

## MEJORA DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE ESCALAS LINEALES

Bellelli, Diego A.; Gastaldi, Bruno R.; Lerda, Juan M.; Milne, Rodrigo  
 Metrología Dimensional y Presión - UT Metrología – Centro Regional Córdoba  
 rmilne@inti.gov.ar

### INTRODUCCIÓN

Las escalas lineales son instrumentos de medición cada vez más utilizados en los diferentes procesos productivos, entre ellos, como patrón de referencia en microscopios, equipos de metalografía o de equipos de medición por imágenes “Figura 1”



Figura 1: Escalas lineales

### OBJETIVO

El objetivo del presente desarrollo fue mejorar el sistema de calibración de escalas lineales para dar cumplimiento a requerimientos de la industria y de laboratorios externos, por ejemplo laboratorios de la red SAC que requieren dar trazabilidad en la escala de dureza.

### DESCRIPCIÓN

El sistema de medición consta de dos elementos; la detección del trazo de la escala lineal y el sistema de medición de longitud entre trazos. La detección del trazo se realiza mediante procesamiento digital de imágenes. Las imágenes se capturan mediante una cámara web de 480x640 pixeles de resolución, insertada en el ocular de un microscopio marca Zeiss acoplado al eje Z de una máquina de medir en tres coordenadas marca SIP 420M para luego ser procesadas con un programa que permite determinar, en pixeles, la posición media del trazo desde uno de los márgenes laterales de la imagen.

#### 1. Detección del trazo

La escala lineal a calibrar se fija sobre el banco de la máquina de medir bajo el microscopio. “Figura 2”. Para la detección del trazo se utilizó el sensor CMOS de la cámara web a la cual se le quitó el lente original y se adaptó una lente de

mayor calidad para mejorar la nitidez y disminuir posibles distorsiones de la imagen.

Cada imagen se compone de una matriz de  $n \times m$  pixeles con intensidades que van de 0 (blanco) a 1 (negro).



Figura 2: montaje de escala lineal en carro de máquina de medir en tres coordenadas

Una vez capturada la imagen, ver “Figura 3”, se calcula, por fila, la diferencia de intensidad de dos pixeles consecutivos ( $I_{x+1} - I_x$ ) recorriendo la imagen de izquierda a derecha. Luego se realiza lo mismo pero en sentido contrario. Se busca, para ambos sentidos, la posición y la máxima diferencia de intensidades que es en donde se encuentra el borde del trazo. Una vez conocida la intensidad y posición del mayor cambio de intensidad, se ajusta un polinomio de segundo grado entre el punto encontrado y sus dos adyacentes. La posición del borde, por fila, se calcula como el máximo del polinomio anterior.

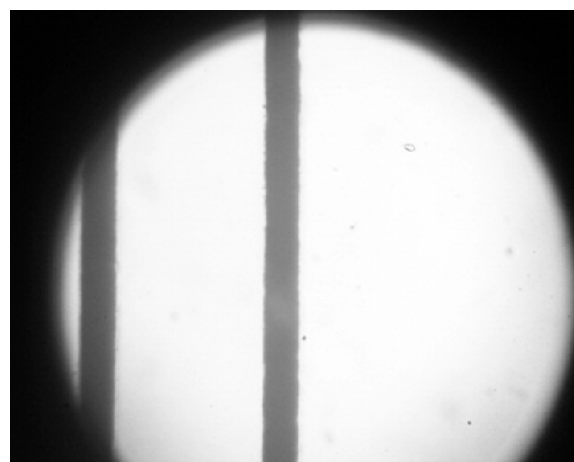


Figura 3: Imagen del trazo de la escala

Luego se promedia la posición de cada borde para filtrar las posiciones que no cumplan con

una determinada desviación respecto de la media. De esta manera se tiene, por fila, la posición en pixeles de ambos bordes del trazo. Se hace una regresión lineal a los puntos de cada borde y se calcula la posición del centro longitudinal del trazo a la mitad de la altura de la imagen relativa al borde izquierdo. “Figura 4”.

