

Ranurado en V

En 1996 Vitro (antes PPG Industries) publicó la Recomendación de Servicio Técnico 96-1, “Procesamiento de Vidrio Tratado Térmicamente”. TSR 96-1 fue una reafirmación de las antiguas recomendaciones de Vitro contra el procesamiento del vidrio después del tratamiento térmico. Una de las razones por las que Vitro reafirmó sus recomendaciones fue la popularidad del vidrio ranurado en V, sobre todo en puertas y particiones/ventanas laterales, donde el vidrio debe ser también templado para cumplir con los requisitos de acristalamiento de seguridad.

Aunque hay datos que confirman que se produce una reducción significativa de la resistencia del vidrio cuando éste se somete a esmerilado con chorro de arena o se graba/ataca al ácido después del tratamiento térmico, y aunque es razonable suponer que se producen reducciones de resistencia comparables, o incluso mayores, si el vidrio se ranura después del tratamiento térmico, Vitro realizó pruebas para verificar esta suposición. Las pruebas incluyeron tanto Ensayos Destructivos de Presión Uniforme como Ensayos de Resistencia al Impacto. Se probaron los siguientes tipos de vidrio, tanto en 3.3 mm como en 5 mm de espesor:

- Recocido - sin ranuras
- Recocido con ranuras
(5mm de espesor solamente)
- Templado - sin ranuras
- Templado - ranurado antes del templado
- Templado - ranurado después del templado

Los resultados de las pruebas, que se resumen en este DT, apoyan las siguientes conclusiones:

Cuando el vidrio se somete a Pruebas Destructivas de Presión Uniforme:

- La resistencia de la superficie ranurada del vidrio recocido es aproximadamente un 59% menor que la resistencia del vidrio recocido sin ranuras.
- La resistencia de la superficie ranurada del vidrio ranurado después del templado es aproximadamente un 58% menor que la resistencia del vidrio templado sin ranuras.
- La resistencia de la superficie ranurada del vidrio ranurado antes del templado es aproximadamente un 33% menor que la resistencia del vidrio templado sin ranuras.
- La resistencia de la superficie ranurada del vidrio ranurado después del templado es aproximadamente igual a la resistencia del vidrio recocido sin ranuras.

Cuando el vidrio se somete a condiciones de esfuerzo de flexión por impacto de una bola de acero de 1/2 libra:

- La resistencia de la superficie ranurada del vidrio recocido es aproximadamente un 79% menor que la resistencia del vidrio recocido sin ranuras.
- La resistencia de la superficie ranurada del vidrio ranurado después del templado es aproximadamente un 76% menor que la resistencia del vidrio templado sin ranuras.

Ranurado en V

- La resistencia de la superficie ranurada del vidrio ranurado antes del templado es aproximadamente un 60% menor que la resistencia del vidrio templado sin ranuras.
- La resistencia de la superficie ranurada del vidrio ranurado después del templado es aproximadamente un 66% menor que la resistencia del vidrio recocido sin ranuras.

Estos resultados también apoyan las recomendaciones de Vitro, formuladas desde hace tiempo en la Recomendación de Servicios Técnicos 96-1, contra el procesamiento posterior del vidrio una vez que ha sido tratado térmicamente.

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA PRUEBA – Vidrio ranurado y no ranurado

Significado

El rendimiento de cualquier producto de vidrio se verá influenciado por muchos factores, incluyendo la geometría de la pieza, las condiciones de la superficie y los bordes, y la metodología utilizada para realizar la prueba. El vidrio ranurado en V introduce factores de influencia adicionales, como la geometría de la ranura, el patrón de la ranura y el daño adicional a la superficie causado por el proceso de ranurado.

Los resultados presentados en este documento se refieren a las muestras con ranuras en V descritas en los diagramas 1 y 2. La fotografía 1 muestra una muestra de prueba típica. Aunque es de esperarse una reducción de la resistencia en cualquier vidrio ranurado, la magnitud de tales reducciones variará, dependiendo de la geometría de la ranura, el patrón de la

ranura y la calidad del proceso de ranurado.

