquélla de apariencia opalina que se muestra después de haberse completado el proceso de fabricación.

#### **3.1.4.26 Marca de pinza**

Es la marca en la orilla del vidrio provocada por la pinza de sujeción durante el proceso de templado en sistema vertical.

#### **3.1.4.27 Marcado**

Se entiende como el proceso de grabar, imprimir o sellar en forma permanente, o bien el uso de cualquier otro proceso permanente similar.

#### **3.1.4.28 Muestra**

Conjunto de piezas del vidrio de seguridad, representativas del lote de producción, que se van a someter a las pruebas

indicadas en esta Norma Oficial Mexicana.

#### **3.1.4.29 Ojo de buey**

Es la deformación de la superficie del vidrio causado por un pulido excesivo del material al ser re trabajado.

#### **3.1.4.30 Patrón discontinuo**

Se refiere a alteraciones en el patrón requerido en un proceso de serigrafía para pintura de vidrio.

#### **3.1.4.31 Pelusa**

Filamento de diversos materiales atrapado en el vidrio inastillable.

#### **3.1.4.32 Piedra**

Es cualquier partícula extraña contenida en el vidrio de seguridad y/o contención, que puede ser de material refractario o bien de partículas no fundidas.

#### **3.1.4.33 Piedra con nervio (piedra con cuerda).**

Es aquella en que además del material extraño, se nota en el vidrio de seguridad y/o contención un defecto brillante y alargado que nace en la misma piedra.

#### **3.1.4.34 Piedra en punta**

Es aquella que está tan cerca de la superficie del vidrio de seguridad y/o contención que sobresale de la misma.

#### **3.1.4.35 Pintura con línea serruchada**

Defecto en el perímetro de la pintura aplicada en el proceso de serigrafía.

#### **3.1.4.36 Plástico intercalador**

Polímero orgánico de alto peso molecular, en forma de hoja o lámina (ejemplos no limitativos: policarbonato, poliuretanos, polivinil butiral,

ionómero), o resina polimerizada (ejemplos no limitativos: resinas de poliéster, resinas de poliacrilato), que se adhiere al vidrio de manera permanente, para darle las características del vidrio inastillable.

#### **3.1.4.37 Pliegues**

Deformaciones debidas a un doblez en la lámina plástica visibles después de la fabricación.

#### **3.1.4.38 Punto opaco**

Es una partícula de materiales extraños que causa una apariencia opaca.

#### **3.1.4.39 Puntos blancos**

Son manchas en la pintura, observadas por la cara sin pintar.

#### **3.1.4.40 P.V.B. Polivinil butiral**

Es un tipo de plástico intercalador utilizado para la fabricación del vidrio inastillable, cuyos espesores nominales son 0,38, 0,76, 1,04, 1,52 mm y sus múltiplos.

#### **3.1.4.41 Radiación Ultravioleta (UV)**

Luz solar, que por su longitud de onda (menor a 380 nanómetros) ocasiona la degradación, y decoloración de diversos compuestos orgánicos, incluyendo plástico.

#### **3.1.4.42 Raspadura**

Es la imperfección sobre la superficie del vidrio de apariencia ancha y opaca.

#### **3.1.4.43 Raya**

Es cualquier marca o escoriación en la superficie del vidrio de seguridad y/o protección, y su aspecto puede ser brillante u opaco.

#### **3.1.4.44 Resina de poliacrilato**

Es un tipo de plástico intercalador utilizado para la fabricación del vidrio inastillable. Debido a que en su estado no vulcanizado es un líquido, se puede variar infinitamente el espesor del plástico intercalador.

#### **3.1.4.45 Tintado**

Cualquier color que se agrega al vidrio de seguridad y/o protección para darle tonos diferentes.

#### **3.1.4.46 Vidrio**

Es una sustancia amorfa, resultado de la fusión, enfriamiento y solidificación de una mezcla de silicatos y otros óxidos, los cuales le confieren sus características mecánicas y de color (vidrio monolítico o recocido).

#### **3.1.4.47 Vidrio cilindrado o impreso**

Láminas o placas de vidrio translúcido, incoloro o coloreado, con una o dos de sus caras grabadas o impresas por medio de rodillos.

#### **3.1.4.48 Vidrio de contención**

Es aquel que además de actuar como vidrio de seguridad, aun después de romperse, mantiene cierta integridad brindando protección ante acciones de impactos, retardando la penetración de cualquier objeto.

#### **3.1.4.49 Vidrio de seguridad**

Es aquel que reduce el riesgo de sufrir cortaduras o lesiones que pongan en peligro la integridad física de una persona, derivadas de que, al romperse, sus fragmentos puedan estar en contacto con ésta.

#### **3.1.4.50 Vidrio flotado**

Es aquel que se obtiene a través del proceso de fabricación mediante el cual una masa continua de vidrio, proveniente de los hornos de fusión, flota sobre la superficie de un metal fundido, por lo común estaño, a una temperatura cuidadosamente controlada. La superficie plana del metal fundido da al vidrio, a medida que se enfría, una superficie lisa sin deformaciones. Después de un enfriamiento suficiente, el vidrio se vuelve rígido y se puede manejar bajo rodillos, sin dañar el acabado superficial.

#### **3.1.4.51 Vidrio inastillable**

Es el vidrio de seguridad y contención que puede incorporar cualquier tipo de vidrio (ejemplos no limitativos: flotado, templado, semitemplado, reflectivo, impreso y serigrafado) y de plástico intercalador, que al romperse la mayoría de sus fragmentos quedan adheridos al plástico intercalador.

#### **3.1.4.52 Vidrio templado térmicamente**

Vidrio que, al ser sometido a un tratamiento, adquiere un aumento de su resistencia a los esfuerzos de origen mecánico y a los esfuerzos térmicos y es de resistencia estructural integral.

### **3.1.4.53 Vidrio templado químicamente**

Vidrio que, al ser sometido a una inmersión de sales de nitrato de potasio, sufre un intercambio iónico, el cual le genera esfuerzos de compresión superficiales y es de resistencia estructural superficial.

### **3.1.5 Clasificación y designación**

El producto objeto de la aplicación de esta Norma Oficial Mexicana se clasifica en dos clases:

#### **3.1.5 Clase I Vidrio templado.**

##### **3.1.5.1 Clase II Vidrio inastillable.**

##### **3.1.5.2 La Clase II se clasifica en dos tipos:**

Tipo A Vidrio inastillable fabricado con hojas o láminas

Tipo B Vidrio inastillable fabricado con resina polimerizada

Por su comportamiento, al ser sometidos a las pruebas de resistencia al impacto que se establecen en esta Norma Oficial Mexicana, los vidrios de seguridad en las dos clases ofrecen diferentes niveles de resistencia de acuerdo a los criterios establecidos en la Tabla 1.

*Tabla 1. Pruebas de impacto y nivel de resistencia.*

<b>Nivel de Resistencia</b>	<b>Objeto a impactar, peso, altura y frecuencia</b>
1	Un impacto no concentrado de baja energía a 0,46 m de altura.
2	Un impacto no concentrado de alta energía a 1,22 m de altura
3	Impacto múltiple (3 veces) concentrado de baja energía, desde 3,0 m de altura (sólo clase II)
4	Impacto múltiple (3 veces) concentrado de energía media, desde 6,0 m de altura (sólo clase II)

5	Impacto múltiple (9 veces) concentrado de alta energía, desde 9,0 m de altura (sólo clase II)
---	---

### 3.1.6 Especificaciones

*Tabla 2. Especificaciones para los vidrios de seguridad y/o contención, según su clase*

Parámetro	Especificaciones para:	
	Vidrio de seguridad	Vidrio de seguridad y contención
	Clase I Templado (numeral)	Clase II Inastillable (numeral)
Inspección de defectos	5.1.1	5.2.1
Tolerancias	5.1.2	5.2.2
Planicidad	5.1.3	5.1.3
Fractura	5.1.4	NA
Esfuerzo de compresión y tensión	5.1.5	NA
Un impacto con saco de 45 kg a 460 mm	5.1.6.1	5.2.3.1
Un impacto con saco de 45 kg a 1220 mm	5.1.6.2	5.2.3.2
Tres impactos concentrados, de baja energía, desde 3,0 m de altura	NA	5.2.4.1
Tres impactos concentrados de media energía, desde 6,0 m de altura	NA	5.2.4.2
Nueve impactos concentrados de alta energía, desde 9,0 m de altura	NA	5.2.4.3

Hervido	NA	5.2.5
Humedad	NA	5.2.6
Envejecimiento acelerado	NA	5.2.7

La Tabla 2 define las especificaciones generales para las dos clases de vidrio, por otro lado, las especificaciones de seguridad que son objeto de la evaluación de la conformidad, se describen en el capítulo 9 de la presente Norma Oficial Mexicana.

NA = No Aplica

### 3.1.6.1 Clase I. Vidrio templado

El vidrio templado debe cumplir con las especificaciones siguientes:

#### 3.1.6.2 Inspección de defectos

*Tabla 3. Defectos permisibles en vidrio templado.*

Defectos Permitidos	Zona A Cantidad	Dimensión del defecto mm	Zona B cantidad	Dimensión del defecto en mm, incluye deformación
Burbuja	2	1,6 máximo separadas a 305 mínimo	2	2,4 máximo separadas a 305 mínimo
Burbuja abierta	2	1,2 máximo separadas a 305 mínimo	2	1,6 separadas a 305 mínimo
Piedra	2	0,4 máximo separadas a 305 mínimo	2	0,8 máximo separadas a 305 mínimo
Raya	2	No debe detectarse a 3300 a inspección normal	2	No debe detectarse a 3300 a inspección normal

Concha	5	2,0 a 4,0	5	4,0 a 7,0
Puntos opacos	2	1,5 máximo	4	3,0 máximo

El vidrio templado puede tener los defectos que se listan en la Tabla 3, y se verifican de acuerdo al procedimiento descrito en el numeral 7.1 de la presente Norma Oficial Mexicana.

Descripción de zonas

Zona A.- Corresponde al 80% de la superficie central del vidrio.

Zona B.- Corresponde al 20% de la superficie restante del vidrio.

### 3.1.6.3 Defectos en pintura sobre la superficie del vidrio

Por la naturaleza de los procesos utilizados para aplicar pinturas superficiales en el vidrio, los siguientes defectos se consideran como permisibles, siempre y cuando no se detecten a una distancia de 3 300 mm observados en un plano perpendicular al de la posición de la pieza, por la cara no pintada, como se indica en el numeral 7.1 de la presente Norma Oficial Mexicana, pero sí observando el acabado.

- a) Faltante de pintura de cualquier tipo
- b) Manchas de cualquier tipo
- c) Patrón discontinuo
- d) Pintura sucia
- e) Pintura sombreada
- f) Pintura con variación de tono
- g) Pintura con línea serruchada
- h) Puntos blancos

Nota 1.- Por la naturaleza de los procesos utilizados para aplicar pinturas superficiales en el vidrio, así como las diferencias tanto en espesores, tonalidades del estrato, tonalidades de pigmentos, densidad de pintura, espesor de pintura, transmisión de luz de la pintura y del estrato, podrán existir diferencias de tonalidades o colores en una misma pieza, o entre piezas de un mismo lote de producción.

### 3.1.6.4 Tolerancias

### 5.1.6.5. Dimensiones

Los vidrios templados no debe ser alterados en sus dimensiones originales después de haber sido sometidos a templado, por tal motivo debe cortarse y pulirse antes de su fabricación. Las dimensiones y tolerancias máximas para estos vidrios se establecen en la Tabla 4, y se comprueban conforme al procedimiento descrito en el numeral 7.2.1 de la presente Norma Oficial Mexicana.

Tabla 4. Tolerancias en dimensiones de largo y ancho (mm).

Longitud mm	Espesores mm			Descuadre mm (variación del lado corto)
	Menor o igual a 6	Mayor a 6 o igual a 15	Mayores a 15	
Hasta 1000	± 1,6	± 1,8	± 2,0	± 2,0
Hasta 1500	± 1,8	± 2,0	± 2,5	± 3,0
Hasta 2500	± 2,0	± 2,5	± 3,0	± 5,0
Hasta 3000	± 2,0	± 3,0	± 3,5	± 6,0
Mayores a 3000	± 2,5	± 3,0	± 4,0	± 8,0

Nota 2.- La variación del lado corto del vidrio es medida con referencia a la obtenida en un ángulo de 90° y esto se define como descuadre.

### 3.1.6.6 Espesor

Las tolerancias en espesor para los vidrios (monolíticos) comprendidos en esta clase se establecen en la Tabla B.1 del Apéndice B y se verifica conforme al procedimiento descrito en el numeral 7.2.2 de la presente Norma Oficial Mexicana.

### 3.1.6.7 Torceduras localizadas

Las torceduras o levantamientos localizados en vidrios rectangulares no deben exceder de 2,5 mm en una longitud máxima de 300 mm, medida

desde el borde de la pieza. Esto se verifica conforme al procedimiento descrito en el numeral 7.2.3 de la presente Norma Oficial Mexicana.

### 3.1.6.8 Planicidad

Por naturaleza del proceso a que se ha sometido al templar el vidrio, la planicidad del templado puede variar con respecto a la del vidrio recocido. En la Tabla 5 se encuentran las tolerancias máximas. La flecha se mide con la lámina de vidrio en posición vertical, apoyada en dos puntos de su canto largo inferior. Esto se verifica conforme al procedimiento descrito en el numeral 7.2.4 de la Norma Oficial Mexicana.

*Tabla 5. Tolerancias de planicidad. Desviación máxima medida desde la superficie plana, en mm.*

Longitud del vidrio mm	Espesor nominal del vidrio Mm							
	Hasta 3	4	5	6	8	9,5	10	11 o mayor
0-499	3	3	3	3	2	2	2	1
500-899	5	5	4	4	3	3	2	1
900-1199	8	8	6	5	3	3	3	2
1200-1499	10	10	8	6	5	4	3	2
1500-1799	10	11	10	8	6	5	4	3
1800-2099	12	12	11	10	8	6	5	3
2100-2399	12	12	12	10	8	7	6	4
2400-2699	13	13	12	10	8	8	8	5
2700-2999	16	13	13	10	10	9	8	6
3000-3299	19	15	13	12	10	10	10	7
3300-3999	-	-	-	12	12	12	12	8
4000-4700	-	-	-	13	13	13	13	9

### 3.1.6.9 Fractura

Cuando la prueba de fractura se realiza como se describe en el numeral 7.3 de la presente Norma Oficial Mexicana, el número mínimo de partículas obtenidas en un cuadro de 5 cm x 5 cm, son las especificadas en la Tabla 6. En caso de existir menor número de fragmentos en el cuadrado de 5 cm x 5 cm de los especificados en la Tabla 6, se debe efectuar una segunda lectura en esa zona, en un cuadrado de 10 cm por lado, en el cual debe existir, como mínimo, el número de fragmentos indicados en dicha Tabla 6, multiplicados por 4.

*Tabla 6. Especificaciones de fractura.*

Espesor nominal mm	Número mínimo de partículas en cuadrado de 50 mm x 50 mm
Hasta 3	40
4	40
5	40
6	50
8	50
Mayores	50

### **3.1.6.10 Esfuerzos de compresión y tensión**

### **3.1.6.11 Esfuerzos a compresión superficial**

El vidrio templado debe tener un esfuerzo a la compresión de superficie de 73 550 kPa como mínimo cuando se prueba como se indica en el numeral 7.4 de la presente Norma Oficial Mexicana.

### **3.1.6.12 Esfuerzos en cantos de compresión y tensión**

El vidrio templado debe de tener en sus cantos un esfuerzo mínimo de compresión de 73 550 kPa y un esfuerzo máximo de tensión de 36 775 kPa. Esto se verifica siguiendo el método de prueba establecido en el numeral 7.4 de la presente Norma Oficial Mexicana.

### **3.1.6.13 Resistencia al impacto**

#### **3.1.6.14 Impacto no concentrado de baja energía para vidrio de seguridad nivel 1.**

Las muestras del vidrio de seguridad se someten al procedimiento de prueba descrito en el numeral 7.5 de la presente Norma Oficial Mexicana, dejando caer el saco de 45 kg  $\pm$  0,1 kg desde una altura de 46 cm  $\pm$  1,0 cm.

Cuando el vidrio se pruebe de acuerdo con el procedimiento descrito en el numeral 7.5 de la presente Norma Oficial Mexicana, debe considerarse que el resultado es satisfactorio cuando todas las muestras de un grupo de cuatro resistan la prueba de impacto sin fractura.

Una vez que el vidrio ha cumplido con la prueba para el nivel 1, es necesario impactarlo a niveles de energía más altos, y en caso de lograr su ruptura, evaluar las características de la fractura y considerar que el resultado es satisfactorio si se cumple con alguno de los requisitos descritos a continuación:

- a) Cuando ocurra la rotura en cualquier nivel de impacto, la masa total de las 10 partículas libres más grandes obtenidas 3 min después de la fractura no debe exceder de la masa de 65 cm<sup>2</sup> del vidrio original, o
- b) Cuando la rotura ocurra en cualquier nivel de impacto y resulten algunas piezas separadas, ninguna de ellas debe tener tal naturaleza o forma que pudiera describirse como puntiaguda o en forma de daga, o
- c) Cuando no exista rotura.

#### **3.1.6.15 Impacto no concentrado de alta energía para vidrio de seguridad nivel 2.**

Las muestras del vidrio de seguridad se someterán al procedimiento de prueba descrito en el numeral 7.5 de la presente Norma Oficial Mexicana, dejando caer el saco de 45 kg  $\pm$  0,1 kg desde una altura de 122 cm  $\pm$  1,0 cm.

Cuando se pruebe de acuerdo con el procedimiento descrito en el numeral 7.5 de la presente Norma Oficial Mexicana, debe considerarse que el

resultado es satisfactorio cuando todas las muestras de un grupo de cuatro resistan la prueba de impacto sin fractura.

Una vez que el vidrio ha cumplido con la prueba para el nivel 2, es necesario impactarlo a niveles de energía más altos, y en caso de lograr su ruptura, evaluar las características de la fractura y considerar que el resultado es satisfactorio si se cumple con alguno de los requisitos descritos a continuación:

- a) Cuando ocurra la rotura en cualquier nivel de impacto, la masa total de las 10 partículas libres más grandes obtenidas 3 min después de la fractura no debe exceder de la masa de 65 cm<sup>2</sup> del vidrio original, o
- b) Cuando la rotura ocurra en cualquier nivel de impacto y resulten algunas piezas separadas, ninguna de ellas debe tener tal naturaleza o forma que pudiera describirse como puntiaguda o en forma de daga, o
- c) Cuando no exista rotura.

#### **3.1.6.16 Clase II. Vidrio inastillable**

El vidrio inastillable debe cumplir con las especificaciones siguientes:

#### **3.1.6.17 Inspección de defectos**

La aceptación de los defectos puntuales y/o lineales, examinados de acuerdo al método de prueba descrito en el numeral 7.1 de la presente Norma Oficial Mexicana, depende de los siguientes criterios:

- a) La dimensión del defecto;
- b) La frecuencia del defecto;
- c) La dimensión de la pieza;
- d) El número de hojas de vidrio como componentes del vidrio inastillable, y
- e) El espesor del plástico intercalador.

#### **3.1.6.18 Defectos puntuales**

El vidrio inastillable puede tener los defectos que se señalan en la Tabla 7.

Nota 3.- Los defectos menores a 0,5 mm no se toman en cuenta.

Nota 4.- Los defectos mayores a 3,0 mm no son admisibles.

Nota 5.- El número de defectos admisibles en la Tabla 7 debe aumentarse en 1 unidad por cada 2 mm de espesor adicionales del plástico intercalador.

Nota 6.- Se da acumulación de defectos, si cuatro o más defectos están a una distancia inferior a 200 mm entre sí.

*Tabla 7. Defectos puntuales admisibles en la parte visible, en función del área y del número de vidrios que componen el vidrio inastillable, con plástico intercalador de hasta 2 mm de espesor.*

Dimensión del defecto mm		Entre 0,5 y 1,0		Entre 1,1 y 3,0		
		Cualquier dimensión	Menor a 1,0	De 1,1 a 2,0	De 2,1 a 8,0	Mayor a 8,1
Número de defectos admisibles cuando se usen:	2 vidrios	Sin límite, no obstante, sin acumulación de defectos	1	2	1 x m2	2 x m2
	3 vidrios		2	3	2 x m2	3 x m2
	4 vidrios		3	4	3 x m2	4 x m2
	5 vidrios o más		4	5	4 x m2	5 x m2

### 3.1.6.19 Defectos lineales

Los defectos lineales son admisibles, conforme a lo indicado en la Tabla 8. Todos los defectos mencionados se inspeccionan de acuerdo al método de prueba establecido en el numeral 7.1 de la presente Norma Oficial Mexicana.

