

# COMPARATIVA DE SISTEMAS DE MEDIDA DIMENSIONALES: DATAPLUCÓMETRO HORIZONTAL VERSUS INCLINADO

**F.D. Silva, J.L.S. Bonfim, M.D. Ramos, L.M. Silva, A.P. Margarido**

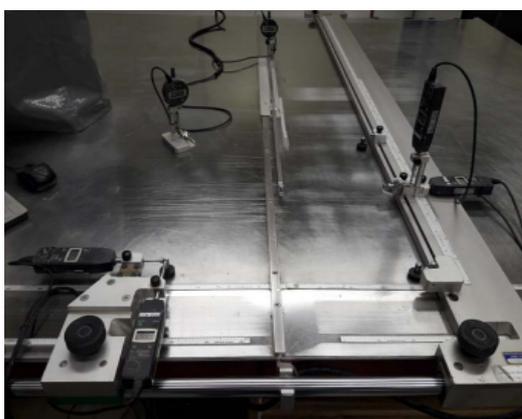
**Ceramic Center of Brazil (CCB) – Brasil**

## 1. INTRODUCCIÓN

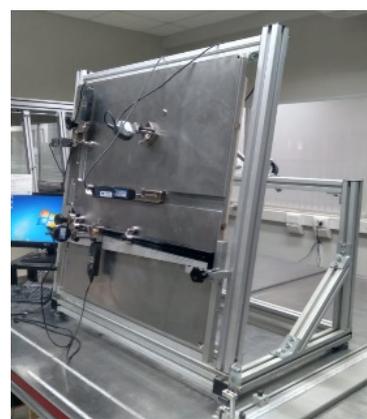
El sistema de medición de las características dimensionales de las baldosas cerámicas conforme a la norma ISO 10545-2 evalúa las desviaciones de tamaño, ortogonalidad, rectitud de los lados, curvatura del centro, curvatura lateral y alabeo. La medición se realiza comparando las dimensiones de la baldosa cerámica a ensayar con una placa patrón calibrada, con el dispositivo de medición (dataplucómetro) en un plano horizontal. El sistema de medida actual es inadecuado para determinar las características de planaridad de baldosas cerámicas de gran formato y bajo espesor, ya que puede producirse una deformación elástica de la pieza al apoyarla sobre el equipo, debido a su propio peso. Este estudio pretende comparar los resultados de las características dimensionales obtenidas a partir del dataplucómetro horizontal con el dataplucómetro inclinado a 83°, para determinar si la deformación elástica puede ser eliminada/mitigada al realizar la medición inclinado.

## 2. MATERIALES Y METODOLOGÍA

Para evaluar la compatibilidad de las mediciones, se realizó un estudio comparativo entre los métodos horizontal (Figura 1) e inclinado (Figura 2), utilizando una placa de vidrio con deformación insignificante, dentro de unas dimensiones de (300x300x15) mm y (400x400x15) mm. A continuación, se realizó un estudio de Análisis de Sistemas de Medición (ASM) utilizando el método inclinado, con el fin de evaluar su calidad en términos de repetibilidad y reproducibilidad (R&R). Por último, se realizó un segundo análisis comparativo entre ambos métodos, utilizando placas previamente descalificadas en el método horizontal.



**Figura 1** - Dataplucómetro horizontal



**Figura 2** - Dataplucómetro inclinado

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Analizando los datos de la Tabla 1, se observa que la diferencia entre los métodos es baja, siendo la mayor desviación encontrada de 0,10 mm, inferior a la resolución exigida por la norma (0,4 mm) <sup>[1]</sup>.

| Desviación        | Placa de vidrio 300 mm x 300 mm |           |            | Placa de vidrio 400 mm x 400 mm |           |            |
|-------------------|---------------------------------|-----------|------------|---------------------------------|-----------|------------|
|                   | Horizontal                      | Inclinado | Diferencia | Horizontal                      | Inclinado | Diferencia |
|                   | (mm)                            | (mm)      | (mm)       | (mm)                            | (mm)      | (mm)       |
| Tamaño            | 302,90                          | 302,86    | 0,04       | 407,48                          | 407,47    | 0,01       |
| Alabeo            | -0,12                           | -0,05     | -0,06      | -0,11                           | -0,21     | 0,10       |
| Curvatura central | 0,13                            | 0,12      | 0,01       | -0,39                           | -0,33     | -0,06      |
| Curvatura lateral | 0,02                            | 0,03      | -0,01      | -0,17                           | -0,19     | 0,02       |
| Rectitud de lados | 0,01                            | 0,00      | 0,01       | 0,02                            | 0,02      | 0,00       |
| Ortogonalidad     | 0,66                            | 0,66      | 0,00       | -0,06                           | -0,02     | -0,04      |

