

# ¿Por qué se rompe un vidrio templado?

Por: Acolvise

El vidrio, esta definido por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 como un producto inorgánico de fusión, constituido principalmente por compuestos de silicio, calcio y sodio enfriados hasta adquirir un estado rígido sin cristalización. El vidrio se considera un líquido súper enfriado cuya estructura no cristalina le permite ser transparente, es esta misma estructura la que lo hace una material frágil y en el que por la ausencia de deformación plástica no se logra evidenciar cuando el material esta siendo sometido a un sobreesfuerzo. Esta fragilidad no implica que el vidrio no tenga características suficientes para ser un material de construcción.

El vidrio es un material de tal versatilidad que se pueden utilizar como elemento estructural garantizando la integridad de la edificación.



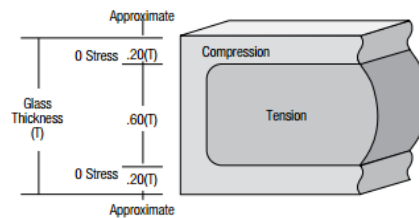
*Apple Store, Fifth Avenue. New York - USA.*

Aunque por ahora el uso mas extendido del vidrio en el mercado colombiano es como *elemento no estructural*, para aplicaciones externas (ventanas, puertas, fachadas, muros cortina) e internas (divisiones, paneles, fijos, puertas, ventanas).

Estas aplicaciones en vidrio, tanto para uso residencial como comercial, deben estar de acuerdo a los requisitos del reglamento NSR-10 y el tipo de vidrio que se utilice debe ser donde lo exija el reglamento, y ser realizadas con vidrio de seguridad, vidrio laminado o

vidrio templado como lo especifique el reglamento. Así también, con las restricciones del caso, se permite el uso en contadas aplicaciones de vidrio recocido.

El templado es uno de los tratamientos térmicos más utilizados para mejorar las características del vidrio; incrementa la resistencia al impacto, a las cargas mecánicas, a los esfuerzos térmicos, y a las cargas de viento, entre otras. El proceso consiste en calentar una lámina de vidrio recocido hasta su temperatura de ablandamiento (aproximadamente 621 °C), para luego ser enfriado rápidamente y lograr superficies con esfuerzos diferenciados (unas superficies en alta compresión con un centro compensando en tensión).



Este proceso también le otorga al vidrio templado su característica rotura y esta es su cualidad diferenciadora, la rotura de un templado produce partículas de tamaño pequeño (llamado también grana) que minimiza el riesgo de lesiones o cortaduras al contacto accidental con estas.

El vidrio templado es comúnmente utilizado en:

- Puertas de patios, puertas de entrada y corredizas, puertas en general.
- Cerramientos para bañeras, duchas y áreas húmedas.
- Ventanas fijas y operantes, residenciales y comerciales.
- Vitrinas.
- Divisiones.
- Barandas.

Los requisitos para el vidrio templado categoría FT se encuentran en la norma técnica colombiana *NTC 5756* de ICONTEC.

### La rotura del vidrio templado.

1. Con frecuencia hay una idea errónea de que el vidrio templado es "irrompible" o "casi irrompible". Esto no es verdad. El vidrio templado es definitivamente rompible y muchas de las cosas que pueden romper vidrio recocido también puede romper el vidrio templado. La rotura se produce cuando los esfuerzos sobre el vidrio superan su capacidad para distribuirlos y debe liberar este exceso de carga de alguna manera.
2. El vidrio templado (FT) es cuatro veces más fuerte que el vidrio recocido del mismo tipo y espesor (consulte la norma *ASTM E1300*; más información sobre esta norma ver nota final) y puede ser considerado vidrio de seguridad si cumple con los requisitos de la *NTC 1578* de ICONTEC. Las superficies grabadas con chorro de arena tienen una resistencia menor a los esfuerzos.

