

La Corporación de Desarrollo Tecnológico agradece la colaboración de las siguientes empresas en la publicación de este documento.



GE Advanced Materials
Silicones



Es propiedad de la Corporación de Desarrollo Tecnológico
Número de Registro de Propiedad Intelectual, Inscripción 156.727
I.S.B.N. 956-7911-08-8
Prohibida su reproducción total o parcial sin citar la fuente

Marchant Pereira 221, of. 11
Providencia, Santiago de Chile
Fono: (56-2) 204 28 40
Fax: (56-2) 204 28 45

Diseño y Producción Gráfica: Flaño Producciones / Imprenta: Trama Impresores S.A.

INDICE

Introducción		7
capítulo 1	GENERALIDADES	
1.1	Definición y características de Muro Cortina	11
1.2	Presente del sistema constructivo	14
1.2.1	<i>Aspectos Arquitectónicos y Urbanísticos</i>	14
1.2.2	<i>Aspectos constructivos</i>	14
1.2.3	<i>Componentes del sistema</i>	15
1.3	Clasificación	18
1.3.1	<i>Por sistema de montaje</i>	18
1.3.2	<i>Por sistema de fijación y lectura de fachada</i>	19
capítulo 2	CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DEL MURO CORTINA	
2.1	Aspectos preliminares a considerar	23
2.1.1	<i>Solicitaciones al que estará sometido el muro cortina</i>	23
2.1.2	<i>Consideraciones arquitectónicas</i>	23
2.1.3	<i>Memoria de cálculo, consideraciones en el cálculo estructural</i>	24
2.1.4	<i>Memoria del sellado estructural, consideraciones de diseño y cálculo</i>	25
2.2	Requisitos técnicos	27
2.2.1	<i>Resistencia</i>	27
2.2.2	<i>Cálculo</i>	28
2.2.3	<i>Acondicionamiento interior</i>	41
2.2.4	<i>Control acústico</i>	55
2.2.5	<i>Seguridad</i>	59
2.3	Requisitos específicos de los materiales	64
2.3.1	<i>Elementos resistentes (estructurales)</i>	64
2.3.2	<i>Terminación de perfiles</i>	65
2.3.3	<i>Elementos de cerramiento</i>	68
capítulo 3	CONSIDERACIONES PARA LA FABRICACIÓN DEL MURO CORTINA	
3.1	Controles de los materiales y sistemas “frames” de un muro cortina en la fábrica	89
3.1.1	<i>Control de materiales</i>	89
3.1.2	<i>Control de sistemas fabricados</i>	90
3.1.3	<i>Controles del sistema</i>	91
3.1.4	<i>Control de sistemas de ventanas y puertas</i>	96
3.1.5	<i>Control de silicona estructural</i>	97
3.2	Consideraciones para el almacenamiento y traslado a la obra	102
3.2.1	<i>Almacenamiento</i>	102
3.2.2	<i>Manipulación y transporte</i>	102
3.3	Garantía post venta fábrica	103

capítulo 4. CONSIDERACIONES PARA LA RECEPCIÓN E INSTALACIÓN DEL MURO CORTINA EN LA OBRA

4.1	Requisitos de la obra para recepcionar e instalar el muro cortina	107
4.1.1	<i>Programación de la obra</i>	107
4.1.2	<i>Partes involucradas en la instalación del muro cortina</i>	108
4.2	Prevención de riesgos	113
4.3	Instalación del muro cortina	115
4.3.1	<i>Cuidados de las piezas prefabricadas</i>	115
4.3.2	<i>Montaje del muro cortina</i>	115
4.3.3	<i>Tolerancias de montaje</i>	117
4.3.4	<i>Instalación de Silicona en obra</i>	117
4.4	Control de calidad	121
4.4.1	<i>Ensayos en obra</i>	121
4.5	Consideraciones en la entrega y recepción final del muro cortina	127
4.5.1	<i>Chequeo Documental</i>	127
4.5.2	<i>Chequeo en Obra</i>	128
4.5.3	<i>Chequeo de muestras y prototipos</i>	130
4.5.4	<i>Condiciones de Limpieza en la recepción final del muro cortina</i>	131

capítulo 5. USO Y MANTENCIÓN DEL MURO CORTINA

5.1	Requisitos de mantención del muro cortina	135
5.1.1	<i>Mantención y limpieza de cristales</i>	135
5.1.2	<i>Mantención del aluminio</i>	138
5.2	Inspecciones periódicas	140
5.3	Procedimientos ante eventos específicos	141
5.3.1	<i>Reemplazo de vidriado debido a rotura</i>	142
5.3.2	<i>Reemplazo de vidriado debido a fallas en el sistema</i>	144

capítulo 6. REFERENCIAS

6.1	Normas Chilenas	149
6.2	Normas internacionales	152
6.3	Normas extranjeras	152
6.3.1	<i>Normas ASTM American Society for Testing and Materials</i>	152
6.3.2	<i>Normas AAMA American Architectural Manufacturers Association</i>	153
6.3.3	<i>Normas Españolas</i>	154
6.3.4	<i>Normas Argentinas</i>	155
6.4	Bibliografía Técnica	156

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de zonas de edificios destinados a oficinas, comercio y servicios públicos ha cambiado la fisonomía de las ciudades, concentrando en algunos sectores centros neurálgicos que dan vida a la economía regional.

Observando la evolución de la arquitectura en esos centros se aprecia que sus edificios no sólo se caracterizan por su tamaño sino que, principalmente, por generar una imagen y un valor simbólico a su ubicación.

Junto con ello, se puede inferir que los inversionistas del mercado de oficinas pueden pensar que más allá de una localización óptima que facilite la concreción de los negocios, esa ubicación puede crearse.

De esta forma los diseños de estos edificios cumplen con dos premisas de comunes que pueden clasificarse como sofisticación tecnológica y uso de materiales de terminaciones que impresionen al visitante, buscando de esa manera diferenciarlos de otros edificios de oficinas.

En la medida que el mercado ha ido recogiendo estas tendencias, los sistemas prefabricados de algunas partes de los edificios comienzan a estar disponibles para los agentes inmobiliarios, colocando a su disposición una vasta gama de productos con diversos diseños y colores. Esta tendencia, también está trasladándose al exterior y se está hablando que la piel del edificio, incluso puede cambiarse varias veces durante su vida útil.

Así, el muro cortina pasa a ser un revestimiento exterior, al cual se le da el rango de "sistema constructivo" porque involucra tecnologías sofisticadas y requisitos arquitectónicos funcionales para el edificio, lo que obliga a buscar algún grado de estandarización orientado a reducir los costos a valores razonables.

Lo anterior implica que la elección o diseño del muro cortina debe, necesariamente, hacerse junto con los proveedores que han logrado niveles de estandarización y control de su producción. Ello ayuda a buscar soluciones de imagen de los edificios en concordancia con el impacto buscado.

Este enfrentamiento conceptual entre la ornamentación de las edificaciones de las ciudades y la productividad en la construcción de sus edificaciones es parte de las motivaciones que se tienen para elaborar criterios y recomendaciones técnicas relacionadas con el tema de muros cortina.

El muro cortina es el sistema constructivo que ha dado forma a la arquitectura inmaterial de los movimientos modernistas creando envolturas brillantes y coloridas que desde el interior dan la sensación de espacio perimetral abierto.

Buscar un equilibrio entre el diseño y los requisitos técnicos que se derivan para convertirlo en obras construidas a costos razonables y con seguridad es el objetivo de este texto técnico.

Este documento técnico entrega a los profesionales del sector construcción información que les permite aprobar los procesos de diseño y cálculo de los muro cortina, verificar el proceso de fabricación e instalación, todo lo anterior con el fin de planificar, contratar y supervisar todos los procedimientos relacionados con su instalación en edificios.

Participaron en su elaboración destacados profesionales de las principales empresas ligadas al tema, a quienes la Corporación de Desarrollo Tecnológico agradece su esfuerzo, entrega y profesionalismo. En los diferentes debates participaron:

- Sergio Aguilar, [INGEWALL](#)
- Jorge Cholaky, [INDALUM - GE ELECTRIC](#)
- Guillermo Rodriguez, [TECSA](#)
- Cristina Calvo, [I. MUNICIPALIDAD VITACURA](#)
- Pelayo Lavín, [ACCURA SYSTEMS](#)
- Oscar Camposano C., [HUNTER DOUGLAS](#)
- René Lara, [INGEWALL](#)
- Ivan Kifafi, [ACCURA SYSTEMS](#)
- Guillermo Moyla, [CONSULTOR](#)
- Claudio Romero, [D.V.P](#)
- Alberto Chiavarini, [DOW CORNING](#)
- José Vergara, [INGEWALL](#)
- Mauricio Riquelme, [INGEWALL](#)
- Damien Gaspar, [DIALUM](#)
- Marlena Murillo, [CINTAC](#)
- María José Gálvez, [ALCOA](#)
- Pedro Avaria, [CONSULTOR](#)
- Gonzalo Acevedo, [LIRQUÉN](#)
- Rodrigo Varas, [LIRQUÉN](#)
- Hermann Noll, [CDT](#)
- Claudia Opazo, [CDT](#)
- Carmen Gloria Morales, [CDT](#)
- Katia Correa, [CDT](#)



1. Generalidades

1. GENERALIDADES

1.1 Definición y características de Muro Cortina

Se define a un muro cortina como una fachada integral liviana consistente en una estructura metálica portante en la cual se insertan paños vidriados o placas opacas que, conjuntamente, logran cerrar exteriormente un edificio.

En Chile, los muros cortina, principalmente, se diseñan y montan con sistemas portantes de aluminio anodizado, los cuales se fijan al edificio por medio de anclajes y apoyos de acero o de aluminios especiales.

Estas fachadas fijadas a la estructura resistente del edificio no forman parte de la misma, es decir, no contribuyen a aumentar la resistencia de la estructura sino que gravitan sobre ella.

En todo caso las fachadas deben estar concebidas para poder resistir por sí mismas las acciones que incidan sobre ellas.

La fachada ligera se subdivide en muro cortina y en fachada panel:

- El concepto de muro cortina indica que la fachada pasa por delante de las losas y en consecuencia está suspendida de ellos.
- El concepto de fachada panel indica que la fachada está situada entre las losas y en consecuencia está apoyada en ellos.

Existen diferentes tipologías de fachadas, por ejemplo:

- Fachadas con perfiles de fijación mecánica de los paneles y que cumplen una función estética. Éstos pueden ser verticales u horizontales
- Fachadas con aplicación de silicona estructural (4 ó 2 lados).
- Fachadas con sistemas de cables y arañas de fijación de cristales.

Las características más importantes de este tipo de fachadas están asociadas a los conceptos de:

— LIVIANDAD

En general no superan los 100 kg/m² y no sobrecargan a la estructura principal de hormigón, colaborando a reducir el peso propio del edificio.

— RAPIDEZ DE EJECUCIÓN

La fachada liviana es como un gran mecano, lo que posibilita que una obra sea ejecutada más rápidamente que una obra tradicional, ya que éstas son prearmadas en la fábrica e instaladas en la obra.

— CONCEPTO DE ENVOLVENTE

El curvado de perfiles y cristales, la incorporación de techos y cubiertas vidriadas permiten crear una envolvente única y con esto una imagen para el edificio.

— CONCEPTO MODULAR

Conceptos como módulo, prefabricación e industrialización son fundamentales en estos sistemas. Las tolerancias de los componentes deben ser consideradas para no incurrir en errores que encarecen la obra con paños de ajuste y soluciones especiales que además, en algunos casos, le restan valor estético al edificio.

Por otro lado, al comparar una fachada liviana del tipo muro cortina con una tradicional se pueden observar:

VENTAJAS:

- Mejor control del aislamiento térmico
- Ganancias de energía solar en invierno con la posibilidad de reducir las cargas de calefacción.
- Ahorro energético en climatización y refrigeración.
- Posibilidad de incorporación de elementos generadores de sombra.
- Posibilidad de aumentar su durabilidad.
- Permite ventilación natural en los edificios de altura.

- Control de aislamiento acústico.
- Mayor confort para el interior.
- Control de iluminación interior.
- Participación y contacto de las vistas del exterior.
- Control de vistas para observar sin ser vistos.
- Reducción de uso de la iluminación artificial. El aumento de luminosidad natural puede aumentar hasta un 90%
- Rapidez de ejecución.

DESVENTAJAS:

- La alta complejidad técnica para soluciones particulares requiere de mayor información, desde el fiscalizador hasta el constructor.
- Todas las fachadas son prototipos pero deben ser controladas con métodos estándar.
- Riesgo de sobrecalentamiento especialmente en verano por falla del sistema o mal uso.
- Requieren de un mantenimiento especializado durante su vida útil.
- Riesgos de puentes acústicos en vertical y en horizontal (por mullions)
- Riesgo de condensación de las pieles exteriores.
- Necesidad de medidas adicionales de protección al fuego y al humo.
- Mayor plazo de estudios y ensayos para una correcta utilización.
- No existen soluciones estandarizadas debido a la gran cantidad de variables.

1.2 Presente del sistema constructivo

El muro cortina actualmente es usado en edificios de uso comercial y oficinas, permitiendo ahorros energéticos. Pero este sistema de cerramiento requiere de conocimientos técnicos ya que es determinante la aplicación de cristales apropiados para cada proyecto; ya que involucra factores no sólo de orientación y localización, sino de confort interior y exterior.

1.2.1 ASPECTOS ARQUITECTÓNICOS Y URBANÍSTICOS

Si bien el muro cortina ofrece una mejora en las condiciones de confort interno, la calidad que este sistema vidriado ofrece hacia el exterior inmediatamente aledaño incluye algunas externalidades negativas.

Desde el punto de vista arquitectónico, donde el diseño es abierto a una amplia gama de posibilidades, no hay una solución única para la llegada del muro cortina al piso, no logrando una relación armónica con el espacio público donde se posa. Sin embargo, desde la perspectiva técnica hay soluciones estandarizadas para este punto.

Asimismo, este tipo de edificio genera ciertos problemas por reflejos de luz solar, lo que en lugares de concentración de varios edificios provoca mayores cargas lumínicas y efectos de mayor calor no considerados al minuto de diseñarlos.

1.2.2 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

Actualmente para las empresas constructoras, las labores de terminación de las fachadas que están conformadas con muros cortinas son más simples que aquellas tradicionales. Ello debido a que se trata de un proceso de instalación de elementos prefabricados.

Esta instalación es una faena seca, lo que no produce ningún tipo de interferencia con otras partidas de terminación que se realizan en el edificio en forma paralela. En general, se realiza desde el interior de los diferentes pisos y por lo tanto, no se requiere de andamios de fachadas. Las faenas que requieran ser realizadas por el exterior, como por ejemplo, el sellado y limpieza, se pueden realizar utilizando las instalaciones del limpia fachadas.

1.2.3 COMPONENTES DEL SISTEMA

1.2.3.1 Elementos resistentes (estructurales)

▫ Mullions o Columnas

Son los elementos verticales de la estructura portante del sistema. Existen diferentes tipos, en cuanto a forma y a espesor, que se están comercializando en el mercado. La diferencia está dada por los momentos de inercia que ofrecen cada uno de ellos y la forma como se anclan a la estructura portante de hormigón del edificio. Se recomienda disponer protección galvánica en aquellos casos en que se usen diferentes metales.

▫ Travesaños

Son los elementos horizontales de la estructura portante del sistema. Forman, junto a los mullions, la retícula que contiene a los paños vidriados. Según las dimensiones del paño a colgar, pueden o no llevar refuerzos metálicos en su interior, lo que garantiza la no deformación de los mismos por el peso propio del cristal.

1.2.3.2 Elementos de cerramiento

En una fachada ligera de estructura clásica, las superficies son cerradas por dos elementos básicos: cristal y el panel o elemento opaco.

Así el cerramiento con uno de estos dos elementos puede ser total o combinación de ambos, ya que la utilización de cristal está indicada en las zonas de visión, en cambio, los paneles, se destinan a las zonas de antepecho y zonas cerradas visualmente.

1.2.3.3 Elementos de fijación

○ Anclajes

Aunque quedan ocultos, son la parte fundamental de los sistemas. Si una fachada integral liviana no está correctamente anclada, de nada sirve calcular momentos de inercia y presiones de vientos. El anclaje debe soportar el peso propio del sistema: mullions, travesaños y paños y, a la vez, transmitir correctamente estos esfuerzos a la estructura portante de hormigón del edificio. Actúa como fuelle, y debe absorber las dilataciones y movimientos propios de uno y otro material. Los anclajes deben calcularse y deben ser previstos al momento de realizarse la estructura de hormigón.

En los muros cortina se utiliza un anclaje fijo en la losa superior o inferior y una unión deslizante en la zona de junta de dilatación.

En las fachadas panel, se utiliza un anclaje fijo o deslizante en la losa superior e inferior, combinándolos alternativamente, es decir, si se coloca fijo en la losa superior, debe ser deslizante en el inferior o viceversa.

○ Sello estructural

Cumple un papel fundamental en los vidriados estructurales, ya que soportan y fijan el cristal a la estructura portante.

No se ven desde el exterior ni mullions ni travesaños, ni los marcos metálicos de paños fijos y aberturas. Esto significa que el metal no se ve desde el exterior. La imagen que se obtiene es la de una caja de cristal sostenida por una estructura portante, que sólo se ve desde el interior. Dependiendo del espesor de la estructura se podrán realizar paños de menor o de mayor dimensión. Los cristales van adheridos con silicona estructural

○ Presillas

Son elementos metálicos que se fijan a los mullions y que permiten colgar las hojas fijas o de abrir. Deben soportar todo el peso de la hoja, por lo que se recomienda especificar en los pliegos a aquellas que se distinguen por la robustez en el diseño.

1.2.3.4 Elementos de estanqueidad

- Sello Climático

Ayuda a obtener la estanqueidad y la hermeticidad de las aberturas. Actualmente, existen en el mercado una amplia variedad de selladores que permiten conectar cristal con aluminio, aluminio con mampostería, cristal con cristal, etc.

- Burletes

Se utilizan para fijar el cristal en la periferia perimetral de vanos y para el contacto de éstos con la estructura portante del mismo. Se realizan en EPDM, y lo importante es utilizar perfiles que aseguren la continuidad del burlete, sobre todo en el armado y la compatibilidad con el resto de los materiales con que tendrá contacto, por ejemplo con silicona.

1.2.3.5 Elementos móviles

Se entiende por elemento móviles, aquellos sistemas que permiten la apertura del elemento de relleno, de manera que introducen a la fachada una abertura a través del cual se puede ventilar o facilitar el mantenimiento. Asimismo, contribuye a la seguridad para el caso de evacuación de humos y servicio para la entrada de emergencia.

1.3 Clasificación

1.3.1 POR SISTEMA DE MONTAJE

1.3.1.1 *Tradicional o Stick*

Sistema de kit de partes para ser armado en obra.

Se monta la estructura vertical primero y luego la horizontal, para después proceder a instalar el cerramiento, paños tanto fijos como móviles. En general, los mullions se colocan de arriba hacia abajo y los paños y travesaños de abajo hacia arriba, cuidando muy bien el plomo de sistema con respecto a la estructura.

Requiere mayor tiempo en su armado y mayores detalles para las terminaciones.

Existen diferentes tamaños de muro cortina stick, con mullion de diferentes dimensiones: 100*50 mm, 60*120 mm, 50*50 mm.

Este montaje es el que se utiliza en la mayoría de los sistemas en plaza. Requiere continuos controles en obra y permite una mayor flexibilidad, lo que en algunas obras puede ser una ventaja. Este sistema permite hasta doble altura y tiene un porcentaje de transparencia menor ya que su estructura es mayor.

1.3.1.2 *Modular o Frame*

El panel es armado en fábrica y se recibe en obra con mullions, travesaños y paños incluidos, y se fija a los anclajes existentes. Su característica más relevante es la velocidad en el montaje y el control de calidad en taller. Es un sistema que requiere un gran nivel de precisión en cuanto a tolerancias de la obra húmeda y de la carpintería propiamente dicha.

1.3.1.3 *Semimodular o combinado*

Es un sistema híbrido entre los dos anteriores.

1.3.2 POR SISTEMA DE FIJACIÓN Y LECTURA DE FACHADA

1.3.2.1 *Parrilla tradicional*

Permite múltiples soluciones, diferentes a las demás, según la modulación y los perfiles elegidos. Se caracteriza por formar módulos marcados (marca las líneas horizontales y verticales) por las tapas exteriores que pueden ser de distintas profundidades o colores, permitiendo la creación de ritmos distintos.

1.3.2.2 *Trama horizontal*

La utilización de perfiles, de gran sección, combinando con juntas verticales menos marcadas, crea un mayor protagonismo de sus líneas horizontales que fragmentan la imagen reflejada y da un aspecto longitudinal al edificio.

1.3.2.3 *Trama vertical*

Tiene la misma finalidad que la trama horizontal, pero a diferencia se resaltan las líneas verticales creando una sensación de esbeltez.

1.3.2.4 *Piel de cristal*

En las fachadas piel de cristal, el aluminio está totalmente oculto y deja protagonismo al cristal que puede reflejar todo su entorno. Su unión es con silicona estructural dando a la fachada una sensación de liviandad.

1.3.2.5 *Fachada con uniones y conectores*

Crean una sensación de transparencia y luminosidad, gracias al sistema de cristal suspendido, alejado del montante y sin necesidad de travesaños. Consiste en soportar mecánicamente al cristal con pernos en agujeros realizados en cada una de las esquinas del panel; dicho perno vincula la fachada a una estructura metálica, la cual está fijada al miembro estructural principal del edificio. Finalmente, se utiliza un sellador de silicona de alta calidad para el sellado climático entre los elementos del vidriado.

Para esta aplicación el cristal debe ser templado, recomendándose además una solución con cristal laminado templado.



2. Consideraciones para el diseño del muro cortina

2. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DEL MURO CORTINA

2.1 Aspectos preliminares a considerar

El muro cortina es un sistema abierto, flexible y completo que permite al proyectista entregar diversas soluciones arquitectónicas e innovadoras.

Los aspectos que se suelen considerar para su diseño son:

2.1.1 SOLICITACIONES AL QUE ESTARÁ SOMETIDO EL MURO CORTINA

Se debe realizar el dimensionamiento de los elementos resistentes según las solicitudes contenidas en las especificaciones técnicas del proyecto.

2.1.1.1 *Distancia entre mullions y entre travesaños*

Las exigencias de arquitectura, exterior e interior, y de aprovechamiento de materiales influyen en la definición de la modulación de la fachada.

2.1.1.2 *Medida del Paño*

Hoy es posible encontrar dimensiones estandarizadas (las medidas más frecuentemente empleadas están en el rango de 1200 a 1800 mm, que se derivan de las medidas comerciales de los cristales) para módulos de muros cortinas. Sin embargo, para proyectos específicos se trabajan medidas a pedido, ya que puede existir un número de determinantes que definan el tamaño del paño. En general el uso de paños de medidas no estandarizadas obedece a la localización, diseño arquitectónico u otros.

2.1.2 CONSIDERACIONES ARQUITECTÓNICAS

El diseño arquitectónico determina el sistema y el tipo específico de cristal a utilizar.

Sin embargo, en esta definición se debe considerar además aspectos de costo, tiempo de fabricación e instalación disponibles, tópicos relacionados a materias de confort ambiental.

2.1.3 MEMORIA DE CÁLCULO, CONSIDERACIONES EN EL CÁLCULO ESTRUCTURAL

Para que una Fachada Integral Liviana funcione y se comporte correctamente, es necesario tomar en cuenta en el cálculo de ésta los siguientes puntos:

2.1.3.1 *Ubicación y Forma del Edificio*

Se deben considerar los posibles efectos derivados de la ubicación geográfica, emplazamiento, orientación, bordes y cualquier otro aspecto relacionado con su forma.

2.1.3.2 *Clima*

Se deben tomar en cuenta antecedentes relacionados con cantidades de nieve caída anualmente y por evento, la media de precipitaciones y eventos más negativos, viento promedio y ráfagas más fuertes registradas y cualquier otro antecedente que pueda afectar al muro cortina.

El viento es el factor más importante en el cálculo de las cargas reales externas que van a influir en el cálculo final de cualquiera de los sistemas.

2.1.3.3 *Presión y Succión del Viento*

El viento no es una fuerza estática y hay que dimensionar cada cara del edificio a la presión y a la succión para, en el caso de ser necesario, reforzar con elementos metálicos o aumentar las secciones.

Debe considerarse que cuando en una cara hay presión, en la opuesta hay succión.

2.1.3.4 *Peso Propio de Sistema de Fachada*

Se debe considerar el peso propio de los diferentes elementos que componen la fachada.

2.1.3.5 *Distancia entre losas*

Es importante conocer esta distancia ya que define la deformación por flexión ante cargas de viento.

2.1.3.6 Juntas de Dilatación

Los sistemas prevén juntas de dilatación, ya que el aluminio o el acero poseen grandes coeficientes de dilatación y es necesario absorber las diferencias para evitar fallas en los cristales o no se deforme la estructura portante de la fachada. Estas juntas son diseñadas por las empresas simultáneamente cuando se diseña el sistema, y es necesario respetarlas. Involucran el contacto entre mullion y hormigón, entre mullion y piel, y entre bastidor y cristal.

Todos estos puntos deben asegurar un adecuado control de las deformaciones de la fachada, garantizando al mismo tiempo la posibilidad de absorber las dilataciones y contracciones térmicas propias del edificio.

2.1.4 MEMORIA DEL SELLADO ESTRUCTURAL, CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y CÁLCULO

Los sistemas de muros cortina con silicona estructural¹, corresponden a aplicaciones donde el sellador de silicona provee el soporte estructural y la conexión de los cristales y paneles a la estructura de aluminio del muro cortina.