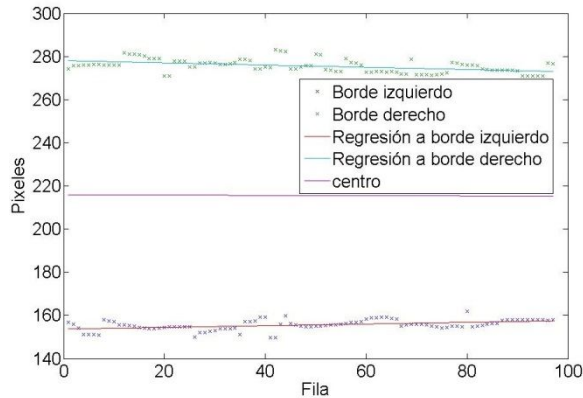


Figura 4: Imagen procesada

## 2. Sistema de medición

El sistema de medición consiste en un calibrador dinámico HP 5529A con resolución  $0,01\mu\text{m}$ . Lo que primero se debe obtener es la relación  $\mu\text{m}/\text{pixel}$ . Para ello se detecta un trazo y se lo desplaza a intervalos regulares para ir determinando los pares de puntos (Pixel,  $\mu\text{m}$ ) que, luego, son ajustados por un polinomio de primer grado en el cual la pendiente es, finalmente, la relación  $\mu\text{m}/\text{pixel}$ . “Figura 5”.

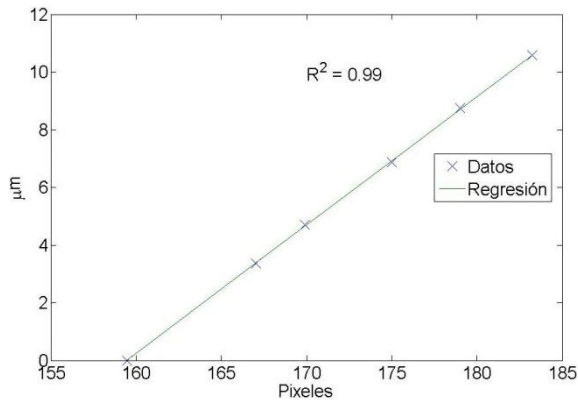


Figura 5: Linealidad entre pixel y longitud

Una vez determinada esta relación, se detecta el primer trazo de la escala lineal, se pone en cero el calibrador dinámico y se guarda el valor en píxeles de la posición del trazo que será la referencia. Con el banco de la máquina de medir se desplaza la escala lineal para detectar el segundo trazo de interés. Se lee la indicación del calibrador dinámico y la posición del trazo en píxeles. Como la posición relativa al margen izquierdo del nuevo trazo en la imagen no va a coincidir exactamente con la posición en la imagen del trazo de referencia, se calcula la diferencia en píxeles de ambas posiciones. Con

esta diferencia y la relación  $\mu\text{m}/\text{pixel}$  se compensa la indicación del calibrador dinámico.

## RESULTADOS

El resultado de un proceso de calibración de una escala lineal es la determinación del error (valor nominal – valor de referencia). En la “Figura 6” se puede ver a modo de ejemplo la curva de error para una escala lineal, propiedad del laboratorio, de 300 mm de intervalo. En ordenada se presenta el error ( $\mu\text{m}$ ) y en abscisa el valor nominal (mm).

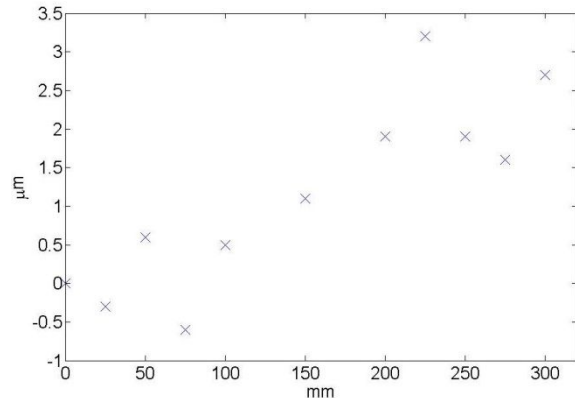


Figura 6: Resultado de una calibración

## CONCLUSIONES

Debido a la linealidad de la curva de ajuste  $\mu\text{m}/\text{pixel}$  se puede inferir que el software de detección del trazo funciona correctamente, lo cual permite compensar la indicación del calibrador dinámico en centésimas de micrómetro ( $1 \times 10^{-5}$  mm). Garantizado esto y sumando las excelentes condiciones ambientales logradas en la sala de calibración, se realizó la estimación de la incertidumbre de medición que dio como resultado:  $Q(330; 0,57L)$  [nm] =  $\sqrt{330^2 + (0,57 \cdot L)^2}$  con L en [mm].

Para validar esta capacidad de medición se está llevando a cabo una comparación internacional con el instituto nacional de metrología de Italia INRIM (Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica), la cual se encuentra inscrita en el BIPM como SIM.L-k7.2016

## Bibliografía

Schurrer, C.; Flesia, A.G.; Bergues, G.; Ames, G.; Canali, L. (2014). Interfaz visual para un Autocolimador Nikon 6D mediante procesamiento de imágenes con precisión sub-píxel: un caso de estudio, Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI, Volumen 11, ISSN 1697 - 7912.

Fecha de publicación: Septiembre de 2014. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1697791214000326>>.