Tabla 8. Defectos lineales

Superficie de la pieza	Número de defectos lineales admisibles de longitud mayor o igual a 30 mm
Menor o igual a 5m <sup>2</sup>	Ninguno
De 5 a 8 m <sup>2</sup>	1
De 8 a 12 m <sup>2</sup>	2
De 12 a 16 m <sup>2</sup>	3

Son admisibles los defectos lineales menores a 30 mm de longitud, si no llegan a ser evidentes según el método de prueba establecido en el numeral 7.1 de la presente Norma Oficial Mexicana, siempre que no exista acumulación de defectos. Se da acumulación de defectos, si cuatro o más defectos están a una distancia inferior a 200 mm entre sí, cuando el vidrio se ve a 3,3 m de distancia.

#### **3.1.6.20 Defectos en la zona de los cantos**

##### **3.1.6.21 Cantos ocultos**

Se permite en la zona de los bordes defectos de hasta 5 mm de diámetro puntuales o lineales bajo las siguientes consideraciones:

- a) Para los paneles de dimensión menor o igual a 5 m<sup>2</sup>, la anchura de la zona de los bordes es de 15 mm.
- b) Para los paneles de dimensión mayor a 5 m<sup>2</sup> se incrementa a 20 mm.
- c) En ambos casos, el área afectada no debe exceder de 5% de la zona de los bordes.

##### **3.1.6.22 Cantos visibles**

Las conchas, burbujas, defectos del plástico intercalador y retracciones se admiten si no llegan a ser evidentes al usar el método de prueba descrito en el numeral 7.1 de la presente Norma Oficial Mexicana.

##### **3.1.6.23 Fisuras**

No se permiten fisuras de ningún tamaño.

### 3.1.6.24 Pliegues

No se permiten pliegues en la zona visible, que comprende 80% del área central del vidrio.

### 3.1.6.25 Tolerancias

### 3.1.6.26 Dimensiones

Las tolerancias en las dimensiones para los dos tipos de vidrio inastillable se dan en la Tabla 4 del numeral 5.1.2.1 de la presente Norma Oficial Mexicana y se verifican de acuerdo al método del numeral 7.2.1 de la misma.

### 3.1.6.27 Espesor

La tolerancia del espesor del vidrio inastillable, como producto terminado, no debe superar la suma de las tolerancias de los vidrios monolíticos que lo integran (ver Tabla B.1 del apéndice B) más la suma de tolerancias de los plásticos intercaladores que lo unen (ver Tabla 9) y se verifica de acuerdo al método establecido en el numeral 7.2.2 de la presente Norma Oficial Mexicana.

*Tabla 9. Tolerancia del espesor del plástico intercalador*

Espesor nominal del plástico intercalador mm	Vidrio inastillable Tipo A		Vidrio inastillable Tipo B
	Con polivinil butiral	Otras hojas o láminas	
Menor a 1	± 0,0 mm	± 10%	-0, + 20%
≥ 1 a < 2,0	± 0,0 mm	± 10%	-0, + 20%
≥ 2 a < 3,0	± 0,2 mm	± 15%	-0, + 20%
Mayor a 3,0	± 0,2 mm	± 15%	-0, + 20%

Nota 7.- Se aplica una tolerancia adicional de + 0,2 mm por cada intercalador de polivinil butiral cuyo espesor sea igual o mayor a 2 mm.

Ejemplo: Vidrio inastillable compuesto por dos vidrios de 3 mm de espesor con intercalador de polivinil butiral de 0,38 mm. Como se indica en la Tabla B.1 del Apéndice B, la tolerancia del vidrio de 3 mm es de - 0,2/+ 0,4 mm. En consecuencia, el espesor total es de 6,38 mm y la tolerancia de - 0,4/+ 0,8 mm.

### 3.1.6.28 Desplazamiento

Los valores máximos del desplazamiento para los tipos A y B deben ser los que se dan en la Tabla 10 y que se verifican de acuerdo al método de prueba establecido en el numeral 7.2.5 de la presente Norma Oficial Mexicana.

*Tabla 10. Desplazamiento máximo de las hojas de vidrio*

Longitud en mm	Desplazamiento máximo admisible mm
Hasta 1000	2,0
De 1001 a 2000	3,0
De 2001 a 4000	4,0
De 4000 a 5000	6,0
De 5000 a 6100	7,0

### 3.1.6.29 Resistencia al impacto no concentrado

### 3.1.6.30 Impacto no concentrado de baja energía para vidrio de seguridad nivel 1

Las muestras del vidrio de seguridad deben someterse al procedimiento de prueba descrito en el numeral 7.5 de la presente Norma Oficial Mexicana, dejando caer el saco de 45 kg  $\pm$  0,1 kg desde una altura de 460 mm  $\pm$  10 mm.

### 3.1.6.31 Impacto no concentrado de alta energía para vidrio de seguridad nivel 2.

Las muestras del vidrio de seguridad deben someterse al procedimiento de prueba descrito en el numeral 7.5 de la presente Norma Oficial Mexicana, dejando caer el saco de 45 kg  $\pm$  0,1 kg desde una altura de 1220 mm  $\pm$  10 mm.

**3.1.6.32 Cuando se pruebe de acuerdo con el procedimiento descrito en el numeral 7.5 de la presente Norma Oficial Mexicana, se considera que el resultado es satisfactorio siempre que todos los especímenes de un grupo de cuatro cumplan con alguno de los requisitos de resistencia al impacto siguientes:**

- a) Cuando la fractura ocurra ante un impacto, no debe producirse un corte o abertura en el vidrio de seguridad y contención que permita el paso libre de una esfera de acero de 75 mm de diámetro, o
- b) Cuando el vidrio, a pesar de salirse del bastidor que lo sujeta, no presenta rotura, o
- c) Cuando no presente rotura.

**3.1.6.33 Resistencia a impactos múltiples**

**3.1.6.34 Impacto concentrado de baja energía para vidrio de seguridad y contención nivel 3**

Las muestras del vidrio de seguridad y contención deben someterse al procedimiento de prueba descrito en el numeral 7.6 de la presente Norma Oficial Mexicana, dejando caer una esfera de acero de 4,11 kg  $\pm$  0,06 kg, desde una altura de 3,0 m, en tres ocasiones.

**3.1.6.35 Impacto concentrado de media energía para vidrio de seguridad y contención nivel 4**

Las muestras del vidrio de seguridad y contención deben someterse al procedimiento de prueba descrito en el numeral 7.6 de la presente Norma Oficial Mexicana, dejando caer una esfera de acero de 4,11 kg  $\pm$  0,06 kg, desde una altura de 6,0 m, en tres ocasiones.

**3.1.6.36 Impacto concentrado de alta energía para vidrio de seguridad y contención nivel 5**

Las muestras del vidrio de seguridad y contención deben someterse al procedimiento de prueba descrito en el numeral 7.6 de la presente Norma Oficial Mexicana, dejando caer una esfera de acero de 4,11 kg  $\pm$  0,06 kg, desde una altura de 9,0 m, en nueve ocasiones.

#### **3.1.6.37 .Para los niveles 3, 4 y 5, que clasifican al vidrio inastillable como de seguridad y contención**

Se considera que el resultado es satisfactorio cuando todos los especímenes de un grupo de tres, cumplan con el procedimiento de prueba descrito en el numeral 7.6 de la presente Norma Oficial Mexicana, sin que la esfera de acero de 4.11 kg  $\pm$  0.06 kg traspase el vidrio inastillable.

#### **3.1.6.38 Resistencia al agua hirviendo**

Cuando las muestras de vidrio inastillable se prueban como se describe en el método descrito en el numeral 7.7 de la presente Norma Oficial Mexicana, el vidrio por sí mismo podrá romperse, pero no se deben presentar burbujas ni otro defecto a más de 13 mm del canto o de las fisuras o grietas presentadas.

#### **3.1.6.39 Ensayo de humedad**

Cuando los ensayos se realizan según el método descrito en el numeral 7.8 de la presente Norma Oficial Mexicana no se debe constatar defecto alguno (burbujas, des laminación, opacidad) en las tres muestras ensayadas. Si se observan defectos en una sola muestra, puede realizarse un ensayo suplementario sobre tres nuevas muestras (o muestras testigo), en cuyo caso no debe aparecer defecto alguno en ninguna de estas muestras de ensayo.

#### **3.1.6.40 Ensayo de envejecimiento acelerado**

Cuando los ensayos se realizan según el método de prueba descrito en el numeral 7.9 de la presente Norma Oficial Mexicana, la transmisión luminosa de cada una de las tres muestras expuestas no debe cambiar en más de 10% del valor antes de la exposición. Debe efectuarse igualmente una evaluación visual de las muestras y no debe constatarse defecto

alguno (burbujas, des laminación, opacidad) en ninguna de las tres muestras ensayadas.

Si una de las muestras no cumple con estos requisitos, el ensayo puede repetirse con tres nuevas muestras, debiendo satisfacer todos los requisitos de aceptabilidad de esta especificación.

### **3.1.7 Muestreo**

El muestro está sujeto a lo dispuesto en el capítulo 11 de la presente Norma Oficial Mexicana.

### **3.1.8 Métodos de prueba**

Para comprobar las especificaciones que se establecen en esta Norma Oficial Mexicana, se aplican los siguientes métodos de prueba:

#### **3.1.8.1 Inspección de defectos para vidrios clase I y clase II**

#### **3.1.8.2 Aparatos, equipo y materiales**

- a) Tres muestras de vidrio, las cuales pueden ser las mismas que se utilizan en las pruebas de impacto que corresponda,
- b) Pantalla gris;
- c) Luxómetro, y
- d) Flexómetro.

#### **7.1.2 Procedimiento**

- a) La inspección debe hacerse a la luz natural o artificial, equivalente a  $139 + 5\%$  lúmenes por metro cuadrado, comprobando la intensidad de luz con el luxómetro.
- b) El vidrio a examinar se coloca verticalmente, delante de una pantalla gris mate a una distancia entre 30 mm y 50 mm que permita la inspección perpendicular a través del vidrio.

Nota 8.- En caso de que el vidrio ya esté instalado, no es necesario emplear la pantalla gris.

- c) La vista del observador debe de estar dirigida al centro del campo visual, perpendicular al vidrio, estando el observador a una distancia de 3,3

m de la muestra. Si por el tamaño de la pieza no es posible observarla siempre en sentido perpendicular, el observador tendrá que moverse a distintas posiciones, sin disminuir la distancia de observación.

#### **3.1.8.3 Informe de la prueba**

Informar si se observan defectos en el vidrio a la distancia especificada. Informar el número de defectos, su descripción y dimensión, considerando las definiciones del capítulo 3. Se rechazan aquellos que exceden por su tamaño o cantidad, las especificaciones de esta Norma Oficial Mexicana.

#### **3.1.8.4 Tolerancias**

#### **3.1.8.5 Tolerancias dimensionales para vidrios clase I y clase II**

#### **3.1.8.6 Materiales y equipo**

- a) Tres muestras de vidrio que pueden ser las mismas que se utilizan en la prueba de impacto que corresponda;
- b) Mesa de trabajo, y
- c) Flexómetro.

#### **3.1.8.7 Procedimiento**

- a) Tomar el espécimen y colocarlo en la mesa de trabajo horizontalmente;
- b) Utilizar el flexómetro para medir largo y ancho;
- c) Restar a la dimensión nominal de largo y de ancho del vidrio la dimensión real, y
- d) Comparar esta diferencia con el valor permisible indicado en la Tabla 4.

#### **3.1.8.8 Informe de la prueba**

Informar las dimensiones nominales y reales del vidrio, y si se cumple con la tolerancia permisible.

#### **3.1.8.9 Tolerancias en espesor para vidrios clase I y clase II**

#### **3.1.8.10 Materiales y equipo**

- a) Tres muestras de vidrio del mismo tamaño que pueden ser las mismas que se utilizan en la prueba de impacto que corresponda;
- b) Mesa de trabajo;

- c) Micrómetro, y
- d) Flexómetro.

#### **3.1.8.11 Procedimiento**

- a) Tomar el espécimen y colocarlo en la mesa de trabajo horizontalmente;
- b) Medir con el flexómetro el valor medio de cada lado del vidrio  $\pm 1$  mm;
- c) Con el micrómetro, medir el espesor en los centros de cada lado;
- d) El espesor del vidrio se calcula como el promedio de las mediciones realizadas. Este valor se redondea a 0,1 mm, y
- e) Calcular la tolerancia de espesor permisible, según las Tablas 9 y 12.

#### **3.1.8.12 Informe de la Prueba**

Informar los espesores medidos del vidrio y si cumple con las tolerancias requeridas.

#### **3.1.8.13 Torceduras localizadas para vidrios clase I**

#### **3.1.8.14 Materiales y equipo**

- a) Tres muestras de vidrio del mismo tamaño que pueden ser las mismas que se utilizan en la prueba de impacto que corresponda;
- b) Mesa de trabajo;
- c) Calibrador ahusado, y
- d) Escala de 300 mm.

#### **3.1.8.15 Procedimiento**

- a) Tomar el espécimen y colocarlo en la mesa de trabajo horizontalmente;
- b) Colocar la escala sobre la superficie del vidrio, introduciendo el calibrador ahusado en el espacio entre la escala y el vidrio, y
- c) Repetir esta medición cada 300 mm a lo largo del perímetro del espécimen de vidrio.

#### **3.1.8.16 Informe de la prueba**

Informar el resultado de las mediciones y comparar con la especificación del numeral 5.1.2.3 de la presente Norma Oficial Mexicana.

#### **3.1.8.17 Planicidad para vidrios clase I y clase II**

##### **3.1.8.18 Materiales y aparatos**

- a) Tres muestras de vidrio que pueden ser las mismas que se utilizan en la prueba de impacto que corresponda;
- b) Hilo de cáñamo;
- c) Soportes planos de madera, y
- d) Calibrador ahusado, o escala.

##### **3.1.8.19 Procedimiento**

- a) Se coloca el espécimen a medir en forma vertical sobre dos soportes de madera colocados a un cuarto del lado largo;
- b) Se coloca el hilo tensándolo de extremo a extremo, en forma horizontal, sobre el lado largo del vidrio;
- c) Con el calibrador ahusado o con la escala se toma la medida de la flecha máxima encontrada (distancia entre la superficie del vidrio y el hilo) para cada vidrio, y
- d) Se compara la medición con los valores permisibles de la Tabla 5.

##### **3.1.8.20 Informe de la prueba**

Anotar el valor de la flecha encontrada.

#### **3.1.8.21 Tolerancias en desplazamiento para vidrios clase II**

##### **3.1.8.22 Materiales y aparatos**

- a) Tres muestras de vidrio, las cuales pueden ser las mismas que se utilizan en la prueba de impacto que corresponda;
- b) Mesa de trabajo, y
- c) Escala de 30 cm.

##### **3.1.8.23 Procedimiento**

- a) Tomar el espécimen y colocarlo en la mesa de trabajo horizontalmente;
- b) Inspeccionar el perímetro del vidrio;

- c) Colocar la escala sobre la superficie del vidrio, tomando la medida de los desplazamientos que pudieran encontrarse, y
- d) Comparar los desplazamientos medidos contra la Tabla 10, para definir si cumplen con las especificaciones.

#### **3.1.8.24 Informe de la prueba.**

Informar los desplazamientos del vidrio inastillable observados y la tolerancia permitida.

#### **3.1.8.25 Fractura**

#### **3.1.8.26 Materiales y aparatos**

- a) Tres muestras rectangulares de vidrio de  $86,3 \text{ cm} \pm 0,5 \text{ cm}$  por  $193,0 \text{ cm} \pm 0,5 \text{ cm}$  para esta prueba destructiva;
- b) Papel, tela o cinta adhesiva transparente;
- c) Punzones Nos. 18 A y 18 B, y
- d) Cinta métrica.

#### **3.1.8.27 Procedimiento**

- a) El producto terminado se coloca en la mesa de trabajo y se cubre con el papel para evitar que se dispersen las partículas después del impacto, dejando descubierta la zona media en que se encuentra la mayor longitud del espécimen, por lo menos a 13 mm a partir de la orilla. El impacto debe hacerse con el punzón 18 A para espesores menores de 6 mm, y 18 B para espesores iguales o mayores a 6 mm. La localización del impacto es a 13 mm de la orilla de mayor longitud y a la mitad de ésta, y
- b) En el lugar del impacto excluir de la lectura una zona semicircular con un diámetro de 15 cm; tres minutos después del impacto, elegir una zona en la que se encuentren los fragmentos de mayor tamaño, dentro de un cuadrado de 5 cm por lado. Efectuar una segunda lectura en un cuadrado de 10 cm por lado cuando no se cumpla con el número de fragmentos especificados en la Tabla 6.

#### **3.1.8.28 Informe de la prueba**

Informar el número de fragmentos en el cuadrado de 5 cm y/o en el de 10 cm por lado y comparar contra los valores permisibles de la Tabla 6 de Especificaciones de fractura.

### **3.1.8.29 Esfuerzos de compresión y tensión**

**3.1.8.30 Medición de esfuerzos** superficiales a compresión por medio del refractómetro

### **3.1.8.31 Materiales y aparatos**

- a) Tres muestras de vidrio que pueden ser las mismas que se utilizan en la prueba de impacto que corresponda, y
- b) Refractómetro capaz de medir los esfuerzos superficiales de compresión del vidrio.

### **3.1.8.32 Procedimiento**

Determinar las lecturas correspondientes a la superficie del vidrio en cualquier parte de la zona A, de acuerdo a la Tabla 3.

### **3.1.8.33 Informe de la prueba**

Registrar la lectura obtenida, y comparar contra los valores permisibles del numeral 5.1.5.1 de la presente Norma Oficial Mexicana.

### **3.1.8.34 Medición de esfuerzos próximos al canto.**

De compresión y tensión por medio del refractómetro

### **3.1.8.35 Materiales y aparatos**

- a) Tres muestras de vidrio, que pueden ser las mismas que se utilizan en la prueba de impacto que corresponda, y
- b) Refractómetro capaz de medir los esfuerzos próximos al canto, de compresión y tensión del vidrio.

### **3.1.8.36 Procedimiento**

Determinar las lecturas correspondientes a las cuatro esquinas de la lámina de vidrio a la que se desea determinar la medición de esfuerzos y calcular el promedio de las cuatro lecturas tomadas.

### **3.1.8.37 Informe de la prueba**

Registrar el promedio aritmético de las lecturas tomadas como el resultado de la prueba y comparar contra los valores permisibles del numeral 5.1.5.2 de la presente Norma Oficial Mexicana.

### **3.1.8.38 Resistencia al impacto no concentrado para niveles 1 y 2**

#### **3.1.8.39 Procedimiento**

- a) La bolsa debe ser de cuero reforzado y debe contener municiones de plomo, hasta que su peso alcance un total de 45 kg 0,1 kg. La bolsa puede estar hecha de cuero plegable con espesor de 1,6 mm con lona laminada en la superficie interior haciendo un espesor de pared de 2,4 mm puede hacerse de vinilo plegable grueso. Introducir una bolsa de hule con espesor de pared de 0,6 mm dentro de la capa de cuero o vinilo y llevarla con las municiones de plomo a través de un agujero pequeño en la parte superior. Una vez llena la bolsa, se cierra amarrándola con una cuerda o tira de cuero;
- b) Las muestras deben permanecer acondicionadas y en reposo a una temperatura de entre 21°C a 30°C, durante un periodo de 4 h, para asegurar una temperatura uniforme en cada una. En vidrios inastillables asimétricos, que utilicen 2 vidrios de diferentes características (componentes, espesores), el fabricante debe especificar la cara de impacto;
- c) Colgar el saco de impacto en un sostén alto, con una altura máxima de 1,5 m, de tal manera que cuando esté en reposo en posición vertical, se encuentre a 12 mm de la superficie del vidrio y no más de 50 mm desde el centro del mismo;
- d) Cubrir el objeto impactante con una toalla aplicada durante la prueba, tapando en forma floja o colgada en forma suelta directamente frente al área de impacto del material de vidrio;
- e) Golpear la muestra de vidrio en el centro con el saco o pera meciéndolo en un arco de péndulo desde las alturas indicadas según el nivel de resistencia a probar:
  - e.1) Dejar caer el saco desde una altura de 460 mm, para el nivel 1.

e.2) Dejar caer el saco desde una altura de 1220 mm, para el nivel 2.