3. El vidrio templado (FT), cuando se rompe, se fractura en muchas pequeñas partículas. Esto es por diseño y es una excelente prueba de que un producto está bien templado, y no está defectuoso. Es la rotura la característica que lo hace un producto excelente para aplicaciones de vidrio de seguridad.
4. El vidrio recocido (crudo) se rompe fácilmente por el estrés mecánico, el impacto y el estrés térmico moderado. El vidrio templado resistirá mucho mayores tensiones que el vidrio recocido antes de fallar. Sin embargo, por la naturaleza del vidrio templado no va a romper en la manera simple de vidrio recocido, donde se agrieta parte de la lámina y presenta fisuras, si no cae el panel completo, sino que toda la lámina debe "liberar" completamente los esfuerzos acumulados en fragmentos pequeños, incluso si lo ocasiona una pequeña fractura inicial.
5. Otra característica del vidrio templado es que de vez en cuando la lámina no dará señales inmediatamente en el momento del daño, pero en algún momento, tal vez muchas semanas, más adelante se ocasionará la rotura. Esta produce sorpresa y asombro en los testigos de la rotura ya que ninguna causa aparente es evidenciada de inmediato (la naturaleza de la rotura del vidrio templado es producir una liberación muy rápida de la energía acumulada en el vidrio, un estallido). Este tipo de comportamiento es uno de los factores que conducen a la llamada "rotura retrasada" del vidrio templado.
6. La liberación retrasada de los esfuerzos puede ocurrir si la lámina ha sido dañada durante su fabricación, transporte, instalación, manipulación posterior instalación o manipulación del usuario, o si hay un punto de concentración de esfuerzos o una debilidad inherente dentro del cuerpo de vidrio. Solo una mínima parte de debe a una rotura sin explicación como la que ocasionan las inclusiones de niquel en la masa del vidrio y que se pueden manifestar hasta muchos años después en la lámina templada, sin embargo la probabilidad de que se presente esta rotura es menor.
7. Daño accidental o deliberado, puede ser otra causa de la rotura inexplicable.

Aunque el vidrio sí puede romperse por causa de terceros, un buen diseño debe tratar que esto no sea así, el diseño de un vidrio busca principalmente que no se rompa, y también busca que cuando suceda las consecuencias de la falla sean aceptables.

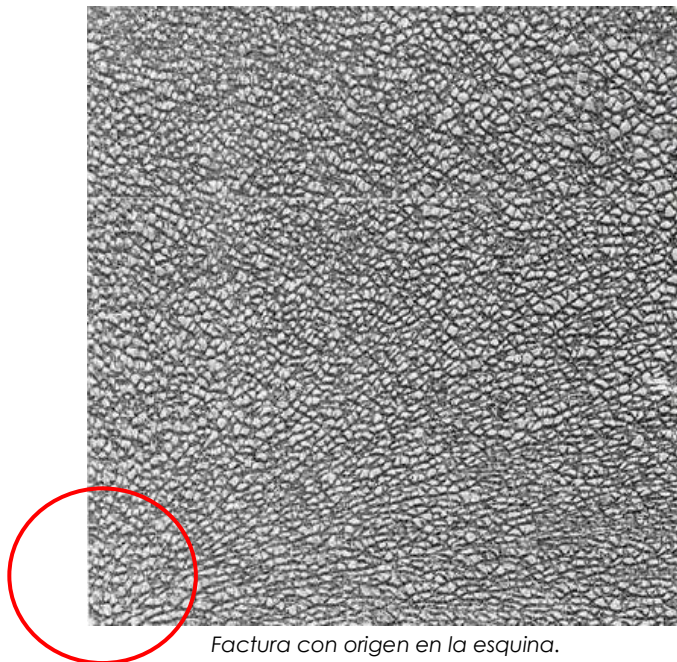
Desde el diseño factores como el espesor de la lámina de vidrio, las dimensiones de panel y las condiciones de apoyo deben ser previamente calculadas y validadas para garantizar condiciones de servicio óptimas que minimice la posibilidad de rotura por uso normal.

En términos del análisis posterior a la rotura de vidrio solo hay dos caminos que tomar: revisar si los esfuerzos fueron muy altos, para buscar mecanismos que reduzcan los esfuerzos; o si el vidrio fue muy débil, se debe buscar fortalecer sus especificaciones.