De acuerdo a las normas técnicas norteamericanas ASTM, la correcta aplicación de la silicona estructural requiere que la empresa de muros cortina considere, junto a su proveedor de sellos, las siguientes etapas:

2.1.4.1 Especificaciones Técnicas

La empresa de muros cortina deberá conocer las especificaciones técnicas del proyecto, tanto en lo relacionado con los materiales a usar, como con las prestaciones técnicas requeridas (presiones de viento, dilataciones térmicas, deformaciones, estanqueidad al agua, etc.)

En el caso que los termopaneles sean suministrados por otra empresa, se deberá verificar que los sellos secundarios de dichos termopaneles sean hechos con silicona neutra de nivel estructural. Se deberán rechazar los termopaneles hechos con silicona acética, con poliuretanos, con polisulfuros o hot melt, dado que estos selladores provocan su falla.

Especial atención se deberá poner en las holguras y canterías a dejar entre los diversos materiales, de modo que el muro cortina pueda absorber las deformaciones del edificio sin rotura, o falla de sus componentes.

La elección de los productos a usar para la limpieza de perfiles, cristales, piedras, etc., es muy importante para evitar la contaminación de los selladores.

¹ Llamados SSG "Structural Sealant Glazing" en la normativa técnica

2.1.4.2 Revisión del Proyecto

En esta etapa, se deberá revisar el proyecto a objeto de chequear las **dimensiones** de los cordones de sello y de las configuraciones de sellado.

En la selección y uso del sellador estructural hay que considerar la **norma ASTM C1184** que exige una resistencia máxima de diseño de 20 psi. Para las **solicitaciones de cargas muertas**, las tensiones sobre el sellador se deben limitar a un máximo de 1 psi.

Respecto de las **solicitaciones sísmicas**, las juntas de los sistemas SSG se han comportado bien durante los sismos de pequeña y mediana magnitud. Este comportamiento puede ser mejorado aumentando el espesor del cordón de silicona estructural, pero se debe verificar que frente a presiones de viento negativo, no se desplacen mucho los cristales y puedan terminar fuera de los calzos de apoyo inferior.

La recomendación de la industria es usar un cordón de 6 mm o superior.

2.1.4.3 Ensayos de Laboratorio: Adhesión y Compatibilidad

El aspecto más crítico de un sistema SSG es la adhesión de la silicona como soporte primario de los cristales y paneles, y la posible incertidumbre acerca de su **prestación en el largo plazo**. La compatibilidad química entre los materiales del muro cortina debe ser siempre investigada y jamás asumida.

Por ello resulta fundamental el análisis de los sustratos (perfiles, cristales, cintas, elementos de respaldo, etc.) y las **solicitaciones** (debido al viento, a los terremotos, al peso propio, etc.) y de los movimientos a que estarán sometidos durante la vida útil del edificio.

Antes de partir con la fabricación del muro cortina, el proveedor de silicona debe determinar, a través de ensayos de laboratorio (ASTM C794 o C1135), si es necesario el uso de primer (promotor de adhesión) para asegurar la adhesión.

Otros problemas potenciales incluyen la compatibilidad (ASTM C1987) de burletes, calzos, esponjas, elementos de limpieza y los selladores climáticos. Los materiales y sus acabados pueden liberar, con el tiempo y la exposición a la radiación ultravioleta, plastificantes u otros materiales hacia los selladores, lo cual puede causar un cambio de color o pérdida de adhesión. El cambio de color es evidencia de una reacción química potencialmente perjudicial.

2.1.4.4 Fabricación en Taller e Instalación en Obra

Las estadísticas indican que la principal causa individual de fallas de los muros cortina se debe a problemas de mano de obra.

Idealmente, la empresa de muros cortina deberá disponer de procedimientos escritos de fabricación e instalación, y el personal deberá resultar suficientemente entrenado.

Especial énfasis se deberá colocar en el correcto uso de los agentes de limpieza (MEK, IPA, u otros) y al procedimiento de limpieza empleado (llamado método de los “dos paños”).

Se recomienda también llevar un registro con los controles de calidad efectuados. Antes del despacho a obra, y durante la ejecución del muro cortina, se sugiere ejecutar en forma periódica la “Prueba de Campo” para monitorear la buena adhesión de la silicona a los materiales empleados.

2.2 Requisitos técnicos

Esta sección analiza los requisitos técnicos a considerar en el diseño y posterior construcción de un muro cortina. Entrega recomendaciones de acuerdo a normas existentes, aportes de expertos e información recopilada de diferentes fuentes bibliográficas.

2.2.1 RESISTENCIA

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones define al muro cortina como un muro de fachada no soportante, constituido por elementos unidos entre ellos y a su vez fijados a la estructura del edificio.

Por otro lado, a partir de la NCh 433 denominada “Diseño sísmico de edificios”, es posible definir el muro cortina como un elemento secundario permanente, que no forma parte de la estructura resistente pero que es afectado por sus movimientos y que eventualmente interactúa con ella.

Esto lleva a considerar que el cálculo sísmico del muro cortina se debe realizar de manera independiente al cálculo del edificio, sin embargo, se deben considerar las disposiciones de aplicación general utilizadas en el diseño sísmico del edificio.

Las fuerzas resultantes generadas por temblores o fuerzas sísmicas, pueden producir potencialmente grandes fuerzas sobre los anclajes del Muro Cortina. La acción de dichas fuerzas sobre el Muro a través de los anclajes es el resultado del rápido movimiento del edificio de lado a lado durante el temblor.

Se debe tener presente que el análisis para determinar los esfuerzos internos debidos a la acción sísmica debe basarse en el comportamiento lineal y elástico de la estructura, o en los métodos de diseño de rotura, método plástico u otro. El análisis de los efectos de otras cargas que pueden combinarse con los efectos de la acción sísmica, también deben basarse en la teoría lineal-elástica del comportamiento estructural.

2.2.2 CÁLCULO

Como punto de partida se deben reconocer las disposiciones de aplicación general utilizadas en el diseño sísmico del edificio del que forma parte el muro cortina, tales como:

- Zonificación sísmica: Zona I, 2 ó 3.
- Clasificación del edificio según su importancia, uso y riesgo de falla: Categoría A, B, C o D.
- Tipo de suelo de fundación: Tipo de suelo I, II, III o IV.

Por otro lado, se debe considerar las disposiciones generales sobre diseño y métodos de análisis:

- Método utilizado en el dimensionamiento de elementos estructurales: Tensiones admisibles o factores de carga y resistencia.
- Sistema estructural: Sistemas de muros y otros sistemas arriostrados, sistema de pórticos y sistemas mixtos.
- Modelo estructural del edificio.
- Método de análisis sísmico: Estático, modal espectral.

Parámetros utilizados en el análisis:

- Factor de modificación de la respuesta "R"
- Parámetros relativos al tipo de suelo (T' , n , S , T_0 , p)
- Aceleración efectiva (A_0)
- Coeficiente que depende de la categoría del edificio (I)
- Coeficiente sísmico "c"
- Resultados principales del análisis: Períodos fundamentales, esfuerzo de corte basal en cada una de las dos direcciones, fuerzas sísmicas, momentos de torsión.

- Deformaciones máximas absolutas y de entrepiso.
- Separaciones entre edificios o cuerpos de edificios.
- Período de vibración del edificio.

Generalmente las consideraciones descritas forman parte de los planos y memorias de cálculo del proyecto.

2.2.2.1 Fuerzas sísmicas

La estructura y los anclajes deben ser analizados, para acciones sísmicas independientes en dos direcciones: horizontales perpendiculares y aproximadamente perpendiculares. Los criterios de cálculo descritos son los recomendados por la NCh 433 denominada "Diseño sísmico de edificios".

a) Fuerza sísmica horizontal

El muro cortina se debe diseñar con la siguiente fuerza sísmica horizontal actuando en cualquier dirección:

$$F = Q_p C_p K_d$$

En donde:

Q_p	Esfuerzo de corte que se presenta en la base del elemento secundario de acuerdo con un análisis del edificio en que el elemento se ha incluido en la modelación.
C_p	Coficiente sísmico para elementos secundarios. (Muros cortina = 2)
K_d	Factor de desempeño asociado al comportamiento sísmico de elementos secundarios (superior, bueno, mínimo).

Los valores del factor K_d dependen de la categoría del edificio

TABLA 1: FACTOR K_d

Elemento Secundario	Factor de desempeño K_d		
	Categoría del edificio		
	A	B	C
Muro Cortina	1,35	1	0,75

Alternativamente, el diseño se puede realizar con la siguiente fuerza sísmica horizontal actuando en cualquier dirección, para el caso que el peso del elemento secundario sea menor que el 20% del peso sísmico del piso en que se encuentra ubicado:

$$F = \left(\frac{F_k}{P_k} \right) K_p C_p K_d P_p$$

En donde:

K_p	Factor de amplificación dinámica para el diseño de elementos secundarios.
F_k	Fuerza horizontal aplicada en el nivel k
P_k	Peso asociado al nivel k
P_p	Peso total del elemento secundario. Incluyendo la sobrecarga de uso y el contenido cuando corresponda.

En caso de que se use el método de análisis estático no debe utilizarse un valor de $\frac{F_k}{P_k}$ inferior a A_0/g .

TABLA 2: NCh 433

Zona Sísmica	A_0
1	0.20g
2	0.30g
3	0.40g

El factor de amplificación dinámica K_p se determina alternativamente mediante uno de los dos procedimientos siguientes:

$$K_p = 2.2$$

$$K_p = 0.5 + \frac{0.5}{\sqrt{(1 - \beta^2)^2 + (0.3\beta)^2}}$$

en que:

$$\beta = 1 \text{ para } 0.8T^* \leq T_p \leq 1.1T^*$$

$$\beta = 1.25 \left(\frac{T_p}{T^*} \right) \text{ para } T_p < 0.8T^*$$

$$\beta = 0.91 \left(\frac{T_p}{T^*} \right) \text{ para } T_p > 1.1T^*$$

en donde:

T_p	Período propio del modo fundamental de vibración del elemento secundario, incluyendo su sistema de anclaje.
T^*	Período del modo con mayor masa traslacional equivalente del edificio en la dirección que puede entrar en resonancia el elemento secundario.
β	Coefficiente que interviene en la determinación de K_r . Para determinar β no podrá utilizarse un valor de T^* menor que 0.06 s.

b) Fuerza sísmica vertical

La fuerza sísmica vertical debe tener una magnitud igual a:

$$0.67 \left(\frac{A_0 P_p}{g} \right)$$

Donde:

A_0	Aceleración efectiva máxima del suelo. Depende de la zonificación sísmica.
P_p	Peso total del elemento secundario, incluyendo la sobrecarga de uso y el contenido cuando corresponda.
g	Aceleración de gravedad.

Debe considerarse hacia arriba o hacia abajo según cual de estas situaciones sea la más desfavorable.

c) Combinaciones de carga

La combinación de las solicitaciones sísmicas con las cargas permanentes y los distintos tipos de sobrecargas se debe hacer utilizando las reglas de superposición establecidas en la NCh 2369 "Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales":

- Cuando el diseño se haga por el método de tensiones admisibles:

$$CP + a SC + SO + SA \pm \text{Sismo Horizontal} \pm \text{Sismo Vertical}$$

$$CP + SA \pm \text{Sismo Horizontal} \pm \text{Sismo Vertical}$$

- Cuando el diseño se haga por el método de cargas últimas:

$$1.2 CP + a SC + SO + SA \pm b \text{ Sismo Horizontal} \pm b \text{ Sismo Vertical}$$

$$0.9 CP + SA \pm b \text{ Sismo Horizontal} \pm 0.3 \text{ Sismo Vertical}$$

Donde:

CP	Carga permanente
SC	Sobrecarga de uso
SO	Sobrecarga especial de operación
SA	Sobrecarga accidental de operación

a = Factor de reducción de sobrecarga

TABLA 3: NCh 2369

Recinto	a
Bodegas y en general zonas de acopio con baja tasa de rotación	0.50
Zonas de uso normal, plataformas de operación	0.25
Diagonales que soportan cargas verticales	1.00
Pasarelas de mantenimiento y techos	0.00

b = Factor de mayoración de cargas

TABLA 4: NCh 2369

Tipo de estructura	b
Estructuras o equipos de acero	1.1
Estructuras o equipos de hormigón	1.4

Las cargas SO y SA se combinan con sismo solo si se verifica alguna de las dos condiciones siguientes:

- La acción SA se deriva de la ocurrencia del sismo.
- La acción SO está ocurriendo al momento de iniciarse el sismo y no se detiene debido a la presencia de este.

Se debe tener presente que la sollicitación sísmica es una carga eventual que no se debe superponer a otras cargas eventuales.

Por otro lado es necesario verificar específicamente para el caso de los anclajes los esfuerzos de corte y tracción a los que estarán sometidos.

Los actuales códigos sísmicos en los países desarrollados definen un requerimiento específico respecto de la capacidad máxima de desplazamiento del panel de cristal en los sistemas de muros cortina. Dicho requerimiento se define de modo que el cristal pueda absorber los desplazamientos de los pisos del edificio sin generar un riesgo sobre la seguridad de las personas.

El modo más simple para evitar el daño de los cristales en su interacción con los perfiles del muro cortina (considerando que estos se deforman lateralmente durante los terremotos), es proveer una holgura suficiente entre el borde del panel vidriado y el perfil de aluminio.

Otras soluciones empleadas para mejorar la performance sísmica incluyen el uso de cristal templado, cristal laminado y film plástico. Las dos primeras soluciones son aplicables en los nuevos diseños, mientras que el film plástico está reservado para la reparación de cristales existentes.

Actualmente, se han desarrollado métodos para reducir los daños sísmicos en los sistemas vidriados. Los muros cortinas aislados sísmicamente (con sistemas de anclajes especiales al edificio) han sido recomendados para absorber los desplazamientos de entrepisos inducidos por el sismo. Otra solución que fue desarrollada por la Penn State University, EE.UU., consiste en emplear esquinas redondas en los cristales en vez de las tradicionales esquinas rectangulares.

2.2.2.2 Resistencia al viento

Al considerar el Muro Cortina como parte del perímetro de una obra, en su cálculo se debe considerar la acción del viento según lo detallado en la NCh 432 denominada "Cálculo de la Acción del Viento Sobre las Construcciones".

La presión del viento es uno de los efectos más importantes a considerar en el diseño de Muros Cortina, ya que la superficie del muro afectada por esta presión dinámica, debe ser capaz de soportar los esfuerzos a flexión.

Se considera que la dirección de la acción del viento que actúa sobre la superficie es perpendicular a ella. Se omite, en consecuencia, la consideración de acciones tangenciales.

Las acciones perpendiculares sobre el muro producen un efecto de presión sobre la cara expuesta y uno de succión sobre la cara opuesta, por lo que la presión del viento se debe determinar por la acción conjunta de dichos efectos.

Las presiones y succiones que actúan por las superficies envolventes de una construcción dependen de:

- La presión básica del viento.
- La forma total del cuerpo y no sólo de la forma del costado que enfrenta directamente el viento.

Por lo que la magnitud de la presión básica del viento es proporcional a los valores de las presiones y succiones.

2.2.2.2.1 Cálculo

a) Velocidad del viento

Como punto de partida se considera la determinación de la velocidad máxima del viento, la cual depende de la ubicación geográfica y de la altura a la que es medida. Dicha velocidad se debe obtener de estadísticas que abarquen un período no inferior a 20 años, según se detalla en la NCh 432. En normativas internacionales este período de medición presenta variaciones, tal es el caso de la norma española UNE-ENV 1991-2-4 "Eurocódigo estructural" que recomienda que la medición sea realizada por un período de 50 años.

TABLA 5: NCh 432

Construcciones situadas en la ciudad o lugares de rugosidad comparable, a juicio de la Autoridad Revisora		Construcciones situadas en campo abierto, ante el mar, o en sitios asimilables a estas condiciones, a juicio de la Autoridad Revisora	
Altura sobre el suelo	Presión básica q^*	Altura sobre el suelo	Presión básica q^*
(m)	(Kg/m ²)	(m)	(Kg/m ²)
0	55	0	70
15	75	4	70
20	85	7	95
30	95	10	106
40	103	15	118
50	108	20	126
75	121	30	137
100	131	40	145
150	149	50	151
200	162	75	163
300	186	100	170
		150	182
		200	191
		300	209

(*) Para valores intermedios se interpola

A la fecha de elaboración de este documento técnico la NCh 432 está en proceso de actualización como consecuencia de estudios realizados por el IC. Se recomienda usar la tabla siguiente.

c) *Superficie de cálculo*

El empuje del viento también depende de la forma y dimensiones de la estructura, siendo proporcional a la superficie de la estructura expuesta. Las áreas sobre las cuales se ejerce la presión del viento se tomarán en cuenta en la forma que se indica en la Tabla siguiente:

TABLA 6: NCh 432

Elementos sobre los cuales se ejerce la acción	Áreas a considerar
Para cuerpos limitados por superficies planas.	Áreas verdaderas
Para cuerpos de construcción con sección transversal circular, o aproximadamente circular, ya sean de eje horizontal o vertical.	Las áreas correspondientes a la sección axial perpendicular a la dirección del viento.
Para varias superficies de techo yuxtapuestas de un mismo edificio.	Se considerará el área total de la primera superficie que sea chocada por el viento, y el 50% de la superficies siguientes.

d) *Factor de forma*

La fuerza del viento por unidad de superficie se obtendrá multiplicando la presión básica q por un factor de forma C .

Los valores de C se determinan a partir de la NCh 432, en donde se recomienda para el caso de superficies planas perpendiculares a la acción del viento utilizar $C=1.2$ y para superficies perpendiculares a la dirección del viento con altura 5 o más veces el ancho medio, medido perpendicularmente al viento utilizar $C=1.6$.

Por otro lado en las zonas próximas a las esquinas de las fachadas paralelas a la dirección del viento se producen las máximas cargas de succión, por lo que es necesario elevar la presión del viento en un 50%.

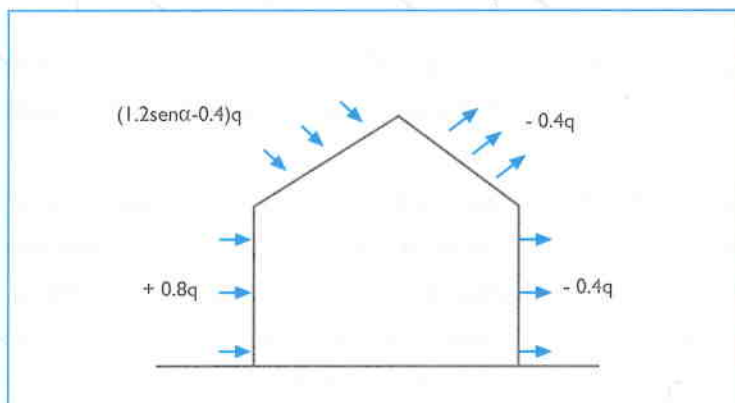


Fig 2. Factor de forma

Sin embargo es necesario que la determinación del factor de forma sea analizado y definido por el proyectista.

e) *Distribución de cargas*

Luego de identificar la presión de viento, es necesario conocer la forma de distribución de la carga de viento para el diseño de elementos verticales (mullions o montantes) y horizontales (palillos horizontales o traviesas) del Muro Cortina, para posteriormente calcular las Tensiones de Trabajo y Tensiones admisibles para cada elemento, tanto para compresión como para flexión.

Distribución trapezoidal, para diseño de elementos horizontales.

Distribución rectangular, para diseño de elementos verticales.

f) Flecha máxima

Los elementos que conforman la estructura del Muro Cortina no deben presentar deformaciones permanentes apreciables frente a la presencia de viento.

La NCh 888 "Arquitectura y construcción – Ventanas – Requisitos básicos" y la NCh 523 "Carpintería de aluminio – Puertas y ventanas – Requisitos" definen que la flecha frontal máxima de los elementos del armazón debe ser menor o igual a $\frac{L}{175}$ (siendo L la longitud mayor del elemento) o 19 mm, para el caso de utilizarse cristales monolíticos.

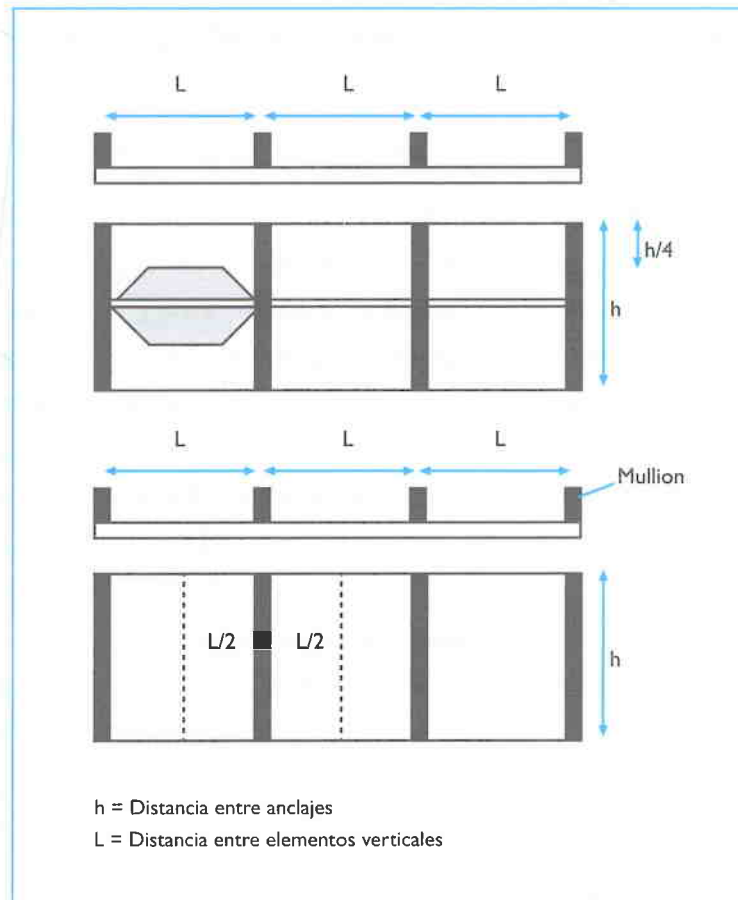


Fig 3. Distribución de cargas

Para el caso de utilizarse doble vidriado hermético, la flecha máxima aceptada debe ser menor o igual a $\frac{L}{225}$.

La norma española UNE-EN 13116:2001 "Fachadas ligeras. Resistencia a la carga de viento. Requisitos y prestaciones" determina que la flecha frontal no debe ser más que una deformación temporal y debe desaparecer en un período de una hora en al menos un 95% tras haber desaparecido la carga de viento. Por otro lado, el desplazamiento frontal de las fijaciones de los elementos de estructura al nivel de sus conexiones con la estructura del edificio o con otros elementos estructurales debe limitarse a menos de 1mm y este valor será admitido como deformación residual.

2.2.3 ACONDICIONAMIENTO INTERIOR

Como punto de partida se deben reconocer las disposiciones de aplicación general utilizadas en el diseño sísmico del edificio del que forma parte el muro cortina, tales como:

2.2.3.1 Control solar lumínico

El uso de elementos de control solar colabora con la tarea del muro cortina de proporcionar un adecuado confort térmico. Esto se puede lograr con elementos que permitan disipar la energía solar, disminuyendo notablemente la energía calórica incidente en el muro.

Considerando lo anterior, las funciones de estos elementos deben ser las siguientes:

- Limitar la radiación solar en verano.
- Controlar el resplandor en el interior del edificio.
- Permitir la vista y la iluminación natural.

Por otro lado, la elección del cristal en relación a su color y masa tiene una contribución importante en lo que respecta al control solar, cuando por requerimientos de diseño se necesita reducir el ingreso de calor solar radiante y la excesiva luminosidad.

2.2.3.1.1 Elementos sobrepuestos para el control solar

El control solar no implica siempre un trabajo de diseño complejo. En algunos casos, los sistemas de pantallas interiores y exteriores permiten entregar una efectiva protección para reducir las ganancias de calor a través de los cristales.

Los elementos de protección deben adaptarse tanto a la latitud del sitio, que define la trayectoria y ángulo solar a lo largo del año, como a la orientación de las fachadas. Estos factores ayudan a definir el tipo de protector más adecuado.

Uno de los elementos que permite limitar el ingreso de energía solar es el quiebrasol. Su eficacia es mayor mientras menor calor absorba y mayor sea su área de enfriamiento. Debe tener un diseño adecuado, disponerse de manera horizontal y/o vertical, y ubicarse a una distancia mínima de 20-30 cm de la fachada. En la actualidad existen diversos diseños, los cuales dependen de la arquitectura del edificio y de las condiciones de asoleamiento a las que están sometidas las fachadas.

Por otro lado, existen sistemas de control solar tales como pantallas, cortinas, toldos y películas solares, los cuales protegen de los rayos del sol, pero no siempre impiden que se produzca recalentamiento de los paños vidriados con riesgo de rotura por estrés térmico.

A continuación se describe brevemente los sistemas de control mencionados:

- Pantallas y cortinas interiores: Es la opción más utilizada para el control solar y control del brillo para los recintos interiores, deben disponerse como mínimo a 100 mm del cristal.
- Pantallas y cortinas exteriores: Instaladas paralelas al plano vertical de la fachada permiten detener la acción directa de los rayos del sol sobre el revestimiento exterior para evitar decoloraciones y desecamiento. Deben estar ubicadas como mínimo a 100 mm de la fachada y ser de colores claros para no calentar el cristal.

- Toldos: Se inclinan directamente sobre una sección de la fachada bloqueando el paso de la luz del sol y reduciendo el calentamiento de los recintos interiores.
- Películas de control solar: Láminas de poliéster que permiten reducir el calor solar, haciendo los ambientes más agradables y permitiendo reducir el uso de aire acondicionado, lo que genera un ahorro en electricidad y mantención.

Si bien los dispositivos externos son aproximadamente un 50% más eficaces que los dispositivos internos para bloquear el calor solar, en algunos casos pueden afectar la estética de la construcción y ser más costosos.