Nota 9.- Cuando el vidrio de seguridad clase I (Templado) no se fracture con un impacto, es necesario probarlo a niveles de energía más altos hasta que se fracture, para poder evaluar las características de la fractura. Esto se logra aumentando la altura de donde se deja caer el saco hasta que el vidrio se fracture. En este caso se debe proceder a medir el peso y tamaño de los fragmentos de vidrio.

Nota 10.- Si el vidrio de seguridad clase II (Inastillable) se fractura y presenta alguna razgadura, se debe proceder a empujar ligeramente con la mano la esfera de 75 mm, sin forzar su paso.

f) Se repite la prueba para las tres muestras restantes de vidrio, bajo el mismo proceso.

#### **3.1.8.40 Materiales y aparatos**

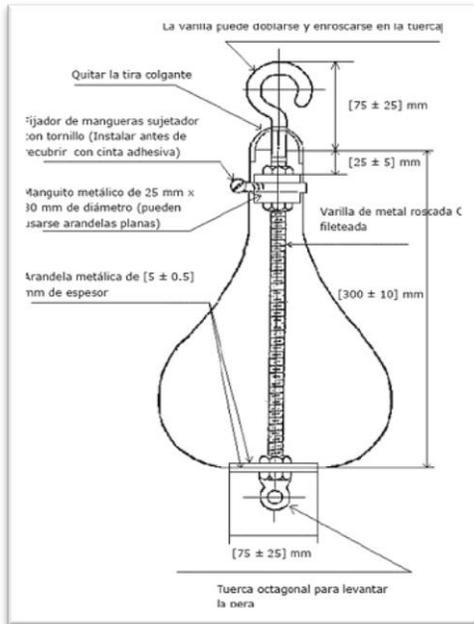
a) Cuatro muestras rectangulares de vidrio de  $86,3 \text{ cm} \pm 1,0 \text{ cm} \times 193 \text{ cm} \pm 1,0 \text{ cm}$  cuyas orillas no presenten ninguna fisura, fractura o concha;

b) Una bolsa para impacto como se muestra en la figura 1, con un peso de  $45 \pm 0,1 \text{ kg}$ ;

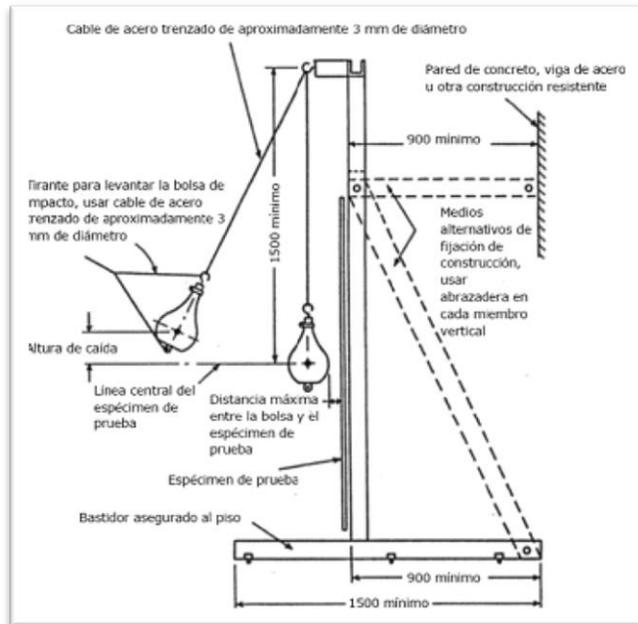
c) Un armazón de acero para soportar la muestra en un plano vertical. El armazón debe sujetarse en forma segura en el suelo y tener fijadores en la orilla para sostener la posición del vidrio, como se muestra en la figura 2;

d) Una esfera de acero con un diámetro de 75 mm, y

e) Una regla de 30 cm.



*Ilustración 9 Figura 1.- Saco o pera para impacto no concentrado de alta y baja energía Acotaciones en mm*



*Ilustración 8 Figura 2.- Marco de prueba Vista lateral. Acotaciones en mm*

### 3.1.8.41 Informe de la prueba

#### 3.1.8.42 Vidrio clase I. Registrar, para cada muestra de vidrio:

- Sus dimensiones, composición y espesor;
- La altura desde la cual se dejó caer el saco y si hubo fractura del vidrio;
- El comportamiento de los especímenes: la masa y forma de las partículas fracturadas, y
- Si el vidrio templado evaluado cumple con el nivel de resistencia al impacto determinado por la prueba: nivel 1 o nivel 2.

#### 3.1.8.43 Vidrio Clase II. Registrar, para cada muestra de vidrio:

- Sus dimensiones, componentes del vidrio inastillable y espesor de cada componente;
- La altura desde la cual se dejó caer el saco, y si hubo fractura del vidrio;

- c) El comportamiento de los especímenes: indicar si se produjo un corte o abertura que permita el paso libre de una esfera de 75 mm de diámetro, y
- d) Si el vidrio inastillable evaluado cumple con el nivel de resistencia al impacto determinado por la prueba: nivel 1 o nivel 2.

#### **3.1.8.44 Resistencia a impactos múltiples - Niveles 3, 4 o 5.**

#### **3.1.8.45 Materiales y aparatos**

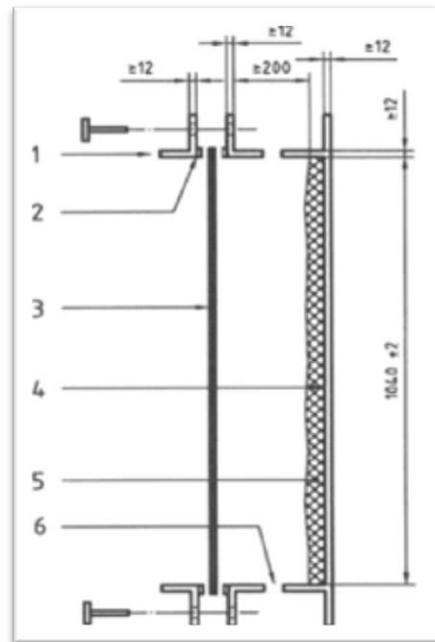
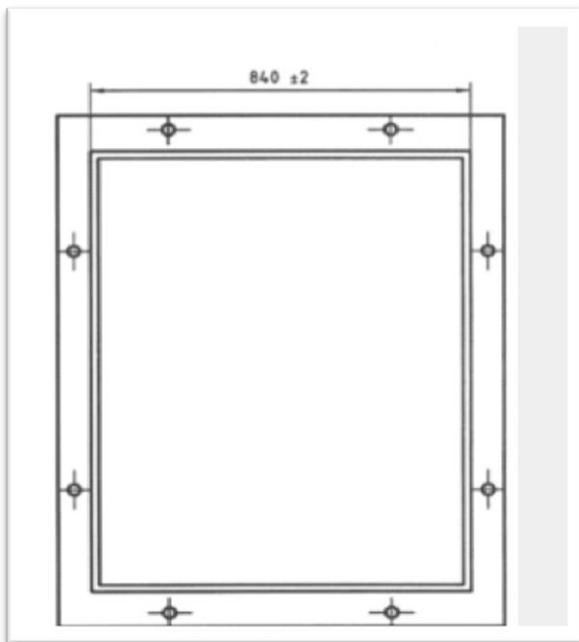
- a) Tres especímenes de vidrio, para cada nivel de resistencia que se desea probar, con medidas de 1100 mm  $\pm$  5 mm por 900 mm  $\pm$  5 mm, y cuyas orillas no presenten ninguna fisura, fractura o concha;
- b) Esfera de acero con una masa de 4,11 kg  $\pm$  0,60 kg y un diámetro aproximado de (100  $\pm$  0,2) mm. La bola es de acero pulido, con una dureza en la escala Rockwell C de 60 a 65 HRC (Hard Rockwell tipo C);
- c) Torre y equipo para levantar la esfera hasta la altura de prueba requerida, con una tolerancia de  $\pm$  50 mm. El dispositivo para sostener la bola, y el mecanismo para liberarla, no deben de inducir ningún impulso ni movimiento de rotación a la misma, de manera que sólo actúe la fuerza gravitacional durante su caída vertical, y
- d) Bastidor de fijación de acero (ver figura 3), que permita sujetar las 4 orillas del vidrio, con una caja colectora inferior de soporte y para coleccionar los fragmentos de vidrio y/o evitar que la bola se dañe al impactar el fondo, pero sin que el bastidor esté sujeto a esta caja, y cuya posición pueda cambiarse.

El bastidor debe mantener la posición horizontal. Los bordes del bastidor que están en contacto con el vidrio deben tener unas tiras de hule (con dureza shore D entre 40 y 60) y de 30 mm de ancho por 4 mm de espesor, sujetando al vidrio a 30  $\pm$  5 mm de su orilla, con un torque uniforme de 10 nm  $\pm$  1 nm.

- e) Torquímetro, y
- f) Brocha.

#### **3.1.8.46 Procedimiento**

- a) Las muestras deben permanecer acondicionadas y en reposo a una temperatura de entre 21°C a 30°C, durante un periodo de 4 h, para asegurar una temperatura uniforme en cada una;
- b) Las muestras de vidrio se fijan en el bastidor, en posición horizontal, sujetas por los cuatro extremos según se indica en el numeral 7.6.1.d de la presente Norma Oficial Mexicana, sin ningún contacto con la caja colectora inferior. Cada muestra debe marcarse en su orilla, para mostrar la localización del bastidor, por si existe un desplazamiento del vidrio durante las pruebas. En vidrios inastillables asimétricos, que utilicen 2 vidrios de diferentes características (componentes, espesores), el fabricante debe especificar la cara de impacto;
- c) Se coloca la esfera de acero a la altura para la cual se desea probar el nivel de resistencia del vidrio de contención y enseguida:
- c.1) Se deja caer la esfera de acero desde  $3,0 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$ . Los fragmentos de vidrio deben removerse de la superficie horizontal del vidrio después de cada impacto, colocando el vidrio en posición vertical y limpiando los fragmentos con una brocha. La esfera de acero debe caer 3 veces, en un punto diferente, los cuales deben formar un triángulo equilátero, con una distancia entre ellos de  $13 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$ , en el centro del espécimen. El lado corto del espécimen (ancho de 90 cm) debe coincidir con la base del triángulo. El lado opuesto de esta base es en donde debe registrarse el primer impacto.



*Ilustración 11 Figura 3 Vista superior del bastidor*

1. Marco rígido de acero
2. Banda de hule perimetral 30 mm ancho
3. Ubicación del espécimen de vidrio
4. Caja colectora inferior
5. Material para amortiguar impacto
6. Respiradero de aire.

*Ilustración 10 Figura 3 Vista vertical del bastidor*

**Figura 3. Bastidor de fijación del vidrio para prueba de impactos múltiples**

c.2) Se deja caer la esfera de acero desde  $6,0 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$ . Los fragmentos de vidrio deben removerse de la superficie horizontal del vidrio después de cada impacto, colocando el vidrio en posición vertical y limpiando los fragmentos con una brocha. La esfera de acero debe caer 3 veces, en un punto diferente, los cuales deben formar un triángulo equilátero, con una distancia entre ellos de  $13 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$ , en el centro del espécimen de la muestra. El lado corto del espécimen (ancho de 90 cm) debe coincidir con la base del triángulo. Debe registrarse el primer impacto en el lado opuesto de esta base.

c.3) Dejar caer la esfera de acero desde  $9,0 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$ . Los fragmentos de vidrio deben removerse de la superficie horizontal del vidrio después de cada impacto, colocando el vidrio en posición vertical y limpiando los fragmentos con una brocha. La esfera de acero debe caer 9 veces, en un punto diferente, los cuales deben formar un triángulo equilátero, con una distancia entre ellos de  $13 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$ , en el centro del espécimen de la muestra. El lado corto del espécimen (ancho de 90 cm) debe coincidir con la base del triángulo. El primer impacto debe registrarse en el lado opuesto de esta base.

**3.1.8.47 Informe de la prueba**

**3.1.8.48 Vidrio Clase II. Registrar, para cada muestra de vidrio:**

- a) Sus dimensiones, componentes del vidrio inastillable y espesor de cada componente;
- b) La altura desde la cual se dejó caer la bola de acero, y si ésta traspasó al vidrio, y
- c) Si el vidrio inastillable evaluado cumple con la contención requerida ante múltiples impactos para el nivel 3, 4 o 5, según el numeral 5.2.4 de la presente Norma Oficial Mexicana.

#### **3.1.8.49 Resistencia al agua hirviendo.**

#### **3.1.8.50 Materiales y aparatos**

- a) Cuatro muestras de 30 cm x 30 cm  $\pm$  0,5 cm, de similar composición y espesor que las muestras para impacto, acondicionadas a temperatura ambiente previamente, por un periodo de 4 h;
- b) Recipientes metálicos con agua;
- c) Termómetro con escala de 0°C a 100°C, y
- d) Reloj.

#### **3.1.8.51 Procedimiento**

- a) Tomar las tres muestras e introducirlas verticalmente en agua caliente a 65°C durante 3 min e inmediatamente se pasan a un recipiente que contenga agua hirviendo en donde deben permanecer durante 2 h;
- b) La cuarta muestra no se prueba, únicamente se utiliza como testigo para comparar los resultados;
- c) Sacarlas del recipiente y esperar a que se enfríen. Si alguna de las muestras se rompe de tal manera que confunda los resultados, se debe repetir la prueba, y
- d) Observar el efecto causado por el hervido. Comparar las tres muestras que se probaron con la muestra testigo.

#### **3.1.8.52 Informe de la prueba**

- a) Registrar la composición del vidrio inastillable y espesor de cada material;
- b) Inspeccionar las muestras a una distancia entre 30 cm y 50 cm frente a un fondo blanco opaco, y

c) Informar si alguna muestra se estrelló, si se le formaron burbujas u otro defecto, su localización con respecto de la orilla o de cualquier cuarteadura presente. El vidrio puede fracturarse con esta prueba, lo cual no es motivo de rechazo. Sí es motivo de rechazo la aparición de defectos después de 13 mm del canto del vidrio, o de la fractura. Informar si se formaron burbujas o decoloración a 13 mm del canto, o de cualquier fractura presente -de acuerdo al numeral 5.2.5 de la presente Norma Oficial Mexicana. Si la fractura del vidrio es tan extensa que dé lugar a confusión en los resultados, la muestra debe descartarse, y la prueba debe ser repetida.

### **3.1.8.53 Resistencia a la humedad**

#### **3.1.8.54 Materiales**

Cuatro muestras cuyas dimensiones no deben ser menores a 30 cm x 10 cm  $\pm$  0,5 cm, acondicionadas a temperatura ambiente previamente, por un periodo de 4 h. Deberán ensayarse tres muestras, y la cuarta sirve como testigo.

#### **3.1.8.55 Aparatos**

- a) Termómetro con escala de 0°C a 100°C;
- b) Cronómetro, y
- c) Cámara de humedad con higrómetro.

#### **3.1.8.56 Procedimiento**

Mantener las tres muestras de ensayo verticalmente en la cámara de humedad durante 14 días. Mantener la humedad relativa al 100% y la temperatura a 50°C  $\pm$  2°C. Debe preverse un espacio adecuado entre las muestras de ensayo.

#### **3.1.8.57 Informe de la prueba**

- a) Registrar los componentes del vidrio inastillable y espesor de cada material;
- b) Inspeccionar las muestras a una distancia entre 30 cm y 50 cm frente a un fondo blanco difuso, y

c) Anotar para cada muestra, número y la dimensión de los defectos que aparecen en el plástico intercalador como burbujas, des laminación, opacidad (no incluir la decoloración). No tomar en consideración ningún defecto situado a menos de 13 mm del canto.

### 3.1.8.58 Ensayo de envejecimiento acelerado

#### 3.1.8.59 Materiales y aparatos

a) Cuatro muestras cuyas dimensiones deben ser de 30 cm x 30 cm ± 0,5 cm, acondicionadas previamente a una temperatura de 21°C a 30°C, por un periodo de 4 h, y

b) Fuente de radiación. Debe utilizarse una fuente de radiación que emita un espectro similar a la radiación solar. Esta distribución espectral puede obtenerse utilizando lámparas que combinen una lámpara de mercurio de alta presión y un filamento de tungsteno incandescente. Las lámparas deben presentar, para obtener ensayos reproducibles y comparables, las características espectrales de la Tabla 11.

*Tabla 11. Características espectrales de las lámparas para la prueba de envejecimiento acelerado*

BANDA	ESPECTRO (nm)	TOLERANCIA
UVB	280 a 315	3% ± 1%
UVA	315 a 380	8% ± 1%
Banda visible	380 a 780	18% ± 1%
IRA	780 a 1400	24% ± 2%
IRB	1,400 a 2600	27% ± 4%
IRC	Mayor a 2600	20% ± 3%

Las figuras 4 y 5 muestran una alternativa para la fuente de radiación.

Pueden utilizarse como fuentes de radiación lámparas de luz que reproduzcan la radiación solar, e 300 W o similar. Como mínimo se colocan 16 lámparas dispuestas en un cuadrado de 4 lámparas x 4 lámparas, a una distancia de 25 cm entre ellas y formando un campo de radiación de 1,0 m

x 1,0 m. El conjunto de lámparas se encuadra por medio de cuatro hojas de aluminio perimetrales con una superficie reflejante, ubicadas a 125 mm de las lámparas exteriores. El ángulo entre el plano de las lámparas y las hojas de aluminio es de  $100^{\circ}\text{C}$ , y

c) Termómetro de  $0^{\circ}\text{C}$  a  $100^{\circ}\text{C}$ .

