



# Descuadre de puertas

## Cálculo por diferencia de diagonales

La marca N de AENOR y el Sello AITIM de hojas de puertas de madera, establecen que se debe comprobar durante el proceso de fabricación, la escuadría de las hojas de las puertas mediante la norma de ensayo UNE 56.821: 75, la cual consiste en medir, con unas **galgas** y una **escuadra** de 500 mm de longitud interior de sus brazos, colocada en cada una de las 4 esquinas de la puerta, la holgura existente entre los brazos de la escuadra y los cantos de la puerta.

El margen de tolerancia es de 2 mm para las hojas de puertas de madera, y de 1 mm para frentes de armario de anchura menor o igual a 500 mm.

Debido a lo relativamente laborioso que resulta aplicar este método de inspección en el proceso de fabricación y a que en la industria ya se venía utilizando un sistema aproximado para su comprobación, acordamos hace un par de años en el Comité Técnico de Certificación de AENOR de Hojas de Puertas de Madera (CTC 008) admitir este último sistema tradicional como alternativa al uso de la escuadra, solamente en el proceso de fabricación y no en las inspecciones de laboratorio.

El sistema tradi-

*cional* consiste en medir las dos diagonales de la puerta y tomar la diferencia como un *indicador del descuadre*, interpretándose:

1.  $L_1 - L_2 = 0$ , puerta escuadrada,  
 $L_1 - L_2 \neq 0$ , puerta descuadrada,

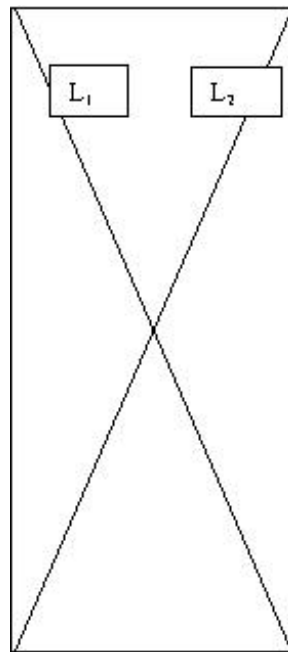


FIGURA 1

Pero estaba pendiente de hacerse el cálculo, de la relación existente entre la holgura medida con escuadra y la diferencia entre las dos diagonales de una puerta descuadrada. Es decir, si 2 mm es el límite de tolerancia de descuadre utilizando la escuadra normaliza-

da descrita, ¿Cuál es la diferencia entre diagonales que equivaldría a esos 2 mm de descuadre con el método normalizado?

Ya hace tiempo que me planteé la pregunta e incluso esboqué las hipótesis y cálculos trigonométricos orientados a resolver el problema, dejando el detalle y el desarrollo para alguna mejor ocasión en que tuviera el tiempo y las ganas de enfrascarme en dar con el algoritmo trigonométrico; y nunca llegaba ese momento, porque ni el tema me apremiaba, ni tampoco intuía que fuera a ser rápida su resolución.

Pero un día surgió la ocasión, y fue cuando se incorporó a mi dpto. como becaria en prácticas, la que ahora es mi colaboradora y compañera en ARTEVI, Carmen López-Alcorocho, licenciada en Ciencias Físicas. Le lancé entre sus primeras tareas de prácticas y aprendizaje, el *reto intelectual* de completar, en la línea metodológica simplificadora que yo había iniciado, la resolución a la pregunta antes planteada.

Y lo llevó a cabo satisfactoriamente. Déjeme que les describa brevemente la solución al problema planteado, con la cual esperamos haber llegado a una aproximación aceptable para establecer las tolerancias **por diferencias de diagonales** en el descuadre de las hojas de puertas, en relación con la tolerancia por holgura medida con escuadra y

galgas en las cuatro esquinas.

### Desarrollo

Es necesaria **una hipótesis de partida** bastante simple, y por otro lado fácilmente aceptable para quienes conozcan el proceso mecánico del perfilado o canteado de hojas de puerta (véase la **Fig. 3** para seguir el razonamiento y la terminología):

- **Los largueros y los testeros (a y b respectivamente) son paralelos e iguales en longitud entre sí;** es decir, una puerta podrá ser un rectángulo, si está perfectamente escuadrada (en cuyo caso  $L_1 - L_2 = 0$ ) o podrá ser un paralelogramo, si está descuadrada ( $L_1 - L_2 \neq 0$ ) pero nunca podrá ser un trapecio o un polígono trapezoidal (paradójicamente, un trapecio está descuadrado en sus 4 esquinas y tiene las diagonales iguales: **Fig. 2**).