Pruebas de Presión Uniforme

Se probó un total de 68 láminas de vidrio. Éstas incluían espesores de 3.3 mm y 5 mm, ranuradas y no ranuradas, recocidas y templadas. La profundidad promedio de las ranuras en las láminas de 3.3 mm de espesor fue de 0.035"; la profundidad promedio de las ranuras en las láminas de 5 mm de espesor fue de 0.025". Las láminas templadas de 3mm y 5mm tuvieron valores promedio de compresión superficial de 14,100 psi y 19,800 psi respectivamente.

Las láminas de vidrio se probaron en un accesorio de prueba de aluminio con condiciones de borde/marco de soporte simple aproximado y se sometieron a una presión progresiva distribuida uniformemente en rampa equivalente a 1,000 y 10,000 psi por minuto para las láminas recocidas y templadas, respectivamente, hasta que se produjo la fractura. Luego se registró la presión aplicada para provocar la fractura del vidrio.

Utilizando la presión registrada en la fractura y la velocidad de carga, se utilizó el programa de análisis informático BIHAR de diferencias finitas para calcular la resistencia básica efectiva de la lámina de vidrio y la tensión máxima inducida por la presión aplicada. Para el vidrio templado y ranurado, el programa BIHAR también se utilizó para calcular la resistencia de rendimiento total del vidrio suponiendo una resistencia básica promedio basada en los valores de la tensión de fractura del radio del espejo o en un valor promedio de compresión de la superficie medido, y luego resolviendo de forma

Ranurado en V

iterativa una compresión de superficie promedio efectiva o resistencia básica promedio, respectivamente, hasta lograr una velocidad de fractura prevista del 50%.

Los resultados de las pruebas de presión uniforme se resumen en la Tabla 1; los cuadros 1 y 2 presentan los datos de forma gráfica.

Resultados de la prueba de resistencia al impacto

Se probó un total de 71 láminas de vidrio de 22" x 36". Éstas incluían espesores de 3.3 mm y 5 mm, ranuradas y no ranuradas, recocidas y templadas. La profundidad promedio de las ranuras en las láminas de 3.3 mm de espesor fue de 0.035"; la profundidad promedio de las ranuras en las láminas de 5 mm de espesor fue de 0.025".

Las láminas de vidrio se probaron en un accesorio de prueba de aluminio (ver fotografía 2) con condiciones de contorno de soporte simple aproximado y se impactaron con una bola de acero de 1/2 libra que se dejó caer de forma que impactó en las láminas dentro de un radio de 5 mm de su centro. Se consideró que la muestra había pasado si no se rompía en los 30 segundos siguientes al impacto. Las láminas fueron impactadas a partir de una altura de caída de 10 pulgadas, medida desde la parte inferior de la bola de impacto de acero, y fueron sucesivamente impactadas en incrementos de 10 pulgadas de altura hasta que se produjo el fallo.

El esfuerzo de flexión (σ en unidades de psi), que se produce en la superficie opuesta de la placa de vidrio que está siendo impactada por una bola de acero de 1/2

$$\sigma_t = k_t \cdot h$$

donde h es la altura de caída de la bola en pulgadas y k_t es un coeficiente derivado empíricamente, que varía con el espesor del vidrio. El promedio de la tensión máxima de fractura calculada se calculó utilizando los valores del coeficiente k_t de 6,177.6 y 4,834.7 para los vidrios de 3.3 mm y 5.0 mm de espesor, respectivamente.

Los resultados de las pruebas de impacto se resumen en la tabla 2; los gráficos 3 y 4 presentan los datos de forma gráfica.

CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD

Los usuarios del vidrio recocido y del vidrio templado sin matado de filos deben ser conscientes de que estos productos pueden causar graves lesiones por contacto con el borde del vidrio o por fractura imprevista. Las personas que manipulen productos de vidrio templado sin matado de filos y todo el vidrio recocido deben aplicar procedimientos seguros de manipulación del vidrio y utilizar equipos de protección personal (EPP) clasificados para manipulación segura. Este equipo debe llevarse sobre las partes del cuerpo que puedan entrar en contacto con estos tipos de vidrio. La experiencia de Vitro demuestra que, cuando se usa según lo prescrito, el EPP elimina muchas lesiones y reduce significativamente la gravedad de otras. Puede obtener información más detallada en Vitro.