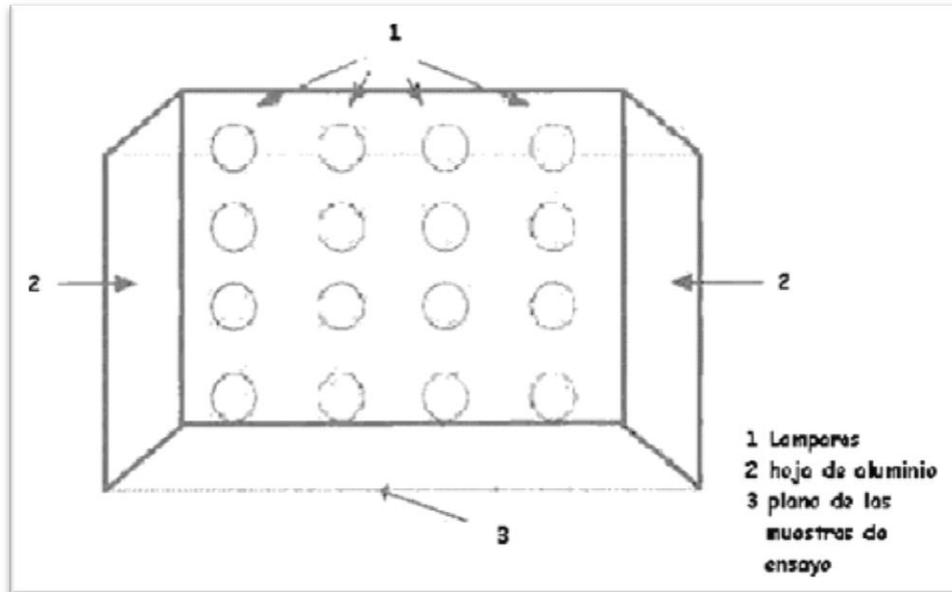


Ilustración 12 Figura 4.- Disposición de las lámparas para la prueba de envejecimiento acelerado (vista en planta)

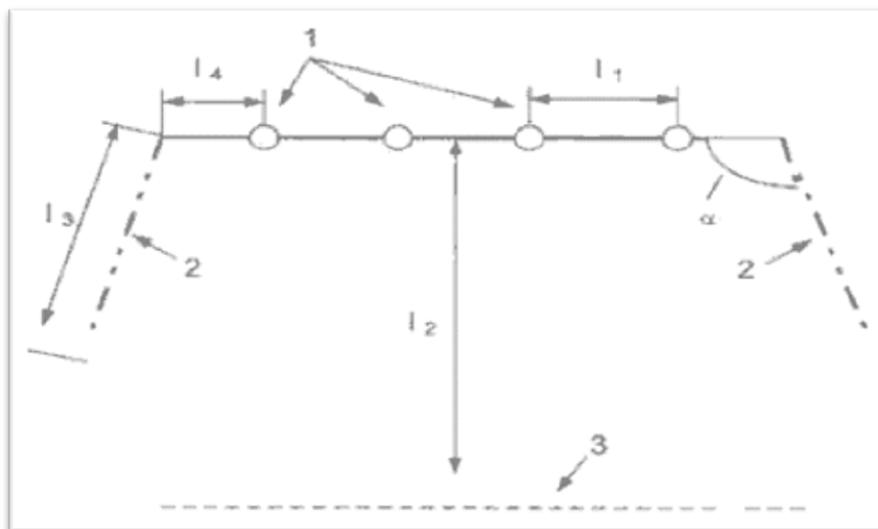


Ilustración 13 Figura 5.- Disposición para el ensayo de envejecimiento acelerado (corte transversal)

### **3.1.8.60 Procedimiento**

- a) Determinar la transmisión luminosa de las tres muestras de ensayo antes de su exposición a la fuente de radiación;
- b) La cara de la muestra dirigida hacia la lámpara corresponderá a la parte exterior del vidrio. En el caso de vidrios inastillables asimétricos, cuya superficie exterior no esté designada, deben probarse las dos caras;
- c) La temperatura de las muestras de ensayo debe mantenerse a  $45^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ;
- d) Colocar las muestras en un plano paralelo a las lámparas, y a una distancia de 1,1 m de éstas, y someterlas a radiación durante un tiempo total de 2 000 h. Se deben retirar las muestras para ser analizadas después de 500 h, y 1 000 h de exposición, volviendo a introducirse en la cámara de radiación, hasta completar las 2 000 h;
- e) El nivel de radiación total sobre las muestras debe ser de  $900 \text{ W/m}^2 + 100 \text{ W/m}^2$ . Las lámparas deben cambiarse cuando su nivel de radiación en la banda ultravioleta UVA disminuye por debajo del 50%;
- f) Medir nuevamente la transmisión luminosa de cada muestra a las 500 h, 1 000 h y 2 000 h de exposición. Comparar los cambios observados, contra la muestra testigo, y
- g) Inspeccionar las muestras a una distancia entre 30 cm y 50 cm frente a un fondo blanco opaco. Determinar si después de cada nivel de radiación existen cambios apreciables en su apariencia, como puede ser la transmisión luminosa, la aparición de burbujas, des laminación, opacidad o cambio de color.

### **3.1.8.61 Informe de la prueba**

- a) Registrar la composición del vidrio inastillable, espesor de sus componentes, el tipo de muestra y sus dimensiones;
- b) Especificación de la fuente de radiación;
- c) En el caso de acristalamientos asimétricos, la cara del producto expuesta a la radiación, y

d) Registrar los cambios en la apariencia de las muestras: des laminaciones que aparecen en el plástico intercalador para cada muestra de ensayo (no tener en cuenta las des laminaciones situadas a menos de 15 mm de un borde de origen o 25 mm de un borde cortado), aparición de burbujas, opacidad, o cambios en la transmisión luminosa (no decoloración).

### **3.1.9 Información comercial**

#### **3.1.9.1 En el producto**

##### **8.1.1 Vidrio Clase I**

El marcado en el producto debe hacerse en forma permanente, legible a simple vista, con los siguientes datos como mínimo:

- a) Marca del fabricante o logotipo registrado;
- b) Clasificación y/o designación del vidrio, y nivel de resistencia conforme al capítulo 4 de la presente Norma Oficial Mexicana;
- c) La leyenda Hecho en México, Producto de México u otros similares o, en su caso, la indicación del país de origen, y
- d) La contraseña oficial conforme a las características establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-106-SCFI-2000 (ver 2 Referencias).

##### **3.1.9.2 Vidrio Clase II**

La información comercial del vidrio inastillable debe exhibirse mediante una etiqueta legible, que contenga como mínimo los datos descritos en el numeral 8.1.1 de la presente Norma Oficial Mexicana.

### **3.1.10 Evaluación de la conformidad**

**3.1.10.1 La evaluación de la conformidad del producto, objeto de la Norma Oficial Mexicana**, se debe llevar a cabo por personas acreditadas y aprobadas en términos de lo dispuesto por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento.

**3.1.10.2 Para la evaluación de la conformidad del producto objeto de la presente Norma Oficial Mexicana** y obtener la certificación

correspondiente, únicamente debe demostrarse el cumplimiento de las siguientes especificaciones:

#### **3.1.10.3 Para la Clase I (Vidrio Templado)**

- a) Fractura. Debe cumplir lo establecido en el numeral 5.1.4 de la presente Norma Oficial Mexicana, y se verifica conforme al numeral 7.3 de la misma;
- b) Esfuerzos de Compresión y Tensión. Debe cumplir lo establecido en el numeral 5.1.5 de la presente Norma Oficial Mexicana y se verifica conforme al numeral 7.4 de la misma, y
- c) Resistencia al Impacto. Debe cumplir lo establecido en el numeral 5.1.6 de la presente Norma Oficial Mexicana y se verifica conforme al numeral 7.5 de la misma.

#### **3.1.10.4 Para la Clase II, Vidrio Inastillable (Tipo A y Tipo B Pruebas de impacto)**

- a) Resistencia al Impacto no concentrado. Debe cumplir lo establecido en el numeral 5.2.3 de la presente Norma Oficial Mexicana, y se verifica conforme al numeral 7.5 de la misma;
- b) Resistencia a Impactos múltiples concentrados. Debe cumplir lo establecido en el numeral 5.2.4 de la presente Norma Oficial Mexicana y se verifica conforme al numeral 7.6 de la misma;
- c) Hervido. Debe cumplir lo establecido en el numeral 5.2.5 de la presente Norma Oficial Mexicana y se verifica conforme al numeral 7.7 de la misma, y
- d) Humedad. Debe cumplir lo establecido en el numeral 5.2.6 de la presente Norma Oficial Mexicana, y se verifica conforme al numeral 7.8 de la misma.

#### **3.1.11 Procedimiento para la evaluación de la conformidad**

##### **3.1.11.1 Disposiciones generales**

La evaluación de la conformidad de los productos, objeto de la presente Norma Oficial Mexicana, se llevará a cabo por personas acreditadas y

aprobadas, o por la Secretaría de Economía, en términos de lo dispuesto por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento, de acuerdo con lo descrito en el procedimiento para la evaluación de la conformidad que a continuación se describe.

El presente procedimiento de evaluación de la conformidad establece el proceso y requisitos para que los particulares demuestren cumplimiento de los productos con los requisitos establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-146-SCFI-2016. También establecen los procedimientos, requisitos y responsabilidades de los organismos de evaluación de la conformidad.

Los gastos que se originen por los servicios de certificación y pruebas de laboratorio, por actos de evaluación de la conformidad de la presente Norma Oficial Mexicana se harán de conformidad con las disposiciones jurídicas aplicables.

Cuando existan organismos de certificación acreditados y aprobados para certificar la presente Norma Oficial Mexicana, se llevará a cabo única y exclusivamente por éstos.

#### **3.1.11.2 Definiciones**

Para los efectos de este procedimiento, se entenderá por:

##### **3.1.11.3 Certificado NOM**

Documento mediante el cual la DGN o el organismo de certificación para productos, hacen constar que un producto o productos cumplen con las especificaciones establecidas en la NOM, y cuya validez está sujeta a la verificación respectiva.

##### **3.1.11.4 DGN**

Dirección General de Normas de la Secretaría.

##### **3.1.11.5 Dictamen de pruebas o Informe de resultados**

Documento que emite un laboratorio de calibración o un laboratorio de pruebas acreditado y aprobado en los términos de la Ley, mediante el cual se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a los productos conforme a los procedimientos establecidos en la NOM. Este dictamen o informe deberá tener un plazo máximo de noventa días

naturales de emitido en la fecha en que el interesado presente la solicitud de certificación.

#### **3.1.11.6 Especificaciones técnicas**

La información técnica de los productos que describe que éstos cumplen con los criterios de agrupación de familia de producto y que ayudan a demostrar cumplimiento con las especificaciones establecidas en la NOM.

#### **3.1.11.7 Evaluación de la conformidad**

La determinación del grado de cumplimiento con la NOM.

#### **3.1.11.8 Familia de productos**

Grupo de productos del mismo tipo en el que las variantes son de carácter estético o de apariencia, pero conservan las características de diseño que aseguran el cumplimiento con la NOM correspondiente.

#### **3.1.11.9 Informe de certificación del sistema de calidad**

El que otorga un organismo de certificación para sistemas a efecto de hacer constar al organismo de certificación para productos, que el sistema de control de calidad del producto sobre una determinada línea de producción, contempla procedimientos de verificación para asegurar el cumplimiento con la NOM.

#### **3.1.11.10 Laboratorio de pruebas**

El laboratorio de pruebas acreditado y aprobado para realizar pruebas de acuerdo con la NOM, conforme lo establece la Ley y su Reglamento.

#### **3.1.11.11 Ley**

Ley Federal Sobre Metrología y Normalización.

#### **3.1.11.12 NOM**

Norma Oficial Mexicana NOM-146-SCFI-2016.

#### **3.1.11.13 Organismo de certificación para producto**

La persona moral acreditada y aprobada conforme a la Ley y su Reglamento, que tenga por objeto realizar funciones de certificación a los productos referidos en la NOM.

#### **3.1.11.14 Organismo de certificación para sistemas de la calidad**

La persona moral acreditada conforme a la Ley y su Reglamento, que tenga por objeto realizar funciones de certificación de sistemas de aseguramiento de la calidad.

#### **3.1.11.15 Producto**

Los productos de vidrio-Vidrios de seguridad referidos en el campo de aplicación de la NOM.

#### **3.1.11.16 Renovación del certificado de cumplimiento**

La emisión de un nuevo certificado de cumplimiento, normalmente por un periodo igual al que se le otorgó en la primera certificación, previo seguimiento al cumplimiento con la NOM.

#### **3.1.11.17 Secretaría**

Secretaría de Economía.

#### **3.1.11.18 Verificación o Vigilancia**

Seguimiento al que está sujeto un producto respecto del cual se emitió un certificado NOM para fabricante nacional o extranjero, para constatar que continúa cumpliendo con la NOM, y del que depende la vigencia de dicha certificación.

#### **3.1.11.19 Esquemas de certificación**

Para obtener el certificado de cumplimiento se estará a lo siguiente:

**3.1.11.20 El interesado solicitará al organismo respectivo los requisitos o la información necesaria para iniciar con el trámite correspondiente.**

**3.1.11.21 El organismo entregará al interesado el paquete informativo que contendrá:**

Solicitud de servicio de certificación;

Relación de documentos requeridos;

Listado de los laboratorios acreditados y aprobados en la presente Norma Oficial Mexicana.

**3.1.11.22 El interesado presentará en original la solicitud debidamente requisitada y el contrato de prestación de servicios de certificación que celebre con el organismo de certificación.**

**3.1.11.23 El interesado entregará toda la información en original** al organismo de certificación para productos, y éste revisará la documentación presentada y, en caso de detectar alguna deficiencia en la misma, devolverá al interesado la solicitud y sus anexos, junto con una constancia en la que indique con claridad la deficiencia que el solicitante debe corregir, y

**3.1.11.24 Las respuestas a las solicitudes de certificación con la NOM-146-SCFI-2016** y de ampliaciones tanto de titularidad como de país de origen y modelo, se emitirán en un plazo máximo de siete días hábiles.

**3.1.11.25 Los certificados con la presente Norma Oficial Mexicana** se expedirán por producto o familias, por tipo modelo y sólo se otorgarán a importadores, fabricantes y comercializadores mexicanos y nacionales de otros países con los que el gobierno mexicano haya suscrito algún acuerdo o tratado de libre comercio.

**3.1.11.26 Los organismos de certificación** mantendrán permanentemente informada a la DGN de los certificados que emitan.

#### **3.1.11.27 Esquemas de certificación de producto**

Para obtener el certificado NOM, el solicitante podrá optar por cualquiera de las siguientes modalidades de certificación:

Con verificación mediante pruebas periódicas al producto;

Con verificación mediante el sistema de calidad de la línea de producción.

El interesado pedirá al organismo respectivo la solicitud de certificado NOM.

El organismo de referencia entregará al interesado el paquete informativo que contendrá el formato de la solicitud, la relación de los documentos requeridos, así como el listado completo de los laboratorios acreditados para la NOM.

El interesado presentará en original la solicitud debidamente requisitada y el contrato de prestación de servicios de certificación que celebre con el organismo de certificación.

El interesado entregará toda la información en original al organismo de certificación para productos acreditado, y éste revisará la documentación presentada y, en caso de detectar alguna deficiencia en la misma, devolverá al interesado la solicitud y sus anexos, junto con una constancia en la que indique con claridad la deficiencia que el solicitante debe corregir, y

Las respuestas a las solicitudes de certificación NOM y de ampliaciones tanto de titularidad como de país de origen y modelo, se emitirán en un plazo máximo de siete días hábiles.

Los certificados NOM se expedirán por producto o familias, por tipo o modelo y sólo se otorgarán a importadores, fabricantes y comercializadores mexicanos y nacionales de otros países con los que el gobierno mexicano haya suscrito algún acuerdo o tratado de libre comercio.

Los organismos de certificación mantendrán permanentemente informada a la DGN de los certificados NOM que emitan.

### **3.1.11.28 Para obtener el certificado NOM con verificación mediante pruebas periódicas al producto.**

Para obtener el certificado con verificación mediante pruebas periódicas al producto ante el organismo de certificación para productos, deberán presentar los documentos siguientes:

- Original del(os) informe de resultados de pruebas,
- Solicitud de servicios de certificación actualizada y firmada, que incluya el nombre de la empresa, el producto, tipo de vidrio a certificar y el nivel de resistencia que quiera certificar.
- Etiquetado del producto enviado al laboratorio,
- Carta declaratoria en papel membretado, de la categoría del vidrio (Clase I, templado o vidrio inastillable; Clase II, tipo A o B). Ésta debe ir firmada exclusivamente por el representante o apoderado legal. Se especificarán también los espesores.
- Carta de manifiesto en papel membretado de que las muestras son representativas de la línea de producción,

- Contrato de prestación de servicios de certificación que celebre con el organismo de certificación, firmado en todas las hojas exclusivamente por el apoderado o representante legal,
- Copia del poder notarial o acta constitutiva de la empresa con el nombre del representante legal en función, debidamente identificado en el acta o poder,
- Carta poder en la que el representante legal autoriza al tramitador para gestionar certificados (en su caso),
- Copia de la identificación oficial con fotografía y firma, del representante legal o apoderado,
- Copia de la cédula del Registro Federal de Contribuyentes (RFC) del solicitante,
- Copia de la solicitud de alta ante la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), última modificación del domicilio fiscal o copia de la última declaración fiscal, donde se indique el domicilio.

Bajo esta modalidad, el certificado de la presente Norma Oficial Mexicana tendrá una vigencia de un año.

**3.1.11.29 Para obtener el certificado NOM** con verificación mediante el sistema de gestión de la calidad de la línea de producción, los interesados deberán acompañar a su solicitud los documentos siguientes:

- I. Copia del certificado del sistema de gestión de la calidad en el que se incluya la línea de producción, expedido por un organismo de certificación acreditado en sistema de calidad;
- II. Original del informe de verificación del sistema de gestión de la calidad de la línea de producción; el informe tendrá una vigencia de 90 días naturales, contados a partir de la fecha de su emisión, y
- III. Documentación con la información técnica señalada en el punto 3.1.

El certificado NOM tendrá una vigencia de tres años, y sólo son válidos para los productos de las plantas que tengan el sistema de gestión de la calidad certificado o en proceso. Asimismo, el certificado NOM sólo ampara

a los productos de las plantas que cuenten con el sistema de gestión de la calidad certificado.

En caso de pérdida o suspensión de la vigencia del certificado del sistema de gestión de la calidad de la línea de producción, el titular del certificado NOM debe dar aviso inmediato al organismo de certificación de producto.

En caso de pérdida del certificado del sistema de gestión de la calidad, el certificado NOM debe cancelarse a partir de la fecha de terminación de la auditoría realizada por el organismo de certificación de sistemas de gestión de la calidad.

En caso de suspensión de la vigencia del certificado del sistema de gestión de la calidad, el certificado NOM es suspendido por un periodo máximo de 60 días naturales a partir de la fecha de terminación de la auditoría realizada por el organismo de certificación de sistemas de gestión de la calidad. Si dentro del término anteriormente señalado se restablece la vigencia del certificado del sistema de gestión de la calidad, la vigencia del certificado NOM se restablece hasta la fecha para la que originalmente fue otorgado. En caso contrario, este último se cancela.

### **3.1.11.30 Ampliación de la Titularidad**

El certificado de la NOM sólo es válido para el titular y, en su caso, podrá solicitar la ampliación de titularidad de sus certificados NOM, lo cual deben tramitar ante el organismo de certificación para productos correspondiente, para ello tendrá que presentar:

- Copia de su certificado NOM,
- Carta en original, mediante la cual solicite se amplíe su certificado NOM a favor de uno o varios importadores, distribuidores o comercializadores,
- Carta en original, mediante la cual declare que acepta ser responsable solidario que se le dé al certificado NOM solicitado y, en su caso, que informará oportunamente a la DGN o al organismo de certificación de producto correspondiente, cualquier anomalía que detecte en el uso del

certificado NOM por sus importadores, distribuidores o comercializadores y, adicionalmente, el titular deberá:

- Informar por escrito a la DGN o al organismo de certificación para productos correspondiente cuando cese la relación con sus importadores, distribuidores o comercializadores, para la cancelación de los certificados NOM respectivos.

Las ampliaciones de titularidad de los certificados NOM se sujetarán a las verificaciones de producto de los certificados NOM respectivos.

#### **3.1.11.31 Agrupación de familia**

Tanto para el proceso de certificación como para vigilancia, el agrupamiento por familias de productos debe ser conforme al siguiente criterio:

Misma marca,

Misma clase,

Mismo tipo A o B (en su caso),

Mismo espesor para la misma clase,

Mismo nivel de resistencia y proceso de templado.

#### **3.1.11.32 Visita de vigilancia**

El organismo de certificación para producto debe realizar visitas de vigilancia para constatar el cumplimiento con la NOM-146-SCFI-2016, de los productos certificados.

**3.1.11.33 En la modalidad con seguimiento** mediante pruebas periódicas al producto: El seguimiento se debe realizar durante la vigencia del certificado con una visita de vigilancia, tomando las muestras seleccionadas por el organismo de certificación de producto.

**3.1.11.34 En la modalidad con certificación** por medio del sistema de control de la calidad de la línea de producción, se deberá efectuar una visita de vigilancia por cada año para la revisión de su sistema de control de calidad, así como el muestreo correspondiente.

Para ambos esquemas, el tamaño de la muestra se tomará de acuerdo a la clasificación (Véanse tablas 13 y 14).

Las pruebas de laboratorio que se practiquen al producto certificado durante la verificación correspondiente serán tomadas en cuenta por el organismo de certificación para efectos de ratificar, suspender y cancelar en su caso, el certificado NOM.

En aquellos casos en que el resultado de la verificación haya sido negativo, o cuando la misma no pueda llevarse a cabo por causa imputable al interesado, el organismo de certificación correspondiente comunicará de inmediato a las autoridades competentes y al titular del mismo la suspensión o cancelación del certificado NOM.

### **3.1.12 Método de muestreo**

El muestreo se realizará bajo el siguiente criterio:

Muestreo Inicial o de renovación: Será realizado por el interesado.

Muestreo de vigilancia: Estará a cargo del organismo de certificación de producto correspondiente.

Las muestras pueden ser tomadas indistintamente en la planta u obtenidas de bodegas del fabricante, o en cualquiera de sus puntos de comercialización (venta) del territorio nacional, en este caso con cargo al solicitante.