$$L_1 - L_2 = 0$$

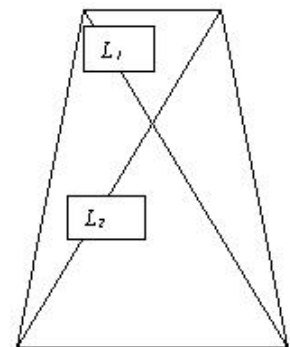
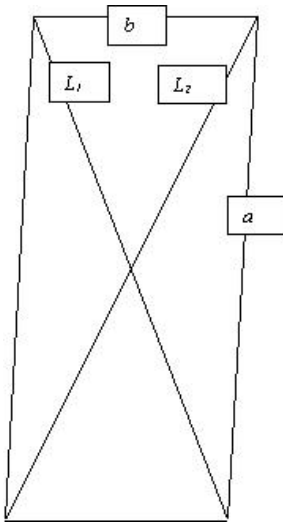


FIGURA 2



# PRODUCTOS



L1-L2 distinto de 0

FIGURA 3

El proceso de canteado o de perfilado de hojas de puerta, prácticamente elimina la posibilidad de que los cantos no sean paralelos dos a dos, por lo cual esta hipótesis simplificadora, pero imprescindible si se pretende un cálculo abordable, nos ha parecido intuitivamente muy aceptable.

Las magnitudes básicas de partida son las siguientes:

- **a** y **b**: altura y anchura respectivamente de la hoja, supuestamente iguales en cada lado.
- **L<sub>1</sub>** y **L<sub>2</sub>**: las dos diagonales de la hoja. Interesa parametrizar la variable  $(L_1 - L_2) =$  "diferencia de diagonales", en función del ángulo de descuadre **a**, o mejor aún, de la holgura medida en el extremo o en el ángulo interno de la escuadra.
- **a**: ángulo máximo de descuadre, correspondiente a los 2 mm de holgura en el extremo del

brazo de 500 mm (o en el ángulo interior de la escuadra); por tanto  $a = \arctg(2/500) = 0.23^\circ = 0.4014257$  radianes.

A partir de estas variables de entrada y del parámetro **a**, se relacionan y obtienen todos los ángulos y segmentos auxiliares (x, y, q, h) que intervienen en el paralelogramo de descuadre máximo (ver Fig. 4) los cuales son necesarios para calcular la longitud de las diagonales de dicho paralelogramo, **L<sub>1</sub>** y **L<sub>2</sub>**.

En lugar de obtener una fórmula trigonométrica de muchos componentes y simplificarla hasta llegar a una expresión lo más sencilla posible de:

$$(L_1 - L_2) = f(a, b, a)$$

lo que hicimos, gracias a la herramienta informática de la Hoja de cálculo, fue crear una tabla de dichas magnitudes auxiliares y otra tabla con las magnitudes de entrada y las magnitudes de salida, es decir: la longitud y

anchura de la puerta, **a** y **b**, y la longitud de las diagonales, y su diferencia, **L<sub>1</sub> - L<sub>2</sub>**, respectivamente; todo ello basado en un ángulo de descuadre **a**, que es el parámetro fijo de la tabla.

Para un  $a = 0.4014257$  radianes, que es el correspondiente a 2 mm

Tamaño hoja de puerta	Diferencia entre las dos diagonales para descuadre de 2 mm con escuadra de 500 mm
2030 x 625 mm	4.8 mm
2030 x 725 mm	5.5 mm
2030 x 825 mm	6.1 mm
2110 x 725 mm	5.5 mm
2110 x 825 mm	6.2 mm

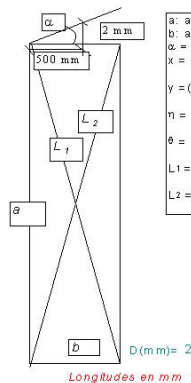
FIG. 5

ángulo **a** correspondiente a un descuadre de 1 mm, que es el margen de tolerancia para los armarios de anchura inferior a 500 mm. En ese caso habría que especificar la distancia a la que se mide la holgura (ya que la anchura del armario es menor que la longitud de la escuadra) la cual podría ser, por ejemplo, a 250 mm, para que fuera equivalente a 2 mm de descuadre medidos a 500 mm de la

de holgura con la escuadra de 500 mm, los resultados obtenidos son, para las dimensiones de puertas más usuales, los siguientes:

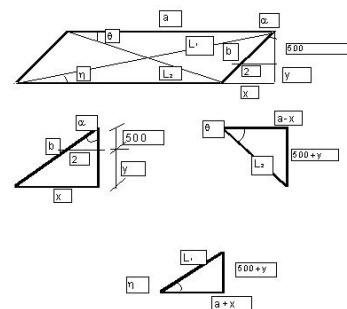
De manera similar se calcularían las diferencias entre diagonales para el

esquina. De esta manera, para ambos casos  $a = 0.23^\circ$  y los cálculos serían exactamente los mismos, relacionando lados y ángulos del paralelogramo equivalente a la puerta descuadrada, y se



a: altura de la puerta  
b: anchura de la puerta  
 $\alpha$ : ángulo de descuadre  
 $x = b \cdot \sin \alpha$   
 $y = (x / \cos \alpha) - 500$   
 $\eta = \arctg((500+y) / (a+x))$   
 $\theta = \arctg((500+y) / (a-x))$   
 $L_1 = (a+x) / \cos \eta$   
 $L_2 = (a-x) / \cos \theta$