A continuación, presentamos dos tipos de rotura típicos donde hay posibilidad de determinar el origen o causa de la rotura. En el vidrio templado laminado o que no ha caído del marco, se puede observar el punto de origen de la rotura:



*Fractura con origen al centro de la lámina.  
Busque daño o punto de impacto en la superficie.*



*Fractura con origen en la esquina.  
Se puede observar marcas de trituración, impactos o daño en el borde en el punto de origen de la rotura.*



*Borde con marcas de trituración (crunch damage)*

Es posible determinar la causa de la rotura con un análisis de fractografía, siempre y cuando las piezas hayan quedado intactas en el origen de la rotura. Este es un análisis costoso en tiempo y dinero que no está normalizado actualmente en nuestro país.

### **Causas típicas de rotura:**

- Golpes con elementos metálicos al pisar vidrios o en los bordes expuestos del vidrio con objetos metálicos.
- Rasguños profundos, daño a la superficie o el borde, que posteriormente pueden ocasionar la rotura.
- Otros golpes o efectos de colisiones (especialmente a los bordes).
- Bloques de apoyo incorrectos o que posibiliten el contacto directo metal-vidrio, tornillo-vidrio, etc.
- Piedras pequeñas entre los paneles y el marco.
- Exceso de carga de larga duración sobre la superficie (por ejemplo; amontonamiento de nieve)
- Apalancamiento del vidrio, fuerza de palanca aplicada que excede la deflexión límite del vidrio.
- Operación inadecuada del marco, operación de abrir y cerrar con fuerza desmedida (empujar o recostar el peso del cuerpo sobre un vidrio), tirar con fuerza la puerta de vidrio, movimientos inadecuados que son transferidos al panel del vidrio (azotar, tirar o empujar con fuerza desmedida de una puerta de vidrio).
- Microfisuras de expansión progresiva generadas al momento del corte del vidrio o perforado de este, que pueden llevar a la falla mecánica posterior a la instalación.
- Marco torcido o atascado que implique realizar mayor fuerza para la operación de la de diseño. Forzar la operación de la puerta.
- Presión de pinzado muy fuerte en las conexiones atornilladas, contacto con clavos o tornillos sin cubrir.
- Efectos ambientales en el área del panel que ocasionan diferencia de temperaturas (el tratamiento térmico disminuye este riesgo. Los riesgos incluyen el aire acondicionado, los ocasionados por áreas cubiertas parcialmente con decoraciones que generan sombreado y diferenciales de temperatura en la superficie del vidrio)
- Mantenimiento incorrecto
- Exceso de peso apoyado sobre el vidrio

- Manejo incorrecto de las superficies de vidrio tratado con calor, rasparlas con objetos afiliados al limpiarlas puede reducir su resistencia. La norma NTC 5756, numeral 7.6 explica el origen de dichas partículas: *“7.6 Partículas superficiales: por lo general, el proceso de tratamiento con calor implica el transporte de vidrio muy caliente sobre los rodillos transportadores. Como resultado de este contacto entre el rodillo y el vidrio blando, se producen algunos cambios superficiales en el vidrio (finos o esquirlas) provenientes de los procesos de corte y pulido de los bordes del vidrio, polvo o residuos de la planta de transformación llevados por el aire, partículas refractarias provenientes del techo del horno de templado, así como suciedad externa transportada por el aire que ingresa a la planta debido a los grandes volúmenes de aire de enfriamiento que se utilizan en el proceso”*.

El vidrio (incluido el vidrio templado) se puede romper y como la rotura posterior a la salida de la fábrica están más allá del control del fabricante, una vez descartadas las fallas en el proceso de instalación, no es práctico garantizar totalmente contra la rotura el vidrio.