Es importante instalar éstas soluciones a una distancia adecuada de la fachada para permitir la circulación del aire, debido a que pueden existir potenciales riesgos de choque térmico. Cuando una zona del cristal está en la sombra y otra expuesta al sol, se presentan fuertes diferencias de temperatura en zonas contiguas de la superficie, la cual provoca el llamado estrés térmico presentando como consecuencia la rotura del cristal.

Lo expuesto anteriormente se puede evitar utilizando el proceso de termoendurecido en cristales. Sin embargo, un tratamiento de bordes y la colocación de silicona estructural permiten evitar el tratamiento térmico en muchas ocasiones.

2.2.3.1.2 Solución de doble fachada

Otro sistema de control solar es la “doble fachada”, la cual consiste en la construcción de dos sistemas o “pieles” separadas por un espacio intermedio ventilado.

En general, la fachada exterior es totalmente vidriada y se construye como protección a los agentes climáticos. Se puede utilizar el sistema de sujeción “suspended glass”, para otorgar una imagen de transparencia.

El espacio entre fachadas se comunica con el exterior por medio de entradas y salidas de aire. La ventilación puede ser natural, aprovechando el efecto chimenea, o forzada. En este espacio generalmente se pueden alojar dispositivos de control solar fijos o regulables. O utilizar sistemas simples debido a que se encuentran en un ambiente interior. También sirve para alojar otras instalaciones tal como la iluminación de las fachadas.

Por último, la fachada interior tiene las características típicas de una fachada estándar, y puede ser total o parcialmente vidriada. Al estar protegida tiene mayor libertad de elección de acabados y materiales.

El interior del edificio puede ser ventilado hacia el espacio intermedio y/o exterior por medio de aberturas comunes o diseñadas especialmente a tal efecto.

Los motivos de su uso responden a las siguientes ventajas que presenta:

- Disminución de las ganancias solares en verano (con el consecuente ahorro en refrigeración) al incorporar sistemas de protección solar como persianas (en general móviles) que se encuentran protegidos en el espacio intermedio.
- Genera un "colchón térmico" en invierno para reducir las pérdidas y contribuir al ahorro energético en calefacción.
- Mejora la iluminación natural reduciéndose la dependencia en la iluminación artificial.
- Mejora las condiciones de confort en la proximidad de la fachada al evitar los efectos de pared fría o pared caliente.
- Mejora las condiciones acústicas del edificio.

Todos los factores mencionados sumados al coeficiente de sombra son necesarios reconocer antes de optar por una u otra solución de cristal.

Se entiende por coeficiente de sombra al calor solar radiante que pasa a través de un cristal hacia el interior y deriva de comparar un cristal con uno incoloro de 3 mm.

Con respecto a los cristales monolíticos de color, éstos reducen el paso de la luz visible controlando así la ganancia de calor. Al ser más oscuros, el cristal absorbe más energía, filtra mejor los rayos UV, pero deja pasar menos luz. Si se aumenta el espesor, se puede aumentar la capacidad de absorción y mejorará el factor solar del cristal, sin embargo se disminuye la iluminación interior, lo que impone un límite. Por ende, en casos particulares de fuerte exposición al sol se hace necesario aplicar otro tipo de tecnología.

Por otro lado, existen en el mercado cristales monolíticos de alto rendimiento, los cuales presentan, según sea el color, elevados índices de transmisión de luz visible y transparencia, con un menor coeficiente de sombra. De manera general entre los cristales de color gris y bronce no existen diferencias significativas en lo que respecta a los factores presentados en las tablas.

En relación a los cristales reflectivos, la capa reflectiva puede llegar a reducir a la mitad la energía total que pasa a través del cristal. Si se compara con un cristal incoloro, existe menos transmisión de luz, dado que aproximadamente el 30% de ella se ve reflejada hacia el exterior. Dependiendo de la posición de la cara reflectiva presenta distintas características, si se coloca dicha capa en la posición 1 (lado exterior), la luz se refleja en la cara reflectiva, dando un aspecto espejado. Si se coloca en la posición 2 (lado interno), permite a la luz teñirse en la masa del cristal antes de ser reflejada.

A pesar de tener un mejor comportamiento que el cristal monolítico de color, el cristal reflectivo presenta limitaciones. Las exigencias cada vez mayores en la filtración de la energía solar para edificio de muros cortina han motivado a los fabricantes a mejorar sus técnicas y ofrecer cristales más sofisticados, productos de un proceso de fabricación distinto.

El sistema de doble vidriado hermético al estar constituido por un cristal antisolar en el exterior, mejora significativamente el factor solar y el coeficiente de sombra. Presenta mayor capacidad para aislar el calor, dado por la presencia del espacio de aire o gas entre ambos cristales. Con su empleo pueden vidriarse extensa superficies, sin incidir en el confort ni en el consumo de energía.

Con respecto a los cristales de baja emisividad, éstos son utilizados exclusivamente en componentes de doble vidriado con el propósito de mejorar la prestación térmica. Cuando se emplea en unidades de DVH compuestas por un cristal exterior de control solar, de color o reflectivo, también mejora la performance de control solar de las mismas en aproximadamente un 15%. La cara revestida con la capa de baja emisividad siempre debe quedar expuesta mirando hacia la cámara de aire de un DVH.

Por otra parte, el cristal laminado proporciona una de las más altas reducciones de luz ultravioleta (UV) entre los productos de cristal comercial disponibles en el mercado. La presencia de la lámina de PVB filtra más del 99% de la radiación ultravioleta, causante de la decoloración prematura de tejidos y tapizados y del envejecimiento acelerado de ciertos materiales expuestos a la luz solar.

De manera general, se recomienda considerar la clasificación de valores de coeficiente de sombra, presentados en la Tabla siguiente:

TABLA 7: Clasificación coeficientes de sombra

Clasificación	Coefficiente de sombra
Excelente	≤ 0.30
Muy bueno	0.35
Bueno	0.40
Max. Aceptable	0.45

Sin embargo, se observa que los edificios que actualmente están en servicio tienen coeficientes de sombra mayores debido a la falta de documentos normativos del tema. Adicionalmente es conveniente considerar que en el país las fachadas norte y poniente suelen ser las más problemáticas, por su exposición al sol directo.

Para comparar cristales entre sí, existe el **INDICE DE SELECTIVIDAD** que mide el porcentaje de luz sacrificado para minimizar el porcentaje de transmisión solar. La industria de los cristales llega con sus productos más sofisticados a un índice cercano a 2 (ejemplo: transmisión de luz del 52% con Factor solar del 26%).

2.2.3.2 Control térmico

Mediante un adecuado aislamiento térmico de la envolvente de un edificio se pueden lograr beneficios de energía por concepto de refrigeración y calefacción, crear una situación de confort térmico, prevenir problemas de humedad y evitar tensiones térmicas entre los elementos constructivos.

Es importante aprovechar tanto las características ambientales del lugar como las propiedades de los materiales que pueden aportar en alguna medida, parte de los requerimientos de calefacción y refrigeración. En este sentido, los cristales influyen directamente en las condiciones térmicas del edificio, por lo que es indispensable en la etapa de diseño conocer las pérdidas de calor que se producen a través de él, para elegir el tipo de cristal más adecuado.

Para esto, es necesario identificar sus características térmicas, reconociendo como mínimo la transmitancia térmica del cristal (U), la cuál es definida como la ganancia o pérdida de energía, por conducción y convección, debido a la diferencia de temperatura entre el aire exterior e interior:

Es decir, es la cantidad de calor ambiental que se transfiere a través del cristal desde un espacio donde hay mayor temperatura hacia un espacio donde existe menor temperatura. Se expresa en W/m^2K y mide la cantidad de Watts que pasan por un metro cuadrado de cristal por cada grado Kelvin de diferencia de temperatura.

En la Tabla 8 se presenta el coeficiente U para distintas tipologías de cristales presentes en el mercado.

TABLA 8: Transmitancia térmica cristales

Tipo de cristal	e	U
Cristal monolítico incoloro	6mm	5.5 – 5.8
Cristal monolítico de color		
Bronce	6mm	5.5 – 5.8
Gris	6mm	5.5 – 5.8
Azul	6mm	5.5 – 5.8
Verde	6mm	5.5 – 5.8
Cristal reflectivo pirolítico*		
Incoloro	6mm	5.5 – 5.8
Bronce	6mm	5.5 – 5.8
Gris	6mm	5.5 – 5.8
Azul	6mm	5.5 – 5.8
Verde	6mm	5.5 – 5.8
DVH Cristal (exterior) – Cámara aire 12mm – Cristal incoloro (interior)		
Cristal monolítico incoloro	6mm	2.7 – 3.3
Cristal monolítico verde	6mm	2.7 – 3.3
Cristal reflectivo pirolítico verde**	6mm	2.7 – 3.3
DVH Cristal 6mm (exterior) – Cámara aire 12mm – Cristal de baja emisividad (interior)		
Cristal monolítico incoloro	6mm	1.7 – 2.1
Cristal monolítico verde	6mm	1.7 – 2.1
Cristal reflectivo pirolítico verde**	6mm	1.7 – 2.1

* Capa espejada por una cara con matriz ambar.

** Capa espejada por una cara con matriz verde.

Realizando un análisis de los tres niveles presentados (cristal monolítico, DVH con cristal monolítico y DVH con cristal de baja emisividad) los valores de transmitancia térmica U sólo varían en función de que se trate de un solo cristal o de un componente de doble vidriado hermético. En este último caso, cuando uno de sus componentes es un cristal de baja emisividad se obtienen mejores valores de aislamiento térmico.

En la Tabla 9 se presenta una recomendación de criterios de clasificación según la eficiencia de los cristales para evitar el paso del calor.

TABLA 9: Clasificación según Coeficiente U

Clasificación	Tipo	U ($W/m^2 \cdot K$)
Bueno	DVH con low-e	1.7 – 2.1
Aceptable	DVH	2.7 – 3.3
Malo	Monolítico	5.5 - 5.8

Por otro lado, se debe tener presente que la variación de la transmitancia si se aumenta el espesor del cristal no constituye una disminución considerable de dicho coeficiente. Se considera que el aumento de espesor puede justificarse como medida de seguridad y de control acústico, pero no como una alternativa de aislación térmica.

Esto se puede analizar en la siguiente tabla, en la cual se observa que el aumento del espesor de un cristal monolítico de 4 mm a uno de 8 mm permite una disminución de alrededor de un 2%, siendo una reducción no significativa si se considera que existe un aumento del costo de material al doble.

TABLA 10: Comparación de transmitancia

Material	Espesor	U
Cristal monolítico incoloro	4	5.8
	6	5.7
	8	5.6
	10	5.6

2.2.3.2.1 Tratamiento de puentes térmico en zonas de perfiles

El contacto entre perfiles metálicos y de aluminio produce conducción de temperatura y por lo tanto reduce considerablemente las condiciones aislantes, causando potenciales condensaciones y pérdidas calóricas en los puntos afectados. Es por esto que es necesario realizar interrupciones térmicas entre los perfiles tanto de aluminio como de acero, utilizando materiales aislantes como el polietileno, poliamidas o siliconas estructurales. En caso de situaciones límite se recomienda consultar a especialistas para proponer un sistema de rotura del puente térmico.

2.2.3.3 Estanqueidad

El propósito del Muro Cortina es separar el interior del edificio del ambiente externo, por lo tanto debe ser un elemento estanco que impida el paso de viento y agua.

Se puede afirmar que la infiltración por los paramentos del Muro Cortina es despreciable, debido a que está conformado por materiales no porosos y poco absorbentes. El problema se reduce a las juntas y aberturas del muro, siendo los aspectos críticos en la estanquidad del Muro Cortina.

Sin embargo, se pueden producir infiltraciones y fugas en cualquier área del muro si se utiliza un sistema de diseño pobre, materiales inadecuados, si se realiza una deficiente instalación o por una combinación de los tres.

En el caso de los paños móviles, ventanas, se debe poner especial cuidado en la selección e instalación de los elementos de sellos, por ejemplo burletes, felpas, cierres y siliconas.

2.2.3.3.1 Medios de protección

Según lo detallado en la Norma Americana AAMA 1996 "Curtain Wall Design Guide Manual", existen dos métodos básicos de protección. El primero es referido al Sistema de Drenaje Interno o Defensa Secundaria y el segundo es el Sistema de Ecuilización de Presiones.

TABLA 12: Requisitos estanqueidad según NCh 888

Tipo	Presión Estática, Pa
4e (mínima)	40
15e (normal)	150
30e (especial)	300
50e (reforzada)	500

A su vez la NCh 888, establece que el aire infiltrado a través de las juntas debe ser menor o igual a lo indicado en la Tabla 13, para una diferencia de presión entre el exterior y el interior de 100 Pa, debiendo cumplirse con la condición menos exigente.

TABLA 13: Infiltración máxima según NCh 888

Tipo	Caudal máximo de aire, $m^3/(h \cdot m^2)$, por superficie de hoja	Caudal máximo de aire, $m^3/(h \cdot m)$, por metro lineal de junta	Presión de prueba, Pa
60a (mínimo)	60	12	100
30a (normal)	30	6	100
10a (especial)	10	2	100
7a (reforzada)	7	1.4	100

Por otro lado la NCh 2808 "Puertas, ventanas, tragaluces y muros cortinas exteriores – Determinación de la penetración del agua por diferencia de presión de aire estático cíclico o uniforme – Método de ensayo en terreno" especifica el método de ensayo capaz de determinar la penetración del agua a través de una estructura fabricada y entrega valores de precipitación y de razón de rocío para cada zona climática.

2.2.4 CONTROL ACÚSTICO

Desde el punto de vista de la aislación acústica de una fachada, los cerramientos exteriores son generalmente el eslabón más débil.

En gran medida esto se debe a que los espesores de cristales habitualmente utilizados, no tienen la capacidad de atenuación sonora suficiente para aislar los elevados niveles de ruido presentes en la ciudad. Adicionalmente las aberturas no siempre presentan adecuadas condiciones de hermeticidad provocando fugas acústicas.

Con respecto a lo anterior, se puede decir que en presencia de aberturas con un área del 1% de la superficie del vano, puede caer el rendimiento acústico de la ventana hasta en 10 dB, lo cual implica un aumento al doble del nivel de ruido interior.

Por otro lado, es de gran importancia un aislamiento acústico adecuado en las redes de las instalaciones sanitarias, de calefacción, de ventilación, etc. Si así no se hiciera, pudiera suceder que el aislamiento alcanzado en la fachada quede anulado por la existencia de "puentes acústicos" indeseables.

a) Análisis

TABLA 14: Intensidad de sonidos típicos

Intensidad del sonido	Presión sonora (dB)	Sonidos Típicos
1.000.000.000.000	120	Umbral de dolor
100.000.000.000	110	Martillo neumático
10.000.000.000	100	Fábrica de calderas
1.000.000.000	90	Calle ruidosa
100.000.000	80	Oficina ruidosa
10.000.000	70	Tránsito en calle promedio
1.000.000	60	Oficina poco ruidosa
100.000	50	Conversación promedio
10.000	40	Oficina Privada
1.000	30	Un auditorio promedio
100	20	Conversación susurrando
10	10	Local a prueba de ruidos
1	0	Umbral de audición

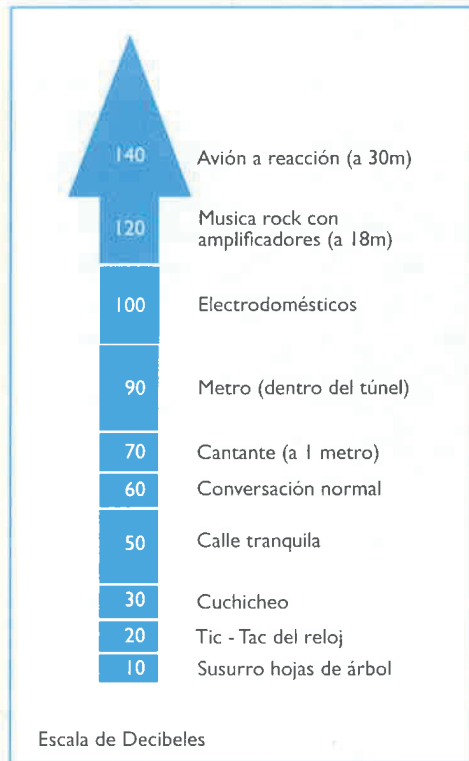


Fig 4. Niveles sonoros de distintas actividades

Para comprender mejor las propiedades de aislación acústica del cristal es preciso, primero, comprender cuál es el significado práctico del decibel (dB). El decibel es la unidad con que se mide la presión sonora y entrega una idea relativa de su intensidad. A diferencia de otras unidades de uso común, el decibel (dB) varía en forma logarítmica. Esto quiere decir que cada vez que la presión sonora aumenta 10 (dB), la intensidad del sonido se eleva a la décima potencia.

Cuanto mayor es la presión sonora mayor son las dificultades para aislar el paso del ruido. Los ruidos graves (bajas frecuencias) son más difíciles y costosos de aislar con cristal que los sonidos agudos (alta frecuencia). En términos generales, contar con un cristal con capacidad de aislación acústica promedio de 30/33 (dB) implica tener un buen nivel de control acústico.

Para determinar el desempeño acústico del cristal, es importante considerar el uso de la propiedad, el entorno y el uso de construcciones vecinas, así como también el sistema de enmarcado del cristal.

A pesar de que, por naturaleza, los cristales no ofrecen un buen desempeño cuando se toman en consideración sus características de atenuación, hay combinaciones de éstos que pueden reducir eficientemente las transmisiones acústicas. Como en todo material, la atenuación acústica del cristal depende de las características de su masa, rigidez y absorción. En relación a lo anterior, si se considera un cristal monolítico como solución de fachada la única manera eficiente de incrementar su desempeño es aumentando su grosor, ya que su rigidez y atenuación no pueden ser alteradas.

TABLA 15: Niveles de ruido permisibles por recinto

Lugar	Nivel recomendado ruido (dBA)
Dormitorio	30 – 35
Living	40 – 45
Oficina	40 – 45
Salas de clases	40
Salas de hospital	40

Para alcanzar los valores de aislamiento acústico presentados es imprescindible que el cristal tenga un cierre hermético al paso del aire. Un ajuste defectuoso con la carpintería y los sellos puede producir una merma en la capacidad aislante del módulo. Si se analizan los valores anteriores para el caso del cristal monolítico, se puede decir que el aislamiento aumenta en 4 (dB) cuando se dobla el espesor del cristal. Se obtienen mayores atenuaciones acústicas si se utiliza DVH. Sin embargo en aquellos casos que se requiera alcanzar un alto nivel de aislamiento, se recomienda considerar el uso de cámaras de aire mayores a 100mm. Por último, es posible alcanzar un mejoramiento adicional de los DVH, ocupando cristales laminados en su composición y rellenando la cámara interior con gases inertes (argón o SF6).

TABLA 16: Atenuación de cristales

Tipo de cristal	Descripción	Frecuencia (Hz)																	
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
		Atenuación acústica (dB)																	
Cristal monolítico	3mm	19	17	18	21	23	22	24	27	28	30	30	32	34	35	36	33	26	30
	6mm	23	25	25	24	28	26	29	31	33	34	34	35	34	30	27	32	37	31
	12mm	26	30	26	30	33	33	34	36	37	35	32	32	36	40	43	46	50	51
Cristal laminado	3mm – 0.38 PVB* - 3mm	27	23	27	24	27	28	29	31	33	35	35	35	33	31	32	37	41	45
	6mm – 0.38 PVB* - 6mm	25	25	27	30	32	32	34	35	35	35	33	32	35	40	43	46	49	51
	6mm – 0.76 PVB* - 6mm	25	29	28	30	33	33	34	36	37	37	37	36	37	41	45	48	51	53
DVH	3mm – 0.76 PVB* - 3mm – 50mm – 5mm	24	25	34	33	34	40	41	44	44	45	47	47	48	48	46	50	55	56
	6mm – 0.76 PVB* - 6mm – 50mm – 5mm	27	36	33	33	35	39	41	45	45	46	46	46	49	51	52	56	60	62
	6mm – 0.76 PVB* - 6mm – 100mm – 5mm	30	37	33	38	37	42	45	49	50	51	50	48	50	53	53	57	61	64

*Entrecapa de PVC, butirilo polivinílico

Por otro lado, para catalogar la aislación sonora de diferentes materiales y estructuras, incluyendo al cristal, se utilizan los siguientes parámetros obtenidos mediante ensayos:

Rw	Este parámetro representa el valor de aislación acústica de un elemento constructivo, tomando como referencia la respuesta del oído humano. Se expresa en (dB). Numéricamente puede ser hasta 5 (dB) más alto que el valor de Rm promedio.
Rtra	Este parámetro representa la reducción en (dBA) que puede obtenerse de un material para mitigar el ruido del tránsito.
Rm	Este parámetro representa la reducción acústica promedio. Es la media aritmética entre los valores de aislamiento acústico de un elemento constructivo en el rango de frecuencias entre 100 – 3150 HZ.

Por último, en el diseño acústico de muros cortina, se recomienda seguir los siguientes pasos:

- Identificar la fuente de ruido que se quiere atenuar y establecer los valores de atenuación acústica que se desea alcanzar al interior del edificio.
- Especificar y evaluar el sistema más idóneo para cada situación en función de los parámetros de atenuación acústico Rw, Rm y Rtra.
- Especificar los detalles de encuentros entre los elementos de la carpintería, usando sellos correctamente dimensionados y aplicados.
- Realizar la fabricación y montaje de perfiles y cristales según las especificaciones técnicas del fabricante y proyectista.
- Realizar inspección técnica de obra para asegurar la correspondencia entre las especificaciones técnicas y los productos instalados en la obra.

En conclusión, se puede decir que el valor de aislamiento acústico de un cristal depende más de los cristales empleados en su composición (cristales laminados, cristales gruesos) y la inclusión de gases pesados que del espesor de la cámara de separación. Para un muro cortina se debe considerar además la hermeticidad del sistema por posibles infiltraciones de aire.

2.2.5 SEGURIDAD

2.2.5.1 Control de incendios

El control del fuego es uno de los requisitos técnicos más difícil de cumplir en fachadas vidriadas, ya que no existe una protección realmente eficaz contra incendios. Generalmente, las partes vidriadas después de 15 minutos de exposición al fuego tienden a quebrarse, lo que permite liberar calor, humo y bajar la temperatura interna del edificio, sin embargo, también provoca entrada de oxígeno contribuyendo a que el fuego se extienda hacia el exterior del edificio incrementando la posibilidad de que alcance los pisos superiores.

Se puede decir, que la protección del Muro Cortina contra el fuego se basa esencialmente en las características de resistencia térmica de los materiales y en el diseño de la estructura.

Dicha protección debe tener como objetivos:

- Contener el fuego en el punto de origen.
- Proteger y rescatar a los ocupantes del edificio.
- Limitar el daño del fuego y del humo.
- Prevenir la falla estructural.

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcción establece para el caso que exista separación entre el muro cortina con los entrepisos o con los muros divisorios, se deberá llenar dicha separación de tal modo que el conjunto asegure, como mínimo, la resistencia al fuego correspondiente a la clase F-60 (duración entre 60 y 89 minutos) según la norma NCh 935/I "Prevención de incendio en edificios – Ensayo de resistencia al fuego – Parte I: Elementos de construcción en general" o la que la reemplace. Es decir, el muro cortina debe incorporar barreras de fuego y humo (lana mineral, pinturas intumescentes, sellantes) tantas como sean necesarias, para prevenir su transmisión a través de los espacios de empotramientos a todos los niveles.

Por otro lado, la Ordenanza establece para edificios de 10 o más pisos con muro cortina, contar en todos los pisos con dinteles de una altura igual o mayor al 10% de la altura de dicho piso, y en el segundo piso y superiores, con antepechos de una altura de 0,90 m, la que podrá ser menor siempre que como mínimo equivalga al 20% de la altura de cada piso.

Estos elementos deberán asegurar, como mínimo, la resistencia al fuego correspondiente a la clase F-60.

Sin embargo se exceptúa lo indicado en párrafo anterior a los edificios que cuenten con un sistema automático de extinción de incendio (sprinkler) avalado por un Estudio de Seguridad, y que en dicho estudio justifiquen un rango de seguridad igual o mayor que el dispuesto.

El comportamiento del fuego varía en los casos de un edificio que incorpore o no en el diseño las consideraciones establecidas en la Ordenanza General. En un edificio que no se incorpore en el diseño dinteles y antepechos de resistencia al fuego F60, existirá la posibilidad en caso de incendio que el fuego se propague a los pisos superiores.

Otra medida de diseño establecida en la norma AAMA 8 "Fire safety in high-rise curtain walls (FSCOM-1)" para evitar la propagación del fuego por el exterior del Muro Cortina consiste en la creación de una barrera de llama (tipo cornisa) sobre la visión, que se extienda en un plano horizontal aproximadamente 80 cm más allá de la pared externa del muro.

Asimismo, para evitar la propagación interior del fuego se recomienda la instalación de cortafuegos según lo establecido en la Norma ASTM E814, donde se incluye el uso de lana mineral de alta densidad, paneles y sellos resistentes al fuego.

Por otro lado, para que el cerramiento vidriado pueda ser considerado como resistente al paso del fuego, dicha condición debe ser satisfecha por el sistema en su conjunto, tanto por la estructura (acero, aluminio), cristal y anclajes, como por el sellado.

Los cristales laminados, fijados con selladores adecuados han probado una excelente performance frente a estos requerimientos.

En estas aplicaciones es muy importante seleccionar un material que posea una alta resistencia a la tracción, así como una alta resistencia al desgarro a fin de evitar que durante la rotura del cristal se corte el sellador.

Indiscutiblemente, el material deberá tener una gran durabilidad a fin de asegurar la misma performance en el futuro. Por ello es más utilizado el cristal de seguridad y los laminados. Para determinar la causa de la fractura de un cristal se debe examinar la morfología de las nuevas superficies originadas por la fractura, la forma de propagación y sus bifurcaciones.