Cuando el solicitante no cuenta con producto suficiente se podrá tomar de otra bodega o punto de comercialización. En caso contrario la visita será cancelada y el interesado deberá solicitar su reprogramación, asumiendo los costos derivados de ésta.

El traslado de las muestras será a cargo del interesado, así como el envío de éstas al laboratorio acreditado y el costo de las pruebas.

El informe de resultados de prueba deberá ser entregado al organismo de certificación de producto.

#### **3.1.12.1 Tamaño de la muestra:**

Tanto para el muestreo inicial o de renovación como de vigilancia de la certificación, el tamaño de la muestra estará determinado de acuerdo a lo indicado en las tablas 12 y 13:

*Tabla 12. Tamaño de la muestra para la Clase I vidrio templado*

Pruebas a realizar	No. de muestras	Características
Fractura	3	863 mm x 1930 mm ± 5 mm
Esfuerzos de compresión y tensión	3	863 mm x 1930 mm ± 1 mm
Resistencia al impacto no concentrado (niveles 1 y 2).	4 para cada nivel	863 mm x 1930 mm ± 1 mm

Nota 11.- Las muestras para la prueba de resistencia al impacto, las orillas no deben presentar fisuras, fracturas o conchas.

*Tabla 13. Tamaño de la muestra para la Clase II, vidrio inastillable (Tipo A y Tipo B)*

Pruebas a realizar	No. de muestras	Características
Resistencia al impacto concentrado (niveles 1 y 2).	4 para cada nivel	863 mm x 1930 mm ± 5 mm
Resistencia al impacto concentrado (niveles 3, 4 y 5).	3 para cada nivel	900 mm x 1100 mm ± 5 mm
Hervido.	4	300 mm x 300 mm ± 5 mm
Humedad.	4	300 mm x 100 mm ± 5 mm

Nota 12.- las muestras para la prueba de resistencia al impacto, las orillas no deben presentar fisuras, fracturas o conchas.

Para la certificación inicial se deberán tomar muestras de todos los espesores del producto a certificar.

### **3.1.13 Vigilancia**

La vigilancia de esta Norma Oficial Mexicana estará a cargo de la Secretaría de Economía y la Procuraduría Federal del Consumidor, conforme a sus respectivas atribuciones.

### **3.1.14 Concordancia con normas internacionales**

Esta Norma Oficial Mexicana no es equivalente (NEQ) con ninguna norma internacional, por no existir ésta última al momento de su elaboración.

## **3.2 APÉNDICE NORMATIVO**

### **3.2.1 APÉNDICE NORMATIVO A**

#### **USO DEL VIDRIO DE SEGURIDAD Y/O CONTENCIÓN**

A.1 Todo vidrio debe cumplir con las especificaciones establecidas en la presente de Norma Oficial Mexicana, cuando se fabrica, comercializa o instala dentro del territorio de los Estados Unidos Mexicanos y se utilice en áreas públicas, tales como:

- a) Áreas deportivas.
- b) Canceles de baño.
- c) Canceles para división de áreas de uso interior o exterior.
- d) Domos y tragaluces.
- e) Escaleras y barandales.
- f) Exhibidores comerciales.
- g) Fachadas estructurales e integrales.
- h) Luminarias.
- i) Mobiliario urbano.
- j) Pisos.
- k) Puertas.
- l) Refrigeradores y congeladores comerciales.
- m) Ventanas.

### 3.2.2 APÉNDICE INFORMATIVO B

Los espesores y tolerancias del vidrio monolítico que se utiliza como materia prima para la fabricación de los vidrios de seguridad y/o contención se establecen en la Tabla B.1.

Nota 13.- Esta Tabla está basada en los espesores del vidrio monolítico que se manufactura o comercializa dentro del territorio de los Estados Unidos Mexicanos.

Tabla 14 Tabla B.1 Espesores nominales y tolerancias para el vidrio monolítico.

Espesor nominal en mm	Mínimo	Máximo
3	2,8	3,4
4	3,8	4,2
5	4,6	5,2
6	5,6	6,2
8	7,4	8,4
9,5	9,0	10,0
10	9,7	10,3
12	11,6	13,4
15	14,5	15,5
16	15,1	16,6
19	18,3	19,8

### 3.2.3 APÉNDICE INFORMATIVO C

#### C.1

Recomendaciones de instalación para vidrio de seguridad empotrado

Para todas aquellas instalaciones en las que un vidrio se empotre en un perfil de aluminio (como son las definidas como tragaluz o domo, fachadas integrales, tránsito peatonal, puertas, pasamanos, escaleras, áreas deportivas, ventanas en edificios públicos, cancelas de baño, cancelas divisorias en interiores, aparadores, vitrinas, escaparates y elevadores), se sugiere cumplir las siguientes consideraciones para que la instalación garantice la seguridad mínima necesaria.

Para evitar confusiones en la descripción de este tipo de instalaciones, éstas se deben apegar a la siguiente definición:

Es la técnica de instalar un vidrio en un perfil de aluminio por medio de sujeción mecánica. Esta sujeción es proporcionada por empaques compresibles de diferentes materiales y diseños.

Por lo general, este tipo de envidriado es utilizado, en donde se requiere que los espacios tengan ventilación e iluminación natural.

Elementos que integran este tipo de envidriado

Uno de los elementos principales es el vidrio; comúnmente para este tipo de trabajos se utiliza el vidrio translúcido.

Los perfiles de aluminio también juegan un papel fundamental en este tipo de instalaciones. Hablando de perfiles de aluminio, podemos encontrar diferentes diseños con características especiales para cada necesidad; por mencionar algunos de estos diseños podemos encontrar líneas bolsa, puertas batientes, de proyección, corredizas, línea para cancelas de baño, etc. Todos éstos forman parte de la línea residencial o arquitectónica para fachada integral.

Para lograr el desempeño óptimo en estas instalaciones, en donde el vidrio va empotrado en el perfil de aluminio en sus cuatro lados, es muy importante la correcta elección de los selladores, que para este caso en especial se denominan selladores en seco y con sección definida, que junto con las calzas de soporte integran el conjunto de accesorios para la instalación de estos sistemas de envidriado.

C.2 Selección de empaques

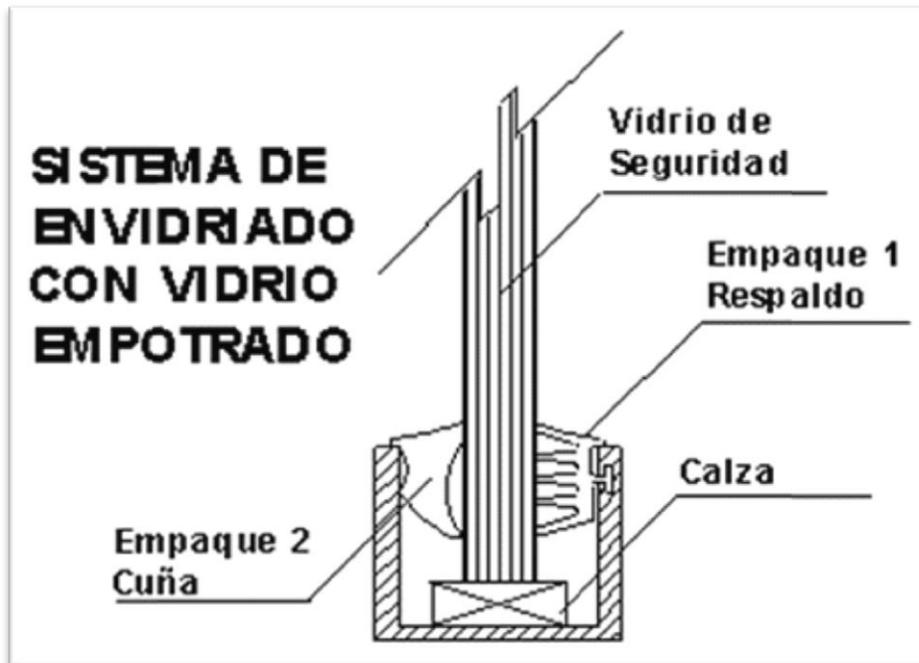
El nombre comercial que reciben los selladores en seco es el de empaques, de los cuales existe una gran variedad de diseños o secciones, algunos de estos empaques son denominados: cuñas, cañuelas, repisones, respaldos, hongos, redondos, etc.

De la correcta elección de la sección de los empaques depende el buen funcionamiento de una instalación del vidrio de seguridad. Es importante considerar que los empaques trabajan a compresión, razón por la cual es necesario definir el tipo de aluminio a utilizar y el espesor de los vidrios, antes de realizar la compra de los empaques, ya que en algunos casos se pueden utilizar empaques cuñas y respaldos y en otros casos empaques cañuelas.

Para que los empaques trabajen adecuadamente, es necesario que éstos estén comprimidos por lo menos un 15% dependiendo de la materia prima y la calidad que maneja el fabricante.

En este sistema se pueden utilizar dos diferentes tipos de empaques, para el primer caso es posible utilizar un empaque con diseño de respaldo el cual se coloca deslizado en el perfil de aluminio, posteriormente se coloca el vidrio y por último el empaque con diseño de cuña, este último empaque es el que en ocasiones recibe la mayor cantidad de deformación y es el que evita entradas de agua.

Para el segundo caso es posible utilizar un empaque con diseño de cañuela. Este empaque se desliza primero en el perímetro del vidrio y posteriormente se coloca en el marco de aluminio.



*Ilustración 14 Figura 6.- Sistema de envidriado*

### C.3 Diferentes materias primas de empaques

A nivel mundial los empaques para envidriado se fabrican de diferentes materias primas; en los Estados Unidos Mexicanos, las más comunes son: Empaques de P.V.C. (vinilos), y Empaques de hule termoplástico.

### C.4 Calzas y secciones mínimas utilizadas

La industria del vidrio para la construcción requiere de materiales aislantes que eviten el contacto directo del vidrio con la estructura. De esta manera, se provoca que cada elemento trabaje de manera independiente evitando así rupturas.

Este tipo de aislantes comúnmente conocidos como calzas, se pueden fabricar en una amplia gama de materiales, sin embargo y por recomendación de los fabricantes del vidrio, se sugiere utilizar productos con características de hule, los cuales cuentan con las siguientes ventajas:

- memoria (recuperación de la sección),
- evitan el contacto entre el vidrio y el material de apoyo (comúnmente aluminio).

Al utilizar este tipo de elementos se evitan problemas de infiltración de agua por la pérdida de compresión en los empaques. Este problema es común, ya que al utilizar materiales que se comprimen, el vidrio se desliza y permite la entrada de agua, además se pierde la sujeción y puede incluso caerse.

Actualmente las calzas se fabrican de hule, con una dureza shore A de 85 puntos  $\pm$  5 puntos apegándose a la recomendación de los fabricantes de vidrio.

Con esta dureza se pueden utilizar por cada 15 kg de vidrio dos calzas de 3 cm colocadas a los cuartos del claro de vidrio, sin embargo, cuando son utilizadas en fachadas integrales y en cubiertas o domos la recomendación es que se utilicen 2 calzas de por lo menos 10 cm de largo a los cuartos del claro del vidrio.

La siguiente Tabla, muestra cómo el espesor del vidrio determina la penetración mínima que éste debe tener para garantizar una instalación segura, asimismo indica el tamaño de las calzas y los espacios que existen entre el perfil y el vidrio para la correcta elección de los empaques.

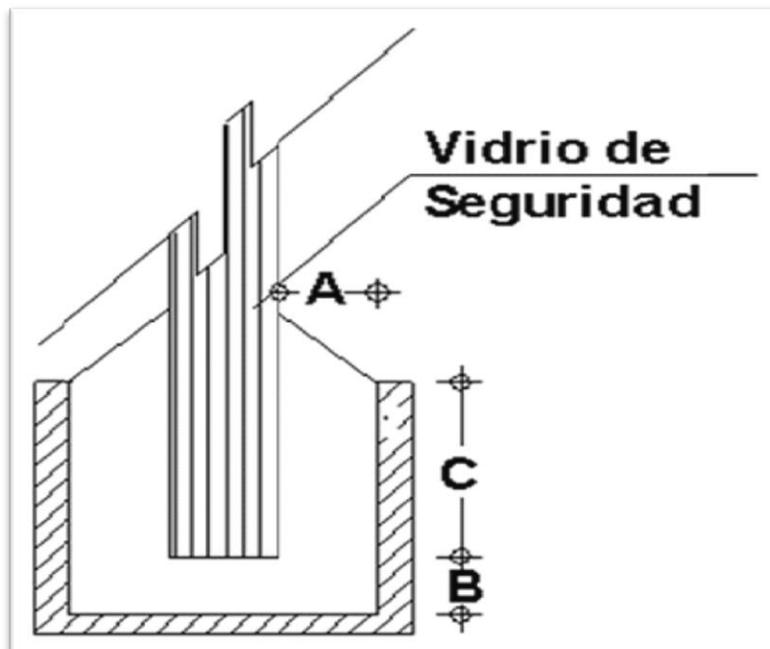


Ilustración 15 Figura 7.- Vidrio de Seguridad

## C.4A VIDRIO MONOLÍTICO

Tabla 15 Vidrio Monolítico

<b>ESPESOR DE VIDRIO</b>	<b>A=SEPARACIÓN</b>	<b>B=BORDE</b>	<b>C=SUJECIÓN</b>
<b>Mm</b>	<b>Mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>
3	1,6	3,2	6,35
5	3,2	4,8	8,0
6	3,2	6,35	9,5
9,5	4,8	8,0	11,0
12	6,35	9,5	11,6
19	6,35	12,7	16,0

C.5 Recomendación para la instalación de vidrio de seguridad en envidriado estructural

Para todas aquellas instalaciones en las que un vidrio se instale sobre un perfil de aluminio (estas instalaciones comprenden fachadas estructurales 2 y 4 lados, tragaluces y cubiertas de vidrio) se sugiere cumplir las siguientes características para garantizar su óptimo funcionamiento y brindar la seguridad mínima que se exige en esta Norma Oficial Mexicana.

C.6 Definición de envidriado estructural

Es la técnica de colocar un vidrio en una estructura de soporte (aluminio o vidrio) utilizando las propiedades únicas de los selladores de silicón los cuales son capaces de transferir las presiones del viento a la estructura de soporte.

C.7 Envidriado estructural

Las exigencias de las tendencias arquitectónicas han dado como resultado el desarrollo de sistemas que explotan al máximo el potencial estético del vidrio.

Como consecuencia nos encontramos con sistemas de envidriado completamente continuos.

En los sistemas de envidriado estructural, el silicón estructural forma un sello continuo contra aire e infiltraciones de agua. Por otro lado, el silicón absorbe las cargas producidas por los empujes de viento, transmitiéndolas

a la estructura, soportando la flexión, tensión y compresión, derivados de los diferenciales térmicos, además de mantener el vidrio adherido a la estructura de soporte. El silicón estructural es resistente a los rayos UV, ozono y en general a los factores de intemperismo a los que es sometido. La vida útil de estos sistemas se prolonga el tiempo que el silicón estructural conserve sus propiedades físicas. Se han retirado muestras de silicón después de 20 años de estar expuestos y éste aún conserva su elasticidad, adherencia y fuerza.

#### C.8 Tipos de envidriado estructural

A nivel mundial existen diferentes tipos de diseño en lo que se refiere a instalaciones de envidriado estructural, los más comunes son:

- Envidriado Estructural 2 lados.
- Envidriado Estructural 4 lados (armado en taller o en campo).

El nombre está asignado en función al número de lados del vidrio que están instalados con el sistema de envidriado estructural. En el caso del envidriado estructural 2 lados, el vidrio tiene dos lados sujetos mecánicamente (empotrados) y los otros dos lados, sujetos por medio de silicón estructural, mientras que en el envidriado estructural 4 lados, el vidrio va instalado con silicón estructural en todo el perímetro, sin sujeción mecánica.

#### C.9 Consideraciones a tomar en cuenta para este tipo de fachada

Este tipo de envidriado se puede llevar a cabo en taller o en campo, sin embargo, las condiciones tan precisas de limpieza de las superficies, y en sí de la instalación, hacen que el armado de los módulos en taller sea favorable, por lo que se recomienda que de ser un sistema armado en campo, la supervisión sea más estricta.

#### C.10 El sellador estructural

El desarrollo de la tecnología de los adhesivos le han proporcionado a los contratistas en envidriados una gama muy amplia de alternativas en selladores estructurales. Actualmente, se ofrecen grados estructurales de

silicón en una vasta gama de colores, además del negro tradicional, de acuerdo a la variedad que existe en el mercado del vidrio de seguridad.

El sellador estructural que se requiere para mantener pegado el vidrio a la estructura de soporte se conoce como silicón estructural, el cual tiene que ser de curado neutro con una resistencia a la tensión de 2,01 MPa.

Los silicones de dos componentes de curado rápido son usados para los envidriados en taller para acelerar la fabricación. Varios fabricantes de selladores ofrecen productos que pueden ser usados tanto en envidriados en taller como en campo. En la actualidad existen productos de un componente de curado acelerado, lo cual permite mover los módulos ya envidriados en menor tiempo que los selladores-adhesivos tradicionales.

Otras innovaciones han producido selladores compatibles con los acabados populares que se aplican a los perfiles.

Es muy importante que se garantice la adherencia y compatibilidad del silicón estructural con los componentes del sistema por medio de pruebas previas. En algunos casos será necesario especificar promotores de adherencia para garantizar el óptimo desempeño del sistema.

C.11 Elementos que se requieren para realizar cálculos de sellador estructural

Lo más importante para realizar un estudio de factibilidad para el cálculo de la sección del cordón de silicón estructural es contar con un proyecto definido en lo que se refiere al diseño de perfiles de aluminio y el tipo de vidrio que se utiliza, así como una presión de viento en kPa.

Estos datos aplicados a la siguiente fórmula, nos proporcionan la sección mínima de silicón estructural para garantizar que resistirá y transmitirá las presiones de viento a la estructura de soporte.

$$CW = \frac{(DWL \times LSS)}{(SDS \times 2)}$$

Donde:

CW es el área de contacto de silicón estructural, en cm.

DWL es la presión de viento, en kPa.

SDS es el diseño de esfuerzo máximo de sellador estructural (140 kPa).

LSS es el lado corto del vidrio más grande en cm.

#### C.12 Separación entre el vidrio y la estructura de soporte (aluminio o vidrio)

Para que el sellador estructural trabaje adecuadamente se requiere de una separación mínima de 6,35 mm entre el vidrio y su estructura de soporte. Para proporcionar esta separación se deben utilizar productos químicamente compatibles con el silicón estructural y éstos deben tener una densidad de 352,44 kg/m<sup>3</sup>, una dureza shore A de 30 puntos, una elongación de 105%. Para tal efecto, comúnmente se utilizan separadores de espuma de poliuretano por su compatibilidad con el silicón, sin ser éste un material limitativo. Es muy importante que se conserve esta separación mínima, por lo que el separador no puede tener un espesor menor del indicado para este tipo de envidriados.

