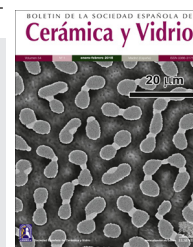




BOLETIN DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE  
**Cerámica y Vidrio**

www.elsevier.es/bsecv



## Cálculo de desplazamientos en placas de vidrio laminado sometidas a carga estática mediante el concepto de módulo de elasticidad efectivo



Ismael García García, Manuel López Aenlle\*, Pelayo Fernández Fernández, María Antonia García Prieto

Departamento de Construcción e Ingeniería de Fabricación, Universidad de Oviedo, Gijón, España

### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 9 de enero de 2015

Aceptado el 27 de febrero de 2015

Palabras clave:

Laminados

Deformación

Propiedades mecánicas

Viscoelasticidad

Placas

### R E S U M E N

En los últimos años, el uso de vidrio laminado como elemento estructural se ha incrementado considerablemente en construcciones arquitectónicas, sobre todo en fachadas, cubiertas, escaleras o ventanas de seguridad. El cálculo de estos elementos tipo sándwich no es sencillo debido a la combinación de las propiedades mecánicas del vidrio (elástico-lineales) con las del polímero interior (viscoelástico-lineales). Recientemente, algunos autores han propuesto el concepto de espesor efectivo para el cálculo simplificado de elementos de vidrio laminado bajo carga estática, utilizando un modelo monolítico con una rigidez equivalente igual a la del elemento laminado. Debido a la variación de propiedades del laminado con la temperatura, introducidas por el polímero viscoelástico, para cada cambio de temperatura se tiene un espesor efectivo diferente, lo que conlleva un mayor número de evaluaciones para cada una de las situaciones de trabajo del elemento laminado. En este trabajo se propone el concepto de módulo de elasticidad efectivo como una alternativa más eficiente para el cálculo con modelos de elementos finitos. La metodología propuesta se valida mediante ensayos experimentales realizados en placas de vidrio laminado sometidas a una carga uniformemente distribuida.

© 2015 Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. Publicado por Elsevier España, S.L.U.

Este es un artículo Open Acces distribuido bajo los términos de la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

### Displacements determination in laminated glass plates under static loadings using the effective Young's modulus concept

#### A B S T R A C T

In recent years, the use of laminated glass as a structural element has increased considerably, mainly in facades, roofs, stairs or security windows. Laminated glass elements are sandwich structures which presents a complex behaviour due to the combination of the mechanical properties of glass layers (linear-elastic) with the properties of the polymeric interlayer (linear-viscoelastic). Recently several authors have proposed the concept of effective thickness in order to simplify the laminated-glass static

Keywords:

Laminates

Deformation

Mechanical properties

Viscoelasticity

Plates

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: aenlle@uniovi.es (M. López-Aenlle).

calculations, using a monolithic model with an equivalent flexural stiffness equal to that of the laminated element. Due to the variations of the laminated glass properties with temperature, introduced by the viscoelastic polymeric interlayer, for each different temperature, a different effective thickness must be determined. This particularity implies a large number of assessments for each of the possible working situations. In this work, the Young's modulus concept is proposed as an efficient alternative to be used in finite elements models. The proposed methodology is validated by experimental tests on laminated glass plates under uniformly distributed load.

© 2015 Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. Published by Elsevier España, S.L.U.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Introducción

El vidrio laminado es un material compuesto formado por la unión de dos o más capas de vidrio y una o más capas intermedias de un material polimérico [1-5]. El vidrio laminado combina las propiedades del vidrio con las ventajas de un material polimérico, es decir, el comportamiento del laminado es el de una estructura compuesta [6,7]. Generalmente, las capas poliméricas utilizadas presentan un comportamiento viscoelástico [8-11], esto es, las propiedades mecánicas son dependientes de la temperatura y del tiempo. El butiral de polivinilo (PVB) es el material más común para las capas intermedias y se comercializa en espesores de 0,38 mm o valores múltiples del mismo (0,76 mm, 1,12 mm, 1,52, etc.) [12].