Las líneas de fractura permiten determinar visualmente el sentido de propagación y su punto de origen. La propagación sigue las siguientes reglas:

- a) La dirección de propagación es siempre perpendicular a la dirección del esfuerzo de tracción.
- b) Cuando más rápida es la aplicación del esfuerzo, más recta es la propagación, teniendo tendencia a curvarse para bajas velocidades de propagación y para el caso de aplicación lenta y gradual del esfuerzo.
- c) Si la energía aplicada es elevada, la fractura se bifurca en forma simétrica. Si hay tensiones presentes las bifurcaciones se producirán según la distribución de las mismas. En el caso de esfuerzos elevados, el ángulo de una bifurcación simple, en ausencia de tensiones, es de 45° . Si hay tensión el ángulo será mayor y si hay compresión, el ángulo será menor.

b) *Stress térmico*

Éste se produce por diferencias de temperatura que afectan el cristal. Si se calienta una parte y se mantiene fría otra, esta se va a dilatar produciendo tensiones internas lo que finalmente rompe el cristal. Estas diferencias se pueden producir por:

- Conos de sombra sobre la superficie.
- Orientación de la fachada.
- Posición de los cristales
- Factores interiores tales como: aire acondicionado, protecciones solares interiores, mala aislamiento de la zona de antepecho.
- Tipo de bastidor y su aislamiento del cristal.
- Tipo de cristal.
- Estado de los bordes.

Un cristal recocido (sin proceso térmico) es capaz de resistir diferencias de T° en su masa de no más de entre 25 a 40 $^{\circ}\text{C}$.

En caso de que se detecte que el cristal puede sufrir rotura por stress térmico es conveniente temoendurecer o templar el cristal pues su resistencia a las diferencias de temperatura se eleva a los 200 $^{\circ}\text{C}$. La rotura por stress térmico se produce sólo de esta manera.

c) *Durabilidad*

Para asegurar la durabilidad de la fachada, la empresa proveedora debe suministrar un manual o un plan de mantenimiento preventivo.

d) Equipotencialidad

Cuando específicamente se requiera, los componentes metálicos del muro cortina deben estar mecánicamente ligados entre sí y a la estructura del edificio, para proporcionar una conexión equipotencial con el circuito de toma de tierra del edificio, evitándose así la acumulación de electricidad estática o contactos accidentales con corrientes eléctricas. Se trata de un requisito para todo tipo de fachada con partes metálicas instaladas en edificios de una altura superior a 25m, según lo establece la norma española UNE-EN 13830 "Fachadas ligeras, Norma de producto".

La resistencia eléctrica de la conexión del muro no debe sobrepasar los 10Ω cuando se ensaya de acuerdo a lo establecido en dicha norma.

2.3 Requisitos específicos de los materiales

2.3.1 ELEMENTOS RESISTENTES (ESTRUCTURALES)

a) Propiedades de los perfiles

Las aleaciones y temple comúnmente utilizados de aluminio extruído para perfiles y elementos de la estructura de fachadas son AA 6063 T5, AA 6063 T6, AA 6060 y AA 6061, en donde:

T5	se refiere al proceso de enfriamiento a la salida de prensa y envejecimiento artificial
T6	es el tratamiento en soluciones y enfriamiento a la salida de prensa y envejecimiento artificial

TABLA 17: Composición química aleación AA 6063 T5, NCh 523

Composición química AA 6063 T5		
Elemento	Símbolo	Cantidad, %
Magnesio	Mg	0.45 – 0.90
Silicio	Si	0.20 - 0.35
Fierro	Fe	> 0.35
Aluminio	Al	resto

TABLA 20: Terminaciones anodizadas

Terminación anodizada		
Ubicación	Color anodizado	Espesor anodizado (micras)
Zonas alejadas de la costa marítima	Color mate	10 ± 2
	Color titanio, champagne, bronce y/o negro	15 ± 2
Zonas cercanas a la costa marítima	Color mate	15 promedio min.
	Color titanio, champagne, bronce y/o negro	18 promedio min.

Los perfiles anodizados, deben obedecer a las siguientes normas internacionales:

ASTM B244	Espesor y calidad capa anódica
ISO 2143	Pérdida capacidad absorbente
ISO 3210	Pérdida de peso de la capa anódica

- La tolerancia del espesor del anodizado debe ser ± 2 micras de los valores especificados en la norma ASTM B 244
- Para condiciones extremas de zonas muy agresivas, consultar a proveedores

Por otro lado, las superficies de los perfiles acabadas con pintura electroestática deben ser de tono parejo y controlado según las normas:

ASTM B449	Preparación superficie
ASTM B244	Espesor capa pintura
ASTM D3363	Dureza capa pintura
ASTM D3359	Adherencia capa pintura

Los valores recomendados son para el proceso de pintado de blanco y de color

Para proceso de color blanco	50 micras promedio min.
Para proceso de color	50 micras promedio min.

TABLA 21: Requisitos perfiles electropintados

Requisitos para los perfiles electropintados			
Ensayos	Norma	Valor	Unidad
Espesor de película	ISO 2360	40 – 120	Micras
Resistencia a la corrosión niebla salina	NCh 904	1000	h
Ensayo a la humedad cíclica	BS 3900 F2	1000	h
Inmersión en agua 25°	ISO 3210	1000	h
Ensayo de resistencia al rallado	ISO 2815	4000	g
Brillo nivel 60°	ISO 2813	± 5	Valor indicado
Ensayo de adherencia	ISO 2409	0	GT
Ensayo Xeno Test	ISO 105	1000	h

Rango de colores

Según el proceso de anodizado, la superficie de aluminio presenta porosidades que se aprovecha para la coloración del perfil de acuerdo a las especificaciones de éste. La coloración se obtiene con el depósito de estaño metálico al interior del poro con lo cual se consigue el efecto óptico de la coloración. A mayor nivel de llenado el perfil es más oscuro. Para todos los tonos anodizados, no existe “un único color” sino un rango entre el tono mayor y el tono menor, excluido el plata mate que solo tiene un color. Este rango es acordado con el proveedor de acuerdo a consideraciones arquitectónicas y ambientales.

Se debe considerar que es posible que los colores de dos objetos pintados pueden ser similares al ser observados con una luz determinada, pero apreciarse como diferentes bajo otra luz distinta. (nota: en estricto rigor dos colores son iguales cuando las curvas espectrales son iguales, las cuales pueden ser consideradas como “huellas digitales” de cada color).

En algunas situaciones muy críticas es posible hacer un trabajo previo de “empate” de colores, es decir, emplear perfiles de tono oscuro con otros perfiles de tono oscuro (idem para tonos claros), así se evitaría que se fabriquen elementos de tonos muy disímiles y que se produzcan diferencias desagradables a la vista.

Control dimensional

Con respecto a las tolerancias en las dimensiones y geometrías de los perfiles se deben aplicar las normas Copant, las cuales determinan las tolerancias para productos extruídos de aluminio.

En general, las tolerancias posibles de lograr varían en las décimas de milímetros. Sin embargo, en casos críticos, puede corregirse una excesiva tolerancia geométrica usando una máquina llamada rectificadora.

Ensayos

Es necesario verificar que la superficie tratada tenga los poros sellados, para lo cual se debe someter al ensayo de absorción de colorantes según la norma ISO 2143: 1981. Finalizado el ensayo, el perfil no debe presentar coloración visible en el área ensayada.

Además, los perfiles destinados a ser utilizados en zonas costeras deben ser sometidos al ensayo de oxidación en cámara de niebla salina (NCh 904) a $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 500h controladas cada 50 h de exposición. El resultado de esta prueba no debe presentar indicios de corrosión.

2.3.3 ELEMENTOS DE CERRAMIENTO

2.3.3.1 Cristales

El cristal es un material duro, frágil y transparente. A pesar de comportarse como sólido, es un líquido sobreenfriado, amorfo (sin estructura cristalina). El cristal ordinario se obtiene por fusión a unos 1.250°C de arena de sílice (SiO_2), carbonato sódico (Na_2CO_3) y caliza (CaCO_3).

a) Cristal Monolítico

Obtenido por estirado del material en estado fluido, siendo actualmente el más económico y corriente en muros cortina. El cristal monolítico claro, teñido y cubierto puede ser usado para SSG, siempre y cuando el cristal se diseñe para soportar, cargas de viento, tensiones generadas por diferencias de temperatura y exigencias que correspondan.

b) Cristal Laminado

Definido por su desempeño como un cristal de seguridad y protección, el cristal laminado está compuesto por dos o más láminas de cristal, unidas entre sí por una o más láminas

de polivinil butiral (PVB), las que poseen notables propiedades de adherencia, elasticidad y resistencia a la penetración y al corte. Variando el número y naturaleza de sus componentes, el cristal laminado brinda cualidades que van desde una seguridad simple hasta una protección antibala.

Las principales propiedades de un cristal laminado son las siguientes:

- En caso de rotura los trozos de cristal quedan adheridos a la lámina de PVB, impidiendo su desprendimiento y caída, y manteniendo el conjunto dentro del marco sin interrumpir el cerramiento, la visión, ni sus atributos de barrera contra la intemperie.
- Actúa como barrera de protección y retención ante el impacto de personas u objetos, evitando su traspaso y/o caída al vacío.

Debido a las propiedades de la lámina de PVB, el cristal laminado filtra hasta 99,5 % de la radiación ultravioleta incidente (Rayos UV), los cuales provocan la mayoría de la decoloración de muebles, cortinas y alfombras.

c) *Cristal de Antepecho*

Un adhesivo aplicado como una película plástica o una capa de silicona. El proveedor del sellante debe proporcionar la limpieza específica, y si es requerido, las recomendaciones de cómo preparar las áreas de contacto del cristal con el sellante antes de limpiar el cristal y los usos que se le deben dar al sellante estructural.

d) *Cristal float*

Inventado por Pilkington en 1959, la fabricación de vidrio plano mediante el proceso Float consiste en una lámina de vidrio en estado de fusión que flota a lo largo de una superficie de estaño líquido. En el baño "Float" la masa vítrea permanece confinada en un medio cuya atmósfera es químicamente controlada, a una temperatura lo suficientemente alta y durante un tiempo lo suficientemente prolongado para eliminar irregularidades y nivelar sus superficies hasta tornarlas planas, paralelas y brillantes, pulidas a fuego. Debido a que la superficie del estaño es plana, la del cristal así obtenido también lo es. La lámina es

enfriada lentamente mientras sigue flotando sobre el estaño, hasta que con sus superficies lo suficientemente endurecidas, emerge del mismo y continúa avanzando sobre rodillos, sin que éstos afecten su cara inferior.

d) Selección de Cristales

Cuando en la selección de un cristal sólo se tienen en cuenta sus características "visibles" como el color, las dimensiones y el espesor, se corre el riesgo de cometer errores que pueden tener como consecuencia un desempeño poco satisfactorio.

De las adecuadas características y propiedades de un cristal para un edificio, depende en gran medida la obtención de los niveles deseados de confort interior.

De igual modo, una decisión acertada, junto con un adecuado diseño y una correcta forma de montaje, permitirán obtener niveles racionales de consumo de energía, con menores costos de operación y mantenimiento, promoviendo simultáneamente la preservación sustentable del medio ambiente.

Se debe evaluar simultáneamente el diseño y el destino del edificio en el marco de los factores definidos por el lugar de emplazamiento del mismo.

La orientación de sus fachadas respecto del asoleamiento, el clima y las temperaturas del sitio, la presión esperada del viento, régimen de lluvias o nevadas y la altura del edificio, son parámetros que de por sí ya definen algunas de las características y propiedades que debe reunir el cristal.

De igual modo, el medio ambiente urbano lleva a considerar la intensidad sonora del lugar y evaluar cuál debe ser la capacidad de atenuación de ruido que deberá presentar una abertura.

Así, la elección correcta de un cristal, requiere considerar una serie de características diferentes, evaluando por lo menos los siguientes aspectos:

- Color y aspecto
- Transparencia, translucidez y opacidad

- Transmisión de luz visible
- Transmisión de calor solar radiante
- Aislación térmica
- Aislación acústica
- Resistencia
- Flexión bajo cargas dinámicas
- Espesor adecuado
- Cumplimiento de criterios de seguridad

Se debe tomar en cuenta que el color que se ve, depende de varios factores:

- Color aparente del objeto emisor: el cual depende del color del cristal, espesor del cristal y tipo de recubrimiento reflectivo.
- Condiciones ambientales que lo rodean: el color de la luz incidente (mediodía, amanecer, atardecer).
- Color de los objetos que se ven a través del cristal (cortinas, aislaciones, etc.).
- Sensibilidad del sensor: el ojo humano, cámara fotográfica, etc.

e) *Transparencia, traslucidez y opacidad*

De acuerdo a los requerimientos de diseño, el cristal puede satisfacer, según su tipo, diferentes grados de transparencia que van desde la visión total a distintos grados de traslucidez o cristales opacos que impiden la visión y el paso de la luz.

Cuando se desea visión total el Float transparente, incoloro o de color, satisface dicha función posibilitando una visión libre de distorsión óptica.

En los cristales reflectantes la visión usualmente unidireccional, se produce por la diferencia en la intensidad del nivel de iluminación a ambos lados del cristal. La faz iluminada con más intensidad se torna un espejo.

Durante el día este fenómeno impide la visión hacia el interior de un edificio. Durante la noche el efecto es inverso, siendo difícil, con la luz artificial encendida, observar hacia el exterior. En esta situación lo que sucede en el interior puede ser observado desde el exterior del edificio.

Diferentes grados de privacidad visual, sin sacrificar el paso de la luz natural o artificial, pueden obtenerse empleando cristales impresos traslúcidos. El grado de traslucidez depende de las características, densidad y profundidad del dibujo grabado en una de sus caras del cristal, incoloro o de color.

La serigrafía constituye otra alternativa, que, según su diseño, permite una amplia gama de posibilidades para filtrar el paso de la luz y la visión.

Los cristales esmerilados u opacos, mediante diferentes procesos, constituyen otra variante para modificar la transparencia del cristal.

f) *Transmisión de luz visible*

El nivel de iluminación natural en el interior de un edificio depende de esta característica. Se debe tener en cuenta que a mayor control solar menos transmisión de luz, si se desea un nivel natural elevado y simultáneamente propiedades de control solar, el Float coloreado en su masa de color verde brinda un elevado porcentaje de transmisión de luz visible aportando, al mismo tiempo, un control de la radiación solar equivalente al que se obtiene empleando Float gris o bronce del mismo espesor.

Debe observarse que el color del Float coloreado en su masa varía de acuerdo con su espesor, y a medida que éste aumenta disminuye la cantidad de luz visible transmitida.

Cuando distintos cristales se aplican en unidades de color hermético, DVH, las diferentes combinaciones harán variar el color, el aspecto y la cantidad de luz transmitida como así también las propiedades que se analizan más adelante. Variar el espesor de cristales de color en una fachada producirá una variación de su aspecto, apreciado tanto desde el interior como desde el exterior.

g) *Transmisión de calor solar radiante*

Para evaluar la cantidad de energía solar radiante admitida a través de una abertura vidriada, se tiene el coeficiente de sombra que compara al cristal objeto de análisis con respecto a un cristal transparente incoloro de 3 mm de espesor. Los coeficientes de sombra bajos reducen la ganancia de calor solar y permiten disminuir los costos del aire acondicionado.

Con el empleo de Float de color (con un coeficiente de sombra del orden del 0,60) pueden duplicarse las superficies vidriadas debido a su menor ganancia solar pasiva equivalente.

Los cristales coloreados en su masa, también denominados absorbentes de calor, determinan la cantidad de calor que es detenido por absorción en la masa del cristal. La absorción de calor eleva la temperatura del cristal, y cuando ésta es excesiva puede, en determinadas situaciones, causar la fractura de un cristal recocido.

Los cristales reflectantes también absorben calor, hecho que no puede ser ignorado. En dichas situaciones deberán adoptarse los reparos necesarios, verificando el estado y situación de sus bordes y/o aumentando la resistencia a la tracción templando el cristal.

h) *Aislación térmica*

El coeficiente de transmitancia térmica U (W/m^2K), expresa la aislación que ofrece el cristal al paso del calor que, por conducción y convección superficial, fluye a través de su masa. Medido como la diferencia de temperatura aire/aire, a ambos lados del cristal, su valor no varía en forma apreciable con el espesor del cristal pues éste siempre tiene una magnitud relativamente pequeña si la comparamos con los espesores de otros materiales de construcción.

El coeficiente 'K' de un cristal, incoloro, de color o reflectante, entre 4 y 10 mm de espesor es del orden de $5,7 W/m^2 K$.

Cuando se emplean dos hojas de cristal separadas con una cámara de aire, quieto y seco, con un espesor entre 6 y 12 mm, la resistencia térmica que ofrece el aire en dichas condiciones, hace que el valor K sea del orden de $2,9 W/m^2 K$.

Una unidad de doble vidriado hermético (DVH), permite reducir en un 50% las pérdidas y/o ganancias del calor producido por los sistemas de calefacción y/o el admitido por radiación solar a través de las ventanas.

Asimismo, reduce las corrientes convectivas del aire junto a la ventana y la posibilidad de empañado de los cristales por condensación de humedad.

Desde el punto de vista del confort térmico, un DVH elimina la sensación de 'muro frío' pues la temperatura de la superficie del cristal interior es cercana a la del ambiente.

Su aplicación permite disminuir la necesidad de calefacción reduciendo el consumo de energía y los costos de operación del edificio.

i) Aislación acústica

La contaminación acústica es un problema creciente en las ciudades y es una de las causas más importantes de estrés, fatiga física y mental de las personas.

Por efecto de masa, un cristal grueso presenta un índice de aislación acústica mayor que uno de poco espesor. El Float de mayor espesor es muy efectivo para aislar el ruido del tránsito de automóviles, caracterizado por presentar una baja frecuencia promedio.

El Float laminado con PVB, empleando cristales de espesor menor, es eficaz para aislar frecuencias más altas, características de la voz y conversación humana.

Combinando Float de mayor espesor y láminas gruesas de polivinil de butiral (PVB se obtiene una combinación de ambas variantes.

No obstante, ciertos ruidos como los producidos por las aspas de un helicóptero, de muy baja frecuencia requieren soluciones más sofisticadas para alcanzar los niveles de aislación deseados.

La interposición de una cámara de aire contribuye a incrementar la capacidad de aislación sólo cuando su espesor es del orden de 50 a 200 mm.

En unidades de DVH con cámaras de 6 a 12 mm de espesor, para lograr niveles de aislación acústica superiores a 30 (dB) deberá emplearse Float grueso y/o laminado con PVB en su composición.

Siempre debe tenerse presente que el valor final de aislación acústica de una abertura depende también de su cierre hermético al paso del aire.

En obras de reemplazo de cristales y/o renovación de aberturas, con exigencias de aislación contra el ruido, deberá tenerse en cuenta que para que el usuario perciba una mejora respecto de la situación anterior, el incremento de aislación acústica deberá ser no menor de 5 a 7 dB.

En casos de áreas muy ruidosas, el nivel de aislación deberá ser mayor para alcanzar el confort acústico deseado.

j) Resistencia

Según su función, el cristal debe hacer frente a una serie de esfuerzos y solicitaciones mecánicas. Por lo tanto, definir su espesor, tipo y sistema de sujeción en una carpintería o abertura requiere analizar una serie de factores, a menudo interrelacionados entre sí.

La presión del viento es una de las principales solicitaciones a las que es sometido un cristal. La Norma NCh 135: 1, 2 y 3 indica el método de cálculo del espesor conveniente para cristales, soportados en sus 4 bordes, sometidos a presión por carga del viento.

Templando una hoja de Float se cuadruplica su resistencia. No obstante, cuando es sometido a esfuerzos de larga duración, su resistencia, por efecto de fatiga, puede disminuir a la mitad. Ejemplos de ello pueden ser los cristales de observación subacuática en grandes acuarios, techos vidriados con acumulación de nieve y los cristales sometidos a esfuerzos de corta duración como el producido por ráfagas de viento huracanado.

El Float laminado, cuando es sometido a esfuerzos de corta duración a temperatura ambiente, tiene la misma resistencia que el Float monolítico de espesor equivalente, pero se va a trizar y no quebrar.

Un DVH simétrico, con ambos cristales del mismo tipo y espesor, es casi el doble de resistente a la presión del viento que un cristal sólo del espesor considerado.

Por estas razones, una buena práctica de diseño siempre debe considerar la posibilidad de rotura y la de sus consecuencias. El cristal termoendurecido se rompe en grandes trozos sin aristas filosas, permaneciendo la mayor parte de las piezas adheridas al marco. El cristal templado lo hace en forma segura desgranándose en pequeños trozos sin aristas cortantes.

El cristal laminado con PVB ofrece una elevada resistencia a la penetración. En caso de rotura los trozos de cristal quedan adheridos al polivinil, impidiendo su caída y manteniendo el conjunto dentro del marco, sin interrumpir el cerramiento ni la visión.

k) Flexión bajo cargas dinámicas

Un vidriado vertical, soportado en sus cuatro bordes, usualmente presenta una flexión bajo carga muy pequeña. Duplicando la carga la deflexión no aumentará al doble. En cristales de grandes dimensiones su espesor puede ser calculado de acuerdo con una flexión admitida antes de que la rotura se manifieste.

Debe recordarse que a igual espesor de cristal recocido, laminado o templado, a temperatura ambiente, todos se flexionarán del mismo modo.

Un paño de cristal sujeto sólo en dos bordes paralelos, respecto de otro de iguales dimensiones sujeto en todo su perímetro, siempre debe tener el espesor mayor necesario para mantener un grado de flexión admisible frente a las cargas del viento. Cuando las dimensiones de sus lados sin soportar son considerables, debe recurrirse al empleo de contravientos.

Los cristales en techos o aplicados en forma inclinada deben tener en cuenta el peso propio del cristal junto con las demás sollicitaciones a las que es sometido.

l) *Espesor adecuado*

En su definición intervienen gran parte de los aspectos ya enumerados. De la evaluación del espesor de un cristal, incoloro o de color, dependen no sólo su resistencia sino también otras prestaciones esperadas por su aplicación, como por ejemplo: el aspecto, la transmisión de luz visible, su coeficiente de sombra y su capacidad de aislación térmica.

Ante dudas en adoptar determinado espesor para soportar la presión del viento u otros esfuerzos semejantes, siempre se aconseja adoptar el espesor mayor.

m) *Cumplimiento de criterios de seguridad*

Se dice que un cristal es seguro cuando no se rompe o si se rompe lo hace en forma segura para las personas. Obviamente el concepto de seguridad está relacionado directamente con el riesgo que se considera. Si el riesgo es de caída o de paso a través del cristal, existen los cristales laminados que eliminan totalmente ese riesgo. El cristal laminado tiene la propiedad de que una vez roto permanece en su lugar sin caer y sin dejar pasar a través del mismo. Un ejemplo muy claro de esto lo constituyen los parabrisas de los automóviles. Hoy en día todos los parabrisas se fabrican con cristal laminado por los riesgos de impactos y de caída en caso de rotura del parabrisas.

Si el riesgo es de astillas que puedan lastimar, los cristales son tratados térmicamente con lo cual se aumenta su resistencia en casi cuatro veces y además si se rompe lo hace en pequeñas fracciones de no más de 7 mm inofensivas. Prácticamente cualquier tipo de cristal se puede laminar y/o templar.

En los muro cortinas ocupando cristales como elemento de cerramiento de piso a cielo es muy recomendable que los cristales interiores sean laminados para evitar el riesgo de traspaso y/o caída de objetos o personas.”

En los cristales instalados en altura, es muy recomendable ocupar cristales termoendurecidos o laminados como cristales exteriores para evitar la caída de fragmentos en caso de quiebre accidental.

USO EN	Laminado	Templado	Termoendurecido	Crudo
Lucarnas	Imprescindible	No recomendable	No recomendable	No recomendable
Puertas	Recomendable	Recomendable	No recomendable	No recomendable
Vitrinas	Recomendable	Recomendable	No recomendable	No recomendable
Cristales en altura	Recomendable	No recomendable	Recomendable	No recomendable
Cristales en pisos bajos	Recomendable	Recomendable	Recomendable	Aceptable

2.3.3.2 Elementos de fijación

a) Anclajes

Los anclajes son una de las partes más importantes del muro cortina, por lo cual se debe revisar cuidadosamente cada uno de los requisitos que deben cumplir:

- **Resistencia:** Los anclajes deben soportar tanto el peso propio de los paneles, como las cargas de viento y sismo.
- **Ajustabilidad:** Deben ser ajustables en los tres sentidos (arriba-abajo, adelante-atrás, derecha-izquierda).
- **Movilidad:** Los anclajes deben permitir, cuando sea necesario, desplazamientos de la estructura secundaria por dilatación térmica o movimientos sísmicos.
- **Facilidad de montaje:** Deben permitir una instalación rápida desde el interior del edificio. Los anclajes, para el caso de soportar una estructura secundaria, deberán dejar una huelga de 10 a 15 cm con respecto al borde de la losa, para facilitar la instalación de los paneles desde el interior.
- **Resistencia al fuego:** en caso de incendio los anclajes deben evitar la caída de los paneles.
- **Facilidad de reposición:** deben permitir desmontar cualquier panel.

Referente a lo anterior, el sistema de anclaje se debe acomodar a las tolerancias que la estructura del edificio tiene y que los elementos del muro cortina tiene una vez fabricados; debe ser instalado para proveer un adecuado espacio libre entre unidades de muro para absorber cambios de temperatura y movimientos del edificio; debe transmitir cargas de viento a la estructura, soportar cargas muertas y resistir otras cargas a que puedan estar sometidos.