Ranurado en V

DIAGRAMA 1
MUESTRA DE PRUEBA PARA PRUEBAS DE PRESIÓN UNIFORME Y DE IMPACTO

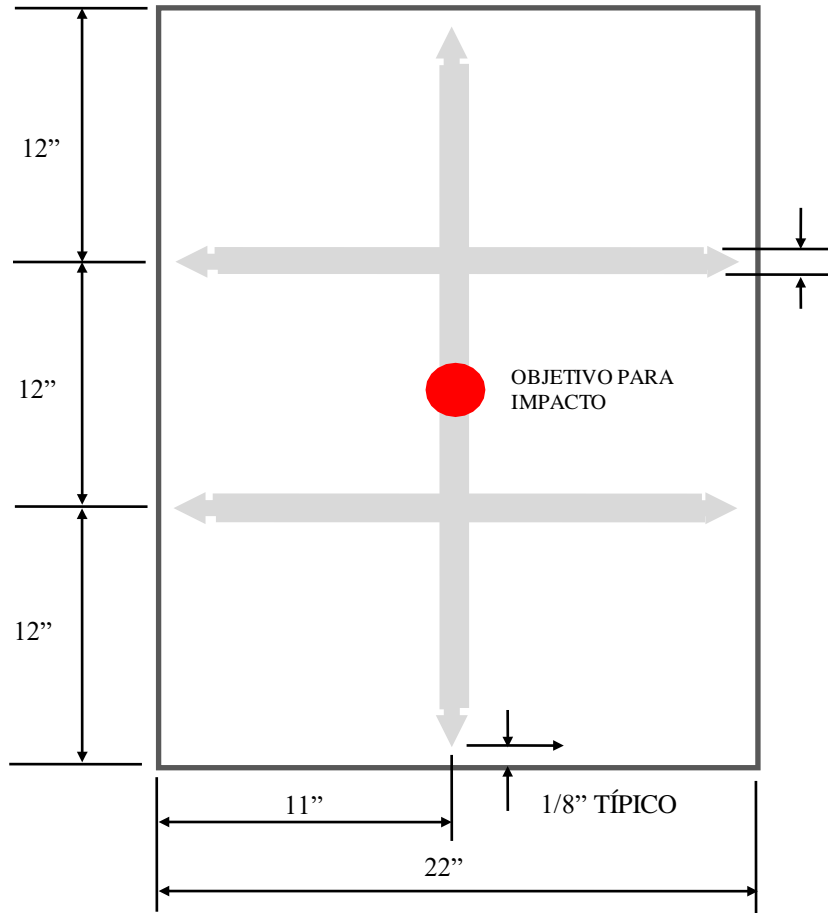
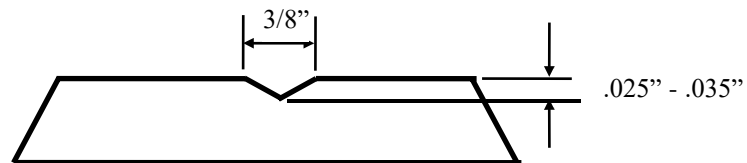