La configuración más simple que se presenta en el vidrio laminado consiste en tres capas: dos de vidrio y una intermedia polimérica (fig. 1).

Los primeros trabajos sobre elementos de vidrio laminado fueron realizados por Hooper [13], que desarrolló un modelo para vigas a flexión en cuatro puntos y realizó ensayos en vigas simplemente apoyadas. Behr et al. [14] realizaron ensayos en vigas de vidrio monolítico y vidrio laminado y Edel [15] llevó a cabo los primeros estudios sobre el efecto de la temperatura en vigas de vidrio laminado. Los primeros modelos para vidrios laminados multicapa (varias capas de vidrio y varias capas intermedias de polímero) fueron propuestos por Noville et al. [16].

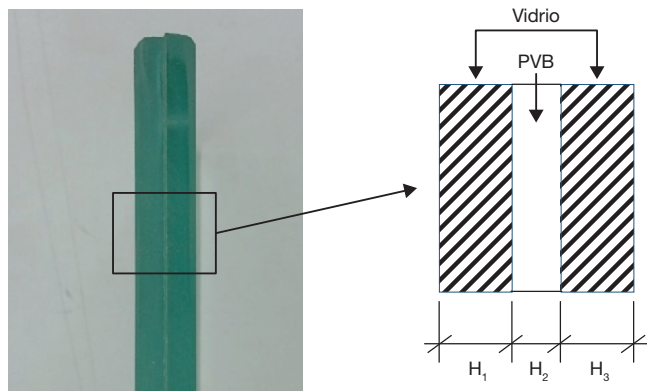


Figura 1 – Elemento básico de vidrio laminado.

El auge experimentado en los últimos años en la utilización del vidrio laminado, ha favorecido el estudio del comportamiento mecánico de este tipo de elementos. Así se han propuesto varios modelos para el cálculo de desplazamientos y tensiones en elementos de vidrio laminado ante cargas estáticas [17-21]. En el caso de placas, Foraboschi [22,23] realizó estudios donde se presentan modelos matemáticos para calcular placas de vidrio laminado y Galuppi et al. [4,5] propusieron expresiones para el cálculo de desplazamientos en elementos de vidrio laminado con diferentes condiciones de contorno, utilizando el concepto de espesor efectivo. Este concepto ha sido recientemente extendido al comportamiento dinámico por López-Aenlle et al. [24,25].

En los modelos analíticos y numéricos, el comportamiento del vidrio se suele modelizar como elástico lineal, mientras la capa polimérica se modeliza con un comportamiento viscoelástico-lineal. Los elementos de vidrio laminado son sencillos de modelizar con programas de elementos finitos mediante modelos 3D pero, debido al pequeño espesor de la capa polimérica respecto al resto de dimensiones del laminado se requiere utilizar una discretización muy fina que implica una malla con un número muy elevado de elementos. Recientemente, algunas publicaciones han propuesto el concepto de espesor efectivo para el cálculo de elementos de vidrio laminado, utilizando un modelo monolítico con un espesor equivalente tal que presente los mismos desplazamientos, tensiones, etc., que el modelo de vidrio laminado [1-5]. El espesor efectivo puede ser usado tanto con ecuaciones analíticas como en modelos de elementos finitos.

Como alternativa al espesor efectivo, en este trabajo se propone el concepto de módulo de elasticidad efectivo para el cálculo simplificado de elementos de vidrio laminado utilizando modelos monolíticos. En este trabajo, se deduce el concepto de módulo de elasticidad efectivo en placas laminadas a partir del modelo propuesto por Galuppi y Royer Carfagni [4]. La metodología propuesta se valida en una placa sometida a carga constante y los resultados experimentales se comparan con las predicciones analíticas.

## Modelos analíticos para el cálculo simplificado de elementos de vidrio laminado

Aunque los elementos laminados suelen tener materiales iguales en las capas de vidrio, es decir,  $E_1 = E_3$  (fig. 1), existen vidrios laminados denominados como híbridos, donde ambas

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/1454224>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/1454224>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)