Las condiciones de carga y movimiento a que un sistema de anclaje está sometido son:

- | | |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Cargas muertas | <input type="checkbox"/> Cargas puntuales misceláneas: |
| <input type="checkbox"/> Cargas de viento | <input type="checkbox"/> Sistema limpia fachadas o balanceo |
| <input type="checkbox"/> Fuerzas de sismo | <input type="checkbox"/> Letreros |
| <input type="checkbox"/> Movimientos térmicos | <input type="checkbox"/> Otros |
| <input type="checkbox"/> Movimientos de edificio | |

b) Anclaje de carga muerta

El anclaje de carga muerta es un anclaje fijo que está firmemente unido tanto al muro como a la estructura del edificio, actuando como una conexión articulada. Está diseñado para resistir cargas aplicadas en una dirección. Esto incluye la carga muerta de la unidad de muro, cargas producidas interior y exteriormente por el viento, las cargas actuando en una dirección que pueden ser causadas por fuerzas sísmicas y cualquier carga miscelánea que el anclaje pueda sujetar. Este anclaje puede instalarse en cada piso dependiendo de las consideraciones de diseño. Pueden ubicarse al inicio, al término o, en el caso de mullions separados dos pisos en el punto medio del mullion.

c) Anclajes de carga de viento

El trabajo principal de un anclaje de carga de viento, que puede ser referido a un anclaje móvil, es restringir el movimiento normal al plano del sistema de muro debidas a las cargas de viento positivas y negativas. Para un correcto funcionamiento, debe permitir movimientos térmicos, deflexiones relativas piso a piso, oscilaciones del edificio, movimientos sísmicos y movimientos en el plano del muro debido a cualquier otra fuerza que pueda actuar.

En el sistema stick, cuando los paneles y cristales son insertados entre los mullions fijos, los anclajes de carga de viento son diseñados para permitir el movimiento vertical del mullion, relativo a la estructura del edificio. Uno de los métodos generalmente aceptados de unión mullion-anclaje de carga de viento es por apernado, lo cual permite el movimiento vertical.

d) *Sello estructural*

La silicona estructural es de alta resistencia y módulo alto, con capacidad de movimiento +/- 12,5%. En esta aplicación, la silicona es utilizada para retener los paneles de cristal al edificio. El sellador debe ser lo suficientemente resistente como para transferir la carga de viento a la estructura, sin una deformación excesiva, y a la vez con la suficiente flexibilidad a fin de adaptarse a la expansión térmica entre el cristal y el aluminio.

Los selladores de silicona son virtualmente inalterables ante la luz UV, el frío y el calor. Por lo tanto, sólo las siliconas pueden garantizar una prolongada vida útil.

Las siliconas que pueden ser usadas para aplicaciones estructurales deben cumplir con la norma técnica ASTM C1184 ("A structural sealant for SSG / structural sealant glazing application"). De acuerdo a esta norma, para los fines del cálculo, la industria adoptó para los selladores estructurales de silicona una resistencia de diseño de 20 psi, en todas sus aplicaciones, tanto en los sistemas de 2 como de 4 caras y siempre se deberán utilizar selladores estructurales de cura neutra certificados por su fabricante para aplicaciones de sellado estructural.

Desde el punto de vista de la instalación del producto, el sellador retiene al cristal contra los mullions de la fachada. En cuanto a las condiciones del diseño de la junta estructural, obviamente, la junta debe ser accesible, a fin de instalar el sellador. Es necesario precisar que el aluminio crudo no es una superficie aceptable para vidrioado estructural, debido a temas relativos a la adherencia y a la durabilidad superficial.

El ancho de contacto con el cristal y con el aluminio, debe ser como mínimo igual al espesor de la línea de pegado y menor que 3 veces dicho espesor. El ancho requerido para sostener el cristal depende de las dimensiones del cristal y de la carga de viento de diseño para el edificio en particular.

El ancho de contacto del cordón de silicona puede ser calculado usando la fórmula siguiente:

$$b = \frac{P_v(\text{kg/m}^2) \times l_c(\text{mm})}{14000(\text{kg/m}^2)}$$

Ancho de contacto requerido ≥ 6 mm

P_v	Carga (s) de Viento de diseño (kg/m^2)
T_{ADM}	Tensión de cálculo = 20 psi = 14.000 (kg/m^2)
l_c	mayor lado menor panel (mm)
b	bite Ancho contacto (mm)

También se debe verificar que:

El espesor mínimo de la línea de pegado, es decir la distancia entre el cristal y el mullion, para todos los sellos estructurales debe ser como mínimo 6mm (1/4").

Esto es necesario para absorber los movimientos en el plano, usualmente impuestos sobre el sellador por las dilataciones y contracciones del cristal debido a los cambios de temperatura. Pero también pueden ser generados por movimientos del edificio, entre otras solicitaciones presentes.

Se debe usar calzos para proveer apoyo completo al cristal interior y al menos al 50% del cristal exterior (en caso de Dvh). Calzos de un material diferente de la silicona (como por ejemplo: Epdm, Neoprene, Santoprene, etc.) requieren de un ensayo de laboratorio para confirmar su compatibilidad con la silicona.

Se deben tomar todas las medidas para prevenir la acumulación de agua en la interfaz entre la silicona estructural y el sustrato al cual está adherido. Muchos sistemas usan desagües o calzos especialmente diseñados para permitir que el agua y el vapor puedan ser evacuados fácilmente del sistema.

Todos los materiales que intervienen en la fabricación del muro cortina (perfiles en contacto con el sellador, cristales, Dvh, cinta estructural, calzos, burletes, cordón de respaldo) deben ser sometidos a ensayos de adhesión y compatibilidad en el laboratorio técnico del proveedor de sellos.

Durante la aplicación del sello se deberá ejecutar una limpieza previa adecuada de todos los sustratos, a objeto de eliminar contaminantes, polvos o partículas sueltas de fácil limpieza y aceites o lubricantes que requieren limpiezas con agentes más agresivos.

En la etapa de instalación se deberán seguir todas las recomendaciones de buenas prácticas entregadas por la industria de muros cortina, con particular énfasis en lo referido a las condiciones de fraguado del sellador y a las temperaturas de aplicación del sello.

Otras aplicaciones de silicona estructural incluyen los vidriados inclinados, revestimientos y los sistemas de muro de presión equalizada. La construcción de muros inclinados esta cada vez más generalizada. El vidriado de silicona estructural es ideal para estas aplicaciones dado que permite un escurrido limpio y sin obstrucciones del agua. Las siliconas también han sido ampliamente utilizadas para adherir otros materiales distintos del cristal como piedra, o paneles de aluminio, simplificando los sistemas constructivos

e) Utilización de los Selladores de Silicona en Doble Vidriado Hermético.

Una gran variedad de materiales han sido utilizados para doble vidriado hermético. En esta aplicación, los selladores cumplen con dos funciones:

- Retener los paños de cristal entre sí.
- Evitar el ingreso de humedad al interior de la cámara.

Las siliconas poseen una alta transmisión de vapor de agua y por lo tanto, sólo deben ser usadas en unidades de doble sello, según la norma ASTM C 1249-93 (00) se debe utilizar silicona neutra estructural.

f) Principales fallas de sellos

Por otro lado es necesario conocer cuales son las fallas típicas de los sellos, éstas son:

- **Pérdida de adhesión:** Es la falla del sellador para adherir a lo largo de la línea de adhesión de la superficie a la cual está conectada. Las posibles causas de este tipo de falla son:
 - Movimiento de la junta que excede la capacidad de movimiento del sellado
 - Preparación inadecuada del sustrato
 - Configuración incorrecta del cordón del sello

- **Falla cohesiva:** Ocurre cuando la masa del sellador falla desgarrándose. La falla cohesiva puede adquirir la forma de fracturas y/o desgarros en los sentidos verticales y longitudinales. Las causas más usuales de este tipo de fallas son:
 - Selección incorrecta del sellador
 - Mezclado inadecuado de los selladores multi – componentes
 - Burbujas de aire provenientes del proceso de mezclado
 - Configuración incorrecta del cordón del sello

- **Falla del sustrato:** No es una falla del sellador mismo, sino que de la superficie a la cual el sellador está conectado. La falla de sustrato se debe en general a la preparación inadecuada del sustrato.

g) Sello Climático

Existen muchos puntos en los cerramientos donde el sistema debe ser sellado a fin de evitar la infiltración de agua. Los sellos climáticos incluyen: las juntas de expansión, las a tope, las de estanquidad y las de reparación. En otras palabras, cualquier aplicación en donde se encuentren dos componentes y se requiera de un sello para evitar el ingreso de agua o aire a través de los intersticios, absorbiendo los movimientos diferenciales.

Recomendaciones generales para Sellos Climáticos:

- Ancho de la junta de tope debe ser al menos 2 veces el movimiento esperado en tracción o compresión en la junta (para selladores con capacidad de movimiento mayor o igual al 50% según Ensayo ASTM D-412)
- El ancho de junta mínimo recomendado es 6 mm (1/4") en muchos casos es para asegurar una buena limpieza previa y una adecuada penetración y espatulado del sello.
- Profundidad de Sello (medido sobre la corona del cordón de respaldo) es mínimo 3 mm (1/8") hasta un máximo de 12 mm (1/2').
- La razón ancho – profundidad del cordón de sello para juntas dinámicas debe ser de 2:1.
- Las juntas dinámicas necesitan que se considere el uso de ruptores de adhesión o backer rods (cordones de respaldo) para prevenir la adhesión en 3 lados, cuando el movimiento excede $\pm 15\%$. Si no puede utilizarse un cordón de respaldo, puede emplearse una cinta de ruptura de adherencia.
- El contacto o 'bite' (mordida) del sellador en cualquier sustrato deber ser de un mínimo de 6mm (1/4").
- Los sellos deben aplicados y espatulados de modo de asegurar que el agua sea evacuada y alejada de la junta.

h) Burletes y Calzos

El burlete es un elemento extruído de plástico o de goma (sintética o natural) o cualquier material que se considere adecuado para los requerimientos de la obra, que cumple la función de asentar el cristal dentro del perfil. Además sella y absorbe los movimientos propios entre el cristal y los perfiles, ya sean de madera, PVC o aluminio, según las estructuras donde se utilicen.

Según la norma argentina IRAM 11539, los componentes de la fachada integral liviana, debe tener una vida útil mínima de 10 años.

Los calzos son aquellos elementos que permiten transmitir las cargas entre los cristales y la perfilaría de aluminio, especialmente peso propio.

En general los calzos deben ser de material compatible con los selladores y tener una dureza entre 85 y 95 shores A.



3. Consideraciones para la
fabricación del muro
cortina

3. CONSIDERACIONES PARA LA FABRICACIÓN DEL MURO CORTINA

3.1 Controles de los materiales y sistemas "frames" de un muro cortina en la fábrica

3.1.1 CONTROL DE MATERIALES

3.1.1.1 Recepción de perfiles

Los perfiles que se recepcionen deben ingresar a la fábrica con certificado emitido por el Departamento de Control de la Calidad de la empresa proveedora que asegure las actividades de control en las materias primas, el producto en proceso en sus distintas etapas y en el producto terminado. Todas estas certificaciones deben contar con la aprobación de algún laboratorio acreditado para dicha actividad.

El control y aprobación en su metrología, tratamiento térmico y composición química puede realizarse según las siguientes normas: COPANT y ALUMINUM ASSOCIATION (Standars and Data 1998) (Base ANSÍ H35.1 y ANSÍ H35.2 1997) y el muestreo e inspección según NCh 43 y NCh 44 (IN, NI=11, PS y AQL=4).

En el caso de los perfiles de Aluminio Anodizados debe considerarse:

- Espesor de la capa de anodizado según ASTM B244/ 97.
- Pérdida de absortividad de la capa de sellado según ISO 2143/ 81
- Pérdida de peso de la capa de anodizado según ISO 3210/ 83

En el caso de los perfiles de Aluminio Pintados debe considerarse:

- Espesor de la capa de pintura según ASTM B244/ 97.
- Dureza al lápiz de grafito de la capa de pintura según ASTM D3363. 2000
- Medición de la adherencia de la capa de pintura según ASTM D3359 1997

En la extrusión de los perfiles de aluminio se trabaja con tolerancias de varias décimas de milímetro. Algunos de los defectos superficiales que se pueden presentar son rayas longitudinales, vetas, desgarros, burbujas y otros microdefectos. Éstos deben ser minimizados en la superficie de perfiles terminados y controlados en la recepción del producto final.

En la recepción debe realizarse un muestreo al azar por tamaño de lote y de acuerdo a un AQL acordado previamente con el proveedor ($\leq 4\%$). Si hubiese fallas que sobrepasen este acuerdo, se debe revisar al 100 % del lote.

3.1.1.2 Recepción de cristales

Generalmente se revisa el proceso de acuerdo a la tabla Q3 de la norma ASTM C-1036 y como inspección de recepción se revisa de acuerdo a la guía de despacho contra el pedido realizado.

Si se trata de cristales templados se puede aplicar la tabla 2 de la norma ASTM C-1048 para la deformación máxima.

3.1.2 CONTROL DE SISTEMAS FABRICADOS

Fabricación sistemas modulados muro cortina

El proceso de fabricación de los módulos de muros cortinas consta de las siguientes actividades:

- Trazado
- Corte de perfiles
- Pantografiado
- Armado
- Acristalado (Corte del cristal, botado de canto, pulido, perforado, muescas para herrajes, esmerilado mecánico o químico, templado)
- Siliconado estructural
- Sellado climático

Siempre en cada etapa del proceso hay inspección, cumpliendo con el estándar fijado en los procedimientos e instrucciones de trabajo. Adicionalmente, se debe agregar los planos o detalles de fabricación cuando la complejidad del elemento lo amerite.

3.1.3 CONTROLES DEL SISTEMA

3.1.3.1 Control de calidad del producto

El producto terminado no cuenta actualmente con un proceso de control de calidad óptimo, ya que, sólo está referido a las piezas en particular y no a un control sistémico. Ello genera una situación de riesgo debido a que la combinación de estructuras y materiales de relleno y fijación, pueden cambiar su comportamiento cuando se someten a situaciones particulares que exigen de diferente rendimientos a cada material.

Actualmente la aplicación del proceso de certificación estándar ISO 9001, está referida a certificar un proceso de producción que puede significar la certificación del producto final. Para el caso de los sistemas vidriados esto resulta más acertado, porque le confiere mayor veracidad a la calidad final de un producto "compuesto" más que a la de materias primas.

Este sistema de certificación genera confianza respecto de la idoneidad del fabricante, oferente e instalador con su capacidad para el desarrollo de muros cortina, su especialización, demostrando su capacidad de diseño e ingeniería lo que no necesariamente implica una certificación del producto final.

3.1.3.2 Ensayos

El sistema de muro cortina puede ser ensayado como producto terminado en fábrica y controlado posteriormente en su proceso de instalación y terminación en la obra.

Los tres principales aspectos que deben ser verificados mediante ensayos son:

- Resistencia estructural del Muro Cortina bajo una carga de viento de diseño.
- Estanqueidad al agua.
- Hermeticidad al aire.

Los tres ensayos anteriores, pueden ser realizados mediante el método estático, por lo tanto, se procede a realizar primero la prueba estructural, luego la prueba de infiltración de aire y al final la prueba de penetración de agua.

Es muy importante que la muestra del sistema a ensayar reproduzca las mismas condiciones de instalación que se encontrarán en la obra.

Otros ensayos posibles de realizar son referentes a resistencia a la condensación, resistencia a la transmisión térmica, transmisión de sonido, resistencia al fuego, transmisión de vapor y el ensayo de resistencia a movimientos sísmicos.

a) *Ensayo comportamiento estructural bajo carga uniforme*

Este ensayo busca determinar el comportamiento estructural del muro cortina bajo cargas de viento, analizando la flexión y esbeltez de sus componentes. Es un ensayo utilizado a nivel internacional basado en la norma ASTM E330 "Standard test method for structural performance of exterior windows, curtain walls, and doors by uniform static air pressure difference". Su utilización se restringe para proyectos de gran envergadura que ameriten realizarlo.

b) *Ensayo de resistencia a la infiltración de aire*

El método utilizado para la determinación de la infiltración de aire es el denominado método estático según la norma ASTM E-283 "Test method for determining rate of air leakage Through exterior windows, curtain wall and doors under specified pressure differences across the specimen"

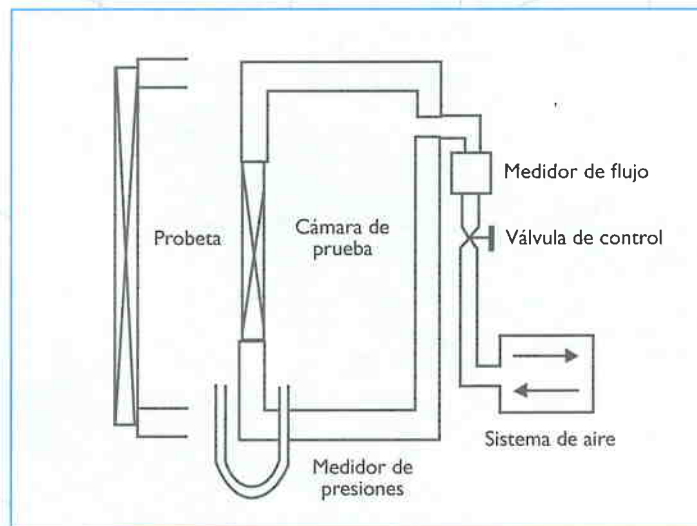


Fig 6. Disposición equipo de ensayo

Para su realización es necesario contar con equipos e instrumentos (cámara de prueba hermética, sistema de aire, instrumento de medición de presiones, sistema de medición de flujo de aire) que cumplan las especificaciones establecidas en la norma mencionada anteriormente.

- Antes de proceder a efectuar el ensayo se debe medir al menos dos veces la infiltración de aire que tiene la cámara de prueba.
- Una vez instalado y sellado el muro cortina a ensayar y medida la infiltración de aire de la cámara se procede de la siguiente manera:
- Cerrar la puerta de la cámara.
- Instalar manómetro para medir presión diferencial estática dentro de la cámara.
- Instalar en línea tubería con placa orificio, manómetro diferencial, válvula reguladora de flujo y aspiradora.
- Abrir casi completamente llave reguladora de flujo y poner en servicio aspiradora para producir depresión en el interior de la cámara.
- Esperar de 3 a 5 minutos para medir la diferencia de presión estática. En caso que sea menor al valor a medir, se debe cerrar en forma lenta la válvula reguladora de flujo hasta llegar al valor esperado, lo cual se debe verificar cada cierto tiempo que se mantenga sin variaciones.
- Alcanzado el régimen deseado se procede a controlarlo y mantenerlo por un tiempo de 15 minutos.

Al final del ensayo la diferencia de presión estática y la diferencia de presión de velocidad en la placa orificio, serán los valores de vacío a las que estuvo sometido el muro cortina y el caudal de infiltración de aire que este tiene.

La presión diferencial y la infiltración de aire se debe tomar de la recomendación de la norma AAMA 501-94 "Methods of test for exterior walls", la cual especifica una presión diferencial de 75α y un máximo aceptable de infiltración de aire de $0.0003\text{m}^3 / \text{s} / \text{m}^2$ para muros cortina de edificios.

c) Ensayos de resistencia a la penetración de agua

El objetivo de este ensayo es determinar la penetración de agua cuando el muro cortina está expuesto simultáneamente a fuertes vientos y agua en exceso.

Existen dos métodos utilizados para ensayar la resistencia a la penetración del agua:

- Método por diferencia de presión de aire estático.
- Método por presión dinámica.

c.1 Método por diferencia de presión de aire estático

El ensayo por diferencia de presión de aire estático está basado en la Norma ASTM E 331 "Test for water penetration of exterior windows, curtain walls and doors by uniform static air pressure difference".

Para la realización del ensayo es necesario contar con una cámara de prueba hermética, un generador de aire, un instrumento de medición de presiones y un sistema de inyección de agua, los cuales deben cumplir con los requisitos y especificaciones definidos en la norma ASTM E331.

Esta prueba se puede realizar inmediatamente después de terminada la de infiltración de aire. Una vez ajustada y sellada la probeta a la cámara, se coloca el sistema de toberas frente al elemento a probar y se inyecta agua por intermedio de la motobomba.

Después de 15 minutos se deberá medir la diferencia de presión estática y la presión de velocidad en la placa orificio, obteniéndose el vacío producido y el caudal de aire de infiltración en el muro cortina.

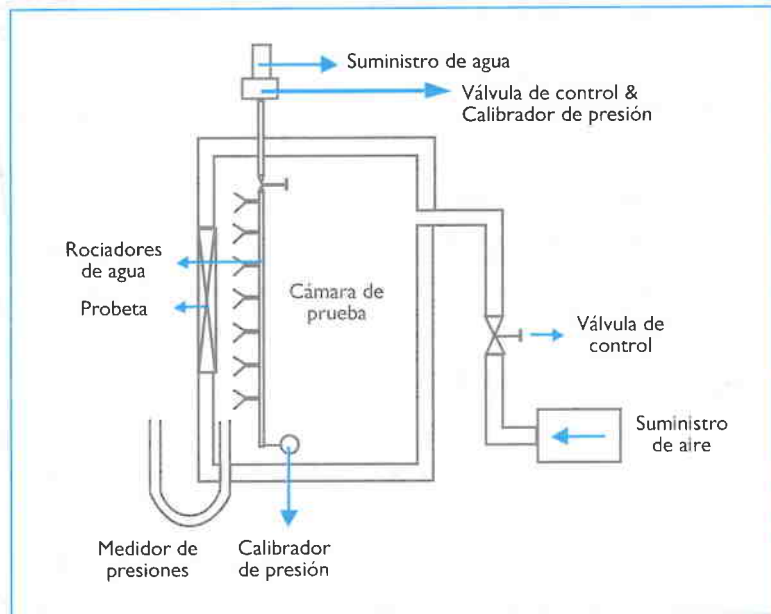


Fig 7. Disposición del aparato de ensayo

Medidos los valores antes mencionados se procede a detener la motobomba y la aspiradora para poder abrir la puerta de la cámara y proceder a verificar si hay derrame de agua hacia el interior.

La norma AAMA 501-94 "Methods of test for exterior walls" especifica que no debe existir penetración de agua cuando existe una presión igual al 20% sobre la presión de carga de diseño, con una presión mínima de viento de 299Pa y un máximo de 575Pa .

c.2 Método por presión dinámica

Este método es considerado como la mejor forma de representar el impacto causado por la combinación de ráfagas de viento y lluvias.

Los equipos e instrumentos utilizados para su realización son una cámara de prueba, un generador de aire, un instrumento de medición de presiones y un sistema de inyección de agua, los cuales debe cumplir los requerimientos y definidos en la norma ASTM E330 y E331.

Antes de iniciar el ensayo es necesario preparar la muestra o probeta y unirla a la cámara de mediante un sello impermeable por todo el perímetro. La cara exterior de la muestra que queda al aire es la que será sometida a una presión dinámica y a un flujo de agua continuo.

Específicamente, el agua debe ser aplicada en la razón de 5 gph (3.4 L/m²*min) por cada pie cuadrado de superficie de muro, de manera tal que la cara del muro esté cubierta continuamente. Al mismo tiempo se debe aplicar una presión dinámica puntual y mantenida por un período mínimo de 15 minutos, según lo establecido en la norma americana AAMA 501-94 "Methods of test for exterior walls"

Durante el período de prueba se debe medir y detectar la causa de infiltración de agua incontrolada que atraviesa la superficie. Las aguas incontroladas son aquellas que no se pueden drenar hacia el exterior y pueden ocasionar daño a los materiales. El agua que se encuentran en los drenajes no es considerada como agua infiltrada. Sin embargo, se establece un máximo de 15ml de agua en un período de prueba de 15 minutos, para ser considerado

3.1.4 CONTROL DE SISTEMAS DE VENTANAS Y PUERTAS

Los elementos fabricados como ventanas y puertas deben ingresar con certificación de fábrica que garantice el cumplimiento de éstas en los siguientes aspectos:

- Estanqueidad al aire y al agua, resistencia al viento, según NCh 888
- Fabricación y terminación de perfiles, según NCh 523
- Prueba de calidad del sellado
- Ensayo de exposición a ambientes salinos, según NCh 904

3.1.5.2 Ensayos a la aplicación

La compatibilidad química entre los materiales del muro cortina debe ser siempre investigada, por lo que es necesario realizar siempre ensayos de adhesión y compatibilidad entre la silicona establecida y los materiales que conformaran el muro cortina.

La preparación de las superficies de sellado y su limpieza es un factor crítico en el buen resultado de los sistemas de silicona estructural. Por ello resulta fundamental el análisis de los sustratos (perfiles, cristales, cintas, elementos de respaldo, etc.) antes de proceder a realizar los ensayos.

a) Ensayo de adhesión

El aspecto más crítico de un sistema de silicona estructural es la adhesión de la silicona como soporte primario de los cristales y paneles, y la posible incertidumbre acerca de su desempeño en el largo plazo.

Antes de partir con la fabricación del muro cortina, el proveedor de silicona debe determinar, a través de ensayos de laboratorio (ASTM C794 o C1135), si es necesario el uso de primer para asegurar la adhesión.

Método de Ensayo: Se realiza todos los días con el objetivo de verificar la adhesión que tiene la mezcla utilizada sobre los materiales que se instalarán en obra. Cumple con la norma ASTM C794 modificada para incluir sustratos específicos de un proyecto e informar el modo de falla cohesiva. Todas las muestras deben ser ensayadas, con y sin "primer", y ser sometidas a inmersión en agua. Son necesarios 7 días de inmersión para los selladores de vidrio Estructural, y un día de inmersión para los sellos climáticos.

b) Ensayo de compatibilidad

Otros problemas potenciales incluyen la compatibilidad (ASTM C1087) de burletes, calzos, esponjas, elementos de limpieza y los selladores climáticos. Los materiales y sus acabados pueden liberar, con el tiempo y la exposición a la radiación ultravioleta, plastificante u otros materiales hacia los selladores, lo cual puede causar un cambio de color o pérdida de adhesión.