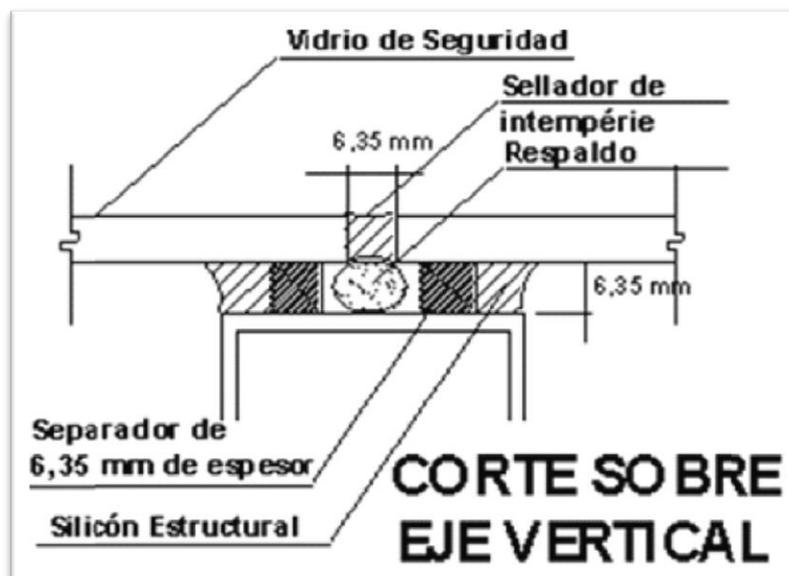
#### C.13 Consideraciones para el uso de calzas

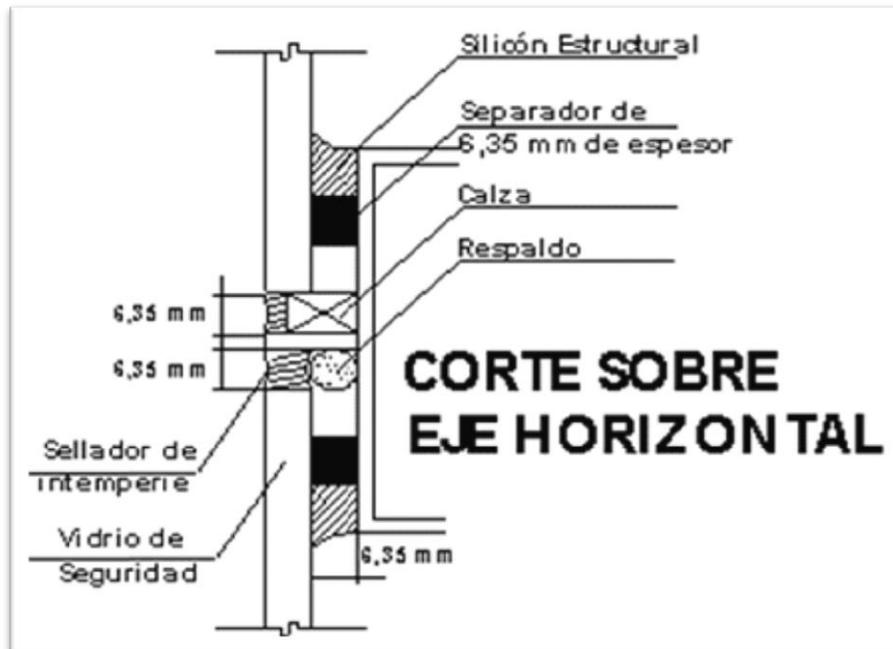
Las calzas recomendadas para este tipo de envidriados son de hule con una dureza shore A de 85 puntos  $\pm$  5 puntos, la medida depende del diseño del perfil de aluminio (ver calzas y secciones mínimas utilizadas).

Las calzas más comunes para este sistema y para el caso en que se utiliza vidrio de 6 mm, son en medida de 6,35 mm x 9,5 mm x 100 mm y es necesario calcularlas dependiendo del tamaño y peso del vidrio. La materia prima es el S.C.R. (Silicone Construction Rubber), ya que es el único material compatible con los selladores de silicón, sin embargo, es posible utilizar calzas de hule aisladas con cinta adhesiva plástica, ya que de esa forma se evita el contacto directo con el silicón. Cuando se utilicen calzas de hule aisladas es necesario realizar pruebas de compatibilidad una vez que hayan sido forradas con la cinta adhesiva plástica, ya que no todas estas cintas aíslan correctamente.

#### C.14 El sellador de intemperie y secciones mínimas necesarias

En este tipo de envidriados se pueden utilizar diferentes selladores de silicón para intemperie, y pueden ser silicones de curado acético o de curado neutro, esto dependerá directamente del tipo de vidrio que se utilice. En algunas ocasiones si se llegara colocar un vidrio inastillable no es posible aplicar un sellador de curado acético, ya que el solvente que libera ataca directamente al polivinil butiral. Las secciones requeridas para un sellador de intemperie deberán ser consideradas dependiendo del movimiento que se espera del vidrio, sin embargo, una sección entre el perfil de aluminio y el canto del vidrio o entre cantos de vidrios debe ser de 6,35 mm como mínimo, ya que en secciones más pequeñas se pueden ocasionar rupturas en los vidrios y/o problemas en el funcionamiento del sellador.





*Ilustración 17 Figura 9.- Corte del envidriado sobre el eje horizontal*

#### Instalación

- Es muy importante que las superficies estén perfectamente limpias antes de colocar el separador y el silicón estructural. Por lo general se usa alcohol isopropílico para limpiar las superficies, sin embargo, es muy importante que éste sea aprobado por el fabricante de selladores, así como por el fabricante de los sustratos.
- Una vez limpia la superficie, se coloca el separador dejando el espacio especificado para el cordón de silicón estructural.
- Se coloca el vidrio y se aplica el silicón estructural. Es muy importante que se haga un módulo a la vez para evitar la contaminación de las superficies ya preparadas.
- Por último, se debe aplicar el sellador o silicón de intemperie.
- Precauciones y consecuencias de este envidriado

De no tomar en cuenta las consideraciones anteriores, las consecuencias pueden derivar en un funcionamiento inadecuado del sistema de envidriado estructural, presentándose desde filtraciones de agua, hasta desprendimientos de vidrios en fachadas estructurales.

- Envidriado estructural 2 lados
- El correcto funcionamiento del sistema de envidriado estructural 2 lados, depende de que se tomen en cuenta las consideraciones anteriores, así como de la selección correcta de los empaques para los lados del vidrio que van empotrados (ver selección de empaques).

#### 14. Bibliografía

- ANSI Z97.1-1984 (R 1994). American National Standard for safety glazing materials used in buildings- Safety performance specifications and methods of test.
- AS 2208-1978 Safety glazing materials for use in buildings (human impact considerations).
- CAN 2 - 12.1 - M 76 Glass, safety, tempered or laminated.
- Consumer Product Safety Code: 16 CFR Ch.II (1-1-98 Ed.). Safety Standard for Architectural Glazing Materials.
- EN 356 - 1999 European standard glass in building - Security glazing-Testing and classification of resistance against manual attack.
- ISO-12543-1-2011, Glass in building, laminated glass and laminated safety glass-Part 1: Definitions and description of component parts.
- Manual del vidrio en la construcción. Joseph S. Amstock Editorial McGraw Hill, 1999.
- Manual del Vidrio. Centro de Información Técnica de Aplicaciones del Vidrio (CITAV), 1985.
- Manual de sistemas de envidriado estructural. Gabriel Guerrero, Editorial PPSA, 2000.
- NOM-008-SCFI-2002, "Sistema General de Unidades de Medida", publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2002.
- NMX-Z-12/1, 2-1987, Muestreo para la inspección por atributos-Parte 2: Métodos de muestreo, tablas y gráficas. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de octubre de 1987.

- UNE-EN ISO 12543-1 vidrio para la edificación: vidrio laminado y vidrio laminado de seguridad. Parte 1, Definiciones y descripción de los componentes: (ISO 12543-1:1.998).

### **3.3 Norma Mexicana NMX-R-060-SCFI-2013, “Ventanas y productos arquitectónicos para el cerramiento exterior de fachadas-clasificaciones y especificaciones”.**

#### **3.3.1 Norma Oficial Mexicana NMX-R-068/2-SCFI-2014, “Ventanas- Métodos de prueba. Parte 2 Estanqueidad del agua.**

**Norma Mexicana NMX-R-068/2-Scfi-2014 Ventanas– Métodos De Prueba. Parte 2- Estanqueidad Al Agua. Windows– Test Methods. Part 2 - Water Leak.**

#### **3.3.2 Objetivo y campo de aplicación**

La presente parte de la norma mexicana NMX-R-068/2-SCFI-2014 establece los fundamentos que rigen los procedimientos para realizar los ensayos de estanqueidad al agua que se exigen a las ventanas, puertas y cerramientos. Puntualizando en:

Fundamentos de los ensayos.

Equipamiento necesario.

Preparación de las muestras.

Procedimiento de ensayos.

Informe de ensayos.

El método de ensayo definido se debe emplear para determinar los niveles de desempeño en esta propiedad para ventanas, puertas y cerramientos completamente ensamblados y de cualquier material. El método de ensayo está diseñado para simular las condiciones en obra

cuando estos están instalados según las indicaciones del fabricante y las prescripciones de las buenas prácticas de fabricación e instalación.

Los resultados de los ensayos constituirán una prueba fehaciente de la calidad y seguridad que ofrecen las ventanas, puertas y cerramientos en todo tipo en su construcción.

Aplicable a ventanas, puertas y cerramientos en general incluyendo las ventanas de tejado, balconeras y puertas peatonales de emergencia, que operen manualmente y/o motorizadas, con o sin persianas, mallorquinas y/o celosías fijas y graduables, y mosquiteros fijos, abatibles o enrollables, incluyendo todos los herrajes necesarios para su fabricación e instalación.

La norma mexicana excluye y no aplica para:

Ventanas y puertas cortafuegos.

Ventanas y puertas para interiores.

Ventanas y puertas Anticiclónicas.

Puertas giratorias manuales y/o automáticas.

Puertas industriales y de garaje.

Puertas de vidrio templado sin marco.

Tragaluces y/o domos.

Fachadas ligeras.

### **3.3.3 Referencias**

Para la correcta utilización de esta parte de la norma mexicana es necesario consultar y aplicar las siguientes normas mexicanas vigentes:

NMX-R-060-SCFI-2013 Ventanas y productos arquitectónicos para el cerramiento exterior de fachadas – Clasificación y

especificación -NMX-EC-17025-IMNC-2006 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración-

### **3.3.4 Definiciones**

Para los propósitos de esta parte de la norma mexicana se establecen las definiciones siguientes:

*Diferencial de presión de aire:*

Es el diferencial de presión entre las caras externas e internas de la muestra de ensayo.

*Límite de estanqueidad al agua.*

Valor medio P hasta la cual la muestra de ensayo permanece estanca bajo condiciones de ensayo durante el tiempo prescrito.

*Estanqueidad al agua.*

Capacidad de la muestra de ensayo cerrada para resistir la penetración de agua en las condiciones de ensayo hasta una presión (P = Límite de estanqueidad)

*Penetración de agua.*

Humedecimiento continuo o repetido de la cara interior de la muestra de ensayo o de sus partes no diseñadas para ser mojadas cuando el agua drene hacia la cara exterior.

*Presión dinámica:*

Presión diferencial en ciclos de repetición en forma aproximada a una onda sinusoidal, aplicada a la cara externa de la muestra de ensayo.

*Valor límite máximo Pmax.*

Valor límite superior de la presión dinámica durante la prueba (en el caso de emplear un solo escalón de carga dinámica) o de la fase de

esta (en el caso de realizar el ensayo mediante la aplicación de escalones de carga dinámica secuenciados).

*Valor límite mínimo  $P_{min}$ .*

Límite inferior de presión dinámica durante la prueba (en el caso de emplear un solo escalón de carga dinámica) o de la fase de esta (en el caso de realizar el ensayo mediante la aplicación de escalones de carga dinámica secuenciados).

*Valor medio  $P$ .*

Valor medio de la presión dinámica durante la prueba (en el caso de emplear un solo escalón de carga dinámica), requerido por la especificación del producto o el establecido como valor medio en cada fase de prueba para determinar la estanqueidad al agua del cerramiento.

### **3.3.5 Abreviaturas**

Para la comprensión de la norma mexicana se establecen las abreviaturas siguientes:

l/min Caudal de agua en litros / minutos.

$^{\circ}$  C Grados centígrados.

HR Expresión de la humedad relativa.

Pa Pascal.

### **3.3.6 Requisitos necesarios para la validación de los ensayos y sus resultados**

Es requisito indispensable para hacer válidos los resultados de los ensayos que se describen en la norma, que los laboratorios donde se desarrollen los ensayos estén acreditados por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).

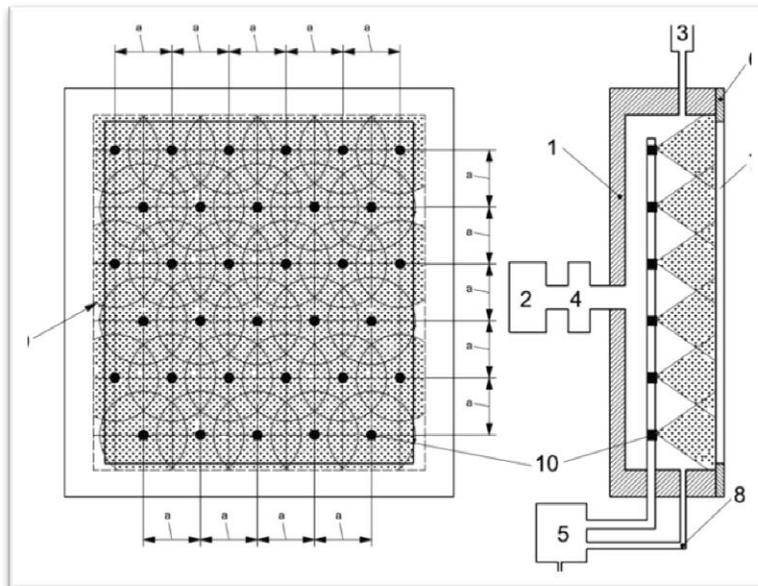
La Acreditación de laboratorios de prueba o calibración se basa en la evaluación de la conformidad de un Sistema de Calidad, que cumpla con los requisitos administrativos y técnicos establecidos en la norma mexicana NMX- EC-17025-IMNC (Véase 2 Referencias).

Asimismo, se requiere cumplir con la clasificación y especificaciones de la NMX- R-060-SCFI (Véase 2 Referencias) para la correcta aplicación de los ensayos de las propiedades fundamentales que se exigen a las ventanas, puertas y cerramientos para cada prestación.

### **3.3.7 Ensayo de estanqueidad al agua**

#### **Fundamentos del ensayo**

Rociado continuo de una cantidad de agua determinada sobre la cara exterior de la muestra de ensayo mientras se aplican escalones determinados de presión dinámica de aire. Debiendo registrarse los detalles de la presión de ensayo y la ubicación de la penetración del agua, si ésta se observa visualmente.



*Ilustración 18 El equipamiento de ensayo debe ser un dispositivo mecánico que contenga los elementos como se encuentra detallado en la Figura 1*

### **Equipamiento**

Vista frontal de panel de pulverización Corte de la cámara de prueba

Donde:

Cámara de presión de prueba.

Presurizador.

Dispositivo para medir la presión diferencial.

Dispositivo para la generación de presión.

Dispositivo para la aspersion de agua.

Pieza de unión entre la plataforma y la muestra de ensayo.

Muestra de ensayo.

Drenaje.

Área de presión pulverizada por la boquilla. 10 Boquillas de aspersion de agua.

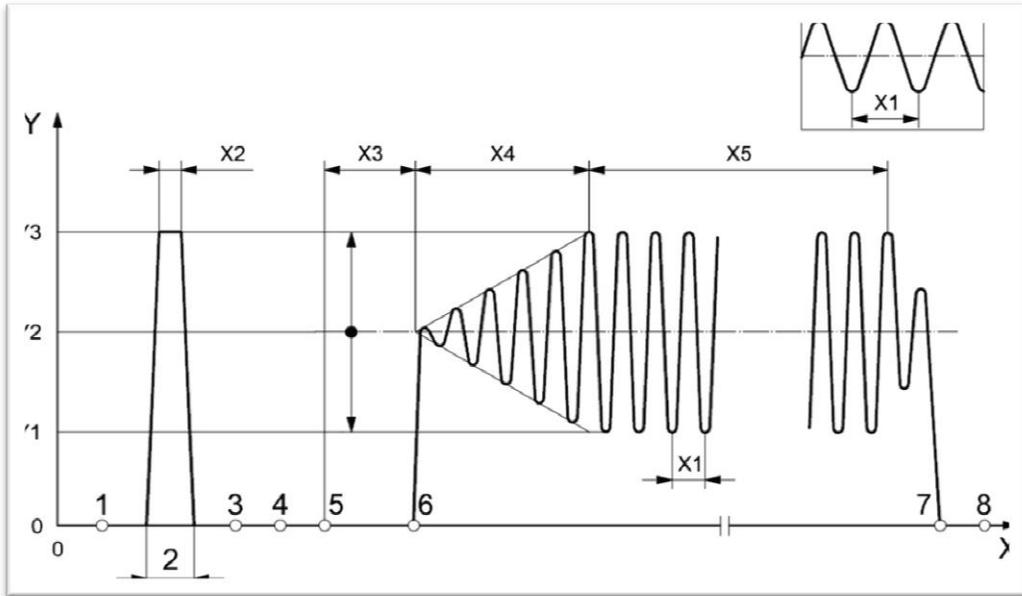
a Distancia entre las boquillas en la misma fila y la distancia entre las filas de boquillas son iguales.

Figura 1 - Ejemplo de aparato de ensayo.

Cámara con un lado abierto donde puede ser adaptada la muestra de ensayo en las condiciones de fijación conforme a la práctica habitual. Debe ser construida de forma tal que sea capaz de soportar las presiones de ensayo sin deformarse hasta el punto de influir en los resultados de los ensayos. Además deberá mantener la presión interna y se apoyará a la plataforma de fijación.

Medios para ejercer una presión controlada sobre la muestra de ensayo en la cara expuesta a la intemperie.

Dispositivo para general presión dinámica. Este deberá ser capaz de producir una presión dinámica, como se muestra en la figura 2 y la Tabla 1. Los ciclos de presión dinámica a intervalos de 2 s hasta 4 s, con una tolerancia de  $\pm 0,2$  s de  $\pm 0,4$  s.



*Ilustración 19 El ciclo de intervalo de presión seleccionado se mantendrá sin cambios durante la prueba de ese escalón de presión.*

Leyenda:

Tiempo de presurización.

X1 2s a 4 s. X2 1 min.

X3  $\leq 30$  s.

X4 Incrementos.

X5 10 min de tiempo de presurización.

Diferencial de presión, expresada en pascales. Y1 Valor límite inferior, Pmin.

Y2 Valor medio, P.

Y3 Valor límite superior, Pmax.

Accionamiento

Presurización preparatoria

Inicio de la observación

Inicio de la aspersión de agua

Afirmación de cantidad requerida de flujo de agua

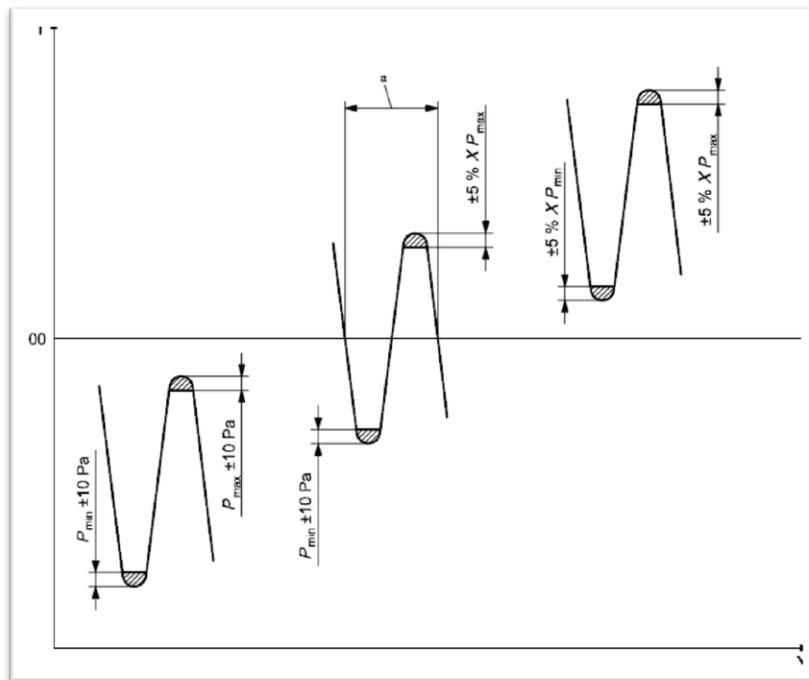
Inicio de presurización

Presurización y fin observación

Fin de la aspersión de agua

Figura 2 Esquema del procedimiento de la prueba para un solo escalón de carga dinámica.

El rango permisible de la generación de presión dinámica se puede regular dentro de  $\pm 10$  Pa para una presión inferior a 200 Pa, y / o



*Ilustración 20 Figura 3 - Rango admisible de la diferencia de presión aplicada a la muestra.*

dentro de  $\pm 5\%$  para presiones mayores a 200 Pa, como se muestra en la figura 3.

Tiempo de presurización.

Presión diferencial, expresada en pascales a 2 s a 4 s.

Medios para medir la presión de aire en el banco de ensayo, con una precisión de  $\pm 5\%$ .

Instrumento apropiado de medida de la cantidad de agua suministrada con una precisión de  $\pm 10\%$ . Sí se instalan filas de boquillas, que tienen diferentes caudales, son necesarios al menos dos instrumentos.