*“Will my glass break?”*

*Nobody knows for sure. You can't tell how strong it is, until it was.*

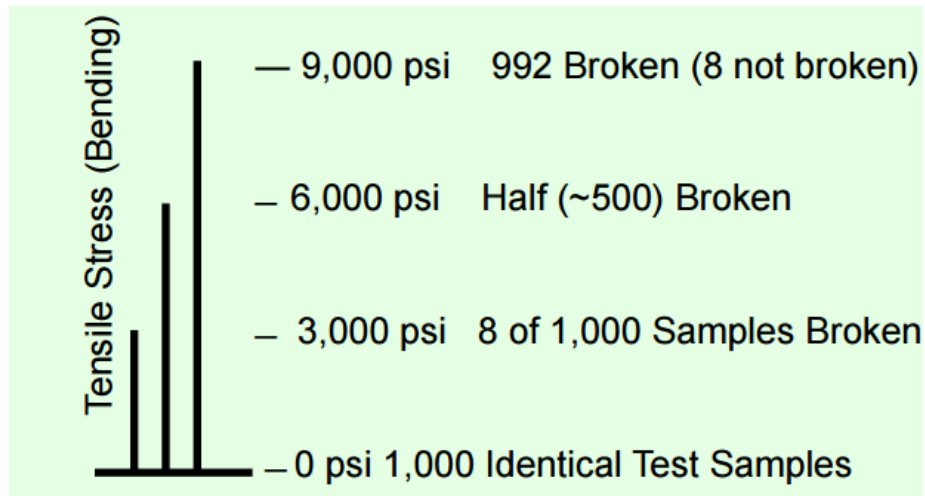
*Design glass not to break (low probability), but if it does, the consequences must be acceptable.”*

¿Más información?  
Contáctenos en [info@acolvise.org](mailto:info@acolvise.org)  
[www.acolvise.org](http://www.acolvise.org)

## ANEXO 1.

Información tomada del grupo NSG GROUP. Tome en cuenta que el vidrio termoendurecido es dos veces mas resistente comparado a un recocido, y un vidrio templado es cuatro veces mas resistente comprado a un recocido.

### How Strong is Annealed Glass?



*Resultados del ensayo realizado para determinar la probabilidad de rotura de las láminas de vidrio.*

Nota final:

informacion sobre historia y uso de la norma ASTM E1300 para analisis de vidrio en:  
<http://www.igmaonline.org/technical/bill/2011-10-13.asp>

Mas información:

[http://buyat.ppg.com/glasstechlib/98\\_TD138%20Heat%20Treated%20Glass%20for%20Architectural%20Glazing%204%20Nov%202011.pdf](http://buyat.ppg.com/glasstechlib/98_TD138%20Heat%20Treated%20Glass%20for%20Architectural%20Glazing%204%20Nov%202011.pdf)

Mas información:

<http://store.glasswebsite.com/products/heat-treated-glass-surfaces-are-different>



**Glass Informational Bulletin**

**GANATA TD 02-0402**

## **Heat-Treated Glass Surfaces Are Different**

### **Industry Cleaning Procedures Must be Followed to Avoid Glass Damage**

As the use of glass increased over recent years, issues of strength, safety and thermal performance became increasingly important design considerations. The availability of tinted and coated glasses had a dramatic impact on glass use in building projects. The vastly expanded aesthetic options, combined with the improved energy conserving and comfort capabilities of tinted and coated glasses allowed architects to use more glass, as well as larger sizes in their designs. A consequence of this trend was a corresponding increase in the use of tempered and heat-strengthened glass in order to meet both thermal and windload design requirements. The demand for tempered glass further increased with the passing of safety glazing legislation in 1977, which mandated its use in certain locations.

Currently, there are two types of heat-treated glass as defined in the American Society for Testing and Materials (ASTM) C 1048 - *Standard Specification for Heat-Treated Flat Glass – Kind HS, Kind FT Coated and Uncoated Glass*. The two types are heat-strengthened (Kind HS) and fully tempered (Kind FT). Both types of glass are produced using the same equipment. A majority of the heat-treated glass produced over the last 30 years has been fabricated in horizontal roller hearth furnaces. The preparation stage for the heat-treatment process requires annealed float glass to be cut to the required final size, the edges to be treated according to the specified finish (commonly seamed or polished) and the glass to be washed. The process then requires the glass to be transported on horizontal rollers through an oven and heated to approximately 1,150° F (621° C). Upon exiting the furnace, the glass is rapidly cooled (quenched) by blowing air uniformly onto both surfaces simultaneously. The cooling process leaves the surfaces of the glass in a state of compression and the central core in compensating tension.