Despiece trigonométrico



$\alpha_{MAX} = \arctg(2 / 500) = 0,23$  grados  
 $0,004014257$  radianes

$\alpha_{MAX} = \arctg(2 / 500) = 0,0040$  radianes =  $0,22918$  grados

Longitudes en mm

Ángulos en radianes

a	b	x	y	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>1</sub> - L <sub>2</sub>
2030	625	2,51	124,99	2.126,43	2.121,64	4,80
2030	725	2,91	224,99	2.158,32	2.152,84	5,48
2030	825	3,31	324,99	2.194,30	2.188,17	6,14
2110	625	2,51	124,99	2.203,02	2.198,21	4,81
2110	725	2,91	224,99	2.233,83	2.228,33	5,50
2110	825	3,31	324,99	2.268,63	2.262,47	6,17

tg η	η	cos η	tg θ	θ
0,30750	0,29832	0,95583	0,30826	0,29902
0,35663	0,34257	0,94190	0,35765	0,34348
0,40574	0,38544	0,92663	0,40706	0,38658
0,29595	0,28765	0,95891	0,29656	0,28830
0,34313	0,33054	0,94587	0,34407	0,33139
0,39038	0,37218	0,93153	0,39181	0,37325



## PRODUCTOS

Tamaño hoja de puerta	Diferencia entre las dos diagonales para descuadre de 1 mm con escuadra de 250 mm
1800 x 400 mm	3,12
1800 x 500 mm	3,85
1800 x 600 mm	4,55
2200 x 400 mm	3,15
2200 x 500 mm	3,90
2200 x 600 mm	4,63

FIG. 5

obtienen los valores de la siguiente tabla:

Por tanto, cuando se inspeccione en fabricación la escuadría y se utilice el método de las diagonales, el límite de tolerancia **no debe ser tan estricto como 2 mm**, de diferencia entre diagonales, lo cual corresponde a un descuadre medido con escuadra normalizada muy inferior a los 2 mm permitidos, sino que debemos

aplicar márgenes de tolerancia del orden de los 3, 4 y 4.5 mm para armarios, y de 5, 4.5 y 6 mm para puertas, tal como nos indican los resultados aquí expuestos **A**

ALEJANDRO CARAZO  
INGENIERO DE MONTES  
DIRECTOR DE CALIDAD Y ORGANIZACIÓN  
CARMEN LÓPEZ-ALCOROCHO  
LICENCIADA EN CC. FÍSICAS  
TÉCNICO EN CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE  
PUERTAS ARTEVI S.A.



## Tendencias en protección de la madera

Ningún segmento de la industria de productos de la madera comunica un mensaje tan positivo para la continuidad (sostenibilidad) de las masas forestales como lo hace la industria de la protección de la madera. Al ampliar la vida de los productos de madera más allá de su durabilidad natural, la industria de protección actúa como un gran contribuyente en la mejora del medio ambiente.

A pesar de su contribución positiva, el sector de la protección de la madera está siendo observado con ojos cada vez más críticos por su influencia negativa con el medio ambiente. ¿Por qué? La respuesta está ligada con la palabra “productos químicos”, y con el hecho de que la utilización de esos productos altera, de alguna manera, la madera y el medio ambiente. Aunque no existe mucha preocupación con la alteración de las propiedades de la madera tratada con productos químicos, existe una gran preocupación con el proceso de tratamiento, la pérdida de los compuestos químicos durante su vida útil, pero lo que causa más preocupación es la pregunta, ¿qué hacer con la madera tratada cuando ha agota-

do su vida útil?. Desde un punto histórico, las preocupaciones medio ambientales motivaron cambios en la industria, por ejemplo la sustitución, hace ya bastantes años, de los compuestos del mercurio. Los profundos cambios que se están produciendo en la composición química de los productos protectores para la madera en Europa y en Japón, reflejan esta preocupación con el medio ambiente, que a su vez tiene un gran impacto en esta industria.

El nacimiento de la protección industrial de la madera puede datarse en 1830, con las plantas de tratamientos de vacío - presión desarrolladas por Bethell. Desde entonces, nada ha cambiado en algunos aspectos, mientras que en otros se han producido una gran evolución. El negocio de la protección de la madera se ha ampliado, en un principio su mercado sólo abarcaba la protección de la madera para traviesas (ferrocarriles) y postes (electricidad y teléfonos) pero hoy también incluye la madera tratada utilizada en la construcción (vallas, pérgolas, terraza exteriores, etc.). En los últimos 30 años el consumo de traviesas y postes apenas ha variado, mientras que la que se destina a la construcción se ha incrementado en un 70%.