Un sistema de rociado capaz de aplicar una película continua de agua repartida regularmente sobre toda la superficie susceptible de ser mojada en las condiciones reales de exposición, por medio de boquillas cónicas de chorro circular pleno que tenga las siguientes características:

Ángulo de rociado:  $(120_{-10}^0)^\circ$

Rango de presión de trabajo: 2 a 3 bar, según las especificaciones del fabricante.

Flujo de rociado:

Método A:  $(3 \pm 0.3$  a  $4 \pm 0.4)$  l/min/m<sup>2</sup>.

Método B:  $(1 \pm 0.1$  a  $2 \pm 0.2)$  l/min/m<sup>2</sup>. Véase Capítulo 6.3.2.

## **Preparación De La Muestra De Ensayo**

### **Colocación Sobre El Banco De Ensayo**

Se fija la muestra de ensayo como está previsto en obra sin torsión o flexión susceptible de influir en los resultados del ensayo. La muestra de ensayo debe funcionar perfectamente.

Se prepara e instala el cajón de conexión de tal forma que cualquier penetración de agua, incluida la que pueda entrar a través de las juntas del marco, sea fácilmente detectable.

Se limpia la muestra de ensayo y se secan sus superficies.

Se sellan los sistemas de ventilación, si los hubiere, con la ayuda de una cinta adhesiva.

### **Colocación Del Sistema De Rociado. Véase Las Figuras 5, 6 Y 7**

Sí el ensayo corresponde con unas condiciones particulares de instalación y exposición de la ventana, se debe tener en cuenta este aspecto para seleccionar el sistema de rociado (A (expuesto) o B (protegido)).

Un ensayo debe ser ejecutado usando solo una configuración. Se recomienda utilizar una plantilla para instalar el sistema de rociado.

### **Posicionamiento Del Plano De Aspersión (Líneas De Tubos Y Boquillas) En Relación Con La Superficie De La Muestra De Ensayo**

Las boquillas de aspersión se distribuirán en toda la superficie de la muestra de ensayo de la siguiente forma.

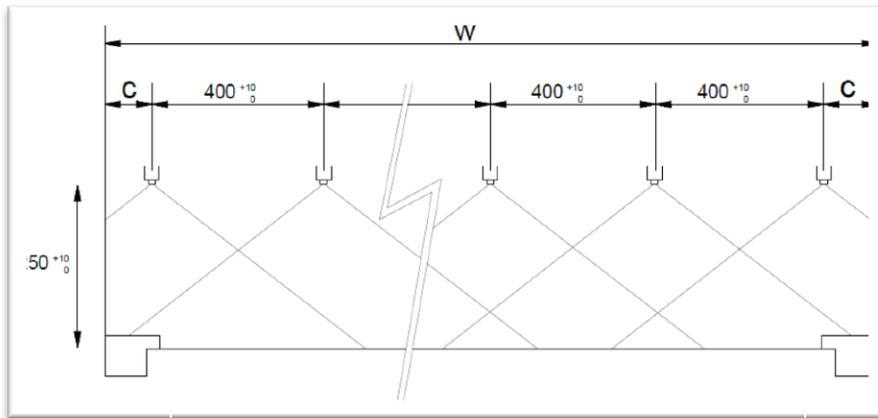
La primera línea o fila de boquillas se situará como máximo a 150 mm por encima de la línea de la junta o felpa horizontal más alta de la hoja activa, pasiva o fija o de la línea del acristalamiento de los vidrios fijos para obtener un mojado completo de todos los elementos horizontales adyacentes del marco.

Se coloca las boquillas extremas que forman la fila superior (C) a 250 +10 mm de la cara exterior de la muestra de ensayo, definida por el plano de junta o felpa más exterior para las hojas activas, pasivas o fijas o por el plano del acristalamiento para las partes fijas. Es decir que el conjunto de boquillas formará un plano hipotético que se situará a 250 +10 mm respecto a la cara vertical exterior de la muestra de ensayo. Véase las figuras 4 y 5.

El espaciamiento entre las boquillas es  $400 \text{ mm} + 10 \text{ mm}$ , tanto en dirección horizontal como en vertical. Véase figura 5.

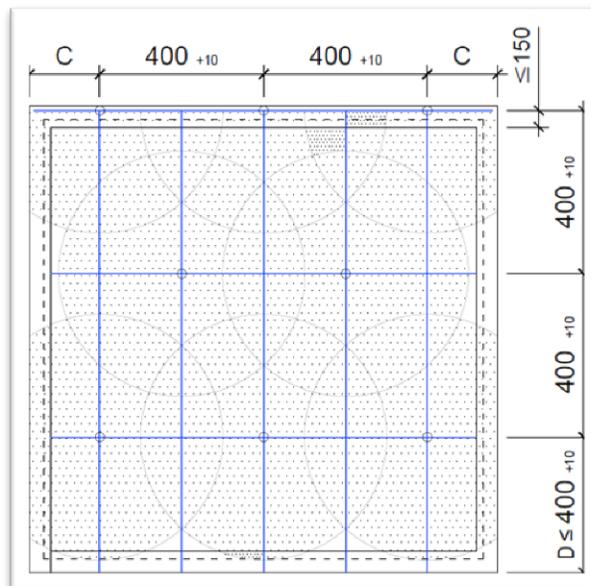
La fila más cercana al borde inferior de la muestra de ensayo debe estar situada a una distancia  $D$  respecto a dicho borde de  $\leq 400 \text{ mm} + 10 \text{ mm}$ . Véase la figura 5.

C Debe estar entre  $50 \text{ mm}$  y  $250 \text{ mm}$ . Medidas en milímetros.



*Ilustración 21 Figura 4 –Replanteo horizontal de la fila superior del plano de aspersión.*

La retícula de boquillas se distribuye en la altura a tresbolillo en relación



*Ilustración 22 Figura 5 –Replanteo del sistema de roseado. Vista frontal.*

a la superficie de la muestra de ensayo, de forma que asegure la distribución uniforme del agua sobre la muestra de ensayo. Véase figura 5.

### Dirección Y Caudal Del Rociado

Se posiciona el eje de las boquillas sobre una línea que se encuentre, para el ensayo según el método 1A, la primera fila de boquillas se orientan a  $(24 \pm 2)$

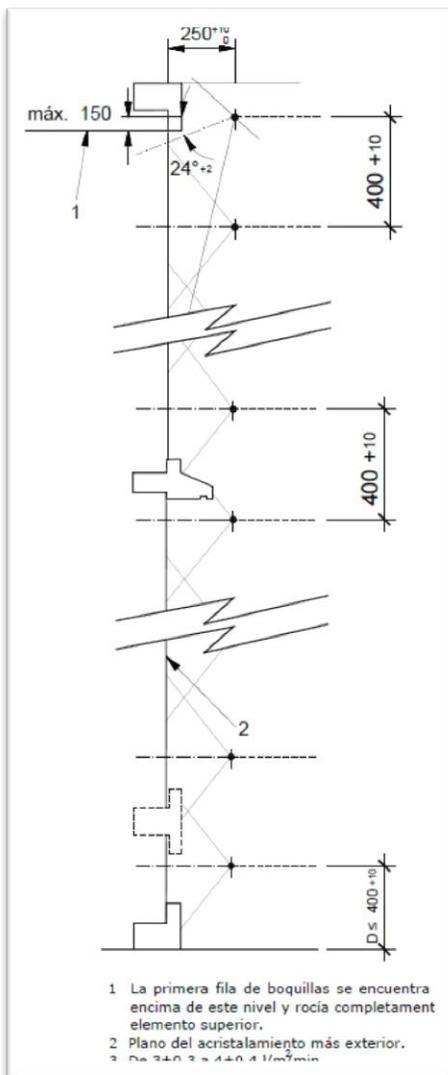


Ilustración 24 Método A

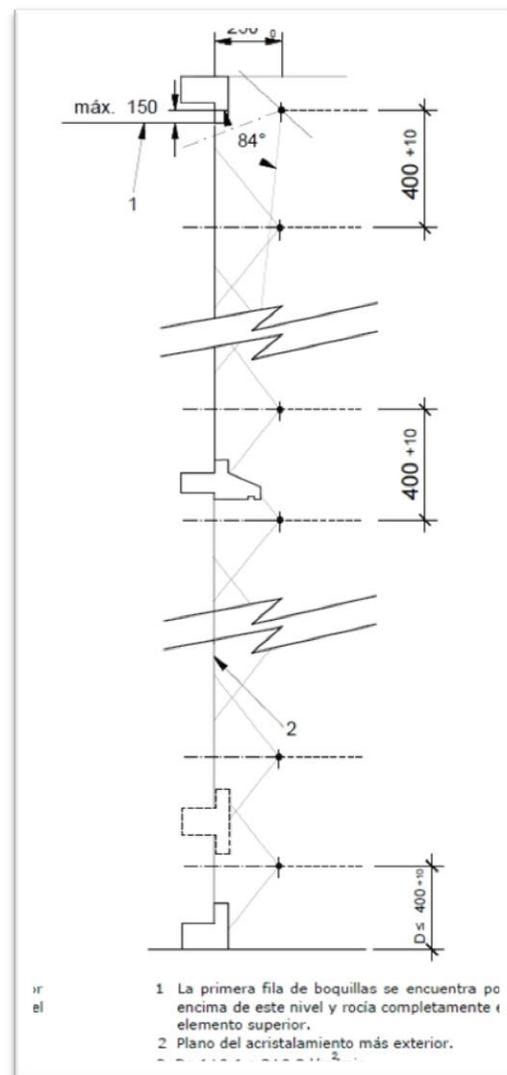


Ilustración 23 Método B

por debajo de la horizontal y el resto a 90° respecto al plano que define la muestra de ensayo. Mientras que para el ensayo según el método 1B, la primera fila de boquillas se orienta a  $(84 \pm 2)^\circ$  por debajo de la horizontal y el resto se mantiene a 90° respecto al plano de la muestra de ensayo, véase figura 6.

La cantidad de agua a rociar no debe ser inferior a  $3 \pm 0.3$  l/m<sup>2</sup>/min hasta  $4 \pm 0.4$  l/m<sup>2</sup>/min para el método A. Mientras que para el método B el caudal no debe ser menor a  $1 \pm 0.1$  l/m<sup>2</sup>/min hasta  $2 \pm 0.2$  l/m<sup>2</sup>/min. Para muestras de ensayos que contienen uno o más retenedores horizontales de agua, que hacen de voladizo con más de 50 mm o incluso menor se mantendrá las especificaciones de posicionamiento del roscado intermedio que se establecen en el apartado 6.3.2.1, (véase figura 6). Para así siempre garantizar un rociado uniforme.

FIGURA 6- Ejemplo de replanteo de las fijas de boquillas que conforman el plano de aspersión.

### **Características Del Agua**

La temperatura del agua debe estar entre  $4^\circ\text{C}$  y  $30^\circ\text{C}$ , y el agua debe estar suficientemente limpia para asegurar que todas las boquillas rocían correctamente.

### **Procedimiento De Ensayo**

#### **Preparación**

Se acondiciona la muestra de ensayo durante al menos 4 horas antes de comenzar el ensayo. Disponer de una temperatura ambiente entre  $10^\circ\text{C}$  y  $30^\circ\text{C}$

y una humedad relativa (HR) entre 25% Y 75 % inmediatamente antes del ensayo.

Se mide la temperatura con una precisión de  $\pm 3^{\circ} \text{C}$  y la humedad con una precisión de  $\pm 5\%$ . Se mide la presión atmosférica con una precisión de  $\pm 1 \text{ kPa}$ .

Se abren y cierran todas las partes móviles de la muestra de ensayo cinco veces antes de fijarlas en posición cerrada.

### **Fases Del Ensayo**

El ensayo de estanqueidad al agua de está compuesto por las siguientes etapas:

FASE 1: Fase de aplicación de presión de aire estática de seguridad.

FASE 2: Fase de rociado.

FASE 3: Fase de aplicación de presión de aire dinámica.

FASE 4: Observación.

La metodología de ensayo se establece de la siguiente forma:

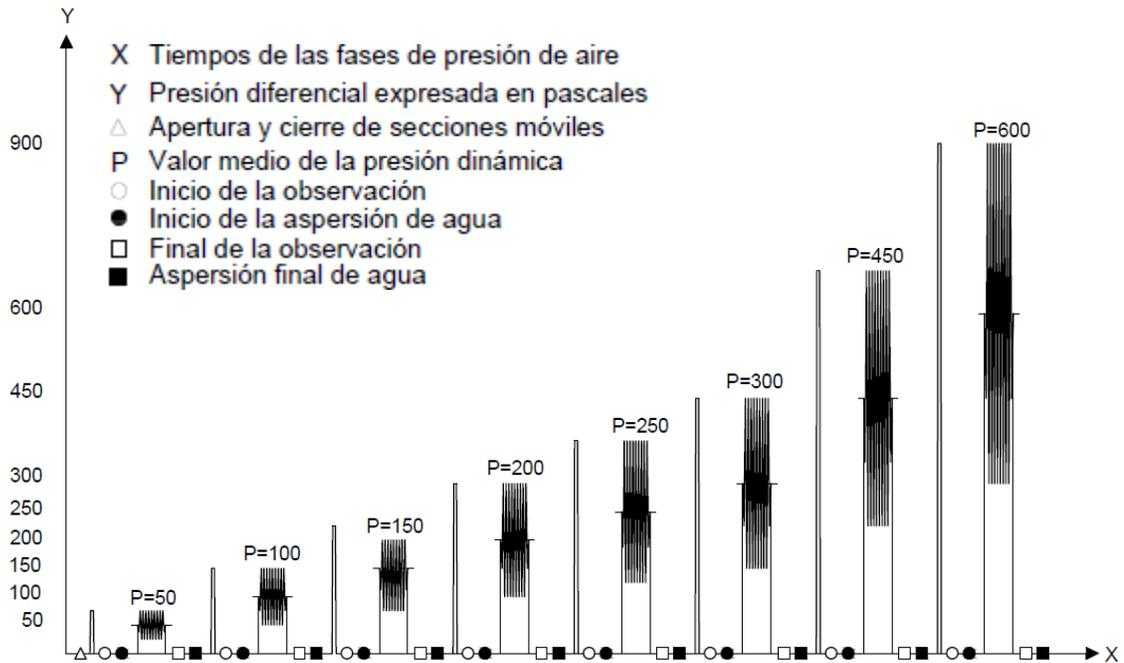
En ensayos para determinar el máximo desempeño de la muestra de ensayo:

Se realiza de forma cíclica y caracterizada por una secuencia de escalones de presión dinámica. Para el primer escalón de presión dinámica el ensayo comienza por la fase 1. Luego se da paso a la fase 2 (rociado de agua), la cual es mantenida hasta finalizar la fase 3. Posteriormente se pasa a la fase 3 donde se aplica la presión dinámica que identifica el escalón en análisis mediante su valor medio P. Finalmente se detiene la aspersion de agua (fase 2).

Una vez concluida el análisis del primer escalón de carga dinámica se procede con el estudio de un nuevo escalón de carga dinámica aplicando la misma metodología aquí explicada. El ensayo termina cuando tras aplicar la secuencia para un determinado escalón de carga se puede apreciar que ha entrado agua o humedecido las partes

interiores del cerramiento que no están diseñadas para ello. Véase el apartado 6.4.2.4.

En ensayos para determinar el desempeño de la muestra de ensayo ante un escalón de presión dinámica determinado:



*Ilustración 25 FIGURA 7- Secuencia de ensayo cíclico para determinar el nivel de prestación máximo.*

El ensayo comienza por la fase 1. Luego se da paso a la fase 2 (roseado de agua), la cual es mantenida hasta finalizar la fase 3. Posteriormente se realiza la fase 3 donde se aplica la presión dinámica deseada e identifica por su valor medio P. Finalmente se detiene la aspersión de agua (fase 2). Véase la figura 2.

### **Fase De Aplicación De Presión De Aire Estática De Seguridad**

Esta comprobación se realizará en cada escalón de análisis, siempre antes de realizar el roseado de agua y aplicar la presión dinámica (definido por su valor medio P, véase apartados 3.35, 3.3.6 y 6.4.2.3 Tabla 1).

La secuencia de aplicación de la Pmax estática será:

0.5 min para el aumento desde 0 hasta Pmax.

1.0 min de mantenimiento de Pmax.

0.5 min para el descenso desde Pmax hasta 0.

Véase esquema de aplicación para cada tipo de ensayo en las figuras 2 y 7, las tolerancias establecidas para Pmax en el apartado 7.2.

### **Fase De Rociado**

Luego de la prueba de seguridad de presión estática se realiza el rociado de agua en la cara expuesta a la intemperie de la muestra de ensayo. Los caudales de agua establecidos son:

□□ Método A:  $(3 \pm 0.3 \text{ a } 4 \pm 0.4) \text{ l/min/m}^2$ .

□□ Método B:  $(1 \pm 0.1 \text{ a } 2 \pm 0.2) \text{ l/min/m}^2$ .

La aspersión de agua comienza con presión de aire de 0 Pa. Para dar continuidad al ensayo los caudales especificados anteriormente deben ser mantenidos por un espacio de 30 segundos. Posteriormente es mantenido los niveles de aspersión de agua en cada escalón de presión de aire dinámica (véase apartado 6.4.2.3).

Una vez terminada la etapa de presión dinámica (fase 3) y pasados 30 s de tener la presión dinámica en 0 Pa se detiene la aspersión de agua. Luego se preparan las condiciones para comenzar con un nuevo escalón de presión, comenzando por la fase de presión estática de seguridad, fase de roseado donde son mantenidas las especificaciones de caudal antes mencionadas.

Inmediatamente antes de comenzar la prueba de un nuevo escalón de presión dinámica, se regula el caudal del panel de aspersión, conforme a los valores antes especificados.

### **Fase De Presión Dinámica**

Luego de haber estabilizado el caudal de agua especificado para el ensayo en su fase 2 por 30 s, puede ser iniciado el procedimiento para aplicar sobre la muestra de ensayo a un determinado escalón de carga dinámica, identificado por su valor medio  $P$  (véase apartado 3.3.5 y 3.3.8).

Para alcanzar el valor medio de presión  $P$  se realizará mediante incrementos de

20 Pa/s (no necesariamente en una onda sinusoidal cíclica). Así mismo para alcanzar el rango de presión máximo y mínimo  $P_{max}$  y  $P_{min}$  (véase 3.3.6 y 3.3.7). Debe considerarse las tolerancias que se establecen para la generación de los valores de  $P_{max}$  y  $P_{min}$ , véase el apartado 6.2 c) figura 3.

Los rangos para establecer los valores  $P_{max}$  y  $P_{min}$  en función de los escalones de presión medio  $P$  son los siguientes:

*Tabla 16 TABLA 1- Escalones de carga dinámica. Relación de valor medio de carga dinámica ( $P$ ) con valor máximo ( $P_{max}$ ) y valor mínimo ( $P_{min}$ ).*

Valor medio de presión dinámica ( $P$ ) (Pa)	Valor máximo de presión dinámica ( $P_{max}$ ) (Pa)	Valor mínimo de presión dinámica ( $P_{min}$ ) (Pa)
50	75	25
100	150	50
150	225	75
200	300	100
250	375	125
300	450	150
450	675	225
600	900	300

**Nota 1:**

Para escalones con un valor medio P mayor a 600 Pa se realizarán en pasos de 250 Pa. Entiéndase entonces que el escalón que le sigue a los 600 Pa será de 850 Pa.

**Nota 2:**

Para determinar los valores de Pmax y Pmin para escalones de presión dinámica con un valor medio superior a los 600 Pa se debe considerar lo siguiente:

- $P \leq 1500 \text{ Pa}$   $P_{\text{max}} = 1.5 \times P$   $P_{\text{min}} = 0.5 \times P$ .
- $P > 1500 \text{ Pa}$   $P_{\text{max}} = P + 750$   $P_{\text{min}} = P - 750$ .

Una vez alcanzados los valores P, Pmax y Pmin para un escalón de carga determinado, se aplica la presión dinámica en ciclos de 2 a 4 s (véase figura 2) durante 10 min a la cara expuesta a la intemperie de la muestra de ensayo. Durante este proceso se mantiene el roseado del agua con la cantidad requerida.