The color, clarity, chemical composition and light transmission characteristics of glass remain essentially unchanged after heat-treating. Likewise, hardness, specific gravity, expansion coefficient, softening point, thermal conductivity, solar optical properties and stiffness remain unchanged by the heat-treating process. The only physical properties that change are improved flexural and tensile strength, and improved resistance to thermal stresses and thermal shock. Under uniform loading, heat-treated glass is stronger than annealed glass of the same size and thickness. The heat-treating process does change the break pattern of the glass, i.e. fully tempered glass disintegrates into relatively small pieces meeting the safety glazing requirements and thereby greatly reducing the likelihood of serious cutting or piercing injuries.

As mentioned, the heat-treating process typically involves the transport of very hot glass on rollers. As a result of this soft glass-to-roller contact, some glass surface changes will occur. Minute glass

2345 SW Wanamaker Drive, Suite A Topeka, KS 66614-5321  
(785) 271-0208 Fax: (785) 271-0166  
[www.glasswebinfo.com](http://www.glasswebinfo.com)



particles (fines) from the glass cutting and edging process, typical manufacturing plant air-borne debris or dust, refractory particles from the tempering oven roof, as well as external airborne dirt and grit carried into the plant by the large volumes of quench air used in the process, may adhere to one or both glass surfaces. Also, the physical contact of the soft glass surface with the rollers may result in a marking or dimpling of the glass surface. Current glass quality specifications contained in ASTM C 1036- *Standard Specification for Flat Glass*, establish the size and number of glass imperfections allowed based on specific visual inspection criteria. The glass surface conditions listed above are not usually visible to the eye under normal visual circumstances. These surface conditions do not threaten the visual nor structural integrity of the product, and are not reason for rejection of glass under the ASTM consensus standards.

However, despite being invisible, such surface conditions can be detectable to the touch. This difference in "feel", between annealed and heat-treated glass, can lead to issues during cleaning of the glass, as glass cleaning workers attempt to remove microscopic particles. With the best of intentions, they may attempt to scrape particles that can be felt, but not seen, and very often end up scratching and chipping the glass surface.

Additionally, once the glass is delivered to the construction site, construction materials and debris may be deposited on the glass. Paint, stucco, concrete, adhesives, and other materials may be splattered on the glass and left there for long periods of time. These materials and the methods for removing them may also damage the glass surface.

It is important to note that the recommended cleaning procedures for heat-treated glass are the same as for annealed glass. The use of scrapers, abrasives, and harsh chemical cleaning agents is not recommended for any glass product because they can cause irreparable damage. With the best of intentions, window cleaners, and other tradesmen, may attempt to remove construction dirt and debris from the glass surface by scraping the surface. This can lead to glass damage, such as scratching and chipping if any microscopic particles have adhered to the surface and are dislodged and transported across the glass in the scraping process.

Acceptable cleaning procedures are available from glass manufacturers and fabricators. In addition, the Glass Association of North America has published a Glass Information Bulletin entitled, *Proper Procedures for Cleaning Architectural Glass Products*, which includes industry recommended cleaning procedures, as well as a list of Do's and Do Not's.

Heat-treated glass products are critical components of today's high-performance coated, insulating, laminated, spandrel, safety glazing, bullet-resistant, blast-resistant, and hurricane-resistant fenestration products. Millions upon millions of square feet of heat-treated glass have been installed and have provided trouble free performance for almost 50 years. Continued use of acceptable cleaning practices, combined with good judgment, will prevent glass damage and enable the glass to maintain its original attractive appearance for years to come.

This bulletin was developed by the GANA Tempering Division - Construction Subcommittee and approved by the Tempering Division - Standards & Engineering Committee and GANA Board of Directors. This is the original version of the document as approved and published in April 2002.



TD 02-0402

2