Este método de ensayo describe un procedimiento acelerado de laboratorio para determinar si tanto los materiales sellantes como los substratos propuestos son químicamente compatibles. Cumple con la norma ASTM C1087 modificada según lo requiera el proyecto. La exposición a la radiación UV debe ser realizada con lámparas UVA 340. Se recomienda contactar al arquitecto si hubiese otra descripción de la fuente de UV y temperatura de la cámara.

c) Ensayo de Manchado

Este método de ensayo describe un procedimiento acelerado de laboratorio para predecir la migración de plastificantes desde sellador hacia el interior de los poros de substratos como granito, mármol, piedras y mampostería.

Método de Ensayo: Cumple con la norma ASTM C 124 8 modificada para ensayar bajo la exposición al calor por 14 días a 70°C luego de 21 días de curado del sellador a temperatura ambiente. Comprimir el sellador al 50% independientemente de su capacidad de movimiento. No se requieren controles de temperatura ambiente ni muestras de QUV.

d) Ensayo de desensiviado o “Deglazings”

El ensayo de desensiviado se realiza entre el vidrio (o panel) y el marco, vinculados por silicona estructural. Éste es un excelente método de control de calidad que tiene por objeto confirmar la buena adhesión y el adecuado llenado de la junta estructural. Consiste en desprender completamente el panel del marco. Se debe verificar la adherencia del sellador de silicona estructural tanto al panel como al marco. Para una mejor inspección, no se deben dañar las superficies del panel ni del marco.

Esta inspección debe incluir lo siguiente:

- Dimensión observada del bite estructural (medida mínima si existiese déficit de material)
- Espesor del cordón de sellador observado
- Adhesión del sellador de silicona al panel y al marco
- Tipo de junta/estado del sellador aplicado
- Aspecto del sellador/uniformidad del color/burbujas, etc.

Se debe realizar el desensiviado de acuerdo con el siguiente cronograma:

- 1^{er} Desensiviado – 1 unidad de las primeras 10 unidades fabricadas (1/10)
- 2^{do} Desensiviado – 1 unidad de las siguientes 40 unidades fabricadas (2/50)
- 3^{er} Desensiviado – 1 unidad de las siguientes 50 unidades fabricadas (3/100)
- A partir del cuarto desensiviado, 1 unidad de cada 100 unidades fabricadas posteriormente

En otras palabras, el desensiviado debe ocurrir a una tasa del 3% para las primeras 100, y de allí en más del 1%. Se puede modificar la frecuencia de desensiviado de mutuo acuerdo, según cada caso en particular. Los términos y las condiciones de la garantía no resultarán afectados por ningún cambio mutuamente acordado en la frecuencia de desensiviado.

3.1.5.3 *Ensayos de campo*

a) *Ensayo de campo*

Se realiza todas las mañanas (producción día anterior) con el objetivo de certificar que los elementos siliconados en la producción del día anterior, no presentan problemas de adhesión, producto de una mala limpieza; y pueden por tanto ser despachados a obra. Se realiza de acuerdo a norma ASTM C-794.

b) *Ensayo de tracción "H"*

Se realiza dos veces por semana (3 pruebas cada vez) con el objetivo de cuantificar la resistencia a la tracción de la silicona estructural, hasta el momento de la falla cohesiva. (Ref. ASTM C-1135 -00 (2005) Standard Test Method for Determining Tensile Adhesion Properties of Structural Sealants).

c) *Registro*

La empresa proveedora de silicona y quien realiza los ensayos debe tener registro detallado de los ensayos realizados.

En la figura 8 se presentan los controles de calidad que se deberán efectuar a fin de asegurar que el trabajo ha sido realizado en la forma adecuada.

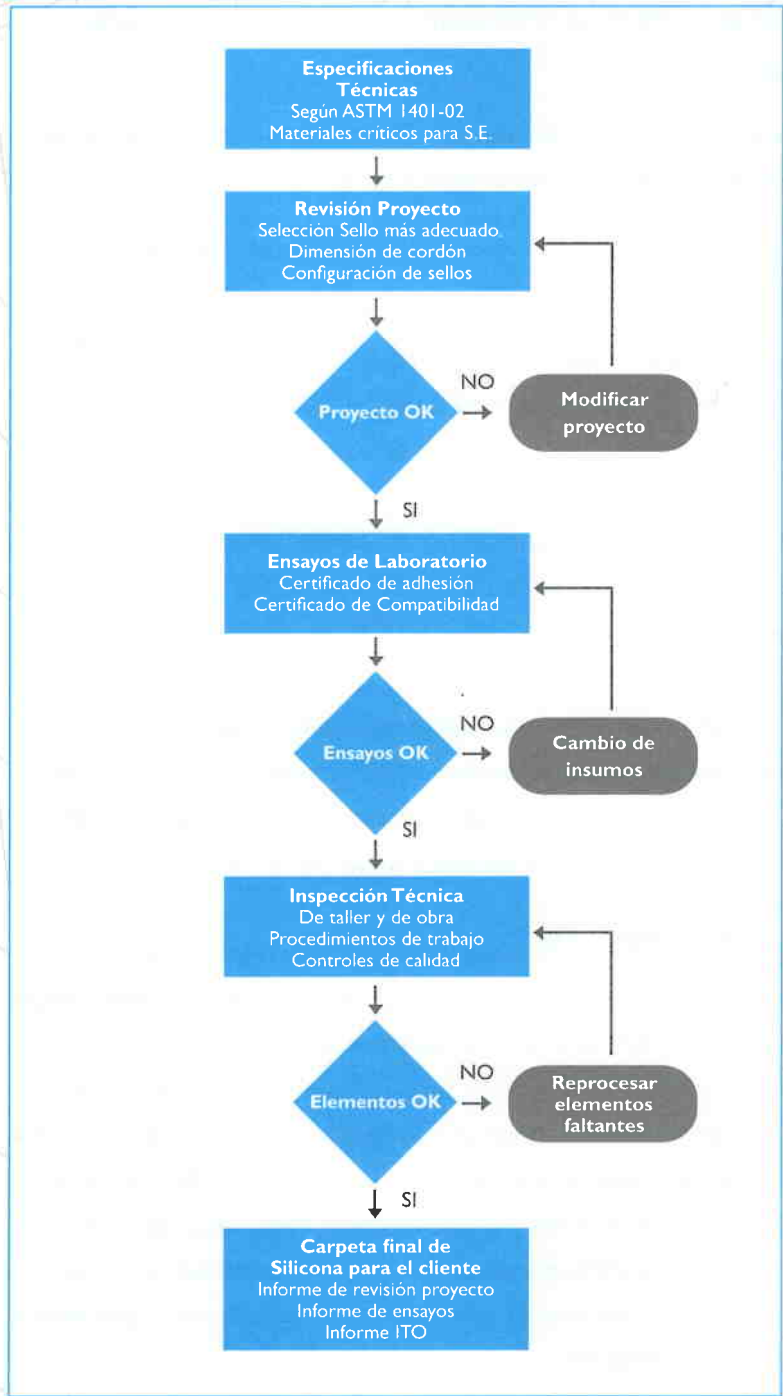


Fig 8. Flujocontrol de calidad

3.2 Consideraciones para el almacenamiento y traslado a la obra

3.2.1 ALMACENAMIENTO

Se debe contar con los elementos necesarios para almacenar adecuadamente los materiales, carros, atriles fijos y móviles, grúas, mesones de armado protegidos con gomas para no causar daños a las superficies de los materiales.

Elementos siliconados: necesitan un fraguado inicial en fábrica que dependerá de la velocidad de fraguado de la silicona, en este período no deben tener ningún movimiento ya que se podría provocar una deformación del sellante mientras se está curando, después de ese período las unidades pueden ser colocadas en posición vertical, siempre y cuando ellas estén almacenadas de una manera que asegure que el sellante no vaya a ser sometido a cargas. Posterior al traslado a bodega de despacho requieren un fraguado adicional de hasta 24 hrs. Adicionalmente es recomendado que las unidades acristaladas con Silicona Estructural sean almacenadas en un ambiente adecuado para completar el proceso de curado, aquí permanecen hasta su traslado a obra con protección de atriles con goma.

Silicona para aplicar en obra: La entrega de los materiales en la obra, deberá realizarse en los envases originales del fabricante, cerrados, con el nombre del fabricante, nombre del producto, y color, claramente indicados en los embalajes. Las condiciones de almacenaje son de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

3.2.2 MANIPULACIÓN Y TRANSPORTE

La manipulación de los materiales debe tener en cuenta que se movilizan materiales frágiles y fáciles de dañar por lo que paso a paso se debe cuidar de no dañarlos.

El transporte de un módulo de muro cortina es un factor que limita el peso y las dimensiones del panel, los cuales deben adecuarse a los medios de que se dispone. Es usual también transportar unidades parcialmente desarmadas para permitir su armadura en obra, a veces, en conjunto con el montaje. Los camiones o camionetas deben contar con atriles adecuados para la carga, elementos de amarre que no dañen o rompan los materiales. Es recomendable proteger las superficies expuestas de los paneles antes de efectuar el transporte y para esto puede usarse:

- panel corrugado
- esquinero separadores en Poliestireno o similar.
- película plástica con adhesivo de contacto (tipo scotch-tape).

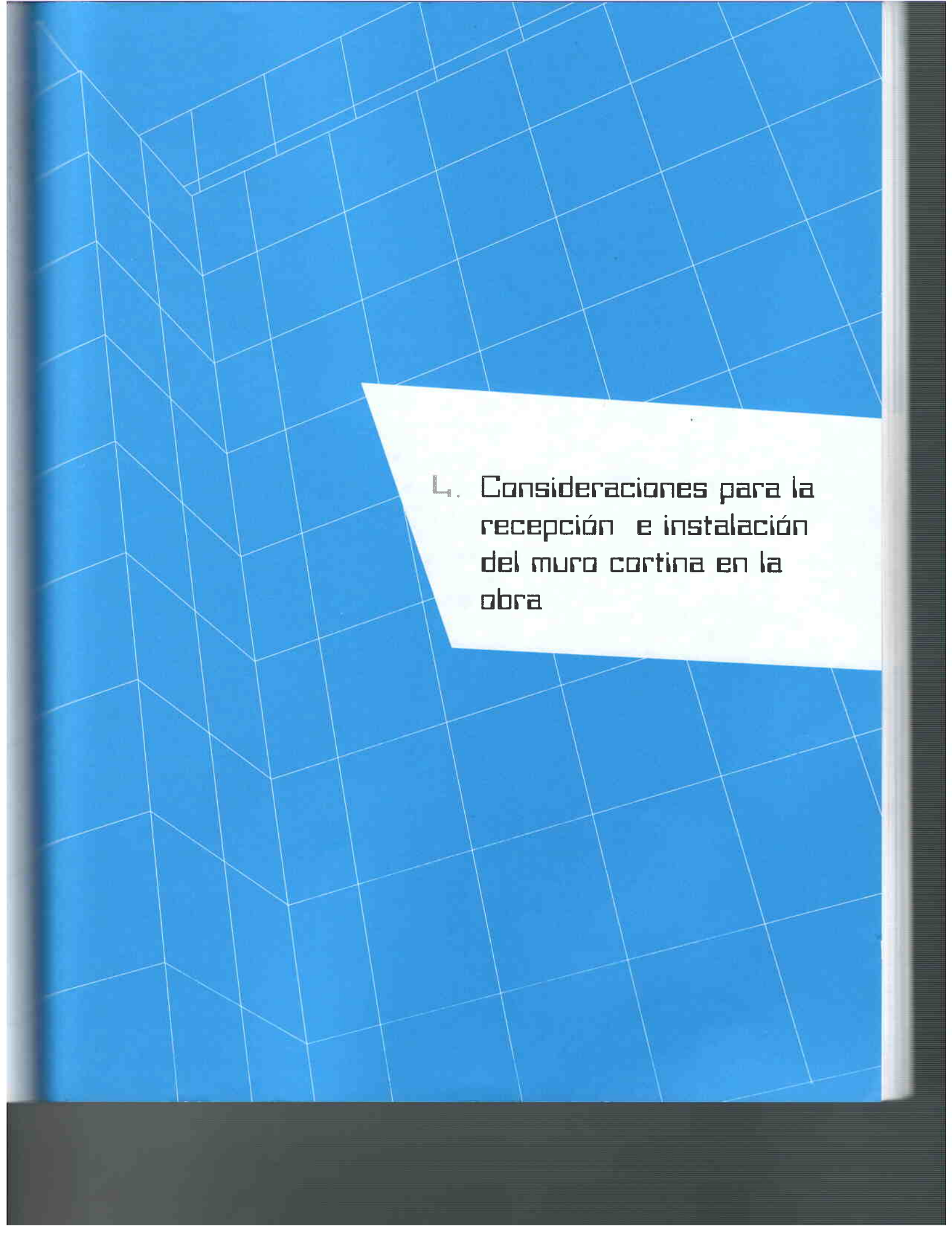
3.3 Garantía post venta fábrica

Las garantías cubrirán fallas de materiales, fabricación de montaje y funcionamientos posteriores, asumidas tanto por las empresas proveedoras de materiales y productos como por parte de las empresas contratistas e instaladoras certificadas debidamente. El tiempo de vigencia de dichas garantías varía de acuerdo al material y al servicio involucrado.

Se deberá garantizar que todo el trabajo realizado esté de acuerdo a los planos y especificaciones, incluidos los cambios introducidos por el arquitecto o un representante autorizado.

La falla de materiales, instalación o trabajo deficiente puede incluir entre otras cosas:

- Defectos de fabricación en accesorios y componentes.
- Infiltración excesiva de aire, o filtración excesiva de agua, de acuerdo a normas.
- Daño a la pintura de terminación por sobre lo considerado normal.
- Deformaciones y fallas estructurales de los elementos componentes, especialmente las debidas a sismos.
- Deterioro del revestimiento del cristal (coating) y cristales quebrados debido a causales de tipo térmico y sísmico.
- Deterioro o manchas en las capas de barniz o recubrimiento de color de los cristales y falta de uniformidad en superficies y/o coloración de los cristales.
- Deterioro de todos los elementos de sellado, con especial referencia a la pérdida de adherencia a los elementos del edificio.
- Defectos en elementos accesorios, burletes, etc.
- Comportamiento deficiente al humo, fuego y cortafuegos.
- Corrosión galvánica o ambiental.



4. Consideraciones para la recepción e instalación del muro cortina en la obra

4. CONSIDERACIONES PARA LA RECEPCIÓN E INSTALACIÓN DEL MURO CORTINA EN LA OBRA

4.1 Requisitos de la obra para recibir e instalar el muro cortina

4.1.1 PROGRAMACIÓN DE LA OBRA

El programa para instalar el muro cortina es una actividad que es parte integral del programa general del proyecto. Ésta representa el proceso de cerramiento de la estructura, el cual es clave para el avance del proyecto.

La planificación para la instalación del muro cortina, debe tomar en consideración el tiempo requerido para trabajos previos antes de iniciar la fabricación del cierre, entre los cuales se mencionan:

- Preparación y aprobación de planos y muestras para compra.
- Obtención de proveedores de materiales y fabricación de otros.
- Montaje de un prototipo (mock-up) de prueba, si es requerido.
- Obtención de herramientas y equipos especiales.
- Desarrollo y aprobación de terminaciones especiales o cualquier otra, o requerimiento de proveedores que puedan necesitar tiempo extra.
- Recopilación de todos los protocolos de ensayos de sellados estructural y climáticos ejecutados durante los controles de calidad en fábrica de los productos involucrados, entregados por el fabricante correspondiente.

Es muy importante también que el rendimiento e instalación no sea programado para iniciar antes que las estructuras del edificio estén listas para aceptar que el muro cortina sea instalado de manera más metódica y eficiente. Tal programación prematura resultará con problemas, costos extras y condiciones de trabajo peligrosas y no facilita el término del trabajo total. Una programación razonable y realista debe ser establecida mutuamente y aprobada por todos los participantes en el proyecto.

4.1.2 PARTES INVOLUCRADAS EN LA INSTALACIÓN DEL MURO CORTINA

En el montaje del muro cortina en obra requiere la participación de a lo menos tres organizaciones que interrelacionan entre sí:

- **Empresa Constructora**, como mandante del Contratista
- **Subcontratista**, que es el especialista y responsable de la ejecución física del muro cortina.
- **Inspección Técnica de la Obra (ITO)**, que representa al mandante en la parte técnica.

Es recomendable que las fijaciones a la estructura del edificio y la instalación lo ejecute el mismo fabricante del muro cortina.

A continuación se describen las actividades que le corresponden realizar a cada uno de los participantes en los procesos involucrados para el desarrollo del muro cortina.

4.1.2.1 Empresa Constructora

En su calidad de responsable de la ejecución de los trabajos que se ejecutan para la materialización del proyecto de edificación, la empresa constructora debe asumir una serie de compromisos con la empresa encargada del diseño e instalación del muro cortina:

- Acordar con la empresa instaladora del muro cortina las medidas y las modulaciones que en definitiva tendrá el muro cortina.
- Respetar las tolerancias acordadas para las líneas y plomos de las estructuras de obra gruesa donde se apoyará el muro cortina.
- Instalar los anclajes necesarios para la fijación del muro cortina de acuerdo con los planos e instrucciones que deberá entregar el contratista del muro cortina. Además de chequear la correcta colocación de éstos antes y después de hormigonar.
- Recibir del Subcontratista de muro cortina los planos de detalle, montaje y memorias de cálculo para obtener la aprobación de los arquitectos, en base al proyecto entregado.

- Efectuar el trazado del muro cortina, verificar su concordancia con el proyecto de arquitectura y chequear periódicamente que éste se cumpla durante el desarrollo de la obra.
- Inspeccionar en fábrica el proceso de preparación de los elementos que conforman el muro cortina.
- Verificar que el traslado de los distintos elementos se haga de forma tal que éstos no sufran daños.
- Verificar que los materiales que se van a utilizar para conformar el muro cortina cumplan con las especificaciones técnicas solicitadas.
- Entregar al Subcontratista el programa para la instalación del muro cortina, el que debe estar inserto en el programa general de la obra. La Empresa Constructora controlará el cumplimiento del avance, comunicándole al Subcontratista cualquiera desviación que se produzca a fin de tomar las medidas correctivas. En caso de producirse algún cambio en el programa general de la obra, éste se le comunicará al Subcontratista.
- Programar los trabajos de la obra de tal forma que se evite la proyección de partículas y/o chispas que puedan dañar los cristales y demás elementos del muro cortina una vez instalado.
- Proteger el o los niveles donde se realiza la instalación del muro cortina con pantallas o plataformas si se están realizando otras faenas en pisos superiores.
- Verificar que la instalación del muro cortina se esté realizando conforme a los planos y especificaciones técnicas indicadas en el contrato.
- Entregar, dentro del recinto de la obra de un espacio para que el Subcontratista pueda almacenar los elementos que usará en el muro cortina.

- Dar energía eléctrica en los puntos que el Subcontratista requiera.
- Proporcionar al Subcontratista baños y camarines para su personal si así lo indica el contrato.
- Exigir y verificar el cumplimiento por parte del Subcontratista de las normas de calidad y seguridad que tenga la Empresa Constructora.
- Poner a disposición del Subcontratista el equipo de levante para los distintos tipos de elementos, si el contrato así lo indique.
- Recibir el muro cortina terminado de acuerdo a los planos y especificaciones técnicas correspondientes, llenando las correspondientes listas de chequeo que para este efectos se hayan diseñado. Los principales aspectos que deben incluirse en la recepción son los siguientes:
 - El diseño corresponda al entregado por arquitectura.
 - Los cristales presenten una coloración uniforme.
 - Los perfiles no presenten manchas ni picaduras.
 - Los sellos de silicona sean continuos y sin indicios de pérdida de adherencia.
 - El muro cortina esté perfectamente limpio, tanto perfiles como cristales.
- Adicionalmente deberá recibir del Subcontratista:
 - Los certificados de los ensayos realizados tanto en laboratorio como en terreno, referente a la estanqueidad al aire y al agua, para los casos requeridos.
 - Los certificados de adhesión y compatibilidad de los selladores estructurales y climáticos empleados.
 - Las garantías que cubrirá el trabajo por posibles fallas de diseño, materiales empleados, fabricación, montaje y funcionamiento.

4.1.2.2 Contratista de Muro Cortina

La empresa contratista de Muro Cortina debe contar con instaladores entrenados y familiarizados con los requerimientos de las especificaciones, acreditando una experiencia mínima de cinco años en la aplicación de selladores.

Sus actividades son:

- Desarrollar los planos de detalle y las memorias de cálculo de acuerdo con el proyecto de arquitectura y obtener la aprobación del arquitecto y calculista de la obra.
- Llevar registros de las actividades realizadas.
- Rectificar y/o acordar las medidas de los distintos elementos del muro cortina con la Empresa Constructora.
- Ejecutar, a escala natural, modelos de los paños más representativos y/o más complejos con el fin de obtener la aprobación de la ITO.
- Presentar a la Empresa Constructora muestras de toda la quincallería a utilizar en el proyecto para su aprobación.
- Designar un supervisor con una experiencia en obras de similar magnitud debidamente comprobada.
- Acatar las normas internas de Calidad y Seguridad que aplique la Empresa Constructora, aprobando y/o desarrollando los procedimientos respectivos antes de realizar las faenas.
- Almacenar y acopiar los materiales correctamente utilizando los elementos necesarios para evitar el deterioro de éstos.
- Disponer de equipos de levante, andamios y herramientas adecuados para cada tipo de instalación, en buenas condiciones de funcionamiento.

- Instruir a todo el personal de su dependencia, a través de charlas de capacitación, sobre las normas generales de prevención de riesgos de la obra.
- Realizar la instalación del muro cortina de acuerdo al contrato y a los planos y especificaciones técnicas aprobadas.
- Retirar de forma inmediata todos los cristales y/o paneles que hayan sufrido trizaduras importantes y que pudieran desprenderse.
- Entregar el muro cortina completamente aseado, tanto los cristales como los otros elementos que lo conforman.
- Entregar a la Empresa Constructora el muro cortina de acuerdo con el proyecto y especificaciones técnicas, sin observaciones. En esta entrega deberán acompañarse todos los certificados de ensayos que se hayan realizado en el proceso de instalación, las certificaciones de los principales proveedores y las garantías que cubrirán las posibles fallas de los materiales empleados, fabricación, montaje, etc.

4.1.2.3 Inspección Técnica de Obras

- Recibir del Subcontratista encargado de la ejecución del muro cortina, los planos de detalle y memorias de cálculo y obtener la aprobación de los arquitectos.
- Recibir de los fabricantes correspondientes, todos los resultados y certificados de los ensayos realizados en fábrica de los productos y elementos correspondientes.
- Inspeccionar y aprobar los procesos de fabricación del muro cortina en los talleres del subcontratista y su posterior instalación en obra.
- Recibir conforme la instalación del muro cortina de acuerdo al proyecto desarrollado por el arquitecto.

4.2 Prevención de riesgos

Todos los trabajos que se realizan para la instalación de un muro cortina se ejecutan en altura, esto hace que las faenas sean especialmente riesgosas por lo que es imprescindible tomar medidas de seguridad, recomendándose a lo menos las siguientes:

- El supervisor del Subcontratista a cargo deberá realizar un listado de los trabajos críticos y explicar la forma como se realizarán, evaluando conjuntamente con el profesional de Seguridad presente en obra. Para la realización de cada una de las actividades críticas se desarrollará un instructivo y capacitará a los participantes.
- El Supervisor del contratista deberá estar presente en el lugar donde se realizará la instalación, en forma permanente.
- Todo el personal del Subcontratista deberá ser instruido, a través de una charla cada vez que acometa una faena nueva.
- El encargado de mantención de la obra inspeccionará cada uno de los equipos y herramientas del Subcontratista, no pudiendo ser utilizado todo aquel que sea rechazado. Durante el transcurso de la obra se efectuarán revisiones periódicas de los mismos. El profesional encargado de la Prevención de riesgos en la obra, priorizará los equipos según estado de funcionamiento para confeccionar un calendario de inspección a cada uno de ellos.
- El personal de instalación del Subcontratista deberá contar, como mínimo, con los siguientes elementos de protección personal, de calidad certificada:
 - Zapatos de seguridad en buenas condiciones.
 - Casco de seguridad con barbiquejo.
 - Guantes de descarte.
 - Cinturón de seguridad tipo paracaídas.
 - Antiparras, cuando sea necesario.
 - Los soldadores deberán contar adicionalmente con los elementos de seguridad propios de su especialidad.

- En todo el trabajo de altura el personal deberá usar el cinturón de seguridad, amarrado a una estructura o a una cuerda de vida dispuesta para tal efecto.
- Las herramientas manuales deberán estar amarradas por medio de una cuerda o cinta a la muñeca del trabajador, a fin de evitar caídas accidentales de éstas.
- Los equipos de levante sólo podrán ser usados para los fines que fueron diseñados. Deberá indicarse la carga máxima, la cual por ningún motivo podrá sobrepasarse. Estos equipos sólo podrán ser revisados y reparados por personal calificado para tal efecto.
- Para levantar los paneles se utilizarán bases estables, especialmente diseñadas para amarrarlos, que permitan enganchar de buena forma al equipo de levantamiento. Toda carga antes de ser suspendida, deberá estar amarrada a una cuerda que evite el balanceo. La cuerda nunca debe enrollarse al cuerpo o las muñecas del operario que la sostiene.
- Los cables de acero de los equipos de levante deberán ser cambiados si presenta deformaciones o cortes de las hebras.
- Para la instalación de los anclajes, a la estructura del edificio, deberán diseñarse plataformas metálicas, las cuales serán calculadas por un especialista. Estas estructuras deberán contar con la aprobación del profesional de Prevención de riesgos de la obra.

Al momento que el personal esté operando para la instalación de los paneles, cristales u otras estructura, colgados en la barquilla de trabajo, deberá tomarse la precaución de que dicho personal no quede expuesto a caídas de objetos de los pisos superiores. Así mismo se deberá delimitar, por medio de cintas señalizadoras y un letrero, el espacio bajo la zona de maniobra donde está actuando dicho personal. Dicho letrero tendrá la siguiente leyenda "Peligro trabajos en altura".