**Tabla 1** - Comparación entre las mediciones en el dataplucómetro inclinado y horizontal

En el estudio de repetibilidad y reproducibilidad para evaluar la calidad del método, los resultados presentados en la Tabla 2 indican que las desviaciones de R&R para todas las características analizadas están por debajo del 30%, cumpliendo las recomendaciones del Manual ASM para la aceptabilidad en algunas aplicaciones<sup>[2]</sup>.

| Estudio de R&R    | Patrón de desviación (mm) | Variación del estudio (mm) | Variación del estudio (%) | Tolerancia (%) |
|-------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------|
| Tamaño            | 0,098                     | 0,588                      | 26,52                     | 16,32          |
| Alabeo            | 0,087                     | 0,524                      | 51,40                     | 13,09          |
| Curvatura central | 0,052                     | 0,314                      | 34,24                     | 7,84           |
| Curvatura lateral | 0,058                     | 0,346                      | 13,59                     | 11,54          |
| Rectitud de lados | 0,022                     | 0,130                      | 17,35                     | 4,35           |
| Ortogonalidad     | 0,023                     | 0,137                      | 5,51                      | 4,56           |

**Tabla 2** – Análisis de las desviaciones de repetibilidad y reproducibilidad (R&R)

Para la comparación de los métodos, utilizando las muestras que fallaron con el dataplucómetro horizontal, los resultados de las desviaciones presentados en  $R^2$  (%) en la Tabla 3 indican que hubo una gran correlación entre los dos métodos. Sin embargo, analizando con la prueba t de Student (*Student's t test*), las desviaciones de curvatura central, curvatura lateral y alabeo, fue posible comprobar con un 95% de confianza que los resultados obtenidos en el método inclinado no son estadísticamente iguales a los resultados del método horizontal.

| Desviación        | Variación  | Promedio (mm) | DP (mm) | $R^2$ (%) | Prueba t de diferencia (mm) |
|-------------------|------------|---------------|---------|-----------|-----------------------------|
| Tamaño            | Inclinado  | 619,300       | 0,6150  | 99,89     | 0,589                       |
|                   | Horizontal | 619,200       | 0,6090  |           |                             |
| Rectitud de lados | Inclinado  | 0,4440        | 0,4005  | 99,79     | 0,573                       |
|                   | Horizontal | 0,3720        | 0,4000  |           |                             |
| Ortogonalidad     | Inclinado  | -0,0100       | 0,7490  | 98,54     | 0,891                       |
|                   | Horizontal | -0,0420       | 0,6870  |           |                             |
| Curvatura central | Inclinado  | 1,9770        | 0,2413  | 94,68     | 0,000                       |
|                   | Horizontal | 2,7400        | 0,2498  |           |                             |
| Curvatura lateral | Inclinado  | 0,7940        | 0,1185  | 92,59     | 0,000                       |
|                   | Horizontal | 1,1315        | 0,1490  |           |                             |
| Alabeo            | Inclinado  | 0,0830        | 0,9970  | 98,87     | 0,000                       |
|                   | Horizontal | 2,4370        | 1,1580  |           |                             |

**Tabla 3** – Análisis de las desviaciones de repetibilidad y reproducibilidad (R&R)

## 4. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en el trabajo, se pudo concluir que, cuando la deformación es despreciable, como en el caso de las placas de vidrio, los métodos son compatibles. En la segunda etapa, se confirmó la calidad del método inclinado sobre todas las características a través del estudio de R&R. En la última etapa del estudio, se concluyó que el método horizontal resultó inadecuado para la evaluación de las características dimensionales de planaridad, debido a la interferencia significativa de la deformación elástica de las baldosas cerámicas en los resultados obtenidos.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] ISO 13.006 (2020), Ceramic tiles - Definitions, classification, characteristics, and marking.
- [2] AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP. MSA. Manual de Referência, 4ª ed. AIAG, 2010.