DIAGRAMA 2
GEOMETRÍA DE RANURA EN V



Ranurado en V

TABLA 1
RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE PRESIÓN UNIFORME

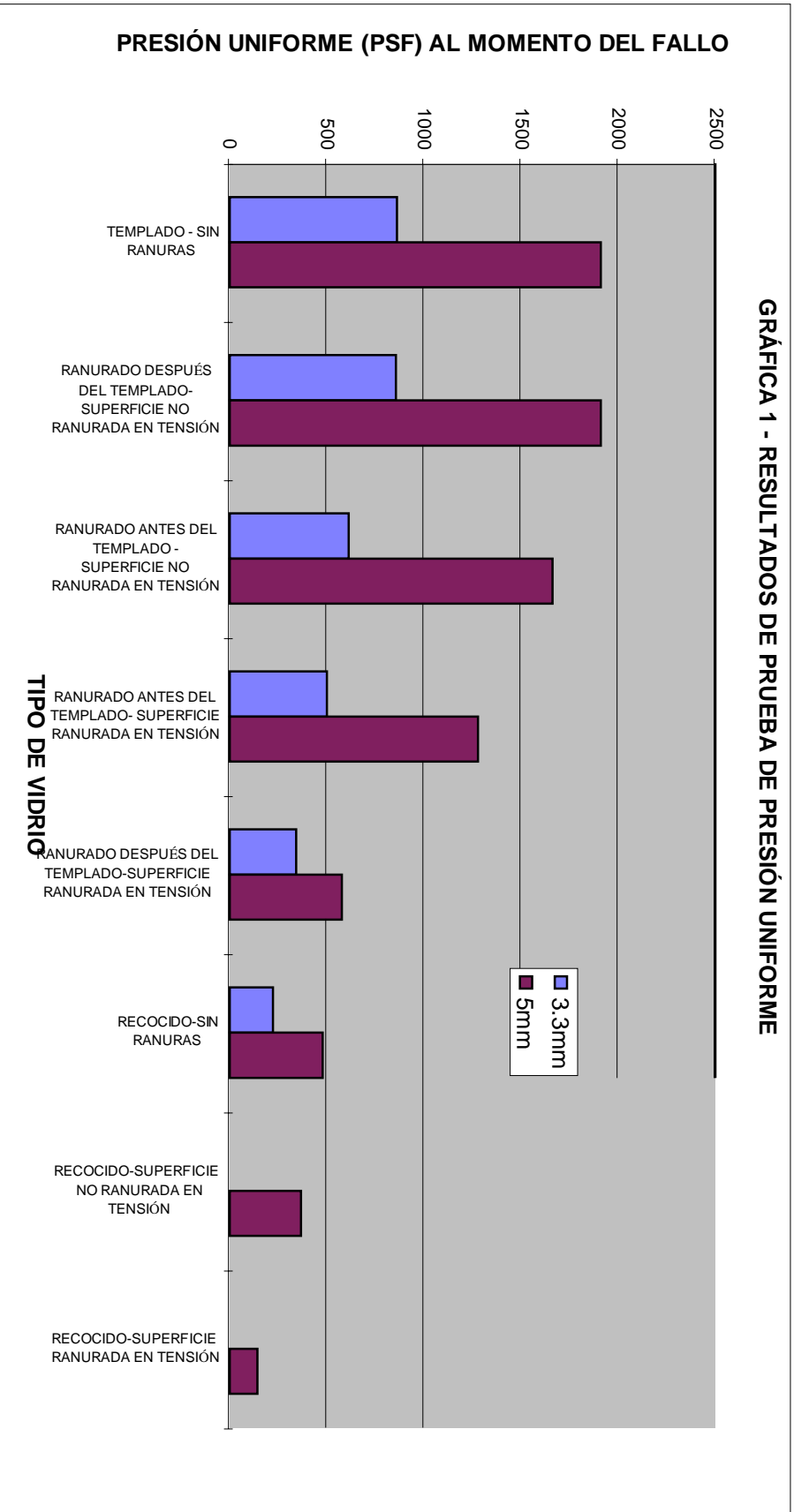
Espesores y tipos de vidrio probados	Presión promedio al momento del fallo (psf)	Tensión de Fractura Máxima Calculada Promedio (psi)	Fuerza Básica Efectiva (psi)	Nivel de Templado Efectivo (psi)	Fuerza de Rendimiento Total (psi)
Espesor de 3.3mm					
Recocido - sin ranuras	222	10,218	10,570	na	10,570
Recocido - con ranuras	no probado	no probado	no probado	no probado	no probado
Templado - sin ranuras	861	34,695	14,426	14,126	28,552
Templado - ranurado antes del templado					
Superficie ranurada en tensión	500	21,368	10,938	6,680	17,618
Superficie no ranurada en tensión	612	25,740	7,244	14,097	21,341
Templado - ranurado después del templado					
Superficie ranurada en tensión	341	15,043	10,446	2,425	12,871
Superficie no ranurada en tensión	854	35,156	14,775	13,631	28,406
Espesor de 5mm					
Recocido - sin ranuras	478	11,899	14,663	-	14,663
Recocido - con ranuras					
Superficie ranurada en tensión	142	5,844	5,978	-	5,978
Superficie no ranurada en tensión	366	10,111	12,054	-	12,054
Templado - sin ranuras	>1,920	>39,934	15,020	19,800	>34,820
Templado - ranurado antes del templado					
Superficie ranurada en tensión	1278	27,871	11,759	12,810	24,569
Superficie no ranurada en tensión	1661	35,165	11,270	19,572	30,842
Templado - ranurado después del templado					
Superficie ranurada en tensión	577	13,735	11,341	2,715	14,056
Superficie no ranurada en tensión	>1,920	>39,934	>15,020	19,800	>34,820