4.3 Instalación del muro cortina

4.3.1 CUIDADOS DE LAS PIEZAS PREFABRICADAS

En todo el proceso de montaje, se deben tomar las medidas de seguridad necesarias para el cuidado de las piezas prefabricadas y de los materiales que conforman el muro cortina. Las unidades que conformarán el muro cortina no deben cargarse con un exceso de peso, en general, es recomendable almacenarlas en posición vertical, apoyadas sobre un canto. Para este objeto debe destinarse un lugar sin mucho movimiento y alejado, dentro de lo posible, de los lugares de trabajo.

Aunque el aluminio es un metal muy noble, es necesario cuidarlo antes, durante y posteriormente a su instalación. Este metal es muy sensible a los ácidos y materiales alcalinos en general. El anodizado y la pintura le dan a la superficie del metal una resistencia extra a la corrosión, pero cualquier raya u orificio que penetre hasta el metal, lo hará susceptible de corrosión. Para evitar estos problemas y manchas lo más aconsejable es proteger la superficie durante la instalación contra proyecciones de yeso, cemento y ácidos.

El mantenimiento consiste simplemente en limpiar la superficie cada cierto tiempo con agua y detergentes neutros, de modo de eliminar el polvo y otros materiales del ambiente depositados sobre el metal.

Los cristales deben ser protegidos de toda partícula proyectada que pueda causar daños en la superficie de éstos durante el proceso de instalación y trabajos finales de la obra.

4.3.2 MONTAJE DEL MURO CORTINA

Esta etapa requiere una coordinación muy estrecha entre el arquitecto, el contratista general y el fabricante, a fin de observar y corregir cuidadosamente los defectos que se encuentren en la obra gruesa en las zonas donde se instalará el Muro Cortina, como también para permitir el movimiento expedito de los materiales.

La instalación del muro cortina se hace, comúnmente, mediante dos sistemas que pueden combinarse en una obra: el stick y el modulado o frame. La diferencia entre las dos modalidades reside en el trabajo en terreno, mientras el sistema stick requiere de mayor labor en obra, el frame dispone de elementos previamente fabricados en planta.

4.3.2.1 Tradicional o Stick

El montaje comienza con el revestimiento exterior del edificio a través de los mullion o montantes -perfiles verticales ensamblables, generalmente de aluminio y fabricados por extrusión - soportados por los anclajes. Una vez instalados los mullion verticales, se ajustan los travesaños horizontales, determinando el área de visión y la zona de antepecho del muro cortina.

El sistema stick, debido a que traslada el trabajo casi completamente a terreno, requiere de una alta supervisión y mano de obra especializada para evitar problemas como la confusión en la selección y ubicación de las piezas.

En este montaje intervienen numerosas herramientas y elementos de fijación, por lo que se requiere de mayor coordinación. Además la mano de obra se exige al máximo, pues el muro cortina debe instalarse respetando la precisión del sistema. Entre las ventajas de este sistema se encuentra el montaje pieza por pieza y cristal por cristal, y no necesitar sofisticados equipos de izamiento.

4.3.2.2 Modular o Frame

En el sistema frame el muro cortina se compone de paneles de aluminio y cristal, previamente armados en fábrica, revisados y clasificados según su ubicación en la obra. Su principal ventaja es la rapidez en el armado y montaje, aunque requiere de anclajes especiales que deben ser ajustados para corregir las posibles diferencias de nivel en la superficie de la construcción. Antes del montaje y para instalar los anclajes en el sistema frame, se debe realizar el levantamiento topográfico de la fachada del edificio, para luego controlar que los anclajes queden ubicados en los lugares y distancias adecuadas. Los anclajes se instalan contra las losas mediante pernos de expansión, pernos químicos o por medio de soldadura a los insertos colocados en el momento de hormigonar las losas.

4.3.3 TOLERANCIAS DE MONTAJE

Las tolerancias de montaje deben ser acordadas por las partes, recomendándose usar como referencia el siguiente cuadro de tolerancias de montaje para los elementos de la carpintería de fachada:

Desviación máxima de la posición teórica del montaje	3.0 mm
Desviación máxima en elementos verticales	2.0 mm entre pisos 6.0 mm para 4 pisos
Desviación máxima en elementos horizontales	3.0 mm en 9 m
Desalineamiento máximo entre dos elementos adyacentes	0.8 mm
Desalineamiento máximo entre dos elementos separados	2.0 mm
Tolerancias en ancho de canterías	± 1.5 mm

4.3.4 INSTALACIÓN DE SILICONA EN OBRA

4.3.4.1 Sellado estructural

Es un método donde el sellador estructural es aplicado directamente en el lugar de la construcción. Los paneles se adosan a los mullions y travesaños, que ya están fijados a la estructura. El vidriado en obra es apto para los sistemas estructurales de 2 lados, pero en general, se recomienda que los sistemas de 4 lados se encristalen en fábrica.

Se requieren sujetadores mecánicos temporarios para sostener firmemente los paneles y evitar que se muevan hasta que el sellador estructural se encuentre totalmente curado y adherido.

Se requiere que se preste especial atención a la limpieza y a la aplicación del sellador conforme a las siguientes condiciones:

- Fuertes vientos durante la aplicación podrían causar tensiones indebidas sobre la silicona estructural en proceso de curado.
- Temperaturas extremadamente altas o bajas - el rango de temperatura óptimo para la aplicación es 10-35°C (50-95°F). Se debe tener en cuenta el potencial del punto de rocío y de escarcha para las aplicaciones por debajo de los 10°C (50°F). No se debe aplicar el sellador cuando las temperaturas de la superficie excedan los 50°C (120°F).
- Juntas contaminadas por la lluvia - quitar toda la humedad de la superficie y después limpiar con solvente antes de realizar el cristalamiento.

Instale los selladores de campo según las recomendaciones del fabricante, a fin de reducir el estriado del sellador, provocado por movimientos durante el curado. No instale los selladores en anchos de juntas inferiores a los especificados sin la aprobación de la Constructora y el Arquitecto.

4.3.4.2 Sellado climático

Se consideran todas aquellas juntas o ranuras que requieran de un sello para evitar la infiltración de aire, agua, polvo e insectos, que incluyen:

- Juntas constructivas y de expansión
- Juntas entre materiales disímiles
- Juntas perimetrales de ventanas, marcos o premarcos.
- Otras cualesquiera indicadas en planos.

El proceso de sellado climático se debe desarrollar considerando ejecución de las siguientes tareas:

- Remover todo material suelto que pueda impedir la adherencia del sellador.
- Limpiar las juntas y de ser necesario se imprimirá, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- Cuando exista la posibilidad de manchado con imprimador o sellador, se procederá al enmascarado de las áreas adyacentes antes de iniciar el sellado. Las cintas de enmascarar deberán ser retiradas inmediatamente después que se haya realizado el alisado de la junta. Manchas originadas por la falta de precauciones de un adecuado enmascarado serán inaceptables.
- Cumplir con las instrucciones del fabricante del sellador.
- Aplicación de material de respaldo
 - Verificar la compatibilidad del material de respaldo con el sellador.
 - Utilizar cordones de respaldo de anchos un 25% mayores que el ancho de la junta a fin de presentar resistencia al desplazamiento.
- Aplicación del sellador:
 - Aquellos productos que requieran de un mezclado previo, serán preparados siguiendo los procedimientos recomendados por su fabricante.

- Aplicar los selladores de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, cuidando de formar cordones de adecuado ancho y profundidad, removiendo los excedentes de material inmediatamente después de su alisado.
- Aplicar únicamente los productos dentro de su vida útil, la cual deberá estar claramente identificada en cada envase, desechando todo sellador vencido o fuera del periodo de aplicación preestablecido por el fabricante.

4.4 Control de calidad

Actualmente, la normativa chilena no considera ninguna norma específica sobre sistemas vidriados, sólo los controles parciales de las materias primas y pocos controles en obra. Por esta razón y para garantizar los productos entregados, se recomienda realizar los controles pertinentes en forma conjunta entre los ejecutores involucrados (como fabricante del muro cortina y el fabricante del sellador estructural), estando este control debidamente documentado y archivado.

De los sistemas más utilizados, stick y frame, es este último el que consigue los mejores resultados en términos de calidad debido a que la fabricación es ejecutada en procesos mejor controlados con estándares internacionales.

4.4.1 ENSAYOS EN OBRA

A lo menos, se deben ejecutar 3 ensayos para comprobar la infiltración de aire y agua, además de ensayar el siliconado estructural hecho en obra.

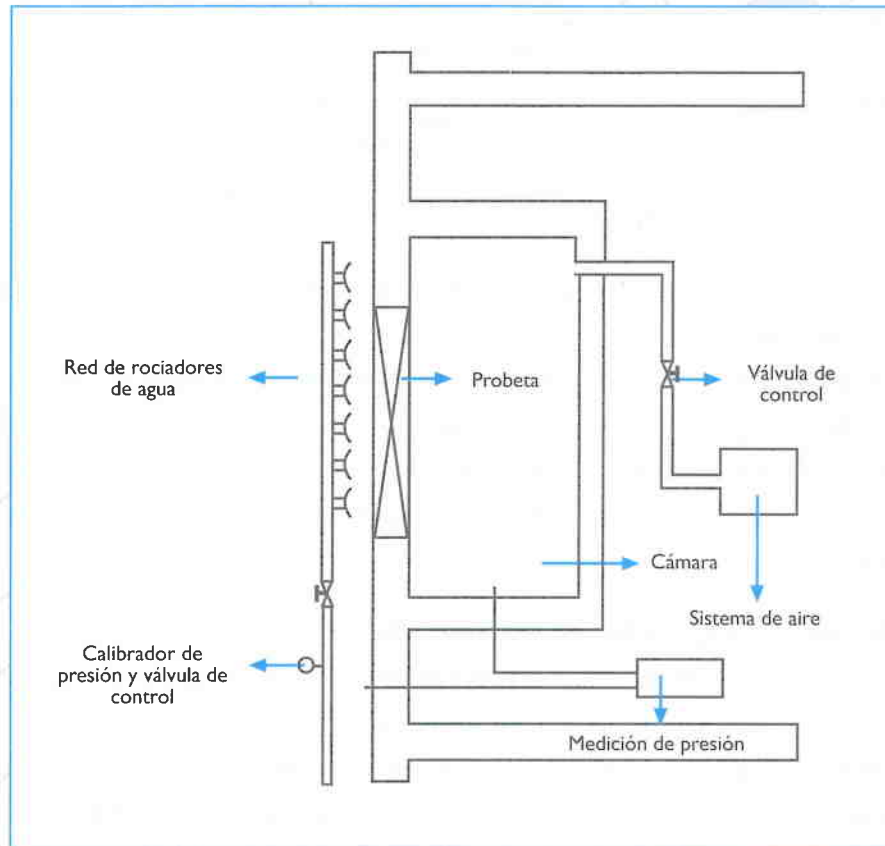
El contratista deberá presentar el protocolo de pruebas de acuerdo a norma, destacando los parámetros y rangos a controlar, deberá además proveer los elementos y equipos de ensayo homologados, para su medición, en el lugar y condiciones señalados por la Dirección de la Obra., y sobre los elementos ya instalados. Los resultados de estos ensayos deben ser manejados por personal de laboratorios certificados para cada tema.

4.4.1.1 Método de ensayo en terreno Infiltración de agua

La NCh 2808 "Puertas, ventanas, tragaluces y muros cortinas exteriores – Determinación de la penetración del agua por diferencia de presión de aire estático cíclico o uniforme – Método de ensayo en terreno" especifica el método de ensayo capaz de determinar la penetración del agua a través de una estructura fabricada. Los lugares serán indicados por el arquitecto y el ensayo será regulado además de acuerdo a la norma ASTM E-331.

El ensayo en terreno se puede realizar en el momento en que el muro cortina esté recién instalado y antes de que el interior de la construcción esté terminada. En ese momento, generalmente es más fácil revisar las superficies interiores de la estructura para identificar los puntos de penetración de agua, para así corregir fácilmente los posibles errores de fabricación o instalación. Sin embargo en una construcción en servicio se debe evaluar cuidadosamente la viabilidad de efectuar este ensayo.

Para la realización del ensayo es necesario contar con una cámara de prueba, un sistema de aire, equipamiento de medición de presión y un sistema de rociado de agua, los cuales deben cumplir los requerimientos y especificaciones definidos en la norma NCh 2808.



El método de ensayo se inicia sellando la zona del muro cortina con la cámara de prueba. Se suministra o se extrae el aire (dependiendo si la cámara es ubicada por el exterior o interior del muro) a la razón requerida para mantener la diferencia de presión de ensayo a través de la probeta. Paralelamente, se debe rociar agua sobre la cara externa de la probeta a la razón requerida y observar cualquier penetración de agua. La razón de rociado de agua debe considerar las distintas zonas climáticas tabuladas en la siguiente tabla:

Zonas climático habitacionales de Chile		Precipitación mm – Valores medios		Razón L/m ² * min
		Anual	Max 1 día	
NL	Norte litoral	120	89	0.06
ND	Norte desértica	45	-	0.04 * 10 ³
NVT	Norte valle transversal	132	-	0.01 * 10 ³
CL	Central litoral	824	171	0.12
CI	Central interior	1033	103	0.07
SL	Sur litoral	2490	174	0.12
SI	Sur interior	1330	137	0.1
SE	Sur extremo	2940	171	0.12
AN	Andina	1850	159	0.11

Razón de rociado de agua L/m² * min por zona climática

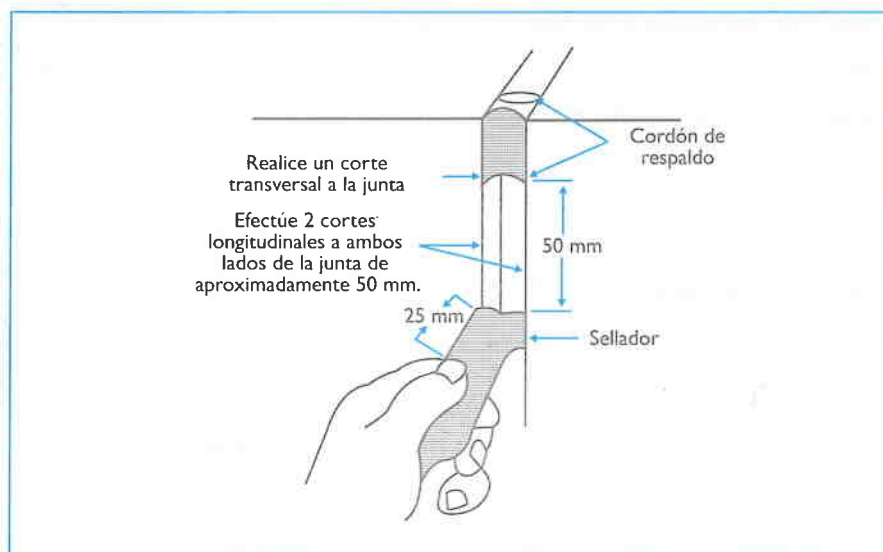
Las diferencias de presión de aire que se deben aplicar durante el ensayo deben ser especificadas por el solicitante del ensayo.

Este ensayo puede ser realizado mediante dos procedimientos distintos. El primer procedimiento es realizado bajo diferencia de presión de aire estático uniforme y el segundo es realizado bajo diferencia de presión de aire estático cíclico.

4.4.1.2 Método de ensayo estándar de adhesión de silicona estructural en la obra

El ensayo de adhesión en terreno es un procedimiento simple de revisión que puede ayudar a detectar problemas de aplicación tales como limpieza inadecuada, utilización inadecuada del imprimador, aplicación de imprimador insuficiente o configuración indebida de la junta. Como verificación de la adhesión, se requiere de un ensayo de tracción manual en la obra después de que el sellador ha curado totalmente (usualmente en el plazo de 7 a 21 días). Se deben documentar estos ensayos utilizando el registro de ensayos de adhesión en obra. Se sugiere que se ejecuten 5 ensayos para los primeros 300 metros y de ahí en más un ensayo cada 300 metros, o un ensayo por piso por fachada. El procedimiento para el ensayo de tracción manual es el siguiente:

- a) Realizar un corte transversal desde un lado de la junta hasta el otro.
- b) Realizar dos cortes longitudinales de aproximadamente 3" (75 mm), a ambos lados de la junta.
- c) Trazar dos marcas separadas 1" (25 mm) sobre el cordón de sellador.
- d) Tomar firmemente la porción de 2" (50 mm) de sellador justo detrás de la marca de 1" (25 mm) y tire de ella en un ángulo de 90°.
- e) Si se han sellado superficies diferentes, verificar la adhesión del sellador a cada substrato por separado. Esto se logra extendiendo el corte vertical a lo largo de un lado de la junta, verificando la adhesión con el lado opuesto y después repitiendo el proceso para la otra superficie.
- f) Los criterios para aprobar o reprobar dependen de cada sellador y se indican en pautas provistas por el Ingeniero del proveedor de silicona estructural o al representante del Distribuidor correspondiente.
- g) Inspeccionar la junta para verificar su completo llenado. La junta no debe tener vacíos y sus dimensiones deben ser iguales a aquellas indicadas en los detalles del sellado.



Los resultados de las pruebas se anotan en el Registro de Ensayos de Adhesión.

Considerar que cuando se utiliza un sellador para realizar el sellado entre dos sustratos distintos, se recomienda que se pruebe individualmente la adhesión del sellador a cada lado de la junta.

Reparación del Sellador en el Área del Ensayo de Adhesión

Para reparar el sello en el área del ensayo se aplica sellador nuevo a dicha sección. Suponiendo que se obtuvo una buena adhesión, para reparar las áreas utilice el mismo procedimiento de aplicación que se utilizó originalmente para sellarlas. Se debe tener cuidado en verificar que las superficies del sellador original estén limpias y que el nuevo entre en contacto con el original.

4.4.1.3 Método de ensayo de desensiviado o “Deglazings en la obra

Como fue descrito en el capítulo 3, el ensayo de desensiviado se realiza entre el vidrio (o panel) y el marco, vinculados por silicona estructural. Esta práctica, obligatoria en otros países, permite confirmar no sólo la adherencia sino que también controlar cómo ha sido llenado el perfil y por lo tanto, la resistencia real del panel.

4.4.1.4 Control de Calidad Sellado climático

Se debe considerar:

- Ensayos pre-constructivos: El fabricante deberá suministrar por escrito los resultados de los ensayos de adhesión, compatibilidad y manchado de todos los substratos a ser sellado.
- Muestras de Obra: Se sellará una sección de junta, en las condiciones de operación, 7 días antes de iniciar el trabajo, la que será examinada por el arquitecto o responsable del proyecto. Una vez aprobada, la muestra será utilizada como testigo para el resto del trabajo.
- Cuando la Dirección de Obra lo considere conveniente, el Contratista deberá llevar a cabo pruebas de adhesión de campo.

4.5 Consideraciones en la entrega y recepción final del muro cortina

A objeto de poder recibir conforme el proyecto de Muros Cortina, la ITO debe realizar la recepción de las obras, previo chequeo de los puntos más críticos del proyecto. A continuación se entrega una lista de actividades que se recomienda realizar:

- Chequeo Documental
- Chequeo en Obra
- Chequeo de muestras y prototipos

4.5.1 CHEQUEO DOCUMENTAL

Detalle Documentos	Nº de documentos	Estado	Observación
Planos de arquitectura con las EETT del proyecto			
Planos de fabricación del muro cortina y obras anexas			
Memoria de cálculo del muro cortina, aprobado por el arquitecto			
Condiciones de diseño del vidrio			
Conos de sombra			
Determinación de stress térmico			
Condiciones de seguridad y protección de personas			
Dilataciones y sistema de junta de dilatación			
Movimiento entre losa			
Terminación de borde			
Certificado de cálculo de los cordones de silicona estructural			
Certificado de ensayo de adhesión y compatibilidad de silicona estructural			
Procedimientos escritos de fabricación e instalación			
Procedimiento escrito de aplicación de silicona estructural			
Calificación del contratista			
Manuales de uso y mantención del Muro Cortina			

4.5.2 CHEQUEO EN OBRA

Muro cortina de fachada con todos sus componentes	N° de inspecciones	Estado	Observación
Perfiles de aluminio u otros materiales			
Certificado de origen de aleación, temple			
Certificado de calidad de anodizado y pintado			
Inspección de espesores de acabado superficial			
Inspección de tonos y colores			
Inspección de espesores y tolerancias			
Cristales			
Inspección de defectos incorporados en la masa			
Inspección de distorsión por efecto de tratamiento			
Terminación de borde para eliminación de microfisura			
Tratamientos térmicos si los tiene			
Deformación de borde			
DVH (Termopaneles)			
Composición del DVH: cristales, color, tipo tratamiento térmico, espesor, recubrimiento con pigmentos, film			
Tipos de espaciador: espesor y material			
Sales higroscópicas			
Sello primario: ancho de cordón y continuidad			
Sello secundario: tipos, dimensión de acuerdo a medidas de DVH cantidad de sellante y compatibilidad con sellos estructurales y climáticos			
Espesor del DVH			
Verificación de planimetría, distorsión, cóncavo - convexo			
Granitos y paneles compuestos			
Selladores			
Accesorios			
Burletes			
Calzos			
Aceros			
Tornillos			

4.5.2 CHEQUEO EN OBRA (continuación)

Muro cortina de fachada con todos sus componentes	Nº de inspecciones	Estado	Observación
Ventanas de fachada que no pertenecen al muro cortina			
Revestimientos en acero inoxidable			
Puertas de acceso y fachadas de accesos			
Anclajes e insertos: tipo acero y protección superficial			
aislación térmica y acústica			
aislación contra el fuego			
barrieras de vapor			
protección anticorrosiva			
Soldaduras			
Tolerancias de montaje			
Levantamiento topográfico			
Aplomados y nivelados			
Carros limpia vidrios			
Limpieza y protección			

4.5.3 CHEQUEO DE MUESTRAS Y PROTOTIPOS

Detalle	Nº de inspecciones	Estado	Observación
CHEQUEO DE MUESTRAS Y PROTOTIPOS			
Muestras de materiales			
Patrones de anodizado y pintado de perfiles aluminio			
Aprobación del arquitecto de las muestras y patrones de color / tono			
Ensayos de terreno para verificar la infiltración de agua u otros.			
INSPECCIÓN EN FÁBRICA			
Visita del proceso productivo			
Condiciones de almacenamiento y manipulación de materiales			
Módulos Acristalamiento, aplicación de sello de fijación estructural			
Armado de módulos, distorsión planimetría, defectos incorporados en los materiales			
Controles de calidad durante el proceso de silicona estructural			
ENSAYOS EN OBRA			
Infiltración de agua			
Infiltración de viento			
Deformación estructural			
Dilatación			
Asentamientos de losas			
Distorsión de visión			
Aplicación de sistema de sellado climático y estructural			
Verificación de anclajes, fijaciones e insertos y sus tratamientos preventivos			
Corrosión: ambiental y galvánica			

4.5.4 CONDICIONES DE LIMPIEZA EN LA RECEPCIÓN FINAL DEL MURO CORTINA

Es necesario hacer un aseo general del Muro Cortina después de montado, antes de su entrega final, ya que puede haber recibido manchas propias de las labores de la construcción, además debe exigirse limpieza perfecta respecto de las chorreaduras y manchas de los materiales sellantes.

La limpieza final del muro cortina debe hacerse con el equipo de lavado y soluciones apropiados. Esto debe recomendarse por las partes involucradas con respecto a selladores, cristal y metal terminado para asegurar que los métodos de limpieza y soluciones que se usaron no serán perjudiciales a ninguno de los elementos del sistema.

5. Uso y mantenimiento del muro cortina

5. USO Y MANTENCIÓN DEL MURO CORTINA

La mantención de un sistema vidriado y su control en el tiempo requieren de un programa planeado, que debe ser considerado desde el momento de su diseño.

Una inspección de post-instalación y un programa de mantenimiento son necesarios, con el objetivo de asegurar la permanencia a largo plazo y una mayor durabilidad del muro cortina. El fabricante de sistemas vidriados y silicona estructural, debe entregar un manual de instrucciones para la mantención, inspección periódica y limpieza de la fachada que detalle los suministros recomendados en cada caso.

La información entregada a continuación contiene métodos sugeridos como una ayuda para establecer procedimientos en limpieza, inspección y mantención periódica de los sistemas vidriados.

5.1 Requisitos de mantención del muro cortina

5.1.1 MANTENCIÓN Y LIMPIEZA DE CRISTALES

El cristal al estar en contacto con el medio ambiente, está sujeto al ataque de suciedad orgánica, residuos de grasa, escurrimientos, sedimentos de óxidos, entre otros que pueden producir degradación o manchando. Para evitar daños en las superficies y éstos permanezcan en condiciones estéticas adecuadas deben ser limpiados regularmente.

Los cristales deben ser limpiados periódicamente y si el ambiente está contaminado deben efectuarse limpiezas mas frecuentes.

Para mantener los cristales limpios es importante conocer el sistema de limpieza del edificio para evitar que los rieles de lo carros de lavado se coloquen de manera inapropiada, perforando los forros o interfiriendo en la coronación del muro cortina.

5.1.1.1 Productos para la limpieza

Los productos de limpieza deben ser elegidos de acuerdo al estado de suciedad en que se encuentre el cristal, para dejarlo con su apariencia original, y siempre considerando su compatibilidad con los selladores utilizados y siguiendo las recomendaciones del fabricante.

El estado de suciedad define un grado de dificultad el cual dependerá de:

- Cuán a menudo se limpie el edificio.
- El entorno en el cuál está ubicado el edificio y a los ataques que estará expuesto.
- La estructura y diseño del edificio.

Respecto a las soluciones de limpieza se recomienda:

- Para contaminación diaria usar productos y marcas de detergentes suaves reconocidos en Chile.
- Para suciedad impregnada, sedimentos de petróleo combustible, cristales que no han sido limpiados regularmente y suciedades que no pueden ser tratadas con los productos usados comúnmente.