Una vez pasado el tiempo antes establecido de acción de la presión dinámica sobre la muestra de ensayo se comienza el proceso de descenso final hasta 0 Pa, a razón de 20 Pa/s (no necesariamente en una onda sinusoidal cíclica).

La aspersión de agua se mantiene por 30 segundos posteriores a colocar en 0 Pa la presión dinámica. Solo entonces se podrá terminar con la fase 2 (aspersión de agua).

### **Fase De Observación**

Observar visualmente la cara interna de la muestra de ensayo y anotar cualquier lugar donde se ha producido la penetración del agua o humedecimiento.

La observación comienza desde el inicio de la fase 2 (aspersión de agua) y se mantiene durante todo el proceso de la fase 3 (presión dinámica) e incluye los 30 s posteriores que se mantiene la aspersión de agua, luego de terminar la fase 3. Es importante en cada escalón de presión y desde el comienzo de la fase 3 controlar el tiempo de mantenimiento de la presión dinámica ya que una vez que ocurra una entrada de agua o humedecimiento de las caras interiores de la muestra de ensayo, este tiempo de mantenimiento de la presión dinámica debe ser registrado como resultado del ensayo.

El ensayo termina una vez que ocurra la entrada de agua o humedecimiento de las partes interiores de la muestra de ensayo, no diseñadas para que sean mojadas o humedecidas. Entiéndase como estas partes por ejemplo: Cara interior de la muestra de ensayo (zona del observación donde se localiza el operador de ensayo) del marco u hoja, junquillo o línea de unión entre: marco – hoja, hoja – hoja, marco u hoja – junquillo, junquillo – junquillo, así como entre o sobre la pieza de unión de la plataforma de ensayo y la muestra de ensayo. Véase también la 3.4 Definición.

### **Reesultados Del Ensayo**

Los resultados del ensayo serán los siguientes:

Se anota el emplazamiento y la presión a la cual se produce una penetración de agua en la muestra de ensayo, definida por el valor medio  $P$ .

El tiempo durante el cual la presión media  $P$  se mantiene antes de la penetración de agua.

Otros aspectos considerados relevantes para los resultados de la prueba.

Se expresa toda la información anterior en un dibujo de la cara interior de la muestra de ensayo.

Definirá la capacidad de estanqueidad al agua de la muestra de ensayo el escalón de carga dinámica previo a la entrada de agua o humedecimiento de las partes interiores. Dicho escalón de presión previo está definido por el valor medio de presión dinámica P.

### **Informe Del Ensayo**

Se debe mencionar los dispositivos utilizados para el ensayo y anotar con la ayuda de un croquis o de una fotografía el emplazamiento de las penetraciones significativas de agua observadas.

El informe debe contener al menos la siguiente información.

La referencia de esta norma.

El nombre del laboratorio de ensayo.

Fecha del ensayo.

Todas las referencias necesarias para identificar la muestra de ensayo y el método de selección del ensayo.

Todos los detalles referentes a las dimensiones de la muestra de ensayo, los materiales que la conforman, el diseño, su construcción, el fabricante así como su acabado de superficie y sus herrajes.

Los detalles acotados de la muestra de ensayo incluyendo la sección transversal a una escala de 1:2 o superior.

Presencia de ventilación, tipo y condición (es decir, cerrada, tapada con cinta adhesiva, etc.).

El método de rociado.

Procedimiento de ensayo, incluyendo el almacenamiento y el acondicionamiento anterior al ensayo y la colocación de la muestra lista para el ensayo.

Climas de ensayo utilizados.

Escalón de carga dinámica previo al que produce la entrada de agua o humedecimiento interior y que caracteriza la estanqueidad al agua de la muestra de ensayo.

### **3.3.8 Bibliografía**

UNE–EN 1027:2000 Ventanas y Puertas – Estanquidad al Agua – Métodos de Ensayo

ISO 15821:2007 Doorsets and windows — Watertightness test under dynamic pressure — Cyclonic aspects

### **CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES**

Esta norma mexicana no coincide con ninguna norma internacional por no existir Norma Internacional sobre el tema tratado.



**CAPÍTULO IV LA  
ADMINISTRACION DENTRO DE  
UNA EMPRESA DE CANCELERIA**

## **CAPÍTULO IV LA ADMINISTRACION DENTRO DE UNA EMPRESA DE CANCELERIA**

En este capítulo se abordará el tema de administración dentro de la empresa de cancelería para definir en qué área de los procesos administrativos se desarrolla la guía técnica para prueba de hermeticidad en edificaciones verticales de productos Cristalum.

### **4.1 Proceso Administrativo de una empresa de cancelería.**

El proceso administrativo es el flujo continuo e interrelacionado de las actividades de planeación, organización, dirección y control, desarrolladas para lograr un objetivo común: aprovechando los recursos humanos, técnicos, materiales y de cualquier otro tipo con los que cuenta la organización para hacerla efectiva.

#### **4.1.1 Planeación estratégica.**

La planeación estratégica es la elaboración, desarrollo y puesta en marcha de distintos planes operativos por parte de las empresas u organizaciones, con la intención de alcanzar objetivos y metas planteadas. Estos planes pueden ser a corto, mediano o largo plazo.

#### **4.1.2 Planeación operativa.**

La planeación operativa es una herramienta de gestión que facilita la coordinación de los recursos de la organización (humanos, financieros y físicos) para que sea posible alcanzar las metas y los objetivos que están contenidos en los planes estratégico y táctico de dicha empresa.

Asumiendo que la alta gerencia ha preparado un plan estratégico y la gerencia medio un plan táctico, la gerencia baja debe tener una idea clara de lo que se está tratando de conseguir. Solo se tiene que elaborar un plan operativo detallado para hacerlo realidad.

El objetivo principal de la planeación operativa es proporcionar al personal de la organización una visión clara de sus tareas y responsabilidades,

congruentes con las metas y objetivos contenidos en el plan estratégico. Se concentra en los servicios y productos (producción, equipos, personal, inventarios y procesos) de una compañía.

La finalidad es desplegar la guía técnica con el objeto de desarrollar proyecciones financieras y maximizar la participación de la empresa en el mercado.

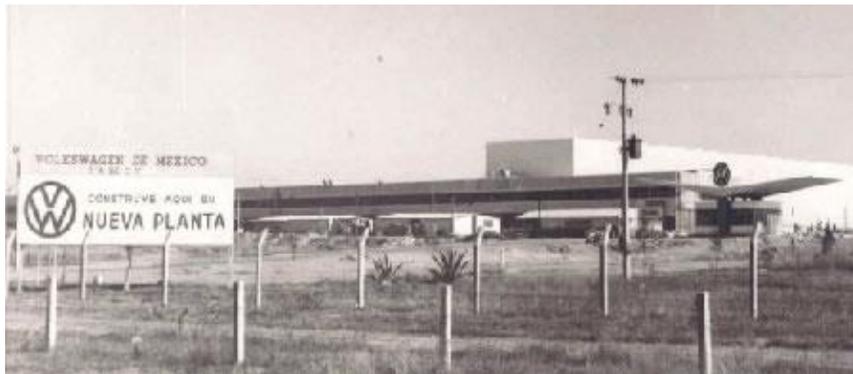


**CAPÍTULO V PRODUCTOS  
CRISTALUM**

## CAPÍTULO V PRODUCTOS CRISTALUM

### 5.1. Antecedentes Históricos

Productos Cristalum fue fundada en 1954 siendo pionera en el mercado de puertas y ventanas al instalar las primeras persianas de aluminio con tabletas de vidrio en México.

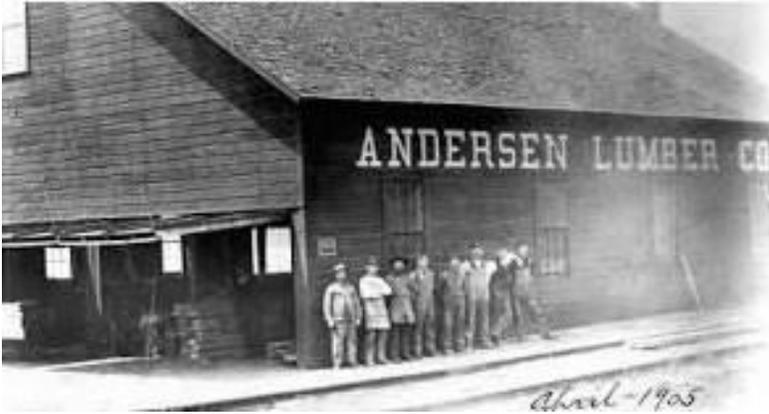


*Ilustración 26 Antecedentes Históricos*

Desde entonces, a lo largo de más de 60 años, hemos desarrollados productos únicos y de la mejor calidad. Fortaleciendo nuestro portafolio distribuyendo por más de 20 años los productos de Andersen Windows.



*Ilustración 27 Andersen Window*



*Ilustración 28 La satisfacción de nuestros clientes es nuestra mejor publicidad.*

En Cristalum afirmamos: *la satisfacción de nuestros clientes es nuestra mejor publicidad.*





*Ilustración 29 Productos Cristalum*

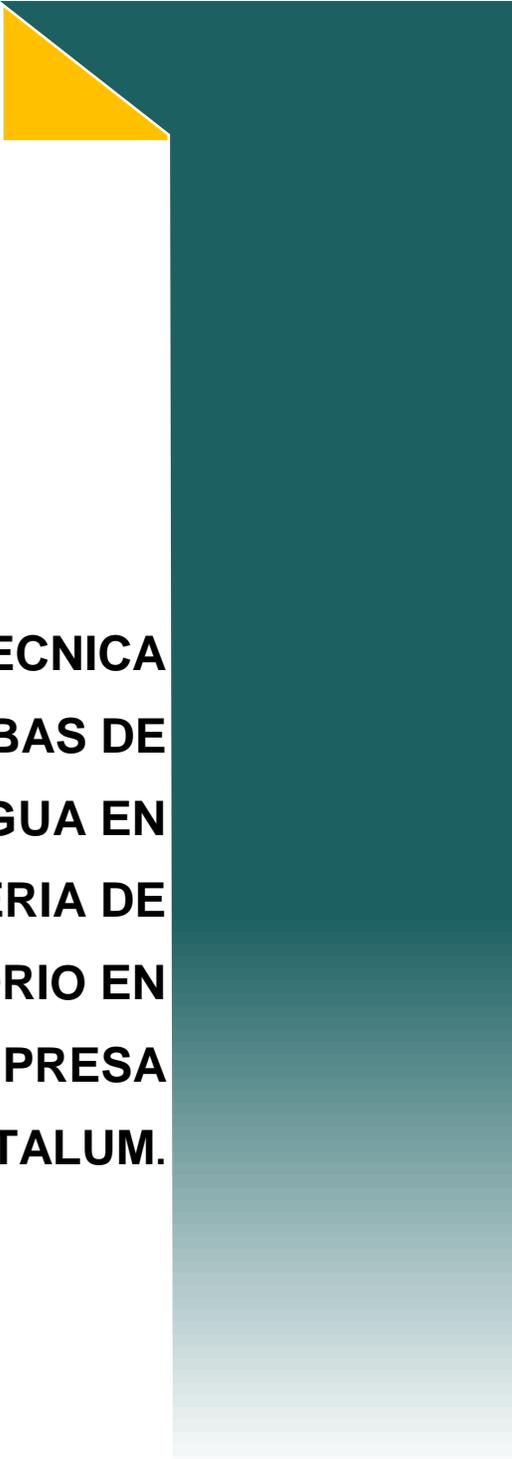
Encontrará con nosotros una gran gama de puertas y ventanas que abarcan la mayoría de las opciones para abrir o cerrar un claro.

Además hemos desarrollado novedosos sistemas de shutters y recubrimientos con colores, configuraciones y diseños únicos, tanto exteriores como interiores, que pueden ajustarse a cualquier proyecto.



*Ilustración 30 Persiana Mallorca*

En nuestra página de Internet podrá encontrar nuestra variedad de productos que le darán una idea clara de las posibilidades que ofrecemos para su proyecto.



**CAPÍTULO VI GUIA TECNICA  
PARA EJECUTAR PRUEBAS DE  
ESTANQUEIDAD DE AGUA EN  
FACHADAS DE CANCELERIA DE  
ALUMINIO Y VIDRIO EN  
EDIFICACIONES DE LA EMPRESA  
PRODUCTOS CRISTALUM.**

**CAPÍTULO VI GUIA TECNICA PARA EJECUTAR PRUEBAS DE  
ESTANQUEIDAD DE AGUA EN FACHADAS DE CANCELERIA DE ALUMINIO  
Y VIDRIO EN EDIFICACIONES DE LA EMPRESA PRODUCTOS CRISTALUM**

## GUÍA TÉCNICA PARA REALIZAR PRUEBA DE ESTANQUEIDAD EN FACHADAS DE CANCELERIA Y CRISTAL EN EDIFICACIONES VERTICALES DE PRODUCTOS CRISTALUM.

La prueba de estanqueidad en fachadas de cancelería y cristal en edificaciones verticales permitirá detectar o descartar antes de la entrega al usuario, la presencia de defectos en el revestimiento de la fachada de cancelería y cristal.



ESIA UNIDAD  
TECAMACHALCO

ZULEYMA MAJANA MORALES  
GAMBOA  
Teléfono: 555-555-5555  
Fax: 555-555-5555  
Correo electrónico:  
alguien@example.com



1

*Ilustración 31 Guía Técnica*

## INTRODUCCIÓN

---

Las circunstancias locales, el tipo de sociedad presente en una región, la historia, la etnografía, el clima local, la disponibilidad de recursos locales han jugado un rol muy importante en el diseño de las envolventes de los edificios. La elevación exterior de un edificio debe ser vista como un elemento vital basado en la comunicación con su comunidad.

Quien construye un edificio anuncia al mundo exterior de su intención, y por lo tanto anuncia su propia identidad. Sin embargo, las elevaciones exteriores de los edificios de una ciudad adquieren un significado especial que va más allá del efecto de un edificio en particular; pues en su conjunto logran configurar el modo de usar el espacio público. Mucho más allá de su aspecto técnico o utilitario, la fachada exterior de cancelería y cristal ha jugado también un rol como vehículo de impacto arquitectónico, así es como las fachadas "multimedia" de hoy son posibles en todo el mundo gracias a la integración de nuevas formas de diseño y de las tecnologías de comunicación.

Es posible ver como nuevas formas gráficas y efectos de color en vidrios transparentes y traslucidos continúan la tradición de la envolvente del edificio como un "gran cartel publicitario".

Esta guía técnica pretende determinar a base de una prueba de ensayo la estanqueidad de agua en el desempeño de la instalación de cancelería y cristal en fachadas verticales de Productos Cristalum.

## MÉTODO DE PRUEBA

---

### ¿Qué es una prueba?

Acción de probar a alguien o algo para conocer sus cualidades, verificar su eficacia, saber cómo funciona o reacciona, o qué resultado produce.

### ¿Qué es penetración de agua?

Humedecimiento continuo o repetido de la cara interior de la muestra de ensayo o de sus partes no diseñadas para ser mojadas cuando el agua drene hacia la parte exterior.

### ¿Qué tipos de revestimientos sufren penetración de agua?

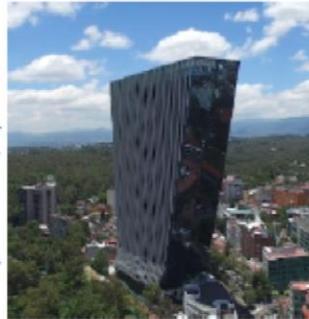
Edificaciones verticales como; habitacionales con uno o dos de sus fachadas con sistemas de fachadas ligeras, muros cortina. Edificios corporativos con sistema de fachada ligera o muro cortina en dos o cuatro de sus fachadas.

### ¿Qué es la NMX-R-068/2-SCFI-2014?

Es la Norma Mexicana que establece los fundamentos que rigen los procedimientos para realizar los ensayos de estanqueidad al agua que se exigen a las ventanas, puertas y cerramientos.

### ¿Qué es la prueba AAMA 501.2?

Es una verificación de campo de control de calidad y de fugas de agua de diagnóstico de fachadas de tiendas instaladas, muros cortina y sistema de acristalamiento inclinados.



*Ilustración 33 Método de prueba*



## MÉTODO DE PRUEBA AAMA 501.2

---

La finalidad para realizar esta prueba es tener la garantía de calidad para nuevos proyectos de construcción y para evaluar las juntas y detalles de selladores en el acristalamiento que están diseñados para permanecer cerrados permanentemente y herméticamente.

### 1.1. Área de prueba.

El área a probar debe estar completamente ensamblada y lista para la prueba antes de la llegada del equipo de prueba. El área debe ser una muestra representativa de la instalación de cancelería y cristal (muro cortina-fachada ligera) por lo general no menos de 30 m<sup>2</sup>.

### 1.2. Elementos de la cancelería que incluye la prueba.

Se deben incluir en la prueba los sellos perimetrales, empalmes típicos, intersecciones de marcos, crucetas de perfiles, remates inferiores o superiores.



## MÉTODO DE PRUEBA AAMA 501.2

---

### 1.3. Equipo de prueba.

El aparato y/o equipo de prueba debe tener lo siguiente:

- Tinaco y/o sistema que almacene agua para la prueba.
- Metraje de manguera para jardín con un diámetro de 3/4"
- Equipo hidroneumático y/o bomba para el bombeo del líquido (agua)
- Boquilla que sea del tipo B-25, n° 6.030 con un FPT de 13 mm.
- Válvula de globo de 3/4"
- Adaptador de manguera de jardín de 3/4"
- Manómetro de presión de 0-80 PSI
- La presión de prueba debe ajustarse a 30-35 PSI.



Cel (55)7877 6416 Cel (55) 3022 0919 mail zaleyra.morales@oficialmex.com.mx

5

*Ilustración 35 Método de prueba AAMA 2da parte*

## MÉTODO DE PRUEBA AAMA 501.2

---

### 1.3. Esquema para realizar prueba.

En la figura ilustrativa se emplea de forma esquemática la manera de realizar la prueba.

## **Conclusiones.**

Este proyecto de investigación se realiza con el fin de ayudar a la mejora de la empresa Productos Cristalum en prevenir la filtración de agua, por sus elementos de cancelería exterior aluminio-vidrio

## **Inferencias.**

Con el uso de la guía para ejecutar pruebas de estanqueidad de agua en la construcción de edificaciones al revestir sus fachadas de cancelería de aluminio y vidrio, se deduce que con esta herramienta se puede conseguir una mayor agilidad en la instalación de los cancelles, se mantiene disciplinado al personal de colocación y con el orden se produce con mayor rapidez.

## **Hallazgos.**

Se encontraron problemas de filtraciones al interior de los inmuebles en temporada de precipitación pluvial.

## **Aportaciones.**

Se aporta la guía técnica para la ejecución de la prueba de estanqueidad de agua en edificaciones verticales de cancelería de aluminio y vidrio que ejecuta la empresa Productos Cristalum con la referencia a los parámetros de la norma AAMA 501.2

## **Sugerencias.**

La intención de ejecutar la guía técnica es para identificar las posibles filtraciones en las edificaciones verticales ejecutadas.

## Referencias.

Asunción Freixa Blanxart, A. P. (s.f.). *Floculantes NTP690:Piscinas de uso público: Peligrosidad de los productos químicos*. España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España. Recuperado el 21 de 12 de 2018

Binczewski, G. J. (1995). *The Point of a Monument: A History of the Aluminium Cap of thr Washington Monument*. Recuperado el 21 de 12 de 2018, de <https://iupac.org/>

Blu Concept, S.A. de C.V. (2018). *SCRUM MÉXICO*. Obtenido de <http://scrum.org.mx/>

Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. (s.f.).

Castro, F. (s.f.). *Monografias.com*. Recuperado el 21 de 12 de 2018, de Alumina: <https://www.monografias.com/>

Director general de TBM Consulting México. (2012). Mejora continua y como construir sin pérdidas. *Obras*.

International Union of Pure and Applied Chemistry. (s.f.). *IUPAC*. Obtenido de <https://iupac.org/>

Secretaría de Gobierno del Estado de México. (2003). *Libro Décimo Segundo de la Obra Pública al Código Administrativo del Estado de México*. Secretaía de Gobernación. Estado de México: Gaceta del Gobierno. Recuperado el 21 de Diciembre de 2018, de <https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/rgl/vig/rglvig104.pdf>