1 Calculado con el programa informático BIHAR basado en “Nonlinear Analysis of Rectangular Glass Plates by Finite Difference Method”, C.V.G. Vallabhan y Bob Yao-Ting Wang, Institute for Disaster Research, Texas Tech University, Junio de 1981

2 No se produjeron fallos cuando se aplicó la carga máxima de prueba de 1,920 psf y se mantuvo durante 5 minutos.

Ranurado en V

GRÁFICA 1 - RESULTADOS DE PRUEBA DE PRESIÓN UNIFORME

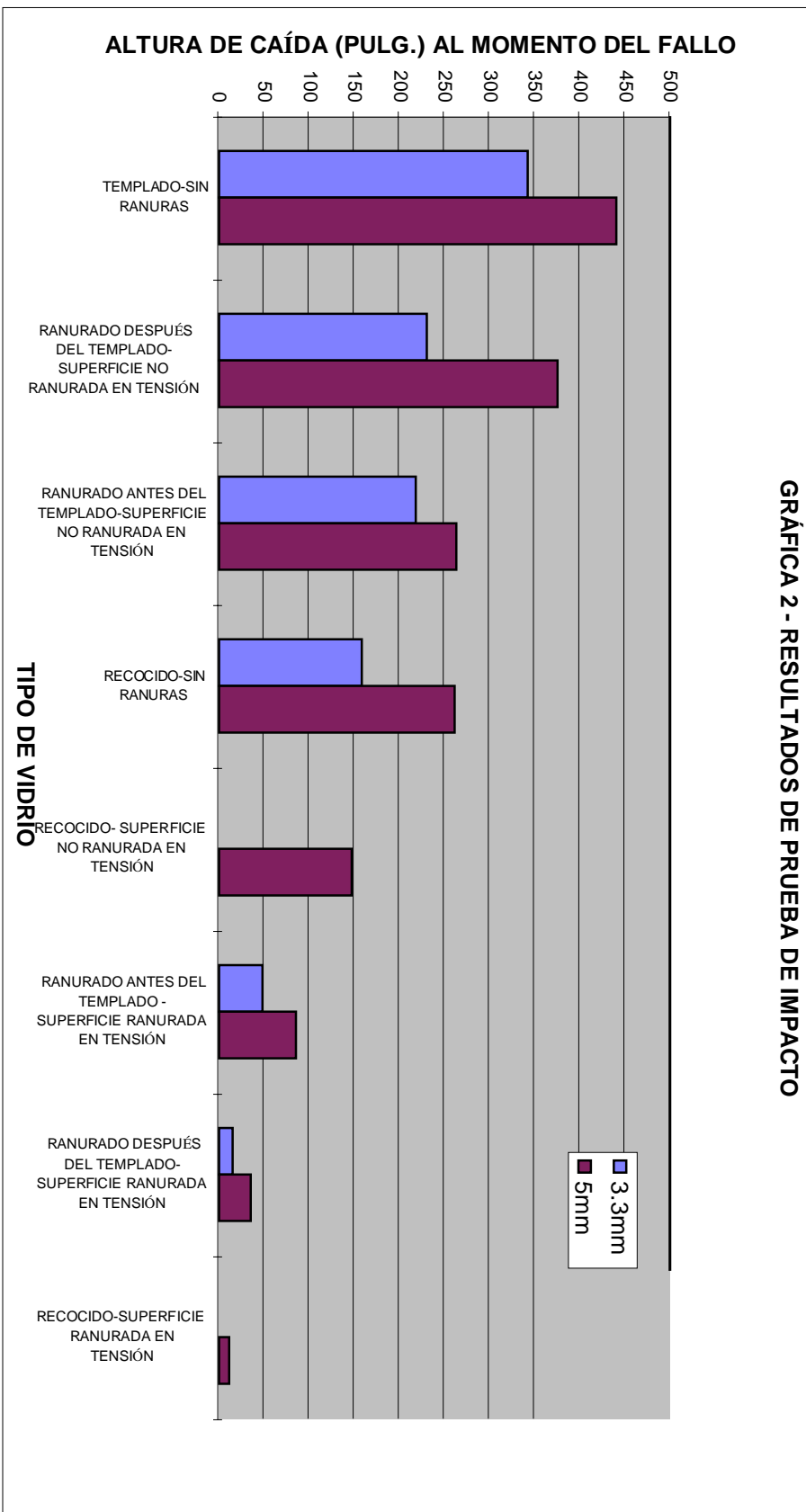


Ranurado en V

TABLA 2 RESUMEN DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE IMPACTO		
Espesores y tipos de vidrio probados	Altura de caída promedio al momento del fallo (pulgadas)	Tensión de Fractura Máxima Calculada Promedio (psi)
Espesor de 3.3mm		
Recocido - sin ranuras	157.5	77,528
Recocido - con ranuras	No probado	No probado
Templado - sin ranuras	341.9	114,227
Templado - ranurado antes del templado		
Superficie ranurada en tensión	47.5	42,576
Superficie no ranurada en tensión	217.5	91,107
Templado - ranurado después del templado		
Superficie ranurada en tensión	15.0	23,926
Superficie no ranurada en tensión	230.0	93,688
Espesor de 5mm		
Recocido - sin ranuras	261.3	78,151
Recocido - con ranuras		
Superficie ranurada en tensión	11.3	16,252
Superficie no ranurada en tensión	146.7	58,557