Por otro lado se recomienda no usar bajo ninguna circunstancia espátulas gastadas u otro elemento que pueda rayar los cristales.

La limpieza debe realizarse de la siguiente forma:

Medidas de seguridad

Se recomienda que la limpieza sea efectuada por una empresa especializada que cumpla con todas las medidas de prevención de riesgo relacionadas a la faena.

En este sentido, se debe considerar tanto a los trabajadores como a peatones.

Procedimiento de limpieza

Lavar la superficie completa con una solución de detergente suave para remover cualquier suciedad o residuo que podría rayar la superficie. Posteriormente se procede a enjuagar y luego se debe limpiar el cristal con la solución de óxido de cerio. Para lavar se recomienda utilizar un cuero suave empapado en la solución y ejercer una presión suave. Si se aplica una presión fuerte se podría dañar el cristal, ya que el óxido de cerio podría actuar como abrasivo. Luego se debe enjuagar nuevamente y secar.

Si el ambiente en que se ubica el edificio es un área de alta contaminación se debe realizar la operación descrita anteriormente por lo menos una vez al año.

Con respecto a los productos de limpieza no se deben utilizar soluciones ácidas, particularmente aquellas que contengan cloro, flúor u otros, ni soluciones alcalinas. Tales soluciones pueden dañar la superficie del cristal, y también a los materiales cristalizados como sellos de termopaneles, el film de los cristales laminados, estructuras y fachadas.

5.1.2 MANTENCIÓN DEL ALUMINIO

Como fue descrito en el capítulo anterior, el aluminio es un metal muy sensible a la acción de sustancias ácidas (ácido muriático, nítrico y sulfúrico) y sustancias alcalinas (cal, yeso y cemento). La acumulación de suciedad puede producir circunstancias favorables a la corrosión.

Para proteger al aluminio durante las faenas de instalación y terminaciones en obra y evitar los problemas de suciedad manchas de corrosión, lo más aconsejable es frotar cera sobre las superficies o aplicar una delgada capa de laca del tipo metacrilato, que facilita las faenas de la próxima limpieza. Algunos instaladores utilizan vaselina, que protege bien contra la corrosión, pero la limpieza posterior complica su uso.

Cuando el material está ligeramente sucio, bastará frotarlo con una tela húmeda y si se desea darle brillo puede ser frotado con cera líquida que además evitará que se acumule polvo tan fácilmente.

Cuando la suciedad es más pesada puede aplicarse jabón neutro o detergente de las mismas características frotando la superficie con un cepillo duro o estopa de acero. Si ninguno de estos métodos es suficiente, será necesario usar un abrasivo tipo óxido de aluminio grano N° 200 a 400. Este abrasivo se mezcla con aceite emulsionado con agua y se aplica con estopa de acero fina, frotando ligeramente. Después se lava la superficie para eliminar todo residuo que haya quedado sobre la superficie. Es muy importante que los residuos metálicos sean completamente eliminados de la superficie del aluminio para que con la humedad no formen pares galvánicos que son el origen de todo fenómeno de corrosión.

Si el aluminio es natural (sin recubrimiento), es necesario aplicar trementina para eliminar los depósitos negros.

Finalmente, puede aplicarse una capa de laca metacrílica para facilitar la limpieza siguiente.

La limpieza se requiere sólo cuando es esencial mantener el aspecto nítido y atractivo del aluminio original o cuando es importante eliminar las acumulaciones de depósitos de suciedad que promueven algún tipo de corrosión.

La frecuencia con que debe limpiarse el aluminio en servicio está dada por la calidad del medio ambiente en el que se encuentre instalado. En ambientes marino o industrial agresivo una vez cada tres meses, pero si la acción del medio se acompaña con abrasión de brisa salina con arenisca, entonces la frecuencia debe ser

una por mes o más aún. En ambientes de ciudad sin contaminación o rurales la limpieza puede ser tan lejana como se desee. Sin embargo, cuando la limpieza no sea con fines estéticos, puede limitarse a un mínimo o eliminarse por completo sin peligro que el metal sufra daños.

La remoción de polvo superficial puede ser realizada de diferentes maneras. Se recomienda idealmente una paso inicial con un enjuague enérgico desde lo alto hacia abajo, antes de la aplicación de cualquier limpiador. Se obtienen beneficios significativos con algún tipo de agitación superficial.

El procedimiento más simple consiste en aplicar agua con una presión moderada, para soltar la suciedad. Si esto no remueve la suciedad, entonces debe probarse con chorro de agua con escobillas o esponjas. Si la suciedad aún está adherida después del secado, será necesario un detergente suave. El lavado debe ser hecho con presión uniforme, primero con movimientos horizontales y después con movimientos verticales.

Posterior a la aplicación de detergentes, la superficie debe ser enjuaguada cuidadosamente con agua limpia. Puede ser necesario limpiar con esponjas mientras se enjuaga, particularmente si se dejó secar el limpiador sobre la superficie.

La superficie enjuaguada se puede dejar secar con el aire o acelerar el secado con una gamuza, rodillo de goma o paño sin pelusas.

5.2 Inspecciones periódicas

Los sistemas de muros cortinas, como cualquiera instalación de cristal, debiera inspeccionarse regularmente para asegurar que no existe ninguna pérdida de adhesión o falta cohesiva del sellador del vidriado estructural y que todo el cristal, espaciadores y componentes del sistema han sido correctamente instalados, comprobando que no han ocurrido daños que afecten su integridad estructural.

Se sugieren los procedimientos de inspección establecidos en la norma ASTM C24.

Esta inspección debe estar a intervalos regulares y de a las recomendaciones del ingeniero proyectista o profesional a cargo.

Un calendario de inspección apropiado es:

- Primer año - inspección cada seis meses.
- Todos los años siguientes - inspección cada doce meses

Principalmente la inspección debe incluir, al menos, la comprobación de adhesión del sello estructural y otros selladores climáticos, verificando que los agujeros de drenaje son funcionales, revisión de los paneles, condición de los revestimientos orgánicos en las superficies de metal, verificar que las uniones con sellador sean funcionales, revisión de los anclajes y el control de otros artículos específico al sistema particular.

Cualquiera humedad encontró en el sistema SSG debiera investigarse desde la fuente, entre otros, por fallas del sellador, condensación. Éstos, entre otros aspectos, debieran inspeccionarse periódicamente para identificar áreas problemáticas. La evaluación general de la instalación debiera ejecutarse como mínimo cada dos años.

También es recomendable inspeccionar a cualquier otro tiempo cuando, a juicio razonable, sea apropiado debido a hechos eventuales como asaltos, desórdenes civiles, vandalismo u otras ocurrencias naturales como terremotos y condiciones climáticas muy severas como fuertes vientos, altas precipitaciones, etc.

Esta inspección puede ser ejecutada por cualquier agencia confiable que está familiarizado con muros cortinas, además un arquitecto o ingeniero debe ser responsable de los reportes de dicha inspección y rectificar los problemas encontrados.

Después de la construcción y terminación del muro cortina debe elaborarse un programa de control escrito para los sistemas vidriados y para la silicona estructural. Debe mantenerse un registro exacto de estas inspecciones, ello puede ser útil, considerando el tipo y complejidad del sistema, para retener un estadístico. El programa puede identificar áreas para inspeccionarse a cada intervalo de inspección y el grado de inspección a esas áreas.

5.3 Procedimientos ante eventos específicos

A pesar de que el sistema puede haber sido realizado desde el punto de vista de la aplicación y la ejecución como un producto de “defecto de cero”, puede existir después de un tiempo la necesidad de reemplazar algunos elementos del sistema debido a fallas propias del sistema o a causas externas. Las razones típicas de reemplazo de elementos se deben a:

- Fractura de cristal
- Falta de sellador en cristales, sea estructural o climático
- Falta de adhesión de sellador alrededor del cristal o panel
- Envejecimiento natural, puede existir una reducción en la fortaleza del sellador estructural o hay materiales que han alcanzado su expectativa de vida
- Características de deformación en elementos

Los procedimientos de reemplazo de partes del muro cortina deben ser considerados durante el diseño inicial del sistema vidriado, como considerar los accesos disponibles adecuados para el equipo de reinstalación, particularmente si las uniones con sellador estructural tienen que reemplazarse en el lugar de origen.

Para facilitar reemplazo, muchos dueños de edificios almacenan grandes cantidades de material extra o “existencias” en el edificio. Típicamente, cuando el sistema se está diseñando, las cantidades de material extra son establecidas, así pueden ser suministrados con la orden de cristal original. Esto es importante ya que no es poco común en ciertos tipos de cristal, agotarse en el mercado en el tiempo, y que los reemplazos puedan resultar con un color o poder de reflexión distintos.

5.3.1 REEMPLAZO DE VIDRIADO DEBIDO A ROTURA

El procedimiento que se describe a continuación supone que originalmente se utilizó un adhesivo estructural certificado en el proyecto, y que las recomendaciones originales se encuentran disponibles para el contratista que realiza las reparaciones. Si esta información no estuviera disponible, contacte al fabricante de silicona utilizada, quien quizás necesite determinar inicialmente que productos fueron utilizados.

En caso de rotura del cristal exterior de un DVH, se debe reemplazar todo el elemento y no sólo el cristal exterior. Ello para mantener las características térmicas del elemento.

- Realizar una prueba de adherencia de campo para confirmar la adhesión de la silicona existente a las superficies. Si no se observa una excelente adherencia, contacte inmediatamente al fabricante de silicona.
- Desmontar el cristal del área. Dependiendo del diseño de las juntas, esto podría requerir herramientas especialmente diseñadas o cuerdas de piano para cortar el cordón de silicona.
- Cortar y retirar la silicona, dejando una película fina (0,02 - 0,04" / 0,51 mm de espesor) de adhesivo sobre el marco. No dañar el acabado superficial del sustrato. En el caso de remover completamente el sellador, tenga cuidado de no dañar el acabado de la superficie.
- Limpiar el sellador residual con solvente. Si se va a aplicar sellador nuevo inmediatamente después de cortar el sellador curado, entonces la limpieza del sellador curado residual podría no ser necesaria.
- El sellador nuevo se adherirá al sellador curado sin necesidad de imprimador. Si se ha quitado completamente el sellador podría ser necesaria la imprimación.
- La silicona podría absorber algo de solvente. Permitir que se evapore este solvente de manera que el sellador curado existente esté completamente seco antes de aplicar sellador adicional.

- Limpiar el cristal o el panel nuevo y colocarlo en su lugar. Instalar los sujetadores temporarios. Enmascarar la junta.
- Llenar la junta con un cordón de sellador estructural, siguiendo las recomendaciones del fabricante.
- Después de que el sellador se haya curado completamente, verificar que se haya logrado la adhesión total y luego remover los sujetadores temporarios.

En algunas ocasiones no se puede acceder a la junta estructural una vez que se ha colocado el cristal. En dichos casos excepcionales, aplicar el sellador directamente en el marco, posicionando al cristal en su lugar, comprimiendo el sellador dentro de la junta. La junta se debe llenar en exceso con sellador y el cristal debe montarse dentro de los 10 minutos o antes de que el sellador forme piel. Las juntas estructurales llenadas deficientemente constituyen problemas de mano de obra. Quien aplica el sellador es responsable de asegurar el llenado adecuado de la junta.

El proveedor de sellos y siliconas estructurales debe revisar y realizar comentarios acerca de los procedimientos de re-envidriado.

5.3.2 REEMPLAZO DE VIDRIADO DEBIDO A FALLAS EN EL SISTEMA

Si el alcance del re-vidriado involucra una gran operación de restauración, consulte al fabricante de siliconas, tan pronto como sea posible, durante el proceso de planificación. Típicamente, el vidriado de rehabilitación que utiliza adhesivos de silicona se da cuando un edificio que ha sido vidriado convencionalmente experimenta problemas de filtraciones y se renueva la fachada completa del muro cortina. En cualquier situación de una gran rehabilitación, es muy importante evaluar el problema con el sistema y registrar cuidadosamente las fechas y la ubicación de las fallas específicas.

5.3.2.1 Remoción y Reemplazo del Sellador de Silicona Curado

Típicamente, una junta de silicona diseñada e instalada correctamente durará 20 años sin necesidad de ser reemplazada. En los casos en los que la junta ha experimentado un daño mecánico o de otro tipo y se requiere su reemplazo, siga los procedimientos que se detallan a continuación según la evaluación del problema de la junta:

- l) Si el sellador se encuentra curado adecuadamente y cumple con su aplicación pero tiene un mal aspecto (por ej., debido a un mal espatulado), entonces será suficiente limpiar la superficie del sellador con un solvente y recubrir la junta.
 - a) Limpiar el sellador con un solvente (por ej., xileno, tolueno) para remover la suciedad. Permita que el solvente se evapore.
 - b) Enmascarar los bordes de la junta.
 - c) Aplicar un cordón fino de sellador nuevo sobre el sellador curado.
 - d) Repasar el sellador con una espátula en seco.
 - e) Quitar el material de enmascarado.

- 2) Si el sellador se encuentra mecánicamente dañado y recubrirlo no mejorará el desempeño de la junta, entonces remueva la sección de sellador viejo y reemplácelo.
- a) Cortar y retirar el sellador viejo. Si aún conserva una excelente adhesión al sustrato, entonces deje una película de sellador en los bordes de la junta (con un espesor máximo de 0.08" / 72 mm).
 - b) Si la adherencia a las superficies no es buena, entonces remover el sellador hasta la superficie, límpiela y si es necesario realizar un reacondicionamiento (es decir, aplique xileno y el imprimador adecuado).
 - c) Enmascarar la junta.
 - d) Volver a aplicar el sellador. (Si no se realiza el resellado en el mismo día, la junta se deberá limpiar nuevamente utilizando un solvente como xileno o tolueno antes de aplicar el sellador nuevo)
 - e) Repasar en seco la junta con una espátula.
 - f) Quitar el material de enmascarado.
 - g) Verificar la adhesión después de que el sellador se ha curado durante 7 días.

6. Referencias

E. Referencias

E.1 Normas Chilenas

NCh 132	Terminología y clasificación general del vidrio.
NCh 133	Vidrios plano para arquitectura y uso industrial, espesores nominales normales y tolerancias.
NCh 134	Vidrios planos. Características físicas.
NCh 134/1	Vidrios planos. Ensayos Parte 1: Determinación de la transmisión de la luz. Transmisión directa solar, transmisión de la energía solar total y ultravioleta y factores de acristalamiento relacionados.
NCh 134/3	Vidrios planos. Ensayos Parte 3: Resistencia a la acción de temperaturas extremas.
NCh 134/4	Vidrios planos. Ensayo Parte 4: Rotura por flexión.
NCh 135	Vidrios planos de seguridad para uso en arquitectura. Clasificación y requisitos.
NCh 135/1	Uso en la arquitectura. Parte 1: Práctica recomendada para su empleo.
NCh 135/2	Uso en la arquitectura. Parte 2: Especificación y aplicación en áreas susceptibles a impacto humano.
NCh 135/3	Vidrios planos de seguridad para uso en arquitectura. Parte 3: vidrios que se emplean en posición vertical, sustentados en sus cuatro bordes. Práctica recomendada para el cálculo de espesor.
NCh 135/4	Vidrios planos. Ensayo Parte 4: Inspección visual.
NCh 135/5	Vidrios planos. Ensayo Parte 5: Roturas por impacto de una esfera de acero.
NCh 135/6	Vidrios planos de seguridad. Ensayos Parte 6: Rotura por impacto de una bolsa de lastre.
NCh 135/7	Vidrios planos de seguridad. Ensayos Parte 7: Fragmentación por impacto de un punzón.
NCh 135/8	Vidrios planos de seguridad, laminados. Ensayos Parte 8: Resistencia a la temperatura y humedad.
NCh 2434/1	Doble vidriado hermético Parte 1: Características de diseño y construcción.
NCh 2434/2	Doble vidriado hermético Parte 2: Ensayo de condensación.
NCh 2434/3	Doble vidriado hermético Parte 3: Ensayo de hermeticidad.
NCh 2434/4	Doble vidriado hermético Parte 4: método de envejecimiento acelerado.
NCh 2620	Vidrios laminados planos para la arquitectura. Definiciones especificaciones y métodos de ensayo.
NCh 203	Acero para uso estructural.
NCh 352	Condiciones acústicas que deben cumplir los edificios.
NCh 431	Sobrecargas por acumulación de nieve.
NCh 432	Cálculo de aceleración del viento sobre las construcciones.
NCh 433	Diseño sísmico de edificios.
NCh 446	Arquitectura construcción puertas y ventanas.

6.1 Normas Chilenas (continuación)

NCh 523	Carpinterías de aluminio Puertas y ventanas - requisitos.
NCh 701	Acero - Planchas delgadas al carbono laminadas en caliente - Tolerancia.
NCh 702	Acero - Planchas delgadas de acero carbono laminados en frío.
NCh 703	Acero - Planchas gruesas de acero carbono laminadas en caliente.
NCh 849	Transmisión térmica - Terminología, magnitudes, unidades y símbolos.
NCh 850	Método para la determinación de la conductividad térmica en estado estacionario por medio del anillo de guarda.
NCh 851	Determinación de coeficientes de transmisión térmica por el método de la cámara térmica.
NCh 853	Acondicionamiento ambiental térmico - muros y complejos de techumbre - cálculo de resistencia y transmitancia térmica.
NCh 888	Arquitectura y Construcción - Ventanas - Requisitos básicos.
NCh 890	Arquitectura y Construcción - Ventanas - Ensayos de resistencia al viento.
NCh 891	Arquitectura y Construcción - Ventanas - Ensayos de Estanquidad al agua.
NCh 892	Arquitectura y Construcción - Ventanas - Ensayos de Estanquidad al aire.
NCh 904	Resistencia a la corrosión Niebla salina.
NCh 935/1	Prevención de incendios en edificios. Ensayo de resistencia al fuego. Parte 2: Elementos de construcción en general.
NCh 935/2	Prevención de incendios en edificios. Ensayo de resistencia al fuego. Parte 2: Puertas y otros elementos de cierre.
NCh 1079	Arquitectura y construcción Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico.
NCh 2120	Tolerancias dimensiones geométricas de los productos extrudidos de aluminio y aleaciones de aluminio.
NCh 2496	Arquitectura y Construcción - Ventana - Instalación en obra. Transmitancia térmica para muros perimetrales por zonas del país.
NCh 2745	Análisis y diseño de edificios con aislamiento sísmico.
NCh 2808	Puertas, ventanas, tragaluces y muros cortinas exteriores. Determinación de la penetración del agua por diferencia de presión de aire estático cíclico o uniforme - método de ensayo en terreno.
NCh 2496	Arquitectura y Construcción - Ventanas - Instalación en obra.
NCh 1972	Arquitectura y Construcción - Ventanas - Valores aplicables a los ensayos mecánicos.
NCh 447	Carpintería - Modulación de ventanas y puertas.
NCh 446	Arquitectura y Construcción - Puertas y Ventanas - Terminología y Clasificación.

6.2 Normas internacionales

ISO 3210	Inmersión en agua 25°
ISO 2815	Ensayo de resistencia al rayado
ISO 2813	Brillo nivel 60°
ISO 2409	Ensayo de adherencia
ISO 105	Ensayo Xenotest
ISO 2360	Espesor de película

6.3 Normas extranjeras

En el ámbito internacional, los muros cortinas se encuentran más normados, con especificaciones más detalladas y recomendaciones de diseño, fabricación, instalación y mantenimiento.

Existen normas que establecen métodos de ensayo complementarios a las exigencias mínimas nacionales.

6.3.1 NORMAS ASTM AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS

ASTM B244	Espesor y calidad capa anódica perfiles.
ASTM B449	Preparación superficie perfiles.
ASTM C794	Adherencias de los materiales sellantes.
ASTM C 920	Specifications for Elastomeric Joint Sealants.
ASTM C-1036	Especificaciones estándar para vidrio plano.
ASTM C-1048	Standard Specification for Heat-Treated Flat Glass - Kind HS, Kind FT Coated and Uncoated Glass.
ASTM C 1087	Compatibilidad de los materiales sellantes con otros materiales.
ASTM C 1135	Resistencias mínimas de diseño de materiales sellantes.
ASTM C 1184	Standard specification for structural silicone sealants.
ASTM C 1172	Especificación Estándar para vidrio plano Laminado de uso arquitectónico.
ASTM C 1248	Efectos visuales causados por los materiales sellantes.
ASTM C1401	Standard Guide for Structural Sealant Glazing.
ASTM D3359	Adherencia capa pintura perfiles.
ASTM D3363	Dureza al lápiz de grafito de la capa pintura perfiles.

6.3.1 NORMAS ASTM AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (continuación)

ASTM E 84-87	Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials.
ASTM E 106	Resistencia al fuego.
ASTM E 119	Resistencia al fuego .
ASTM E-283	Test method for determining rate of air leakage through exterior windows, curtain wall and doors And specified pressure differences across the specimen.
ASTM E330	Standard test method for structural performance of exterior windows, curtain walls, and doors by uniform static air pressure difference.
ASTM E 331	Test for water penetration of exterior windows, curtain walls and doors by uniform static air pressure difference.

6.3.2 NORMAS AAMA AMERICAN ARCHITECTURAL MANUFACTURERS ASSOCIATION

AAMA 501-94	Methods of test for exterior walls
AAMA 501-94	Methods of test for exterior walls

6.3.3 NORMAS ESPAÑOLAS

NBE-AE-88	Acciones en la edificación
NB-CT-79	Condiciones térmicas de los edificios
NBE-CA-82	Condiciones acústicas de los edificios
NBE-CPS-96	Reglamento de seguridad con incendios en establecimientos industriales
EN 12152 2001	Fachadas ligeras permeabilidad al aire, requisitos y clasificación
EN 12153 2000	Fachadas ligeras permeabilidad al aire, método de ensayo
EN 12154 1888	Fachadas ligeras estanqueidad al agua, requisitos y clasificación
EN 12155 1999	Fachadas ligeras Estanqueidad al agua Ensayo de laboratorio bajo presión estática
EN 12179 2001	Fachadas ligeras Resistencia a la carga de viento. Método de ensayo
EN 12600 2001	Vidrio para la edificación. Ensayo pendular Método de ensayo al impacto para vidrio plano
prEN 13022	Vidrio para la edificación. Acristalamiento con sellante estructural. Parte I
ENV 13050: 2000	Fachadas ligeras Estanqueidad al agua Ensayo de laboratorio bajo presión de aire dinámica y proyección de agua
EN 13051: 2001	Fachadas ligeras Estanqueidad al agua Ensayo in situ.
ÉN 13116: 2001	Fachadas ligeras Resistencia a la carga de viento. Requisitos y clasificación.
prÉN 13119	Fachadas ligeras terminología.
prÉN 13501	Clasificación al fuego de productos de construcción y elementos de edificación.
pr EN 13830 prÉN 13119	Fachadas ligeras norma de producto.
prEN 13947: 2000	Fachadas ligeras. Cálculo de transmitancia térmica método simplificado.
EN 1401S: 2002	Fachadas ligeras resistencia al impacto requisitos y clasificación.
ENV 1991-1-1: 2001	Eurocódigo 1: Acción sobre las estructuras. Acciones generales. Densidades. Propio peso y cargas impuestas.
EN ISO 717 -1: 1986	Acústica Clasificación de la atenuación acústica en edificios y elementos del edificio. Parte 1 mediciones de laboratorio de atenuación al ruido aéreo de elementos de edificación.
EN ISO 140 -3: 1986	Acústica Clasificación de la atenuación acústica en edificios y elementos del edificio. Parte 3 atenuaciones al ruido aéreo en edificios y elementos interiores del edificio.

E.3.4 NORMAS ARGENTINAS

IRAM 11957	Resistencia al fuego de los elementos de construcción. Ensayo de los elementos estructurales de acero protegidos.
IRAM 11505-1	Carpintería de obra. Parte I: Puertas, ventanas y fachadas integrales livianas. Vocabulario.
IRAM 11539	Fachadas integrales livianas. Requisitos.
IRAM 11578	Acondicionamiento térmico de edificios. Método de determinación de la conductividad térmica de los materiales de construcción mediante el medidor de flujo de calor.
IRAM 11957	Resistencia al fuego de los elementos de construcción. Ensayo de los elementos estructurales de acero protegidos.
IRAM 11980	Fachadas integrales de vidrio pegado.
IRAM 12595-12596	Características del vidrio sometido a impacto humano accidental.

B.4. Bibliografía Técnica

DOCUMENTO	AUTOR / FUENTE	FECHA
Apuntes básicos para arquitectos, constructores, armadores y distribuidores. Curso de aluminio	INDALUM	2002

DOCUMENTO	AUTOR / FUENTE	FECHA
Fire safety in high rise curtain walls	AAMA	1995
The rain screen principle and pressure equalized wall design	AAMA	1996
Glass and glazing	AAMA	1997
Installation of aluminium curtain walls	AAMA	1989
Structural properties of glass	AAMA	1984
Curtain wall design guide manual	AAMA	1996
Joint sealants	AAMA	1991
Structural sealant glazing systems (design guide)	AAMA	1985
Metal curtain wall manual	AAMA	1989
Sloped glazing guidelines	AAMA	1983
Structural performance poured and debridged framing systems	AAMA	1990

DOCUMENTO	AUTOR / FUENTE	FECHA
Manual Técnico	DOW CORNING	2005
Garantía silicona estructural	GE SILICONES	2003
Recomendaciones técnicas para uso de selladores	GE SILICONES	2004
Adhesion testing for structural glazing	GE SEALANTS & ADHESIVES	
GE silicones evaluation assistance program for structural glazing projects	GE SILICONES	
Construction products (catálogo)	GE SEALANTS & ADHESIVES	
Cleaning solvent	GE SEALANTS & ADHESIVES	
Protective glazing silicone	GE SILICONES	
Control de calidad, comportamiento y durabilidad del sellado estructural con siliconas	DOW CORNING AMERICAS	