Templado - sin ranuras	440.3	101,441
Templado - ranurado antes del templado		
Superficie ranurada en tensión	85.0	44,573
Superficie no ranurada en tensión	262.5	78,330
Templado - ranurado después del templado		
Superficie ranurada en tensión	35.2	28,634
Superficie no ranurada en tensión	375.0	93,623

Ranurado en V

GRÁFICA 2 - RESULTADOS DE PRUEBA DE IMPACTO



Ranurado en V

TABLA DE HISTORIAL		
CONCEPTO	FECHA	DESCRIPCIÓN
Inside Glass TSM 97-3	11/10/1997	Ranurado en V: Resultados de pruebas de resistencia del vidrio
TD-127	05/13/2002	Se transfirió a Internet
Revisión 1	2016-10-04	Se actualizó al logotipo de Vitro y el formato

Este documento pretende informar y ayudar al lector en la aplicación, uso y mantenimiento de los productos Vitro Vidrio Arquitectónico. El rendimiento y los resultados reales pueden variar según las circunstancias. **Vitro no ofrece ninguna garantía en cuanto a los resultados que se obtendrán del uso de toda o parte de la información proporcionada en este documento, y por la presente renuncia a cualquier responsabilidad por lesiones personales, daños a la propiedad, insuficiencia del producto o cualquier otro daño de cualquier tipo o naturaleza que surja del uso por parte del lector de la información contenida en este documento.**